



BOHEI – Ein Quartier stellt sich neu auf

Integrierte ressourceneffiziente Stadtentwicklung

Abschlussbericht

01.03.2019–31.05.2022



Kurzfassung

Das Stadtquartier rund um die Bolzstraße im Heilbronner Süden ist typisch für die Bebauung der Vor- und unmittelbaren Nachkriegszeit. Die Untersuchung der vorhandenen Bausubstanz hat ergeben, dass ein längerfristiger Erhalt und die Sanierung in Verbindung mit Aufstockung, Erweiterung und Nachverdichtung nicht möglich sind und eine Neuordnung erfolgen muss.

Als kommunales Wohnungsunternehmen legt die Stadsiedlung Heilbronn GmbH bei der anstehenden Entwicklung des Bestandsquartiers besonderen Wert auf eine aktive und angemessene Beteiligung, die Realisierung von bezahlbarem Wohnraum und die Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten.

Ziel ist es, ein (Bestands-) Quartier mit bezahlbarem Wohnraum und hoher Lebensqualität im Dialog mit den derzeitigen Bewohner*innen zu realisieren. Hierzu wurden in einem integrativen und iterativen Planungsprozess die Abhängigkeiten zwischen urbanen Stoffströmen, Flächenmanagement, Siedlungswasserwirtschaft und städtebaulichen Konzepten analysiert und Lösungsvorschläge erarbeitet, die zu einer Erhöhung der Ressourceneffizienz führen.

Am Ende des Forschungsprojekts steht ein städtebaulicher Rahmenplan für das Modellquartier, der die Grundlage für einen Bebauungsplan darstellt. In einem im Rahmen des Projektes erstellten Leitfaden und Qualitätsstufenplan werden die wichtigsten Ergebnisse und Handlungsempfehlungen zusammengefasst und anderen Kommunen deutschlandweit zur Verfügung gestellt.

Abstract

The urban neighborhood around Bolzstraße in the south of Heilbronn is typical of pre-war and immediate post-war development. The examination of the existing building fabric has shown that longer-term preservation and redevelopment in conjunction with additions, extensions and redensification are not possible and that a reorganization must take place.

As a municipal housing company, Stadsiedlung Heilbronn GmbH attaches particular importance to active and appropriate participation, the realization of affordable housing and the implementation of sustainability aspects in the upcoming development of the existing neighborhood.

The goal is to realize an (existing) neighborhood with affordable housing and a high quality of life in dialogue with the current residents. In an integrative and iterative planning process, the interdependencies between urban material flows, land management, urban water management and urban planning concepts were analyzed and solutions were proposed that lead to an increase in resource efficiency.

At the end of the research project, there will be an urban development framework plan for the model neighborhood, which will form the basis for a development plan. In a guideline and in a quality level plan, the most important results and recommendations for action are summarized and made available to other municipalities throughout Germany.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XVII
1 Motivation und Beschreibung des Modellquartiers	1
2 Forschungsantrag	3
2.1 Projektbeteiligte	3
2.2 Förderkulisse	3
2.3 Ziele, Vorgehensweise und angestrebte Ergebnisse	3
3 Projektmanagement	5
3.1 Vorbemerkungen	5
3.2 Inhalte Teilbereich	5
3.2.1 Projektmanagement eines iterativen und integralen Planungsprozesses	5
3.2.2 Einfluss rechtlicher Rahmenbedingungen, EU-Taxonomie, Förderung, etc.	9
3.2.3 Koordination Akteure innerhalb des Verbundforschungsvorhaben	9
3.2.4 Koordination Öffentlichkeitsarbeit / Bewohnerbeteiligung	9
3.2.5 Expertenbeteiligung	9
3.2.6 Berichtswesen	10
3.3 Idealtypischer Quartiersentwicklungs-Prozess und wesentliche Meilensteine (Ergebnis Teilbereich)	11
3.4 Wechselwirkung zu anderen Themenbereichen	12
4 Beteiligung	13
4.1 Vorbemerkungen	13
4.2 Inhalte Teilbereich	13
4.2.1 Informations- und Analysephase	13
4.2.2 Klärungs- und Zielbestimmungsphase	14
4.2.3 Konzeptions- und Planungsphase	15
4.2.4 Reflexions- und Abschlussphase	15
4.3 Ergebnis Teilbereich	15
4.3.1 Dialogbausteine in der Informations- und Analysephase	15
4.3.2 Dialogbausteine in der Klärungs- und Zielbestimmungsphase	21
4.3.3 Dialogbausteine in der Konzeptions- und Planungsphase	24
4.3.4 Dialogbausteine in der Reflexions- und Abschlussphase	28
4.4 Schlussfolgerungen aus dem Blickwinkel der Beteiligung	30
4.5 Wechselwirkung zu anderen Themenbereichen	31
5 Circular Economy	33
5.1 Vorbemerkung	33
5.1.1 Die Bauwirtschaft und ihre Nachfrage nach Ressourcen	33
5.1.2 Bausteine zur Steigerung der Ressourceneffizienz	34
5.2 Zero Waste Strategie	37
5.2.1 Das Leitbild	38
5.2.2 Der Rückbau als zentrale Weichenstellung	41
5.2.3 Abfallvermeidung – Reduktion der Materialflüsse	45
5.2.4 Materialkreisläufe – die Möglichkeiten für einzelne Baustoffe	47
5.2.5 Recyclinggerecht Bauen	55

5.3	Strategie für das Quartier Bolzstraße	59
5.3.1	Bestandsaufnahme	59
5.3.2	Anregungen für die Rückbaukonzeption.....	62
5.3.3	Hochwertige Verwertung der Altmassen	64
5.3.4	Umgang mit Bodenaushubmassen	75
5.3.5	Impulse für die Neubebauung des Quartiers	79
5.4	Quantifizierung des anthropogenen Lagers.....	80
5.4.1	Gebäudesteckbriefe und Materialkataster	80
5.4.2	Modellierung der Geschosswohnungsbauten an der Sontheimer Landwehr	81
5.4.3	Modellierung der Doppelhäuser an der Bolzstraße und Zeppelinstraße	84
5.4.4	Schlussfolgerungen.....	89
5.5	Transformation in ein ressourceneffizientes Stadtquartier	89
5.5.1	Kriterien aus Sicht der Materialeffizienz	89
5.5.2	Intervention im Planungsprozess	93
6	Wasserkreislaufwirtschaft	95
6.1	Einleitung	95
6.2	Grundlagen	97
6.2.1	Begriffsbestimmung und Anforderungen an Betriebswasser	97
6.2.2	Regenwassernutzung	99
6.2.3	Grauwasserrecycling.....	106
6.2.4	Versickerung	113
6.2.5	Grundlagen des erstellten ESB-Modells.....	118
6.2.6	Grundlagen der Modellierungssoftware EPANET 2.....	135
6.2.7	Ausblick	138
6.3	Planungsgebiet	139
6.3.1	Derzeitige Situation	139
6.3.2	Geplantes Neubaugebiet.....	141
6.4	Wasserbedarf und Niederschlag	144
6.4.1	Wasserbedarf.....	144
6.4.2	Niederschlag.....	163
6.5	Szenarien-Betrachtung (Modellanwendung)	176
6.5.1	Generelles Vorgehen	176
6.5.2	Szenario ohne Nachverdichtung	179
6.5.3	Szenario mit Nachverdichtung.....	186
6.5.4	Wechselwirkungen mit Städtebau	196
6.6	Zusammenfassung	202
7	Flächenmanagement.....	205
7.1	Vorbemerkungen	205
7.1.1	Das städtische Quartier.....	205
7.1.2	Aufgabe des Flächenmanagements im Projekt BOHEI	205
7.1.3	Aspekte des Flächenmanagements	209
7.2	Inhalte Teilbereich.....	211
7.2.1	Städtebauliche Varianten	211
7.2.2	Ideenworkshop.....	212
7.2.3	Workshop Städtebau und Beteiligung	213
7.2.4	Vertiefungsworkshop Städtebau und Beteiligung	215
7.3	Ergebnisse Teilbereich.....	217
7.3.1	Übersetzung der Forschungsergebnisse in bauliche Strukturen.....	217

7.4 Wechselwirkung zu anderen Themenbereichen.....	219
8 Systemische Wechselwirkungen der Teilbereiche	221
Literatur	223
Anhang.....	233

Abbildungsverzeichnis

3.1: Beispielhafter Prozessablauf für eine ressourceneffiziente Quartiersentwicklung eines kommunalen Wohnungsunternehmens.....	12
4.1: Öffentlicher Auftakt des Projekts (Quelle: Sippel Buff).	16
4.2: Bolzstraße 9 wird zu BOHEI-Treff (Quelle: Sippel Buff).	17
4.3: Auszug aus den Fragebögen (Quelle: Sippel Buff).	18
4.4: Die zentrale Lage des Quartiers wird wertgeschätzt (Quelle: Sippel Buff).....	18
4.5: Auszug aus der Auswertung der geführten Interviews (Quelle: Sippel Buff).....	19
4.6: Angaben zu künftigen Wohnwünschen (Quelle: Sippel Buff).....	20
4.7: Durchführung der Interviews im BOHEI-Treff (Quelle: Sippel Buff).	21
4.8: Erstes BOHEI-Team Treffen (Quelle: Sippel Buff).	22
4.9: Quartiersspaziergang mit anschließendem Dialog (Quelle: Sippel Buff).	23
4.10: „BOHEI-Waffel“ (Quelle: Sippel Buff).	23
4.11: Einweihung Mitmachgärten (Quelle: Sippel Buff).	24
4.12: Bepflanzung durch das Kinderhaus Meseno (Quelle: Sippel Buff).	25
4.13: BOHEI-Team Treffen im Freien (Quelle: Sippel Buff).....	25
4.14: Entwicklung verschiedener städtebaulicher Varianten (Quelle: aag).	26
4.15: Projektinterne Workshops mit dem Schwerpunkt städtebauliche Dichte (Quelle: Sippel Buff).....	27
4.16: Aktionstag Hochbeetbau (Quelle: Sippel Buff).	27
4.17: Einweihung und Einführung in das Car-Sharing-Angebot (Quelle: Sippel Buff).....	28
4.18: Meilensteine und Wechselwirkungen im Projekt (Quelle: Sippel Buff).	29
4.19: Moderierter Workshop - Sammlung von FAQs zur Gliederung des Leitfadens (Quelle: Sippel Buff).	29
5.1: Politische Ziele zur Begrenzung der Siedlungsflächenentwicklung (Quelle: Stat. Landesamt Baden-Württemberg 2010).	34
5.2: Zero Waste für Bauabfälle (Quelle: ifeu Heidelberg).	39
5.3: Recyclingstrategie für ein hochwertiges Recycling (Quelle: ifeu Heidelberg).	40
5.4: Stoffstrommanagement nach Zero Waste-Strategie (Quelle: ifeu Heidelberg).	41
5.5: Getrennthaltungs- und Dokumentationspflichten für Bau- und Abbruchabfälle gemäß Gewerbeabfallverordnung (Quelle: ifeu Heidelberg).	42
5.6: DIN 1045-2:2022-07 – Entwurf.	48
5.7: Ziegelmauersteine gefüllt mit Dämmstoffen (Quelle: https://www.leipfinger-bader.de/ziegel/offentlich/w07-coriso/).	56
5.8: Lose verlegte Dachbodendämmung bzw. auf Umkehrdach (Quellen: ©Елена Труфанова-AdobeStock.com (links), ©Austrotherm/FPX (rechts)).	57
5.9: Holzbau mittels Steckverbindung (Quelle: STELLINNOVATION GmbH).	57
5.10: Beispiele einer Zwischensparrendämmung von Innen und Außen (Quellen: ©artursfoto - stock.adobe.com (links), ©brizmaker-AdobeStock.com (rechts)).	58
5.11: Gebäudetypen im Quartier Bolzstraße (Quelle: ifeu Heidelberg).....	60
5.12: Zusammensetzung der dokumentierten Abfallmassen aus dem Rückbau.	61
5.13: Gipskarton und Dachziegel vor Rückbau separiert (Quelle: ifeu Heidelberg).	63
5.14: Stoffliche Zusammensetzung der Gesteinskörnungen Typ 1 und Typ 2 nach der DIN 4226-101.	67
5.15: Einsatzmöglichkeiten von Holz im Gebäude.	72
5.16: Einsatzmöglichkeiten von Kunststoffen im Gebäude.....	73
5.17: Übersicht über Dämmstofftypen und ihren Einsatz im Gebäude.	75
5.18: Prinzipskizze Bodenmanagement Quartier Bolzstraße.	76

5.19: Aufbau einer Fertigbalkendecke (Quelle: https://www.lutz-reinboth.de/decken_brd_bis_1960.html).	82
5.20: Abbruch und Verladung mittels Sieblöffel (Quelle: ifeu Heidelberg).	87
6.1: Eine mögliche Umsetzung der Wiederverwendung von Niederschlagsabflüssen und Grauwasser im Quartier. Abflüsse des Speichers werden im Starkregenfall durch eine nachgeschaltete Versickerung vor Ort behalten (Gestaltung: U. von Gemmingen).	96
6.2: Separates Betriebswasserrohrleitungsnetz bei Installation einer Betriebswasseranlage.	98
6.3: Regenwassernutzungsanlage (fbr 2009).	99
6.4: Typische Regenwasserzisterne (Bild verändert nach König, 2002).	102
6.5: Kompaktmodul mit Trinkwassereinspeisung (Bild: König, 2002).	104
6.6: Wasserqualitäten der verschiedenen häuslichen Nutzungen und Grauwasserqualitäten nach Nutzungen.	107
6.7: Fließbild einer Grauwassernutzungsanlage mit MBR (GEP Umwelttechnik 2010).	110
6.8: Behandlungsstufen des Membranbelebungsverfahrens (MALL Umweltsysteme).	111
6.9: Betriebsweise der getauchten Membran eines MBR (Melin und Rautenbach 2007).	111
6.10: Schematische Darstellung eines vertikal durchströmten, bepflanzten Bodenfilters (Regelwerk DWA-A 262).	112
6.11: Versickerungsmulde (Regelwerk DWA-A 138).	115
6.12: Mulden-Rigolen-Element (Regelwerk DWA-A 138).	116
6.13: Übersichtsskizze des ESB-Modells.	119
6.14: Benutzeroberfläche des ESB-Modells (ESB).	121
6.15: Rechengenauigkeit und Simulationszeitraum (ESB).	122
6.16: Wasserbedarfsverhalten (ESB).	122
6.17: Möglichkeit der Eingabe von Tagesganglinien für Werk- und Wochenendtage (ESB).	123
6.18: Niederschlagsertag (ESB).	123
6.19: Eingabe täglicher Niederschlagswerte (ESB) (die Eingabe stündlicher Niederschlagswerte ist ebenfalls möglich, hier aber nicht dargestellt).	124
6.20: Speicherdimensionierung (ESB).	124
6.21: Grauwassernutzung (ESB).	125
6.22: Versickerung (ESB).	125
6.23: Eingabemaske für bis zu 10 Gebäudenutzungstypen (ESB).	126
6.24: Ergebnisausgabe (ESB).	127
6.25: Ausgabe des genutzten Potentials von Niederschlag und Grauwasser (ESB).	127
6.26: Pumpendaten (ESB).	128
6.27: Ausgabe des Trinkwassereinsparpotentials (ESB).	129
6.28: Qualitätsbetrachtung (ESB).	130
6.29: Wasserbilanzausgaben für das Speicherszenario und Referenzszenario (ESB).	130
6.30: Ergebnisausgabe nach Nutzvolumenvariation zur Auslegung des Speichers (ESB).	131
6.31: Eingabe der Euler-Regen-Daten (ESB).	132
6.32: Eingabemaske in ESB-Variante zur Starkregenmodellierung.	132
6.33: Retentionsspeicherdaten (ESB).	132
6.34: Benutzeroberfläche von EPANET 2.	136
6.35: Ausgabeformen in EPANET 2 anhand zweier einfacher Beispiele.	136
6.36: EPANET-2-Modell für die Variante zweier Tanks (getrenntes Sammeln von Niederschlag und Grauwasser) und Trinkwassereinspeisung in eine Drucksteigerungsanlage (diese hier als Tank simuliert).	137
6.37: Luftaufnahme des Bolzquartiers (derzeitige Situation) (Google Earth).	140

6.38: Geplante Variante des Neubaugebiets (links: Grünflächen (dunkelgrün), begehbare Fläche (hellgrün), möglicher Ort für den Speicher (gelb); rechts: 3D-Modell) (Quelle: aag).	142
6.39: Versuchsaufbau zur Untersuchung der Effizienz der Bluedrain-Technologie.	148
6.40: Absoluter Wasserverlust in mL/s, d. h. die innerhalb einer Minute aufgefangene Wassermenge im Klarwassertank (links), sowie relativer Wasserverlust, d. h. der absolute Wasserverlust (in mL/s) in Abhängigkeit des Durchflusses des Wasserhahns (in mL/s) (rechts).	148
6.41: Elektrische Leitfähigkeit in Leitungswasser nach Einstellung verschiedener Konzentrationen an NaCl (Kalibrierfunktion).	149
6.42: Im Klarwasser bei unterschiedlichen Durchfluss-Stufen wiedergefundener prozentualer Anteil von NaCl des beim Händewaschen verwendeten NaCl.	150
6.43: CSB in Leitungswasser nach Einstellung verschiedener Konzentrationen an Flüssigseife (Kalibrierfunktion).	150
6.44: CSB im Klarwasser nach dem 30-sekündigen Händewaschvorgang mit 2,05 g Flüssigseife bei unterschiedlichen Durchflüssen des Wasserhahns (links) sowie der anhand der CSB-Kalibrierfunktion ermittelten prozentual wiedergefundene Menge an Flüssigseife im Klarwasser (rechts).	151
6.45: Niederschlagshöhe pro Jahr aus vieljährigem Mittelwert 1961-1990, erstellt mit den Daten aller Stationen aus den Messnetzen des DWD (Quelle: DWD 2018).	163
6.46: Temperatur- und Niederschlagsanomalie in Deutschland für die Jahre 1881-2020 (Referenzzeitraum: 1961–1990) (DWD 2021d).	164
6.47: Niederschlagsszenarien für Deutschland (von oben nach unten: RCP4.5, RCP2.6, RCP8.5).	166
6.48: RCP4.5-Niederschlagsszenario für Deutschland.	167
6.49: Niederschlagsszenarien für Baden-Württemberg (von oben nach unten: RCP4.5, RCP2.6, RCP8.5).	168
6.50: RCP4.5-Niederschlagsszenario für Baden-Württemberg.	169
6.51: Regenspendenlinien für verschiedene Jahresniederschläge gemäß KOSTRA DWD 2010R für Heilbronn (Datenbasis: 1951–2010).	171
6.52: Aus dem KOSTRA-DWD-2010R-Datensatz gewonnene Euler-Regen Typ 1 und Typ 2 für Heilbronn (2-Jahresregen).	172
6.53: Niederschlagssummenkurve über alle gemittelten Regentagesdaten (links) sowie Zeitreihe des Gesamtniederschlags der einzelnen Jahre in Heilbronn (1948-2021) (Daten bis September 2003 von Messstation Heilbronn, Daten ab Oktober 2003 von Messstation Obersulm-Willsbach, Landkreis Heilbronn).	173
6.54: Höchste an einem Tag des Jahres erfolgte Niederschlagsmenge (links) sowie höchster an einem Tag eingetretener Stundenniederschlag (rechts) (1948-2021) (Daten bis September 2003 von Messstation Heilbronn, Daten ab Oktober 2003 von Messstation Obersulm-Willsbach, Landkreis Heilbronn).	173
6.55: Tage bzw. Stunden mit einer Mindestniederschlagsmenge von >50 mm bzw. >20 mm (links) sowie >30 mm bzw. >10 mm (rechts), die innerhalb eines Jahres auftraten (1948-2021) (Daten bis September 2003 von Messstation Heilbronn, Daten ab Oktober 2003 von Messstation Obersulm-Willsbach, Landkreis Heilbronn).	174
6.56: Längste am Stück eingetretene Zeit ohne Niederschlag im Jahr (links) sowie Gesamtzahl aller Tage mit 0 mm Niederschlag im Jahr (rechts) (1948-2021) (Daten bis September 2003 von Messstation Heilbronn, Daten ab Oktober 2003 von Messstation Obersulm-Willsbach, Landkreis Heilbronn).	175

6.57: Erforderliche Trinkwassernachspeisung in Abhängigkeit vom Speichernutzvolumen (Ermittlung noch ohne Retentionsvolumen, Simulationszeitraum: 10 Jahre). Links: Das Szenario ohne Nachverdichtung ohne Grauwassernutzung, rechts: das Szenario ohne Nachverdichtung mit Grauwassernutzung. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde das Nutzvolumen für dieselbe Steigung von $-15 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (Trinkwassernachspeisung/Nutzvolumen) ermittelt. Der maximal mögliche Anteil von Trinkwassernachspeisung am Gesamtwasserbedarf erwies sich somit zu 48 % (ohne Grauwassernutzung) und 5 % (mit Grauwassernutzung). Dies entspricht den Nutzvolumen: 82 m^3 (ohne GW) und 73 m^3 (mit GW). Gestrichelte Linie: Regression an Modelldaten (durchgezogene Linie).	179
6.58: Kappung des Gesamtsitzenabflusses (durch Speicher und nachgeschaltete Versickerung) in Abhängigkeit vom Retentionsvolumen (Euler-Regen Typ 2). Links: Das Szenario ohne Nachverdichtung ohne Grauwassernutzung, rechts: das Szenario ohne Nachverdichtung mit Grauwassernutzung. Für eine vollständige Abflussspitzenkappung waren für beide Varianten ein Retentionsvolumen von 18 m^3 erforderlich.....	180
6.59: Deckung des Betriebswasserbedarfs durch Niederschlagsabflüsse, Grauwasser und Trinkwasser im Szenario ohne Nachverdichtung (links: ohne Grauwassernutzung, rechts: mit Grauwassernutzung).	180
6.60: Spezifischer Wasserbedarf im Referenzszenario, infolge von Wassersparttechnologienutzung sowie im Speicherszenario (inkl. Wassersparttechnologien). Oben: Ohne Grauwassernutzung, unten: mit Grauwassernutzung.....	182
6.61: Speicherfüllstand (graue Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario ohne Nachverdichtung ohne Grauwassernutzung.....	183
6.62: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario ohne Nachverdichtung mit Grauwassernutzung.	184
6.63: Wasserbilanzen (m^3/a) für die Speichervariante ohne GW-Nutzung (oben), Speichervariante mit GW-Nutzung (Mitte) (jeweils inkl. Wassersparttechnologien) und das Referenzszenario (kein Speicher, keine Wassersparttechnologien) (unten).....	185
6.64: Erforderliche Trinkwassernachspeisung in Abhängigkeit vom Speichernutzvolumen (Ermittlung noch ohne Retentionsvolumen, Simulationszeitraum: 10 Jahre) für das Szenario mit Nachverdichtung. Links oben: ohne Grauwassernutzung, rechts oben: mit Grauwassernutzung, links unten: mit Grauwassernutzung und zusätzlichen Dachflächen, rechts unten: mit Grauwassernutzung bei extensiver Dachbegrünung (sonst unbekiestes Flachdach). Zur besseren Vergleichbarkeit wurde das Nutzvolumen für dieselbe Steigung von $-50 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (Trinkwassernachspeisung/Nutzvolumen) ermittelt. Gestrichelte Linie: Regression an Modelldaten (durchgezogene Linie).	187
6.65: Kappung des Gesamtsitzenabflusses (durch Speicher und nachgeschaltete Versickerung) in Abhängigkeit vom Retentionsvolumen (Euler-Regen Typ 2) für das Szenario mit Nachverdichtung. Links oben: ohne Grauwassernutzung, rechts oben: mit Grauwassernutzung, links unten: mit Grauwassernutzung und zusätzlichen Dachflächen, rechts unten: mit Grauwassernutzung bei extensiver Dachbegrünung (sonst unbekiestes Flachdach).	188

6.66: Deckung des Betriebswasserbedarfs durch Niederschlagsabflüsse, Grauwasser und Trinkwasser im Szenario mit Nachverdichtung (links oben: ohne GW, rechts oben: mit GW, links unten: mit GW und Extradachflächen, rechts unten: mit GW bei extensiver Dachbegrünung).....	189
6.67: Spezifischer Wasserbedarf im Referenzszenario, infolge von Wasserspartechnologienutzung sowie im Speicherszenario (inkl. Wasserspartechnologien). Links oben: ohne GW, rechts oben: mit GW, links unten: mit GW und Extradachflächen, rechts unten: mit GW bei extensiver Dachbegrünung. ...	190
6.68: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario mit Nachverdichtung ohne Grauwassernutzung.	191
6.69: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario mit Nachverdichtung mit Grauwassernutzung.	192
6.70: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario mit Nachverdichtung mit Grauwassernutzung und Extradachflächen.	193
6.71: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario mit Nachverdichtung mit Grauwassernutzung und extensiver Dachbegrünung.	194
6.72: Wasserbilanzen (m ³ /a) für die Speichervariante ohne GW-Nutzung (1. Grafik), Speichervariante mit GW-Nutzung (2. Grafik), Speichervariante mit GW-Nutzung und Extradachflächen (3. Grafik) und Speichervariante mit GW-Nutzung bei extensiver Dachbegrünung (4. Grafik) (jeweils inkl. Wasserspartechnologien) und das Referenzszenario (kein Speicher, keine Wasserspartechnologien) (5. Grafik).	196
6.73: Erforderliche Trinkwassernachspeisung in Abhängigkeit von der bebauten Wohnfläche mit Nachverdichtung (die finale Version des Neubaugebiets sähe einen Anteil von 37 % vor bei 1,124 ha Gesamtneubaugebiet). Oben: Vergleich ohne GW-Nutzung bei Ertragsbeiwerten 0,5 (extensive Dachbegrünung) und 0,8 (unbekiestes Flachdach), Mitte: Vergleich mit GW-Nutzung bei Ertragsbeiwerten 0,5 (extensive Dachbegrünung) und 0,8 (unbekiestes Flachdach), unten: unbekiestes Flachdach, mit GW-Nutzung und weiteren Auffangflächen (für optimale Ausnutzung).	198
6.74: Mögliche Kappung des Gesamtsitzenabflusses eines 2-stündigen 5-Jahresregens (durch Speicher und nachgeschaltete Muldenversickerung) in Abhängigkeit von der bebauten Wohnfläche mit Nachverdichtung (die finale Version des Neubaugebiets sähe einen Anteil von 37 % vor bei 1,124 ha Gesamtneubaugebiet). Oben: Vergleich bei Ertragsbeiwerten 0,5 (extensive Dachbegrünung) und 0,8 (unbekiestes Flachdach) (Ergebnisse bei GW-Nutzung und ohne GW-Nutzung gleich), unten: unbekiestes Flachdach, mit GW-Nutzung und weiteren Auffangflächen (für optimale Ausnutzung).	200
6.75: Erforderliche Trinkwassernachspeisung in Abhängigkeit vom Ertragsbeiwert (intensive Dachbegrünung entspricht 0,3, extensive Dachbegrünung 0,5 und unbekiestes Flachdach 0,8) mit Nachverdichtung. Oben: Vergleich zwischen ohne GW-Nutzung und mit GW-Nutzung, unten: mit GW-Nutzung und weiteren Auffangflächen (für optimale Ausnutzung).	201

6.76: Mögliche Kappung des Gesamtsitzenabflusses eines 2-stündigen 5-Jahresregens (durch Speicher und nachgeschaltete Muldenversickerung) in Abhängigkeit vom Ertragsbeiwert (intensive Dachbegrünung entspricht 0,3, extensive Dachbegrünung 0,5 und unbekiestes Flachdach 0,8) mit Nachverdichtung. Oben: Vergleich zwischen ohne GW-Nutzung und mit GW-Nutzung, unten: mit GW-Nutzung und weiteren Auffangflächen (für optimale Ausnutzung).	202
7.1: Analyse Stadtbausteine (Quelle: aag).....	206
7.2: Links: Historischer Bebauungsplan, rechts: Bestand 3D digitalisiert (Quelle: aag).	206
7.3: Bestandsbebauung mit Straßenraum und Freiraumstrukturen (Quelle: BOHEI).	208
7.4: Analyse bestehende städtische Strukturen (Quelle: aag).....	209
7.5: Städtebauliche Varianten Ideenworkshop (Quelle: aag).....	212
7.6: Analyseblatt städtebauliche Variante (Quelle: aag).....	213
7.7: Arbeitsmodell Beteiligungsworkshop (Quelle: aag).	214
7.8: Analyseblatt städtebauliche Variante 02-01 (Quelle: aag).....	215
7.9: Simulation Sonnenstand im 3D-Modell (Quelle: aag).....	216
7.10: Planstand mit Freiraumgestaltung und innerer Erschließung (Quelle: aag).....	216
7.11: Wohnungsmix und vertikale Erschließung (Quelle: aag).	218

Tabellenverzeichnis

5.1: Abbruchunternehmen mit RAL-Gütekennzeichen (RAL 2022) im Großraum Heilbronn.	63
5.2: Aufbereiter mineralischer Bauabfälle in Heilbronn und Umland mit Zulassung nach TL SoB StB.	66
5.3: Vergleich der Massenbilanzen aus dem Gebäudesteckbrief des iör mit der eigenen Erhebung für den Gebäudetyp Sontheimer Landwehr, sowie um ein Flächenfundament korrigiert - Erhoben (2).	84
5.4: Vergleich der Massenbilanzen aus dem Gebäudesteckbrief des iör mit der eigenen Erhebung für den Gebäudetyp Bolzstraße sowie Informationen aus einem Gebäuderückbau.	88
6.1: Qualitätsanforderungen an Betriebswasser für Toilettenspülung und Wäschewaschen (SenS 2007).	98
6.2: Eigenschaften von Regenwasser (Quelle: fbr, 2005).	100
6.3: Ertragsbeiwerte verschiedener Auffangflächen (¹ nach WILO AG (2007), ² nach DIN 1989-1).	100
6.4: Ermittlung des jährlichen Betriebswasserbedarfs (Tabelle entnommen aus DIN 1989-1 mit Modifikationen).....	105
6.5: Eigenschaften von unbehandeltem Grauwasser unterschiedlicher Herkunft (fbr, 2005).	107
6.6: Übersicht über die erstellten ESB-Modell-Versionen (Vers.: Muldenversickerung)....	120
6.7: Derzeitige Bewohner- und Flächensituation im Bolzquartier.	141
6.8: Zukünftige Bewohner- und Flächensituation im Bolzquartier (Einwohnerdichte im Vergleich zu vor dem Neubau: 3,7).....	143
6.9: Mittelfristiger, einwohnerbezogener, durchschnittlicher Trinkwassertagesbedarf (BDEW 2021b).	144
6.10: Monatliche Verteilung des Bewässerungswasserbedarfs für Efeu.	156
6.11: Dem ESB-Modell zugrunde gelegte Optionen für Verbrauchsdaten und Nutzungsverhalten (N: Nutzung).....	157
6.12: Wasserverbrauchsdaten (GES: Geschosswohnungsbauten, DOP: Doppelhäuser). .	157
6.13: Dem ESB-Modell für die derzeitige Situation im Quartier Bolzstraße zugrunde gelegte Nutzungs- und Verbrauchsdaten (N: Nutzung).	160
6.14: Trinkwassereinsparpotential im Bundesdurchschnitt sowie für das Quartier Bolzstraße (BW: Betriebswasser, N.: Nutzung).....	161

1 Motivation und Beschreibung des Modellquartiers

Motivation

Das ausgewählte Stadtquartier Bolzstraße im Heilbronner Süden ist typisch für die Bebauung der Vor- und unmittelbaren Nachkriegszeit. Die Untersuchung der vorhandenen Bausubstanz ergab, dass ein längerfristiger Erhalt und die Sanierung in Verbindung mit Aufstockung, Erweiterung und Nachverdichtung nicht möglich sind und eine Neuordnung erfolgen muss. Die Stadtsiedlung Heilbronn GmbH legt als kommunales Wohnungsunternehmen bei der anstehenden städtebaulichen Entwicklung des Bestandsquartiers besonderen Wert auf eine aktive Beteiligung, in diesem Fall vor allem die Einbindung der Bewohner, die Realisierung von bezahlbarem Wohnraum und die Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten. Im Transformationsprozess wurden daher die Ressourceneffizienzscherpunkte Flächenmanagement, urbane Stoffströme und Siedlungswasserwirtschaft besonders berücksichtigt.

Ziele und Vorgehen

In einem engen Austausch mit den Bewohnern und Vertretern der beteiligten Fachdisziplinen wurde ein Rahmenplan entwickelt, der die Bedürfnisse der Bewohner mit den Anforderungen eines ressourceneffizienten Quartiers bestmöglich verbindet und gleichzeitig die städtebaulichen Vorgaben für bezahlbaren Wohnraum erfüllt. Ein wichtiger erster Schritt war es, mit einer Informationsveranstaltung und Einzelinterviews, den Bewohnern die Angst vor dem Verlust des Wohnraums zu nehmen und die Sicherheit zu geben, auch weiterhin im Quartier wohnen bleiben zu können. Dies war eine wichtige Voraussetzung, um die Bewohner zu motivieren, sich bei der Mitgestaltung des neuen Quartiers zu beteiligen, ihnen im Dialog neue Ansätze der Quartiersentwicklung (neue Wohnformen, Sharing-Ansätze) vermitteln zu können und gleichzeitig die Gemeinschaft im Quartier zu stärken. Als „Sprachrohr“ für das Quartier wurde das BOHEI-Team gegründet, mit dem Inhalte und Veranstaltungsformate/Reallabore abgestimmt wurden, z. B. die Mitmachgärten. Das Reallabor „Mitmachgärten“ hat in besonders anschaulicher Weise die Inhalte des Forschungsvorhabens vermittelt. Anhand der Hochbeete, die aus gebrauchten Europalletten errichtet, bzw. aus RC-Kunststoff gefertigt wurden, konnte das Thema Stoffkreisläufe veranschaulicht werden. Die zur Bewässerung aufgestellten Regenwasserbehälter zeigten auf einfachste Weise den nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser. Ziel hierbei war es, den Bezug zu tatsächlich benötigten Wassermengen zu vermitteln. Gleichzeitig waren die Mitmachgärten eine ideale Möglichkeit die Gemeinschaft zu stärken und Ideen für eine spätere Freiraumgestaltung zu sammeln. Den Freiräumen kommt im Zusammenhang mit der Ressource Fläche eine besondere Bedeutung zu. Ein sparsamer Umgang mit der Ressource Fläche ist unausweichlich mit einer höheren Nachverdichtung verbunden. Dies muss jedoch nicht „zu Lasten“ der Lebensqualität gehen, wenn Freiräume qualitativ hochwertig gestaltet sind und auf die Bedürfnisse der Bewohner angepasst sind. Auch hier muss im Rahmen eines integrativen Planungsprozesses eine Abwägung erfolgen.

Rahmenplan, Leitfaden und Qualitätsstufenplan

Die bewusste und frühzeitige Einbindung der Fachdisziplinen Stoffkreisläufe, Wasserinfrastruktur und Flächenmanagement haben zu einer veränderten und intensiveren Diskussion städtebaulicher Konzepte geführt. Systemische Zusammenhänge wurden frühzeitig erkannt und konnten abgewogen werden. Der erarbeitete **Rahmenplan** für das Quartier Bolzstraße ist damit das Ergebnis eines intensiven Abwägungsprozesses aller im Transformationsprozess beteiligten Fachdisziplinen. Gleichzeitig wurden bereits von Beginn an die Ideen/Anregungen der Bewohner aufgegriffen. Der Rahmenplan diente als Grundlage für die Aufstellung des Bebauungsplans. Im Bebauungsplanverfahren können die bereits gewonnenen Erkenntnissen

aufgenommen werden, z. B. der Einfluss der Wasserinfrastruktur und ein nachhaltiges Bodenmanagement. Für die Wasserinfrastruktur hat sich gezeigt, dass rein quartiersbezogene Lösungen möglich sind. Die in Zukunft immer größer werdende Notwendigkeit der Wassereinsparung im Quartier kann über zwei grundlegende Vorgänge erreicht werden: zum einen über die Nutzung wassersparender Technologien sowie durch die Nutzung von im Quartier aufkommenden Wasserressourcen wie Niederschlag und Grauwasser als Betriebswasser. Starkregenüberflutungsvorsorge erfolgt über die Schaffung von Retentionsräumen, u. a. durch Speicher mit Retentionsvolumen. Es wurde ein Rechenmodell entwickelt, mit dessen Hilfe die Wechselwirkungen zwischen Art und Maß der baulichen Dichte, Bewohneranzahl und Auswirkungen der genannten Maßnahmen auf die Wasserinfrastruktur einfach ermittelt werden können. Für ein effizientes Wassermanagement ist es zielführend, einen erweiterten räumlichen Rahmen zu betrachten und hierfür Beteiligungsmodelle zu entwickeln. Dies ist nur möglich, wenn eine frühzeitige Abstimmung aller Beteiligten erfolgt. Bodenaushubmassen stellen ein zunehmend größeres Entsorgungsproblem dar, das sich eingrenzen lässt, indem man das spezifische Aufkommen durch städtebauliche Rahmenbedingungen wie bspw. Stellplatzschlüssel sowie an das Geländeprofil angepasstes Bauen reduziert und verbleibende Massen möglichst vor Ort für Erdbaumaßnahmen verwendet. Bodenaushub kann jedoch auch als wertvolle Rohstoffquelle verstanden und aufbereitet der Baustoffindustrie als Rohstoffquelle dienen. Ressourcenschonend zu bauen, bedeutet vor allem, Bauweisen zu wählen, die flexibel auf sich ändernde Nutzeransprüche reagieren und Baustoffe verwenden, die ihren Rohstoffbedarf möglichst aus dem Materialkreislauf beziehen und ressourcenleicht sind. Der **Leitfaden** für Kommunen, Bauträger, Investoren und Baugesellschaften erläutert anhand von FAQ`s die wichtigsten Fragestellungen, die sich zu Beginn einer ressourceneffizienten Quartiersentwicklung ergeben. Er bietet damit einen ersten Überblick und erste Handlungsempfehlungen. Im **Qualitätsstufenplan** wurden die Kriterien zusammengefasst, die im Forschungsvorhaben „BOHEI“ bei der Erarbeitung des Rahmenplans in einem integrativen Planungsprozess diskutiert und abgewogen wurden. Anhand des Qualitätsstufenplans können bei der Konkretisierung von Quartiersentwicklungen spezifische, quartiersbezogene Ziele definiert und formuliert werden. Die Auseinandersetzung mit der „städtebaulichen Dichte“ hat ergeben, dass strukturell zwischen der rein quantitativen und der qualitativen Dichte zu unterscheiden ist. Neben der rein auf ein Quartier bezogenen Dichte ergibt sich bei einem ressourceneffizienten Flächenmanagement darüber hinaus ein gemeinwohlorientierter Nutzen. Diese übergeordnete Betrachtungsweise sollte bei künftigen Nachverdichtungen im Sinne einer „gemeinwohlorientierten Dichte“ im Fokus stehen.

Nachhaltigkeit und gesellschaftlicher Nutzen

Ein iterativer und integrativer Planungsprozess ermöglicht es, im Hinblick auf die Ressourcen Fläche, Stoffkreisläufe und Wasserinfrastruktur bei der Quartiersentwicklung einen über das Quartier hinausgehenden gesellschaftlichen Nutzen zu erzeugen, z. B. durch übergeordnete Wasserinfrastrukturmodelle bzw. ein ressourceneffizientes Flächenmanagement. Die Beteiligung sorgt für einen Wissenstransfer, eine breitere Akzeptanz und Identität mit dem Quartier sowie ein gemeinschaftliches Miteinander.

2 Forschungsantrag

2.1 Projektbeteiligte

- Stadsiedlung Heilbronn GmbH, Eigentümer (Bestandshalter) des untersuchten Bestandsquartiers; bearbeitetes Themenfeld im Projekt: Projektmanagement (mit Unterstützung der SCG mbH). Ansprechpartnerin: Helena Böhmer, helena.boehmer@scg-mbh.de.
- Architekturagentur Stuttgart; bearbeitetes Themenfeld im Projekt: Flächenmanagement. Ansprechpartner: Klaus Grübna, k.gruebna@architekturagentur.de.
- Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft; bearbeitetes Themenfeld im Projekt: Wasserwirtschaft. Ansprechpartner: Ralf Minke, ralf.minke@iswa.uni-stuttgart.de.
- Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH; bearbeitetes Themenfeld im Projekt: Kreislaufwirtschaft. Ansprechpartner: Florian Knappe, florian.knappe@ifeu.de.
- Netzwerk für Planung und Kommunikation, Bürogemeinschaft Sippel | Buff; bearbeitetes Themenfeld im Projekt: Dialog und Beteiligung. Ansprechpartner: Timo Buff, buff@sippelbuff.de.

2.2 Förderkulisse

Das Forschungsvorhaben „Bolzstraße Heilbronn - Das Quartier um die Bolzstraße stellt sich neu auf – integrierte ressourceneffiziente Stadtentwicklung im Heilbronner Süden“ (BOHEI) ist eines von insgesamt 12 Verbundforschungsvorhaben, die sich im Rahmen der Förderrichtlinie „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z) mit den Themen Wasserwirtschaft, Flächennutzung und Stoffstrommanagement am Beispiel des Bestandsquartiers der Stadsiedlung Heilbronn beschäftigen.

2.3 Ziele, Vorgehensweise und angestrebte Ergebnisse

Die Ziele, Vorgehensweisen und angestrebten Ergebnisse werden jeweils im Rahmen der einzelnen Arbeitspakete dargestellt.

3 Projektmanagement

3.1 Vorbemerkungen

Ein effizientes Projektmanagement ist im Sinne eines möglichst reibungslosen Projektverlaufes grundsätzlich unerlässlich. Wichtig war hierbei im Forschungsprojekt BOHEI vor allem die Einbindung verschiedener Akteure sowie die Koordination der Öffentlichkeitsarbeit und des Berichtswesens. Dies obliegt im Forschungsvorhaben der Stadtsiedlung Heilbronn GmbH, die hierbei über das gesamte Forschungsvorhaben hinweg von der Projektsteuerungs- und Consulting GmbH (SCG mbH) unterstützt wurde.

Bei der ressourceneffizienten Entwicklung eines Bestandsquartiers ist darüber hinaus der iterative und integrale Planungsprozess von besonderer Bedeutung. Dieser muss sich im Projektmanagement widerspiegeln.

Die Vielzahl der komplexen Projektebenen technischer, gesellschaftlicher und politischer Art erfordert einen strukturierten und integrierenden Prozess mit einer möglichst frühzeitigen Einbindung aller Fachdisziplinen. Nur so kann ein bestmögliches Ergebnis erzielt werden.

Bei der ressourceneffizienten Entwicklung eines Bestandsquartiers ist es neben der frühzeitigen Einbindung aller Fachdisziplinen besonders wichtig, die Bewohner des Quartiers von Beginn an in den Prozess einzubeziehen.

3.2 Inhalte Teilbereich

3.2.1 Projektmanagement eines iterativen und integralen Planungsprozesses

Wesentliches Element des Projektmanagements waren die internen Abstimmungen zwischen den Verbundpartnern. Die Terminkoordination erfolgt durch die Stadtsiedlung Heilbronn GmbH. Zu Beginn des Forschungsvorhabens (2019 bis Mitte 2020) fanden die Abstimmungen im Turnus von 6 bis 8 Wochen statt. Im Verlauf des Vorhabens wurde jedoch die Erkenntnis gewonnen, dass ein intensiverer Austausch wichtig und für eine zielführende Umsetzung des iterativen und integralen Planungsprozesses wesentlich ist. Der Turnus der Abstimmungstermine wurde daher im weiteren Projektverlauf angepasst und - abhängig von der jeweiligen Projektphase - im 2-4-wöchigen Abstand geplant. Bei künftigen Projekten empfiehlt es sich, diesen Turnus bereits von Beginn vorzusehen. Zum einen kann damit schneller ein gemeinsames Verständnis für die relevanten Rahmenbedingungen der verschiedenen Fachdisziplinen entstehen, zum anderen kann früher mit dem Abwägungsprozess begonnen werden.

Im Forschungsvorhaben BOHEI hat sich der zeitliche Abstand zwischen den Abstimmungsterminen zunächst an den geplanten Beteiligungsformaten / Beteiligungsveranstaltungen orientiert. Diese mussten coronabedingt mehrfach umgeplant werden. Im Spätjahr 2020 war noch nicht absehbar, ob ein Dichteworkshop mit den Bewohnern überhaupt durchgeführt werden kann. Daher wurde auf Basis der Ergebnisse der Bewohnerbefragung (Interviews) und der bisher gewonnenen Erkenntnisse mit dem gesamten Projektteam in unterschiedlichen Abstimmungsterminen verschiedene städtebauliche Varianten entwickelt und hinsichtlich Ressourceneffizienz (urbane Stoffkreisläufe, Wasserkreisläufe, Flächenmanagement) überprüft. Die Varianten wurden mit der Geschäftsleitung der Stadtsiedlung Heilbronn und dem Planungsamt der Stadt Heilbronn abgestimmt. Hierbei entstand dann auch die Überlegung, die „Checkliste“ für die Festlegung des Entwicklungsplans in einem Qualitätsstufenplan abzubilden, der dann auch über den gesamten Realisierungsprozess hinweg als Werkzeug im Rahmen der Qualitätskontrolle dienen kann.

Diese gemeinsame Erarbeitung verschiedener städtebaulicher Aspekte hat gezeigt, dass im Dialog Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Fachbereichen identifiziert werden konnten, die von wesentlicher Bedeutung sind und zunächst nicht im Fokus der Betrachtungen standen, so z. B. das Thema Dachbegrünung (siehe hierzu auch die Ausführungen ISWA).

In intensiven Diskussionen wurden die systemischen Abhängigkeiten zwischen den im Forschungsvorhaben bearbeiteten Aspekten gegeneinander abgewogen und in die Planung integriert. Wichtiger Bestandteil war hierbei die Arbeit an den Plänen und am Modell (siehe hierzu auch die Ausführungen aag)

Die ersten städtebaulichen Ansätze wurden dabei auf Basis der Vorgaben (Anforderungen) der Stadtiedlung Heilbronn GmbH an die künftige Wohnbebauung entwickelt und bei den Abstimmungsterminen mit den Anforderungen aus den Bereichen Kreislaufwirtschaft, Wasserwirtschaft und Flächenmanagement sowie den Vorstellungen der Bewohner (siehe hierzu Absatz Koordination Öffentlichkeitsarbeit / Bewohnerbeteiligung und Ausführungen im Arbeitspaket Beteiligung) abgeglichen und fortlaufend weiterentwickelt. Der inhaltliche Austausch hat gezeigt, dass gerade dieser Abwägungsprozess sehr wichtig ist, um die für die Transformation des Quartiers erforderlichen Entwicklungsziele sinnvoll und für das jeweilige Quartier angemessen zu definieren und hier auch mit entsprechenden Argumentationsgrundlagen frühzeitig in den Austausch mit der Planungsbehörde zu treten. Hierdurch können für die Umsetzung planungsrechtliche Festsetzungen festgelegt werden, die die Transformation zu einem ressourceneffizienten Quartier auch baurechtlich erst möglich machen.

Der Prozessablauf im Forschungsvorhaben wurde dabei bewusst anders gewählt. In einem üblichen Planungsverfahren wird zunächst das städtebauliche Konzept (häufig im Rahmen von städtebaulichen Wettbewerben oder Mehrfachbeauftragungen) festgelegt. Hierbei sind Fachplaner – wenn überhaupt - meist nur beratend eingebunden. Auch wenn versucht wird, Aspekte der Nachhaltigkeit – hierzu gehört auch die Ressourceneffizienz – in die städtebaulichen Planungen einzubeziehen, ist es in der Regel jedoch so, dass erst im Rahmen der Ämter- und Trägerhörung und der Abwägung im Bebauungsplanverfahren eine umfassendere Überprüfung stattfindet. Damit ist die Möglichkeit, mit einer gesamtheitlichen Betrachtung bessere Planungskonzepte umsetzen zu können, nicht mehr gegeben. Nur durch eine koordinierte und intensive Zusammenarbeit, die mit der ersten Projektidee beginnt, kann ein gutes Ergebnis im Sinne aller Aspekte erzielt werden. Im Gedankenkonstrukt von Planern und Projektmanagern ist diese Erkenntnis bereits weitgehend vorhanden. Grund, warum es häufig an der Umsetzung mangelt, sind vermutlich ökonomische und rechtliche Rahmenbedingungen.

Vor allem im Bereich von Bauträgermaßnahmen werden Investitionsentscheidungen bisher in der Regel immer noch auf Grundlage kurzfristiger Renditebetrachtungen getroffen. Vor dem Hintergrund der EU-Taxonomie werden jedoch in Zukunft Lebenszykluskostenbetrachtungen ein hilfreiches Werkzeug sein, um den langfristigen Mehrwert einer Investition aufzuzeigen.

Exemplarisch werden nachfolgend die systemischen Wechselwirkungen anhand des Beispiels der Stellplätze dargestellt:

Grundsätzlich sind im Sinne der Ressourceneffizienz kompakte Wohneinheiten mit einer geringen Wohnfläche zu bevorzugen. Ebenso sollte auf eine Unterkellerung zumindest weitestgehend verzichtet werden. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte ergeben sich hieraus Vorteile für die Kreislaufwirtschaft v.a. hinsichtlich des Bodenmanagements aber auch bei der Flächen- und damit Materialreduktion. Ebenso wirken sich kompakte Wohneinheiten positiv auf die Bezahlbarkeit von Wohnraum aus. Auch unter

Berücksichtigung der demographischen Entwicklung sind sie vielfach die richtige Antwort. Mit dieser Vorgehensweise ergibt sich jedoch ein Widerspruch zu den Vorgaben des Planungs- und Bauordnungsrechts, das einen Stellplatzschlüssel von 1,0 (mit einer maximalen Reduzierung auf 0,75) Stellplätzen je Wohneinheit vorsieht aber auch zu den Vorstellungen der Bewohner / Gesellschaft. Die Abhängigkeit und die Auswirkungen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Im Bereich der Gebäude können unter Berücksichtigung der vorhandenen Topografie 23 Stellplätze sinnvoll realisiert werden. Bei einer städtebaulich vertretbaren Dichte von 4 bis 5 Vollgeschossen und einer durchschnittlichen Wohnungsgröße von rd. 47 m² (2-Zimmer) zeigt sich, dass bereits ab der Realisierung von 3 Geschossen bei einem Stellplatzschlüssel von 1,0 Stellplätze je Wohneinheit Stellplätze fehlen. Dies kann nur durch den Bau zusätzlicher Stellplätze erreicht werden bzw. durch eine höhere durchschnittliche Wohnfläche und damit verbunden weniger Wohneinheiten.

Berechnung 1: Stellplatzschlüssel 1 Stellplatz je Wohneinheit							
Anzahl Geschosse	Wohneinheiten	Wohnungsgröße im Durchschnitt	notwendige Stellplätze bei einem Stellplatzschlüssel von	bei 23 vorhandenen Stellplätzen	zusätzlich benötigte Fläche für die Herstellung der fehlenden notwendigen Stellplätze	entspricht prozentual der Fläche des Untergeschosses (1.100 m ²)	alternativ: größere Wohneinheiten mit einer durchschnittlichen Wohnfläche von:
			1,00		25 m ² je Stellplatz		
1	9	46,67 m ²	9	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich
2	18	46,67 m ²	18	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich
3	27	46,67 m ²	27	es fehlen 4 Stpl	100 m ²	9,09%	54,78 m ²
4	36	46,67 m ²	36	es fehlen 13 Stpl	325 m ²	29,55%	73,04 m ²
5	45	46,67 m ²	45	es fehlen 22 Stpl	550 m ²	50,00%	91,30 m ²

Berechnung 2: Stellplatzschlüssel 0,75 Stellplätze je Wohneinheit							
Anzahl Geschosse	Wohneinheiten	Wohnungsgröße im Durchschnitt	notwendige Stellplätze bei einem Stellplatzschlüssel von	bei 23 vorhandenen Stellplätzen	zusätzlich benötigte Fläche für die Herstellung der fehlenden notwendigen Stellplätze	entspricht prozentual der Fläche des Untergeschosses (1.100 m ²)	alternativ: größere Wohneinheiten mit durchschnittlich:
			0,75	23	25 m ² je Stellplatz		
1	9	46,67 m ²	6,75	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich
2	18	46,67 m ²	13,5	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich
3	27	46,67 m ²	20,25	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich
4	36	46,67 m ²	27	es fehlen 4 Stpl	100 m ²	9,09%	73,04 m ²
5	45	46,67 m ²	33,75	es fehlen 11 Stpl	269 m ²	24,43%	91,30 m ²

Berechnung 3: Stellplatzschlüssel 0,5 Stellplätze je Wohneinheit							
Anzahl Geschosse	Wohneinheiten	Wohnungsgröße im Durchschnitt	notwendige Stellplätze bei einem Stellplatzschlüssel von	bei 23 vorhandenen Stellplätzen	zusätzlich benötigte Fläche für die Herstellung der fehlenden notwendigen Stellplätze	entspricht prozentual der Fläche des Untergeschosses (1.100 m ²)	alternativ: größere Wohneinheiten mit durchschnittlich:
			0,50		25 m ² je Stellplatz		
1	9	46,67 m ²	4,5	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich
2	18	46,67 m ²	9	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich
3	27	46,67 m ²	13,5	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich
4	36	46,67 m ²	18	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich
5	45	46,67 m ²	22,5	ist der Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	0,00%	nicht erforderlich

Die Tabellen zeigen, dass sich die zusätzlich erforderliche Fläche bereits bei einem Stellplatzschlüssel von 0,75 deutlich reduziert. Bei einem Stellplatzschlüssel von 0,5

und einer durchschnittlichen Wohnfläche von 46,67 m² ist keine zusätzlichen Stellplätze erforderlich. Dieser Stellplatzschlüssel sollte idealerweise bei einer Bebauung mit 4 bis 5 Vollgeschossen planungsrechtlich festgesetzt werden, um die Ressourceneffizienz im Bereich der Kreislaufwirtschaft und des Flächenmanagements sowie die Realisierung kompakter und damit bezahlbarer Wohneinheiten zu realisieren.

Die Berechnungen sind auf den finalen Planungsstand (abschließender Rahmenplan) bezogen.

Die Bewohnerbefragung hat ergeben, dass Bedarf an einer größeren Anzahl an PKW-Stellplätzen gesehen wird. Hier setzt das Modell des Reallabors „Car-Sharing“ und „Bike-Sharing“ an. Mit der Bestandsabteilung der Stadsiedlung Heilbronn wurde koordiniert, dass mit dem Anbieter „Stadtmobil“ eine Kooperation vereinbart wurde, um den Bewohnern vor Ort im Quartier die Möglichkeit zu geben, neue Mobilitätskonzepte zu testen. Die Stadsiedlung hat das Angebot finanziell unterstützt, um eine möglichst große Teilnahme zu erreichen. Ergänzend sollen künftig auch Fahrräder angeboten werden, u.a. auch Lastenbikes, die die Nutzung verschiedener Mobilitätsformen attraktiver machen sollen. Die Umsetzung des Bike-Sharings soll mit Fertigstellung eines weiteren Bestandsquartiers der Stadsiedlung Heilbronn erfolgen, da damit eine ausreichende Anzahl an Wohnungen zu Verfügung stehen, um als Standort für Anbieter interessant zu sein. Erste Ergebnisse aus dem Reallabor sollen in der weiteren Planung und Abstimmung mit dem Planungsamt der Stadt Heilbronn einfließen, um den Stellplatzschlüssel zu reduzieren – ggf. in Ergänzung zu einem vorgegebenen Mobilitätskonzept. Ein weiterer Ansatz ist es, in den ersten Bauabschnitten zunächst weniger Stellplätze zu realisieren und die Akzeptanz eines Mobilitätskonzepts weitergehend zu testen und ggf. in den letzten Bauabschnitten ein erforderliches Delta an Stellplätzen zu realisieren.

Die städtebaulichen Modelle wurden regelmäßig mit dem vom ISWA entwickelten Modell (siehe hierzu die Ausführungen ISWA) abgeglichen und haben die Auswirkungen verdeutlicht, die sich durch einzelne planungsrechtliche Festsetzungen, z. B. eine Begründung der Dachflächen ergeben.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Extremwetterereignisse wurde der Umgang mit Wassermengen, v.a. Regenwasser sehr intensiv diskutiert. Bei der Planung wurde die vorhandene Topografie berücksichtigt und im Rahmenplan wird hierzu vorgeschlagen, am tiefsten Punkt des Geländes das anfallende Regenwasser in einem Regenwasserspeicher zu sammeln, um diese vor allem auch für die Bewässerung der Außenanlagen zu verwenden. Ergänzend wird vorgeschlagen, über neue Betreibermodelle gemeinsam mit der Stadt Heilbronn nachzudenken, um auch bei der Gestaltung der öffentlichen / halböffentlichen Straße, Wege und Plätze eine zukunftsweisende und ressourceneffiziente Blau-Grüne-Infrastruktur zu realisieren und hierbei Synergieeffekte und damit Kostenvorteile sowie die Bewirtschaftung über den gesamten Lebenszyklus zu berücksichtigen.

Die Berücksichtigung der Lebenszykluskosten ist grundsätzlich von hoher Bedeutung bei der Transformation eines Bestandsquartiers und ein weiterer wichtiger Aspekt, der im Zuge eines effizienten Projektmanagements immer wieder auch mit den späteren Nutzern und Bestandshaltern rückgekoppelt und letztlich festgelegt werden muss. Im Zusammenhang mit den vorab beschriebenen Regenwasserspeichern sind dies Wartungs- und Reinigungskosten, Stromkosten, etc. Um hier quartiersbezogene sinnvolle Lösungen umsetzen zu können ist es wichtig, die spätere Nutzen-, Kosten- und Lastentragung frühzeitig zu klären und festzulegen.

3.2.2 Einfluss rechtlicher Rahmenbedingungen, EU-Taxonomie, Förderung, etc.

Wesentlichen Einfluss auf die Planung haben gesetzliche Vorgaben. Die bereits dargestellten Auswirkungen planungsrechtlicher Festsetzungen wurden anhand des Stellplatzschlüssels bereits erläutert. Hier gibt es noch viele weitere Festsetzungen, die Einfluss auf die Ressourceneffizienz haben. Exemplarisch sollen hier nur die Dachbegrünung, Zahl der Vollgeschosse, das Maß der baulichen Nutzung und die Bauweise genannt werden.

Neben den planungsrechtlichen und bauordnungsrechtlichen Vorgaben haben jedoch auch weitere rechtliche Rahmenbedingungen Einfluss auf die Ressourceneffizienz. Hierzu gehören auch Vorgaben aus der Förderkulisse. Diese ist gerade bei der Errichtung von bezahlbarem Wohnraum von wesentlicher Bedeutung. Aufgrund der engen Vorgaben, z. B. feste Wohnungsgrößen in Abhängigkeit von der Personenzahl können zielgruppenorientierte Wohnungsgrundrisse (z. B. für Alleinerziehende) und innovative Wohnungsansätze (z. B. zusätzliche gemeinsam genutzte Räume) nicht, bzw. nur schwer umgesetzt werden.

3.2.3 Koordination Akteure innerhalb des Verbundforschungsvorhaben

Neben der reinen Terminorganisation war es die Kernaufgabe des Projektmanagements, die jeweiligen Ergebnisse aus den verschiedenen Projektphasen immer wieder mit den im Projekt gesetzten Zielen abzugleichen und neue Aspekte sinnvoll zu ergänzen. In Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern wurden die Schnittstellen und Abhängigkeiten der verschiedenen Teilbereiche identifizieren und bearbeitet.

Ein besonderer Fokus lag auch hier regelmäßig auf den Lebenszykluskosten – und dies über alle Planungsebenen hinweg. Sowohl bei der städtebaulichen Konzeption sind die Lebenszykluskosten relevant (Stichwort Dichte) als auch bei der Planung der Gebäude und deren Bewirtschaftung. Eine integrative und iterative Planung kann auch hier zu einer Steigerung der Ressourceneffizienz und gleichzeitig einer Reduzierung der Lebenszykluskosten führen. Dies ist vor allem bei Bestandshaltern ein wichtiger Aspekt.

3.2.4 Koordination Öffentlichkeitsarbeit / Bewohnerbeteiligung

Das Quartier Bolzstraße ist ein Bestandsquartier der Stadtsiedlung Heilbronn und war damit besonders geeignet für das Forschungsvorhaben. Der Stadtsiedlung als Vermieter und auch künftiger Eigentümer ist im Rahmen der Beteiligung eine besondere Rolle zugekommen.

Sämtliche Beteiligungsformate wurden in enger Abstimmung mit der Geschäftsleitung und den Mitarbeitern der Stadtsiedlung Heilbronn abgestimmt und festgelegt. Der Stadtsiedlung war es hierbei besonders wichtig, den Bewohnern die Angst vor dem Verlust des Wohnraums zu nehmen und sie zur aktiven Mitgestaltung ihres künftigen Quartiers zu motivieren.

Nicht nur bei allen Veranstaltungen, sondern auch in vielen Einzelterminen (u. a. den Interviews) waren immer die im Quartier bekannten Ansprechpersonen der Stadtsiedlung (kaufmännische und technische Mitarbeiter, Hausmeister) aber auch die Abteilungsleiter und der Geschäftsführer in regelmäßigen Abständen vor Ort.

3.2.5 Expertenbeteiligung

Die Beteiligung von Experten hat auf der jeweiligen Fachebene stattgefunden. Coronabedingt war es nicht, wie ursprünglich geplant, möglich, größere Informationsveranstaltungen mit externen Experten (Fachvorträge) durchzuführen. Im Rahmen des Reallabors „Mitmachgärten“

wurde ein externer Experte einbezogen und stand den Bewohnern im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung für viele Tipps und Ratschläge zur Verfügung. Ebenso konnten sich die Bewohner bei der Einführung des Reallabors „Car-Sharing“ informieren.

3.2.6 Berichtswesen

Das Berichtswesen umfasst schwerpunktmäßig die Dokumentation wesentlicher Abstimmungsergebnisse aus Terminen, die Weitergabe relevanter Sachverhalte und die Vorbereitung verschiedener Sachstandsberichten. Hierbei sind folgende Teilbereiche zu unterscheiden:

Berichtswesen innerhalb des Forschungsvorhabens (Verbundpartner)

Die Stadsiedlung hat die wesentlichen Ergebnisse bzw. Sachstände der regelmäßigen Abstimmungstermine aller Verbundpartner bzw. einzelner Abstimmungsterminen zu gesonderten Themen protokolliert. Im Rahmen der regelmäßigen Abstimmungstermine wurde seitens der Stadsiedlung sowohl über interne als auch über externe Ergebnisse / Sachstände berichtet. Regelmäßiger Bestandteil war hier unter anderem auch die Berichterstattung aus den Lenkungskreissitzungen bzw. aus den Workshops der Querschnittsthemen. Hierdurch ergaben sich zu einzelnen Themen, z. B. im Bereich der Kreislaufwirtschaft, ergänzende bilaterale Abstimmungen mit anderen Forschungsvorhaben.

Berichtswesen extern im Rahmen von RES:Z

Im Gesamtverbund der Forschungsprojekte des RES:Z wurde im Rahmen der Lenkungskreissitzungen und im Rahmen der Workshops zu den Querschnittsthemen über den aktuellen Sachstand aus dem Projekt berichtet. Hierzu wurden regelmäßig Präsentationen erstellt.

Eine besonders intensive Zuarbeit ist hierbei vor allem auch im Zusammenhang mit der Erstellung der DIN SPEC erfolgt, bei der es um den Ressourcenplan (im Rahmen des Forschungsvorhabens BOHEI Qualitätsstufenplan) – siehe hierzu Kapitel 8 – und das Thema „Dichte“ ging.

Berichtswesen extern (kommunale Ebene)

Mit der Geschäftsleitung der Stadsiedlung Heilbronn fanden regelmäßige Abstimmungstermine statt bei denen über den aktuellen Sachstand berichtet und die weitere Vorgehensweise abgestimmt wurde. Hierzu wurden regelmäßig Präsentationen mit den aktuellen Sachständen erstellt.

Über die Geschäftsleitung der Stadsiedlung Heilbronn wurde der Aufsichtsrat in den regelmäßig stattfindenden Sitzungen ebenfalls fortlaufend über den Sachstand informiert, bei wesentlichen Änderungen erfolgte dies als separater Tagesordnungspunkt.

Von den im Gemeinderat der Stadt Heilbronn vertretenen Fraktionen wurde jeweils ein Ansprechpartner benannt, die in regelmäßigen Abständen über den Fortgang des Projekts informiert wurden. Coronabedingt war eine Teilnahme an Veranstaltungen wie ursprünglich geplant nicht möglich.

Zu Beginn des Forschungsvorhabens erfolgte ein Austausch mit der Stadt Heilbronn (Stabsstelle Partizipation)

Berichtswesen extern (Dokumentation der Forschungsergebnisse)

Neben dem Rahmenplan, der die städtebauliche Transformation des Quartiers „BOHEI“ dokumentiert, war es Ziel des Forschungsvorhabens, die gewonnenen Erkenntnisse in einem

Leitfaden zusammenzufassen. Dieser kann als Richtschnur sowohl für Quartiere der Stadt-siedlung Heilbronn und der Stadt Heilbronn aber auch für Quartiere in anderen Städten genutzt werden, die sich mit der Transformation von Quartieren befassen.

Der im [Anhang](#) beigefügte **Leitfaden** richtet sich an alle Entscheidungsträger, die an der Entwicklung von Bestandsquartieren mitwirken. Vordergründig sind dies Kommunen, Wohnungsbaugesellschaften und Genossenschaften, aber auch Bauträger und private Investoren.

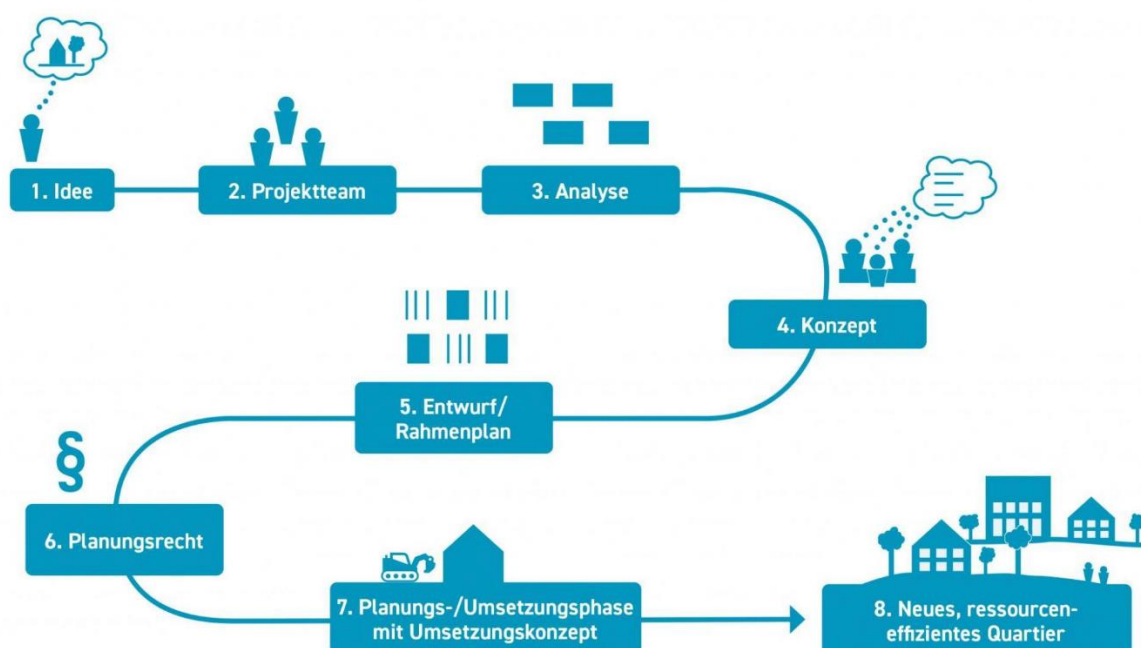
Der Leitfaden gibt erste Hinweise auf die relevanten Fragestellungen, die sich bei der Entwicklung von Bestandsquartieren ergeben. Neben dem städtebaulichen Entwurf werden die Themen Siedlungswasserwirtschaft, Ressourcenkreisläufe und -effizienz sowie Beteiligungsprozesse fokussiert, da diese im Rahmen des Forschungsvorhabens untersucht wurden.

Weitere Nachhaltigkeitsthemen, z. B. Mobilität und Energiekonzepte, können jederzeit ergänzt werden. Hierbei sind der **Qualitätsstufenplan** (s. [Anhang](#)), der als weiterführende Ergänzung zum Leitfaden ebenfalls im Rahmen des Forschungsvorhabens entwickelt wurde, und der Kriterienkatalog der DGNB hilfreiche Werkzeuge.

3.3 Idealtypischer Quartiersentwicklungs-Prozess und wesentliche Meilensteine (Ergebnis Teilbereich)

Ein idealtypischer Quartiersentwicklungs-Prozess beginnt mit einer ersten Idee zur Transformation eines Quartiers. Die Idee definiert dabei das übergeordnete Ziel und gewünschte Ergebnis des Quartiersentwicklungs-Prozesses. Bei Bestandsquartieren kommt der Analysephase eine besondere Bedeutung zu. Neben den rein technischen Kriterien (Bausubstanz, technische Ausstattung, Kennzahlen, etc.) sind die Analyse der Eigentums- und Bewohnerstrukturen sowie die Bedürfnisse und Zielvorstellungen der Bewohner*innen wichtige Gesichtspunkte.

Idealerweise sind bereits in dieser ersten Phase Projektbeteiligte aus verschiedenen Fachdisziplinen (Architektur, Stadtplanung, Wasserinfrastruktur, Beteiligung, Stoffkreislauf, Bestandsmanagement, etc.) eingebunden, um die Informationen zu sammeln und auszutarieren, die für die Konzepterarbeitung benötigt werden.



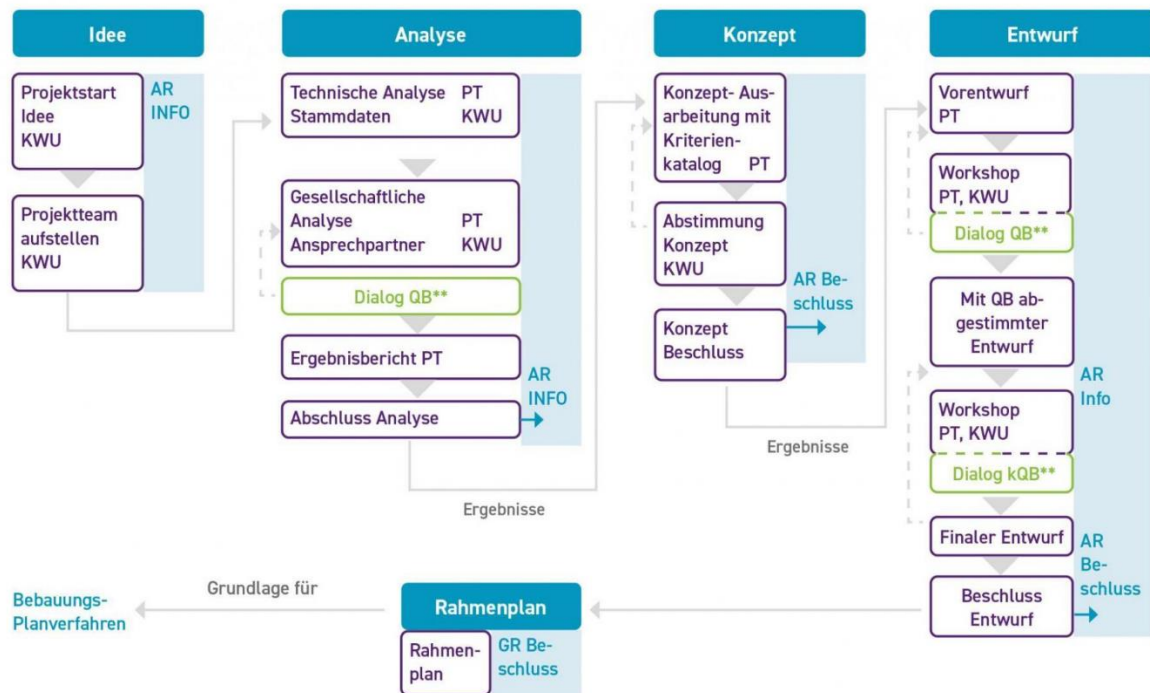


Abb. 3.1: Beispielhafter Prozessablauf für eine ressourceneffiziente Quartiersentwicklung eines kommunalen Wohnungsunternehmens.

3.4 Wechselwirkung zu anderen Themenbereichen

Das richtige Projektmanagement ist der wesentliche Baustein, damit ein iterativer und integrierender Planungsprozess gelingt. Die Einzelergebnisse aus den verschiedenen Fachdisziplinen müssen regelmäßig abgefragt und miteinander abgeglichen und abgewogen werden.

4 Beteiligung

4.1 Vorbemerkungen

Mit dem Transformationsprozess wird im Sinne eines ressourcenschonenden Umgangs mit Siedlungsflächen eine spürbare Nachverdichtung verfolgt, um einen aktiven Beitrag zur Schaffung von Wohnraum im Bestand zu leisten. Die Erhöhung der wohnbaulichen Dichte im Quartier stellt aber nur die eine Seite eines nachhaltigen urbanen Flächenmanagements dar. Auf der anderen Seite sind die Aspekte gestalterische Qualität, Attraktivität und Nutzbarkeit von öffentlichen Plätzen und Grünflächen im Quartier als „Ausgleich“ der angestrebten hohen Dichte von zentraler Bedeutung. Im Mittelpunkt dieses Arbeitspaketes stehen aber insbesondere die im Bestand Wohnenden. Die Quartiers-/Gebietsentwicklung stellt für die Bewohner*innen einen unmittelbaren Eingriff in ihren Lebensalltag dar, auch wenn es das erklärte Ziel ist, die Bewohner*innen mit entsprechenden Wohnraumangeboten vor Ort zu halten. Insbesondere bei Quartieren mit bislang sozialverträglichen Mieten ist die Betroffenheit sehr groß und mit existenziellen Sorgen verbunden.

In dem Arbeitspaket werden Lösungen im Dialog mit den Bewohner*innen und der Öffentlichkeit erarbeitet und verschiedene Teilnehmungsformate auch mit Blick auf die Prozessorganisation angewendet, die zum einen der Etablierung eines auf Dauer angelegten kommunalen Transformationsmanagements dienen. Zum anderen ist es Ziel, die bisherigen Mieter*innen, aber auch künftige Bewohner*innen auf dem Weg des Transformationsprozesses mitzunehmen und aktiv in die städtebauliche Umstrukturierung und Gestaltung ihres künftigen ressourceneffizienten Quartieres einzubinden.

Vor diesem Hintergrund wird die Beteiligung der Mieter*innen und der Öffentlichkeit als essentieller Bestandteil eines nachhaltigen urbanen Flächenmanagements betrachtet.

4.2 Inhalte Teilbereich

Inhaltlich gliedert sich das Arbeitspaket in vier verschiedene Phasen: die Informations- und Analysephase, die Klärungs- und Zielbestimmungsphase, die Konzeptions- und Planungsphase und schließlich die Reflexions- und Abschlussphase. Neben dem Dialog nach außen, also mit den Bewohner*innen und der Öffentlichkeit ist ein projektinterner Austausch im Sinne einer integralen Planung ein wichtiger Baustein, um Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Disziplinen zu identifizieren und Zielkonflikte frühzeitig zu lösen.

4.2.1 Informations- und Analysephase

Die Informationsphase spielt besonders zu Beginn des Projektes eine tragende Rolle aber auch darüber hinaus ist der gegenseitige Informationsaustausch zentral. Auf der einen Seite benötigt das Projektteam Informationen über das Quartier und auf der anderen Seite muss die Bewohnerschaft über das Projekt informiert werden. Auch während des gesamten Verfahrens werden die Betroffenen optimalerweise stetig über die Entwicklung informiert. Die Informationsphase wird demnach erst mit Abschluss des gesamten Projektes beendet.

Die Analyse ist eng verzahnt mit der Erhebung von Informationen. Sie dient im Wesentlichen dazu die gesammelten Informationen über das Quartier auszuwerten. Dazu gehören zunächst die Datenerfassung bzw. Bestandserhebung, wozu auch die Mieter*innenbefragung zählt, sowie die sich daraus ableitende Bewertung der Ausgangssituation.

Ebenfalls dient die Informationsphase dazu, die Bewohner*innen zur Aktivierung anzuregen. So wird schon im Rahmen der Informationsveranstaltung versucht, das Interesse an der Mitwirkung am Projekt zu wecken. Die Aktivierung steht demnach eng in Verbindung mit der Information und zugleich mit der nachfolgenden Beteiligung.

Das Projekt muss für alle Bewohnerinnen und Bewohner sichtbar werden. Daher bietet es sich an, eine Räumlichkeit im Quartier als Begegnungsort im Rahmen des Projekts bereitzustellen.

Folgende Maßnahmen werden im Zuge dieser Phase durchgeführt:

- Kick-Off/Informationsveranstaltung,
- Begehung,
- Hintergrundgespräche mit Stadtsiedlung,
- Hintergrundgespräch mit Stabstelle „Partizipation und Integration“ der Stadt Heilbronn,
- Einrichtung BOHEI-Treff,
- Interviews/Mieterbefragung.

4.2.2 Klärungs- und Zielbestimmungsphase

Die Klärungs- und Zielbestimmungsphase baut unmittelbar auf die Informations- und Analysephase auf und ist mit dieser eng verknüpft.

In dieser Phase gilt es, die fachplanerischen Rahmenbedingungen und Wechselwirkungen mit den Vorstellungen und Anregungen aus den Beteiligungsveranstaltungen in einen Kontext zu setzen. Aus einer integrierten Betrachtung heraus wird die inhaltlich-programmatische Grundlage für den Rahmenplan erarbeitet. Die im Dialog herausgearbeiteten Zielsetzungen formulieren den perspektivischen Handlungsrahmen für ein quartiersbezogenes, nachhaltiges und urbanes Flächenmanagement. Besonderes Augenmerk soll dabei auf die Entwicklung einer für das neue Quartier ‚lebenswerten Dichte‘ gelegt werden.

Im Rahmen des gesamten Projektverlaufs werden verschiedene Beteiligungsformate für unterschiedliche Zielgruppen durchgeführt. Beabsichtigt ist, neben den Mieter*innen auch die Bewohner*innen der Nachbarschaft bis hin zu Einwohner*innen der gesamten Südstadt und Gesamtstadt partiell einzubinden. Zunächst folgen auf die Informationsphase Angebote, um die Bewohnerschaft zur Teilhabe zu aktivieren. Anschließend folgt eine breite Palette an Beteiligungsformaten, um die sehr heterogene Bewohnerschaft auf unterschiedliche Weise zu erreichen. Diese Dialogangebote ziehen sich durch alle weiteren Projektphasen.

Die Einbindung von Bewohner*innen aus der Nachbarschaft oder gar der Südstadt konnte aufgrund des Zeitplanes, welcher durch die Corona-Pandemie neu aufgestellt werden musste, nicht im Projektzeitraum erfolgen. Die ursprünglich vorgesehene Abfolge von Beteiligungsformaten mit unterschiedlichen Zielgruppen konnte daher nicht gewahrt werden. Es fehlte die Grundlage, die zuvor mit den Bewohner*innen hätte entwickelt werden sollen, um darauf aufbauend mit der Nachbarschaft und der Südstadt in den Dialog zu treten.

Zu der zweiten Phase zählen die untenstehenden Maßnahmen:

- Initiierung BOHEI-Team,
- BOHEI-Team Sitzungen,
- Quartiersspaziergang mit Dialogcafé.

4.2.3 Konzeptions- und Planungsphase

In der Konzeptions- und Planungsphase sollen die gewonnenen Erkenntnisse zunächst in erste, noch alternative Planentwürfe übersetzt und visualisiert werden. Die Anregungen aus der Rückkopplung werden dann zum städtebaulich-freiraumplanerischen Entwurf weiterentwickelt. Über die baulich-räumliche und freiraumplanerische Ausgestaltung des Quartieres hinaus ist vorgesehen, dass der Rahmenplan u.a. Aussagen zu Wohnformen, Wohnungsgrundrissen, Energiekonzeption, Mobilitätskonzept und Nutzungsmischung trifft. Gleichermaßen gilt es, die Inhalte des Rahmenplans als Grundlage für ein nachhaltiges urbanes Flächenmanagement in eine Transformationsstrategie „Quartierswandel“ zu überführen.

Im Zuge der dritten Phase wird folgendes durchgeführt:

- BOHEI-Team Sitzungen,
- Dichte-Workshops und Konzept-Workshop,
- Hintergrundgespräche mit der Stadtverwaltung Heilbronn,
- Einweihung Mitmachgärten und Car-Sharing,
- Aktionstags Mitmachgärten.

4.2.4 Reflexions- und Abschlussphase

In der Reflexions- und Abschlussphase gilt es den dialogischen Planungsprozess gemeinsam mit den Bewohner*innen und den unmittelbaren Nachbarn zu reflektieren und die gewonnenen Erkenntnisse in einen „Leitfaden für die Transformation von Stadtquartieren als Basis für eine zukünftige Nachhaltigkeitszertifizierung“ zusammenzuführen.

In der abschließenden Phase wird der Leitfaden erstellt und veröffentlicht. Hierzu wird projektintern ein Workshop durchgeführt. Zusätzlich wird der Qualitätsstufenplan (QSP) erarbeitet, der als eigenständiges Produkt veröffentlicht wird. Der QSP fasst die Kriterien zusammen, die im Forschungsvorhaben bei der Erarbeitung des Rahmenplans in einem integrativen Planungsprozess diskutiert und abgewogen wurden und die Ressourceneffizienz fokussiert haben.

Im Spätsommer ist ein Abschlussfest geplant, um über die Ergebnisse zu berichten und das weitere Vorgehen auch nach Abschluss des Forschungsprojektes darzustellen. Zudem dient das Abschlussfest dazu, sich für die Mitwirkung bei den Bewohner*innen zu bedanken.

4.3 Ergebnis Teilbereich

4.3.1 Dialogbausteine in der Informations- und Analysephase

Wesentliche Erkenntnisse und Ergebnisse, die im Zuge der Durchführung der Dialogbausteine und der damit zusammenhängenden Vor- und Nachbereitungen in der ersten Phase erzielt wurden:

- Persönliches Kennenlernen der Bewohner*innen mit der Feststellung, dass die Bewohnerschaft eine heterogene Zusammensetzung aufweist, die zu unterschiedlichen Sichtweisen auf Problemlagen führt.
- Identifizierung erster Sorgen und Vorbehalte gegenüber dem Projekt im Rahmen der Informationsveranstaltung. Durch eine niederschwellige Darstellung des Projekts inklusive der Teilbereiche und durch Möglichkeit Gespräche auch mit Vertreter*innen der Stadsiedlung Heilbronn zu führen, konnten einige Sorgen und Vorbehalte der Mieter*innen genommen werden.
- Einrichtung eines vor Ort bestehenden Treffpunktes.

- Erkenntnisse über positive und negative Aspekte des Quartiers und der Wohnsituation im Zuge der Interviews, sowie Identifizierung von Wohnwünschen und Haltungen gegenüber neuen Wohnformen und -konzepten aber auch zu zukunftssträchtigen nachhaltigen Aspekten, wie Nutzung Grauwasser, Recycling von Baustoffen, Car-Sharing etc.

4.3.1.1 Hintergrundgespräche mit verschiedenen Akteuren

Im Vorfeld der öffentlichen Bekanntgabe des Projektes erfolgten verschiedene Termine mit den Projektpartner*innen, um zunächst die Projektziele und den Ablauf klar abzustecken und darüber hinaus von den Mitarbeiter*innen der Stadsiedlung Heilbronn Informationen über das Quartier und dessen Bewohnerschaft zu erhalten.

Wichtig war außerdem ein Gespräch mit der Stabstelle ‚Partizipation und Integration‘ der Stadt Heilbronn. Die Vertreter*innen konnten über Ihre Erfahrungen und wichtige, einzubindende Akteure und Stakeholder in der Südstadt informieren.

Zudem wurde das „Meseno“, eine im Quartier ansässige soziale Einrichtung, informiert und kontinuierlich eingebunden. Größere Dialogveranstaltungen konnten in Räumlichkeiten des Meseno durchgeführt werden und somit vor Ort im Quartier stattfinden.

4.3.1.2 Informationsabend als Kick-Off

Die Auftaktveranstaltung galt der Information der Bewohner*innen. Ziel der Veranstaltung war neben der grundsätzlichen Information über das Vorhaben aufkommende Ängste und Sorgen von vornherein aufzugreifen und zu nehmen. Die technischen Inhalte wurden auf niederschwellige Weise kommuniziert und anschließend ausreichend Zeit für Rückfragen zur Verfügung gestellt. Bereits an diesem ersten Termin wurden das Interesse und die Mitwirkungsbereitschaft der Bewohner*innen an Dialogveranstaltungen, dem BOHEI-Team aber auch an einem persönlichen Termin zur Mieter*innenbefragung identifiziert.



Abb. 4.1: Öffentlicher Auftakt des Projekts (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.1.3 Einrichtung BOHEI-Treff

Mit der Absicht, Interviews und Dialogveranstaltungen vor Ort, im Quartier durchzuführen, wurde der BOHEI-Treff initiiert. Eine der leerstehenden Doppelhaushälften wurde kleinteilig aufgewertet, sodass kleinere Veranstaltungen und die Interviews dort durchgeführt werden konnten. Somit wurde garantiert, dass zur Teilnahme an Terminen weite Strecken vermieden werden und die Interviews nicht im privaten Raum der Bewohner*innen erfolgen mussten.



Abb. 4.2: Bolzstraße 9 wird zu BOHEI-Treff (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.1.4 Interviews/Mieter*innenbefragung

Im Projekt wurde auf eine schriftliche Befragung per Zusendung eines Fragebogens verzichtet und stattdessen das Format des persönlichen Interviews angeboten. Ziel war es, mit den Mieter*innen persönlich ins Gespräch zu kommen. Um sicher zu gehen, dass die Interviews für alle Projektpartner*innen einen Mehrwert darstellen, wurde der Interviewleitfaden im Vorfeld projektintern abgestimmt. Fragen aus allen einzelnen Fachdisziplinen waren somit Gegenstand der Interviews.

Da auf die Interviewanfragen zunächst nur eine geringe Resonanz folgte, wurden die Bewohner*innen durch eine ihnen vertraute Person seitens der Stadtsiedlung persönlich telefonisch zum Interview eingeladen. Die Interviewtermine wurden dabei ganz flexibel eingetaktet, sodass auch berufstätige Personen, auch mit Blick auf Schichtbetrieb, und/oder Alleinerziehende eine Möglichkeit bekamen, teilzunehmen. Ebenfalls wurden Hilfestellungen bei der Beantwortung der Fragen gegeben, z. B. Schreibhilfe, Erklärung einzelner Begriffe und Übersetzungshilfe. Die Interviews wurden seitens des Projektteams durch je zwei Personen durchgeführt, darunter je eine den Mieter*innen bereits bekannte Person der Stadtsiedlung Heilbronn.

Es konnten insgesamt 31 Interviews geführt werden, damit wurden 63 % der Wohneinheiten abgedeckt. Gleichzeitig konnten alle Bereiche des Quartiers abgedeckt und eine breite Mischung aus der Bewohnerschaft abgebildet werden.

4. Beteiligung

Interviewleitfaden für Mieter-/Haushaltsbefragung
Fragebogennummer: 32

BOHEI
Zukunft im Quartier

Teil I

Wohnung

1. Wie bewerten Sie folgende Aspekte in Ihrer Wohnung / Ihrem Haus?
Ankreuzen, Skala 1 - 6 je Aspekt, sehr gut ... sehr schlecht, keine Meinung

	1	2	3	4	5	6	Keine Meinung
Grundriss/Zuschnitt		X					
Zimmeranzahl		X					
Größe (m ²)		X					
Ausstattung Bad/WC			X				
Keller			X				
Sitelsitzsituation			X				
Guf. Garten			X				
Lage (Erreichbarkeit, Lärm, ...)	X						
Sonstiges (freie Nennung)							

2. Wie wichtig wären für Sie künftig folgende Ausstattungselemente?
Ankreuzen, Skala 1 - 6 je Aspekt, sehr wichtig ... sehr unwichtig, keine Meinung

	1	2	3	4	5	6	Keine Meinung
Fahrradabstellmöglichkeiten	X						
Waschmaschine	X						
Sammel-/Quartiersparkierung (vgl. Tiefgarage)	X						
E-Ladestation Auto / Rad			X				
Gartenfläche/Terrasse	X						
Balkon/Loggia	X						
Dachterrasse	X						
Sonstiges (freie Nennung)							
TG/Abstellplätze	X						

3. Wie wichtig wären Ihnen künftig (zusätzlich) **gemeinschaftliche** Flächen/Angebote?
Ankreuzen, Skala 1 - 6 je Aspekt, sehr wichtig ... sehr unwichtig, keine Meinung

	1	2	3	4	5	6	Keine Meinung
Innenhof/Garten/Grünfläche		X					
Dachterrasse		X					
Aufenthaltsräume im Wohngebäude	X						
Aufenthaltsräume im Quartier	X						
Nutzräume (z.B. Werkstat., Waschküche, Gemeinschaftsküche etc.)			X				
Sonstiges (freie Nennung)							

Interviewleitfaden für Mieter-/Haushaltsbefragung
Fragebogennummer: 32

BOHEI
Zukunft im Quartier

13. Welche Maßnahmen könnten das Miteinander im Quartier Bolzstraße fördern?
Grillfeste / gemeinschaftliche Veranstaltungen

14. Gibt es Ihrerseits Überlegungen aus dem Quartier Bolzstraße grundsätzlich wegzuziehen (unabhängig der Überlegungen der Stadtsiedlung das Quartier zu entwickeln)?
Ja Nein zurecht Keine Angabe

15. Wenn ja, warum?
Größere Wohnung von 3-Zimmer auf 4 Zimmer ist bei Auszug erst in ein paar Jahren

16. Wollen Sie weiterhin in einer Wohnung der Stadtsiedlung wohnen?
Ankreuzen Ja/Nein
Ja Nein Keine Angabe

17. Gibt es Aspekte/Themen die Ihnen bei der Entwicklung des Quartiers ein persönliches Anliegen sind, die noch nicht genannt wurden?
mehr Grünflächen aber keine Pflanzen die Allergien auslösen + Sitzecke

18. Zum Ende des Fragebogens: Wenn Sie einmal alles zusammen nehmen, wie beurteilen Sie die Lebensqualität im Quartier Bolzstraße?
Ankreuzen Skala 1 - 6:
Sehr gut ... sehr schlecht, keine Meinung

1	2	3	4	5	6	Keine Meinung
	X					

19. Sind sie interessiert im weiteren Prozess:
Ankreuzen Ja/Nein, plus bei ausgewählten Terminen

Informiert zu werden (E-Mail/verteiler, Brief)	<input checked="" type="checkbox"/>
Sich aktiv einzubringen	<input checked="" type="checkbox"/>
E-Mailadresse:	<i>per Post nein</i>

20. Sonstiges/offene Frage

Abb. 4.3: Auszug aus den Fragebögen (Quelle: Sippel | Buff).

Im Interview wurden zunächst persönliche Daten abgefragt, die von der interviewten Person eigenständig ausgefüllt werden konnten. Weiter wurde die Ist-Situation aus Sicht der Mieter*innen bezogen auf die Wohnung und das Wohnumfeld/-quartier, die Anforderungen an den künftigen Wohnraum/Wohnwünsche und Handlungsbedarfe für die anstehende Quartiersentwicklung abgefragt.



Abb. 4.4: Die zentrale Lage des Quartiers wird wertgeschätzt (Quelle: Sippel | Buff).

Im Ergebnis ließ sich festhalten, dass die Bewohner*innen am Quartier die zentrale Lage, die Grünflächen vor der eigenen Tür sowie auch im weiteren Umfeld die Ruhe, die Anbindung aber auch die niedrigen Mietpreise schätzen. Die Sorge, dass sich die Bewohner*innen in Folge der Entwicklung des Quartiers keine Wohnungen mehr leisten können, wurde von einigen Befragten geäußert.

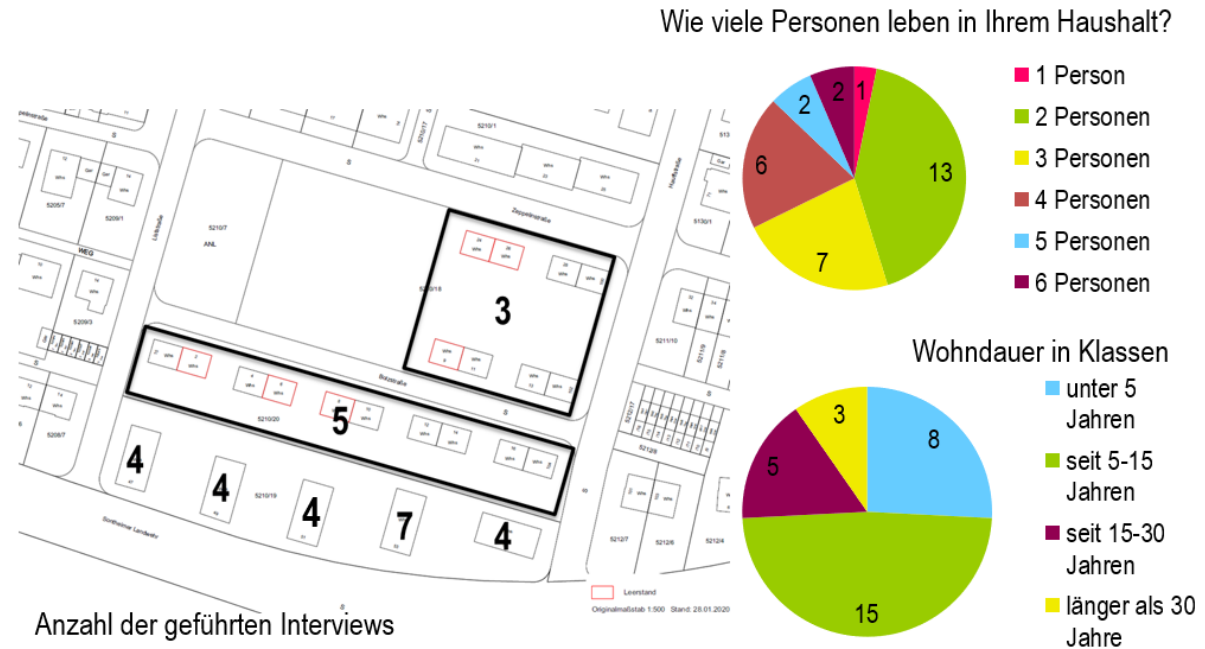
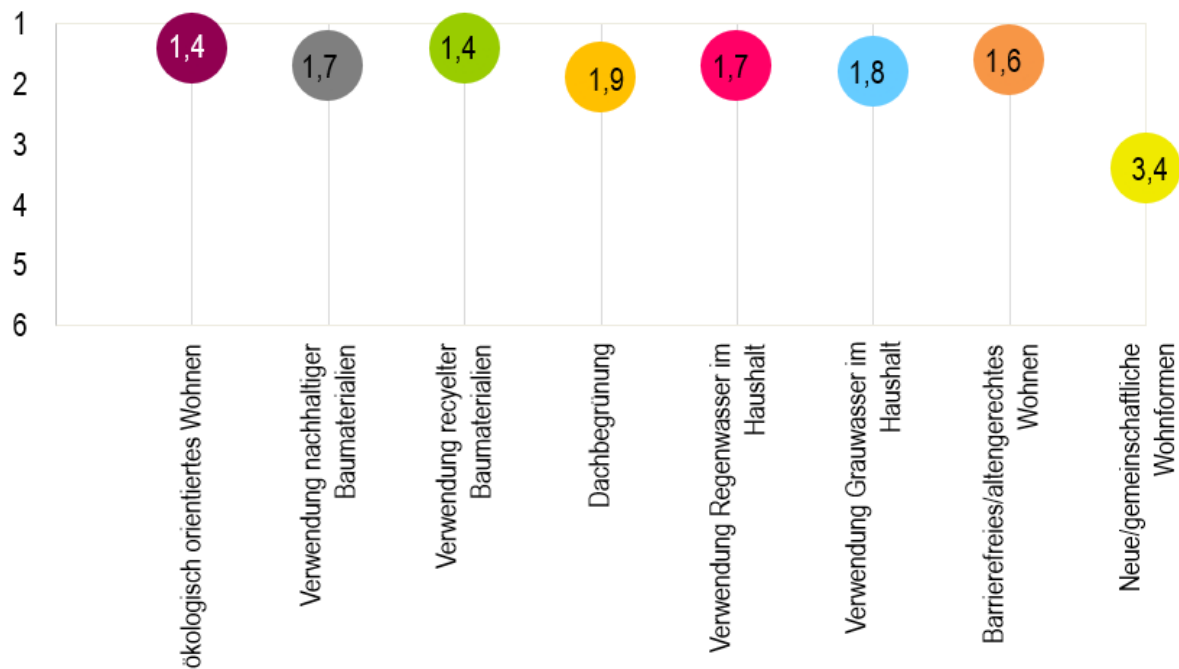


Abb. 4.5: Auszug aus der Auswertung der geführten Interviews (Quelle: Sippel | Buff).

Die Wünsche für das künftige Quartier umfassen im Wesentlichen Grünflächen, die auch genutzt werden können, gemeinschaftliche Flächen, Treffpunkte und Spielflächen, Parkplätze aber auch Aspekte wie ökologisch orientiertes Wohnen, die Verwendung von recycelten Baumaterialien und altersgerechtes Wohnen/Barrierefreiheit.

Wie offen stehen Sie den nachfolgenden Aspekten gegenüber?



Wie wichtig wären für Sie künftig folgende Ausstattungselemente?

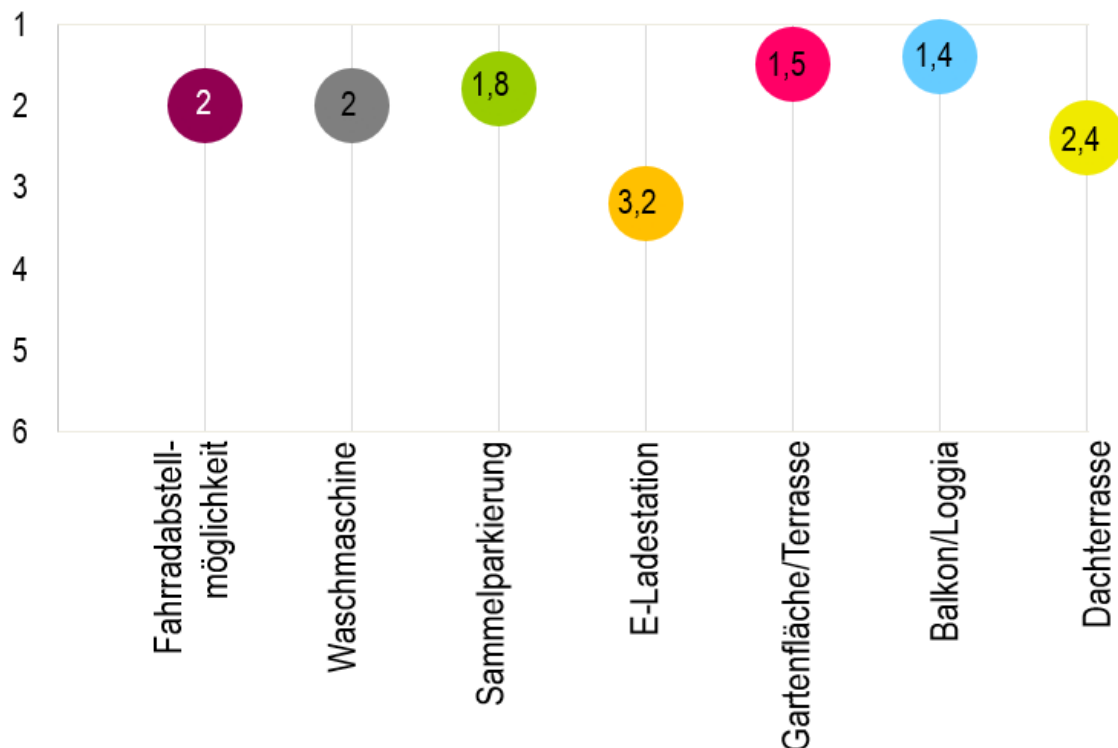


Abb. 4.6: Angaben zu künftigen Wohnwünschen (Quelle: Sippel | Buff).

Neben den Wünschen für die Zukunft und der Einordnung der jetzigen Wohnsituation konnten durch die persönlichen Gespräche wiederholt Ängste und Sorgen identifiziert werden und ein Einblick in den Lebensalltag der Befragten geschaffen werden. Dadurch, dass jeweils eine Person der Stadsiedlung am Interview teilgenommen hat, konnten konkrete Probleme, wie beispielsweise ein „tropfender Wasserhahn“ direkt kommuniziert werden.



Abb. 4.7: Durchführung der Interviews im BOHEI-Treff (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.2 Dialogbausteine in der Klärungs- und Zielbestimmungsphase

Wesentliche Erkenntnisse und Ergebnisse in der zweiten Phase waren:

- Identifizierung von Stärken und Schwächen des Gebiets, durch einen gemeinsamen Blick ins Quartier mit Bewohner*innen als Quartiers-Expert*innen.
- Initiierung des BOHEI-Teams, bestehend aus engagierten Bewohner*innen, als Schnittstelle zwischen Mieter*innen und Forschungsprojekt sowie der Stadtsiedlung Heilbronn.
- Konzeption der Mitmachgärten und Lokalisierung von geeigneten Standorten gemeinsam mit Bewohner*innen.
- Erkenntnisse zur Durchführung von Mitmachgärten, durch Hintergrundgespräche mit Expert*innen.

4.3.2.1 Initiierung BOHEI-Team

Um eine Schnittstelle zwischen dem Projektteam und den Bewohner*innen zu schaffen, wurde das sogenannte „BOHEI-Team“ gegründet. Die Idee war es eine kontinuierlich begleitende Gruppe, bestehend aus Vor-Ort-Expert*innen zu generieren, die gleichzeitig als Multiplikatoren und Bindeglied im Gebiet fungieren und somit Informationen aus dem Projektteam an die Bewohnerschaft weitertragen. Aber auch umgekehrt wurden Fragen und Informationen von den Bewohner*innen über das BOHEI-Team an das Projektteam weitergeben. Im Zuge der Interviews wurde das Interesse zur Mitwirkung abgefragt, ganz konkret die Bereitschaft an dem sogenannten „BOHEI-Team“ mitzuwirken. Die Resonanz zur Mitwirkung am Team war sehr hoch (ca. 54 %, wobei vier Personen darunter nur mitmachen wollten, wenn sich nicht genügend andere Personen bereitstellen). Um einen möglichst großen Querschnitt der Bewohnerschaft im BOHEI-Team abzubilden (Alter, Geschlecht und Wohnlage), wurde die Besetzung des BOHEI-Teams so gewählt, dass Personen aus allen Wohnlagen/Teilbereichen und unterschiedliche Geschlechter sowie Altersgruppen vertreten sind.

Das BOHEI-Team bildete eine feste über drei Jahre bestehende kontinuierlich begleitende Gruppe, die aus rund neun Mieterinnen und Mietern, Vertreter*innen der Stadtsiedlung Heilbronn und dem Moderationsteam bestand. Je nach Themenschwerpunkt der BOHEI-Team-Sitzungen kamen noch weitere Projektpartner*innen, ein Vertreter des Meseno und ein Experte für Mitmachgärten hinzu. Neben der reinen Informationsweitergabe war es besonders wichtig, dem BOHEI-Team die Möglichkeit zu geben, Dialogtermine mitzugestalten.

4.3.2.2 BOHEI-Team Sitzungen

Beim ersten Termin wurden die ersten Dialogveranstaltungen reflektiert und Ideen/Verbesserungsvorschläge für weitere Termine gesammelt. Der Ablauf des folgenden Quartiersspaziergangs mit Dialogcafé wurde gemeinsam angepasst und abgestimmt. Der anstehende als Quartiersfrühstück geplante Dialogtermin wurde nach Rücksprache mit dem BOHEI-Team als Quartiersspaziergang mit Dialogcafé für einen Nachmittag terminiert. Termine an einem Samstagmittag anstatt an einem Samstagmorgen wurden präferiert. Zudem wurde angeregt, dass der Input durch das Projektteam kurzgehalten werden soll und stattdessen mehr Zeit in die Dialogphase fließen sollte.

Beim zweiten Termin lag der Fokus auf den Mitmachgärten. Als Reaktion auf die Ergebnisse der Mieter*innenbefragung, nach nutzbaren Grünflächen und Treffpunkten im Quartier, wurde der Gedanke konkretisiert, Mitmachgärten einzurichten. Gemeinsam wurden im Quartier Standorte für die Gärten lokalisiert, die Informationsvermittlung über die Gärten diskutiert und die Regeln/Anleitung definiert. Zusätzlich wurden wesentliche begleitende Maßnahmen, wie das Aufstellen von Regenbehältern und einer Wetterstation besprochen. Aushänge, um darüber hinaus auch zum Thema Kompostieren zu informieren wurden ebenfalls diskutiert.



Abb. 4.8: Erstes BOHEI-Team Treffen (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.2.3 Quartiersspaziergang mit Dialogcafé

Entsprechend der Anregungen aus der ersten BOHEI-Team-Sitzung wurde die Dialogveranstaltung für einen Samstagmittag konzipiert. Inputzeiten wurden kurzgehalten und für den Dialog ausreichend Zeit eingeplant.



Abb. 4.9: Quartiersspaziergang mit anschließendem Dialog (Quelle: Sippel | Buff).

Zunächst wurde ein Überblick über die Ergebnisse der Interviews gegeben. Anschließend führte die Moderation einen Spaziergang durch das BOHEI-Gebiet, bei dem Denkanstöße vor Ort gegeben und Veränderungsbedarfe durch die Mieter*innen festgestellt wurden. Nach dem Spaziergang wurde im Mesenogebäude bei Café und Waffeln ein Input durch das ISWA zum Thema „Wasser im Quartier – heute und morgen“ gegeben. Im Rahmen des Dialogangebots konnten danach zu der Frage „Wo sehen Sie im Quartier im besonderen Veränderungsbedarf?“ auf einem Luftbild Klebepunkte geklebt werden. Weiterhin wurde über das Thema Mitmachgarten diskutiert.

Ziel der Veranstaltung war es, den aktuellen Projektstand vorzustellen und nochmals ins Gespräch mit den Bewohner*innen zu kommen. Als Ergebnis ließ sich festhalten, dass Veränderungsbedarfe bei den Grünflächen gesehen wurden. Treffpunkte im Freien und Möglichkeiten zum Gärtnern wurden thematisiert.

Trotz der Abstimmung über Inhalte, Form und Uhrzeiten des Dialogangebots mit dem BOHEI-Team war die Resonanz gering.



Abb. 4.10: „BOHEI-Waffel“ (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.2.4 Hintergrundgespräche Urban Gardening

Mit verschiedenen Expert*innen aus Heilbronn wurden Gespräche zum Thema Urban Gardening geführt, darunter auch der Leiter eines anderen Mitmachgartens in Heilbronn (ARCUS-Gelände), mit dem auch ein Vor-Ort-Treffen im BOHEI-Quartier stattfand. Gemeinsam wurden die vorgeschlagenen Standorte für die Mitmachgärten analysiert und Tipps bzw. Umsetzungsmöglichkeiten im Quartier ausgelotet. Zudem erfolgte die Teilnahme an einem Onlineseminar zum Thema Urban Gardening von der Stadt Heilbronn.

4.3.3 Dialogbausteine in der Konzeptions- und Planungsphase

Wesentliche Erkenntnisse und Ergebnisse in der dritten Phase waren:

- Einweihung Mitmachgärten,
- Erweiterung Mitmachgärten durch gemeinsame Aktion zum Hochbeetbau,
- Einführung Sharing-Auto,
- Projektinterne Annäherung an einen städtebaulichen Entwurf, bei dem insbesondere die Dichte in Diskussionen und unter Abwägung verschiedener Aspekte der einzelnen Fachdisziplin festgelegt wurde,
- Hintergrundgespräch mit der Stadtverwaltung Heilbronn über Erkenntnisse zum Thema Ressourcenschonung im Quartier Neckarbogen. Entstehung der Idee, einen Qualitätsstufenplan zu entwickeln.

Aufgrund von Corona musste das ursprünglich anvisierte Planungscamp abgesagt werden, nachdem es zuvor mehrfach entsprechend der zum jeweiligen Zeitpunkt vorliegenden Corona-Bestimmungen neu geplant wurde. Schließlich wurde stattdessen ein projektinterner Dichteworkshop durchgeführt.

4.3.3.1 Einweihung Mitmachgärten

Die geplanten und im BOHEI-Team diskutierten Mitmachgärten wurden im Sinne eines Real-labors konzipiert, also als Versuchsraum, der zugleich Wissen vermittelte. Es wurden mehrere im Quartier verteilte Anlaufstellen zum Gärtnern geschaffen. Neben den bereitgestellten Flächen und Materialien, wurden im Gebiet an mehreren Stellen Regenwasserbehälter aufgestellt, Gießkannen zur Verfügung gestellt und eine Wettermessstation installiert. Ziel des Reallabors war es neben der grundsätzlichen Befriedigung des Bedürfnisses nach nutzbarem Grün auch Themen der Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung zu vermitteln. Im Zuge der Einweihung konnte dazu über einige Aspekte informiert werden.



Abb. 4.11: Einweihung Mitmachgärten (Quelle: Sippel | Buff).

Im Vorfeld der Einweihung wurde Kontakt zum Kinderhaus des Meseno aufgenommen, welches daraufhin eine Patenschaft für einen Teil der Mitmachgärten übernommen hat. Im Nachgang der Einweihung wurden durch das Kinderhaus eigene Pflanzbeete gestaltet.



Abb. 4.12: Bepflanzung durch das Kinderhaus Meseno (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.3.2 BOHEI-Team Sitzungen

Gemeinsam mit dem BOHEI-Team wurde der Start der Mitmachgärten reflektiert. Zugleich wurde der Wunsch festgehalten, die Mitmachgärten zu erweitern. An weiteren Orten im Quartier sollten Möglichkeiten zum Gärtnern geschaffen werden.

In den beiden folgenden Sitzungen wurde über die Organisation und Ausgestaltung des Planungscamps gesprochen. Aufgrund der Corona-Pandemie wurde dieses mehrfach neukonzipiert, entsprechend der jeweils vorherrschenden Corona-Bestimmungen (zunächst als Hybrid-Veranstaltung, dann als Online-Veranstaltung). Schließlich musste es coronabedingt komplett abgesagt werden. Im Weiteren wurden das Thema Car-Sharing, als Antwort auf die Anregungen innerhalb der Mieterbefragung und die Erweiterung der Mitmachgärten durch Hochbeete, die gemeinsam gebaut werden sollten, konkretisiert.



Abb. 4.13: BOHEI-Team Treffen im Freien (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.3.3 Dichte-Workshops

In dieser Phase wurde innerhalb des Projektteams begonnen, sich intensiv mit der „lebenswerten Dichte“ für das künftige Quartier auseinanderzusetzen. Mehrere „Dichte-Workshops“ wurden dazu durchgeführt, mit der Absicht, verschiedene Kriterien der unterschiedlichen Fachdisziplin und deren Ziele in den städtebaulichen Entwurf einfließen zu lassen. Einzelne Kriterien mussten untereinander abgewogen werden.

4. Beteiligung

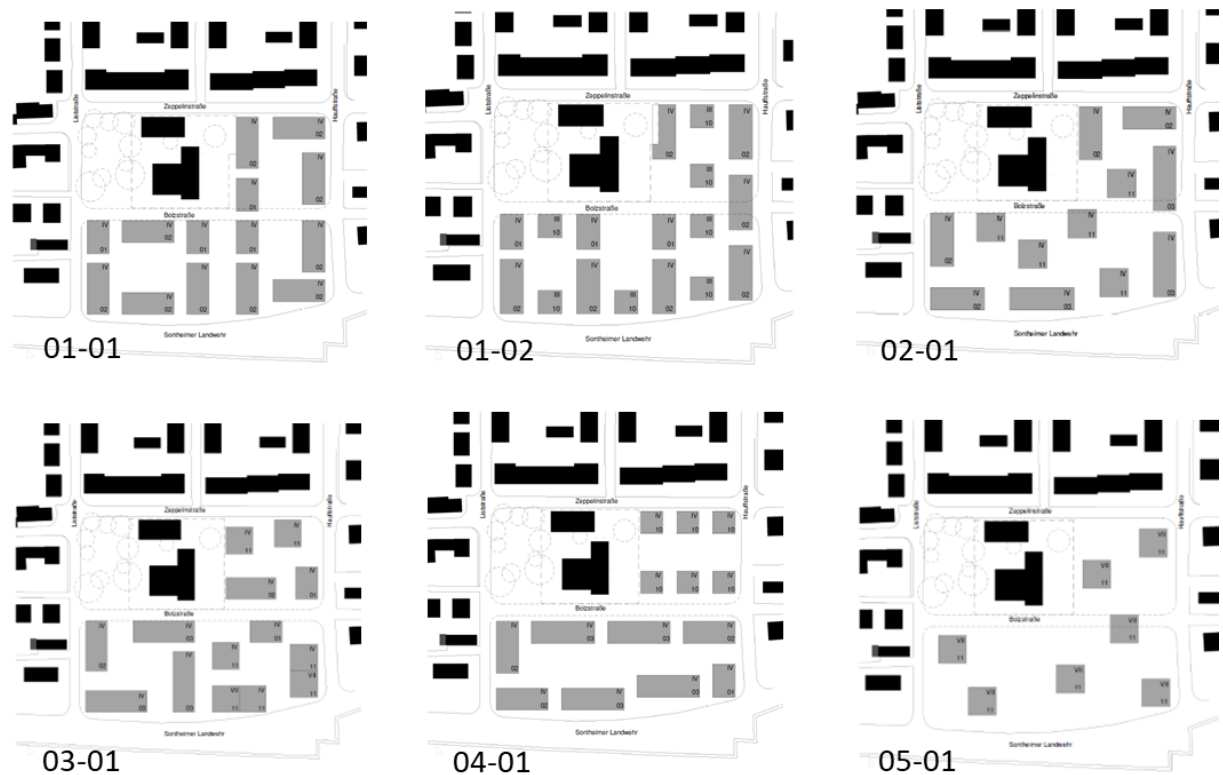


Abb. 4.14: Entwicklung verschiedener städtebaulicher Varianten (Quelle: aag).

Anfang 2020 wurden erste Alternativen entwickelt, die im Zuge weiterer Workshops konkretisiert wurden. Zwei Workshops erfolgten projektintern und ein dritter Termin wurde mit weiteren Vertreter*innen der Stadsiedlung durchgeführt. Hier waren neben dem Thema Dichte auch die Themen Mitmachgärten und Carsharing im Mittelpunkt.

Die insgesamt drei Dichte- und Konzeptworkshops führten im Ergebnis zu einem städtebaulichen Entwurf und zugleich zum Ansatz des Qualitätsstufenplans.





Abb. 4.15: Projektinterne Workshops mit dem Schwerpunkt städtebauliche Dichte (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.3.4 Aktionstag Hochbeetbau und Car-Sharing

Eine Erkenntnis aus der Mieter*innenbefragung war der Wunsch, die Grünflächen im Quartier nutzen zu können. Dies wurde durch die Einführung der Mitmachgärten beantwortet. Allerdings kristallisierte sich in Gesprächen mit dem BOHEI-Team heraus, dass Interesse an weiteren Hochbeeten auch im Bereich der Sontheimer Landwehr besteht. Beim Aktionstag wurden daher zwei Hochbeete gemeinsam mit den Mieter*innen gebaut, mit Erde befüllt und schließlich bepflanzt.

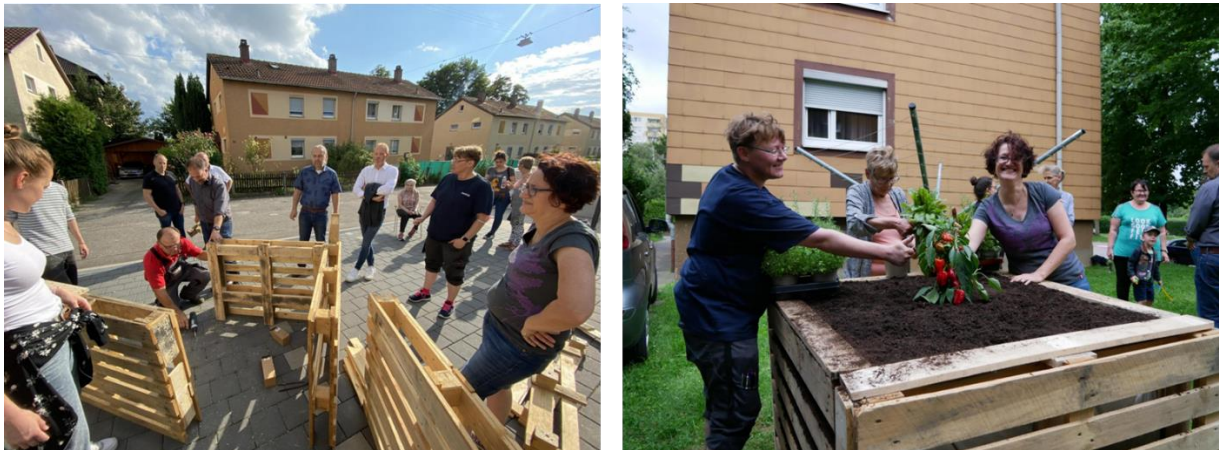


Abb. 4.16: Aktionstag Hochbeetbau (Quelle: Sippel | Buff).

In der Befragung wurde auch über die Mobilität im Quartier gesprochen. Grundsätzlich schätzen die Befragten die Lage und die Busanbindung, zugleich wurde aber auch die mangelnde Anzahl an Parkplätzen genannt, die in einem künftigen Quartier berücksichtigt werden muss. Je mehr Stellplätze geplant werden, desto weniger Fläche fehlt an anderer Stelle, beispielsweise an Grünflächen.

Aufgrund dessen wurde neben dem Reallabor der Mitmachgärten auch die Einführung eines Car-Sharing-Autos als Reallabor umgesetzt. Ziel war es, den Bewohner*innen den Sharing-Gedanken zu vermitteln und zugleich zu beobachten, wie ein solches Angebot angenommen wird. Mit Blick auf das künftige Quartier, stellt sich hinsichtlich einer ressourcenschonenden

Planung die Frage, wie viel der Flächenressourcen für Stellplätze in Betracht gezogen werden sollen, und ob ein Car-Sharing-Pool hierbei nicht eine sinnvolle Option darstellen kann, um dem individuellen Personenverkehr eine Alternative zu bieten.



Abb. 4.17: Einweihung und Einführung in das Car-Sharing-Angebot (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.3.5 Hintergrundgespräche/Abstimmung Stadtverwaltung Heilbronn

Ein Onlinetermin mit der Stadtverwaltung Heilbronn diente dem Austausch, insbesondere zum Thema Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung u.a. mit Blick auf das Quartier Neckarbogen in Heilbronn. Den Vertreter*innen der Stadtverwaltung Heilbronn war es wichtig, ein Schema zu generieren, um die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt auf andere Quartiere übertragen zu können. Die Idee war es, ein Werkzeug zu entwickeln, mit dessen Hilfe ein Quartier hinsichtlich dem Thema Ressourcenschonung in Qualitätsstufen eingeordnet werden kann.

Daraus ist am Ende der Qualitätsstufenplan (QSP) entstanden (s. Anhang), der die Kriterien zusammenfasst, die im Forschungsvorhaben bezüglich der Ressourceneffizienz diskutiert und abgewogen wurden. Bei der Entwicklung vergleichbarer Quartiere kann er über den gesamten Planungsprozess bis hin zur Realisierung als Qualitätsmanagementwerkzeug genutzt werden.

4.3.4 Dialogbausteine in der Reflexions- und Abschlussphase

Wesentliche Erkenntnisse und Ergebnisse in der vierten und somit letzten Phase waren:

- Erstellung Leitfaden,
- Erstellung Qualitätsstufenplan,
- Abschlussfest.

4.3.4.1 Leitfaden Workshop

Als Ergebnis des Forschungsprojektes wurde ein Leitfaden erstellt und veröffentlicht. Um Inhalt und Ausgestaltung innerhalb des Projektteams abzustimmen, wurde als Teil des projekt-internen Dialogs ein ganztägiger Workshop durchgeführt und aufgearbeitet. Das Forschungsprojekt wurde in diesem Zuge reflektiert und Wechselwirkungen, wie auch Zielkonflikte zwischen den Fachdisziplin identifiziert. Zudem wurden der Aufbau und Inhalte des Qualitätsstufenplans so abgestimmt, dass der QSP durch die einzelnen Projektpartner*innen fortgeführt werden konnte.



Abb. 4.18: Meilensteine und Wechselwirkungen im Projekt (Quelle: Sippel | Buff).

Am Ende des Workshoptages waren zu jeder Fachdisziplin FAQs formuliert, deren Beantwortung im weiteren Verlauf des Projekts zu leisten war. Im Zuge der Erstellung des Leitfadens folgten mehrere Abstimmungstermine, um den jeweiligen Bearbeitungsstand im Team zu verifizieren.



Abb. 4.19: Moderierter Workshop - Sammlung von FAQs zur Gliederung des Leitfadens (Quelle: Sippel | Buff).

4.3.4.2 Abschlussfest

Für den Spätsommer ist ein Abschlussfest im Quartier geplant. Es ist vorgesehen im Rahmen des Festes über die Ergebnisse des Forschungsprojekts zu berichten. Darüber hinaus soll dargelegt werden, wie unter Federführung der Stadsiedlung Heilbronn, auch nach Beendi-

gung des Forschungsvorhabens, die Quartiersentwicklung fortgeführt werden soll. Ebenso sollen mögliche nächste Schritte erläutert und gleichzeitig aufgezeigt werden, wie die Mieter*innen auch weiterhin in die Quartierstransformation eingebunden werden sollen.

4.4 Schlussfolgerungen aus dem Blickwinkel der Beteiligung

- In der gemeinsamen Reflexion innerhalb des Projektteams wurde deutlich, dass schon in der Anfangsphase eine intensive Abstimmung zwischen den Fachdisziplinen förderlich gewesen wäre, um Wechselwirkungen frühzeitig zu identifizieren.
- Zur Erreichung einer höheren Mitwirkung der Bewohner*innen, hätte eine stärkere Präsenz des Projektteams vor Ort sinnvoll wirken können, beispielsweise durch eine regelmäßige Quartierssprechstunde mit Aktionen vor Ort, angelehnt an das Quartiersmanagement des Städtebauförderprogramms „Sozialer Zusammenhalt“. Im Projekt wurde bereits eine breite Mischung unterschiedlicher Beteiligungsformate angewendet, zudem wurde das BOHEI-Team als Bindeglied zwischen Forschungsteam, Stadt-siedlung Heilbronn und Bewohner*innen eingerichtet. Bewusst wurde bei den Uhrzeiten der Veranstaltungen in Abstimmung mit den BOHEI-Teammitgliedern darauf geachtet, auch Personen mit kleineren Kindern, Alleinerziehende oder im Schichtbetrieb Arbeitende zu erreichen. So fanden Dialogangebote zum Beispiel auch am frühen Nachmittag und an Wochenenden statt. Die geplanten Formate wurden aufgrund der Komplexität des Forschungsvorhabens bewusst sehr niederschwellig gehalten. Darüber hinaus waren Beteiligungsformate wie beispielsweise ein Sommerfest geplant, das im Zuge der Befragung von den Bewohner*innen immer wieder als gewünschtes Format angeführt wurde. Dadurch hätte ein noch größerer Kreis interessierter Mieter*innen angezogen werden können. Allerdings verzögerte sich der Zeitplan aufgrund der Corona-Pandemie, sodass einige Beteiligungsformate zeitversetzt durchgeführt wurden, während andere im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht mehr durchgeführt werden konnten.
- Als Herausforderung kann hinsichtlich des Ziels eine lebendige und harmonische Nachbarschaft zu generieren, die heterogene Zusammensetzung der Quartiersbewohner betrachtet werden. Die Mitmachgärten sollten unter anderem als Katalysator dazu dienen. Die Gärten wurden von einem kleinen Personenkreis rege genutzt, insbesondere von Bewohner*innen der Sontheimer Landwehr, die keinen eigenen Garten besitzen. Eine größere Anzahl an Bewohner*innen konnte mit den Mitmachgärten jedoch nicht erreicht werden. Durch die zu Beginn des Projektes kaum genutzten Grünflächen im Bereich der Sontheimer Landwehr, bestanden für die Bewohner*innen kaum Möglichkeiten sich in der Gemeinschaft zu treffen. In der Rückschau kann davon ausgegangen werden, dass keine Erfahrungen darin bestehen, sich gemeinschaftlich zu organisieren. Auch hier hätte vermutlich eine stärkere persönliche Begleitung – zumindest zum Anschlag – im Sinne eines Quartiersmanagements unterstützend gewirkt. Im Bezug auf das künftige Quartier könnte das Angebot an Gemeinschaftsflächen, die das Miteinander fördern, z. B. Gemeinschaftsräume, eine gemeinsame Dachterrasse oder auch Gemeinschaftsgärten eine große Chance bieten, da in Zukunft, mit Blick auf eine höhere Dichte, private Gärten beispielsweise nicht mehr oder nur noch in geringem Umfang bestehen werden.
- Ergebnis der Mieter*innenbefragung war unter anderem der Wunsch nach Sharing-Angeboten. Als Antwort wurde ein Car-Sharing-Angebot geschaffen, das jedoch ungenutzt blieb. Die fehlende Resonanz ist vermutlich auf die Lage des Quartiers und dessen Anbindung an Infrastruktureinrichtungen und Nahversorgungsangebote, Aspekte,

die in den Interviews als sehr positiv beurteilt wurden, zurückzuführen. Zugleich konnte im gemeinsamen Gespräch mit einigen Mieter*innen festgestellt werden, dass viele Haushalte ein eigenes Auto besitzen. Ein Bedarf bestünde demnach eher an größeren Fahrzeugen, wie beispielsweise einem Kleinbus.

- Die geplante Einführung eines Lastenbikes konnte aufgrund der komplexen Abstimmungen mit verschiedenen Anbietern nicht im Zeitrahmen des Forschungsvorhabens umgesetzt werden. Gegebenenfalls wäre dieses Angebot auf größeren Zuspruch gestoßen, da es eine andere Nutzergruppe bedient hätte und das bestehende Mobilitätsangebot ergänzt hätte.
- Die Einschränkungen durch die Corona-Pandemie haben zu Verwerfungen innerhalb des Zeitplans geführt. Termine die aufeinander inhaltlich aufbauen sollten, konnten nicht wie geplant stattfinden, einige mussten sogar komplett abgesagt werden. Die Einbindung der Bewohner*innen der Nachbarschaft und der Südstadt konnte aus diesem Grund nicht wie geplant im Rahmen des Forschungsvorhabens umgesetzt werden. Essentiell wäre vor der Einbindung nicht unmittelbar Betroffener eine vorherige Abstimmung mit den Bewohner*innen über die städtebauliche Konzeption und die Freiraumnutzung/-gestaltung gewesen (dies war der geplante Beteiligungsgegenstand der ausgefallenen Planungswerkstatt).
- Einige Termine konnten jedoch Online stattfinden, damit wurde zumindest in Teilen an den ursprünglich geplanten Beteiligungsbausteinen und dem Zeitplan festgehalten.

4.5 Wechselwirkung zu anderen Themenbereichen

Bedingt durch die vorhabenbegleitenden Dialogangebote haben sich durch einen intensiven Austausch der beteiligten Fachdisziplinen vor allem Wechselwirkungen bei den methodisch-konzeptionellen sowie inhaltlichen Vorbereitungen und der Durchführung folgende Bausteine ergeben:

- Erste Wechselwirkungen und Überschneidung sind während der Bestandsanalyse aufgetreten.
- Bei der Auftaktveranstaltung zur Information kamen die verschiedenen Fachdisziplinen erstmals in intensiven Austausch, um die Bewohnerschaft in der Veranstaltung über das Projekt zu informieren. Dabei wurden erstmals die verschiedenen Bearbeitungsstände innerhalb des Projektteams rückgekoppelt.
- Die Interviews federführend im Zuge der Beteiligung durchgeführt, hatten zum Ziel, Fragestellungen aus allen Fachbereichen zu integrieren. So gab es auch hier, bei der Erstellung des Interviewleitfadens und auch bei der Auswertung der Befragungsergebnisse einen intensiven Austausch.
- Das Reallabor der Mitmachgärten vereinte verschiedene Aspekte der Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit, die über die Fachdisziplinen im Projekt abgedeckt und befördert wurden.

Neben dem bereits erwähnten Austausch und den Wechselwirkungen im Rahmen der Beteiligungsangebote, war der projektinterne Dialog wesentlich, um die einzelnen Projektbausteine zusammenzuführen.

- Bei der Behandlung des im Projekt zentralen Themas einer „lebenswerten Dichte“ mussten Erkenntnisse aller Fachbereich berücksichtigt werden. Die Befragungsergebnisse der Mieter*innenbefragung konnten hier wesentliche Inhalte beisteuern. So

flossen die Befragungsergebnisse unmittelbar in den Entwurf des Gebiets ein und werden auch bei der weiteren Konkretisierung des künftigen Quartiers eine Rolle spielen, z. B. nutzbare Grünflächen und Treffpunkte.

- Im Zuge von mehreren projektinternen Workshops wurde die Ausgestaltung des Quartiers, insbesondere die künftige Dichte gemeinsam diskutiert. Ein Entwurf mit einer für alle Disziplinen vorstellbaren hohen Dichte, konnte gemeinsam erarbeitet werden.
- Zur Ausgestaltung der Form und des Inhalts des Leitfadens, der als ein Ergebnis des Forschungsprojekts veröffentlicht wurde, erfolgte ebenfalls ein projektinterner Workshop. Über den Workshop hinaus wurde die Erarbeitung des Leitfadens in regelmäßigen Jour-Fixe-Terminen eng miteinander abgestimmt.
- Bei der Erarbeitung des Qualitätsstufenplans sind verschiedene thematische Überschneidungen aufgetreten, die im Dialog und unter Abwägung der einzelnen Fachbereiche diskutiert wurden.

5 Circular Economy

5.1 Vorbemerkung

5.1.1 Die Bauwirtschaft und ihre Nachfrage nach Ressourcen

Die Bauwirtschaft ist ein Wirtschaftsbereich mit einer hohen Ressourcenbeanspruchung. Nicht von ungefähr ist diesem Wirtschaftssektor bereits im ersten Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) vor mittlerweile 10 Jahren ein großer Stellenwert eingeräumt worden. Für den Bausektor wurde eine Vielzahl konkreter Maßnahmen formuliert, die nicht selten auf die Optimierung der Materialkreisläufe abzielten.

Die Bauwirtschaft trägt vor allem zur Nachfrage nach Baumineralien bei, d. h. vor allem Kiese, Sande und Naturstein. Sie sind in Deutschland grundsätzlich nahezu unbeschränkt vorhanden, wobei die Verhältnisse sich von Region zu Region deutlich unterscheiden können. Natursteinvorkommen und damit auch die Versorgung mit Splitten sind tendenziell auf die Mittelgebirgslagen beschränkt, Kies- und Sandvorkommen liegen konzentriert vor allem entlang der großen Flussläufe aber auch der eiszeitlich überprägten Gebiete vor. Ihre Verfügbarkeit ist jedoch deutlich begrenzt. Hierfür bestimmend sind konkurrierende Flächennutzungsinteressen. Die Ausweisung von Schutzgebieten für den Trinkwasserschutz, den Naturschutz aber auch von Siedlungsflächen stehen einer Ausweisung von Rohstoffgewinnungsflächen in der Regel entgegen. Dazu kommen Landschaftsbild, Erholungseignung und die verkehrliche Anbindung der Rohstoffbetriebe, die für meist heftigen Widerstand vor Ort sorgen. In Folge dessen ist die Endlichkeit der Ressource Baumineralien in vielen Regionen bereits deutlich spürbar, verbunden mit einer entsprechenden Entwicklung der Baustoffpreise.

Holz als Baustoff hat in der jüngeren Vergangenheit deutlich an Bedeutung gewonnen. So werden Gebäude zunehmend in Holz- oder Holzhybridbauweise errichtet. Holzfasern sind aber auch bspw. Ausgangsmaterial für Dämmstoffe. Demgegenüber erfolgt der Einsatz anderer Biomassen bislang nur in Nischen. Die Holznachfrage aus dem Bausektor (für Konstruktion, Dämmung, Innenausbau etc.) ist höher als das Angebot und vor allem auch die Verfügbarkeit vor Ort. Viele im Bau eingesetzten Hölzer werden über große Distanzen aus Europa und darüber hinaus bezogen. Nicht immer aus nachhaltiger Bewirtschaftung, im Zweifel auch zu Lasten von Primärwäldern. Nicht alle Holzsorten sind in gleichem Maße für den Einsatz im Bausektor geeignet.

In Bauwerken werden aber auch noch weitere Materialien eingesetzt. Dies sind Kunststoffprodukte für Rohre oder auch Textilien, dies sind aber auch Metalle. Gerade die Zielsetzung „smart“ erfordert bspw. einen hohen Einsatz an Elektronik und damit auch einer Vielzahl metallischer Rohstoffe, deren Gewinnung und Verarbeitung grundsätzlich mit hohen Umweltlasten einhergehen.

Die Bauwirtschaft ist aber nicht nur über ihren Materialbedarf für eine deutliche Beanspruchung von Ressourcen verantwortlich. So sorgt die Bautätigkeit für die Versiegelung von Flächen und trägt damit zur Schädigung des Umweltmediums Boden bei. Die Flächenversiegelung beeinträchtigt aber auch den Wasserkreislauf. Grundwasserspeicher versiegen, der Oberflächenabfluss von Niederschlagswasser wird deutlich erhöht. Unversiegelte Fläche ist zudem Lebensraum von Fauna und Flora.

Vor diesem Hintergrund wurden schon vor langer Zeit umwelt- und ressourcenpolitische Ziele zur Reduzierung der Flächeneingriffe und Eindämmung des „Flächenfraßes“ verabschiedet und dies sowohl auf Ebene des Bundes als auch einzelner Bundesländer. Allein in Baden-

Württemberg werden Tag für Tag mehr als 5ha (50.000m²) neu als Siedlungsflächen ausgewiesen, mit zuletzt wieder steigender Tendenz (Stat. Landesamt 2022). Wie auch schon vor 15 Jahren gilt noch heute „Netto-Null“ als Landesziel, was ursprünglich bis spätestens zum Jahre 2021 erreicht sein sollte.

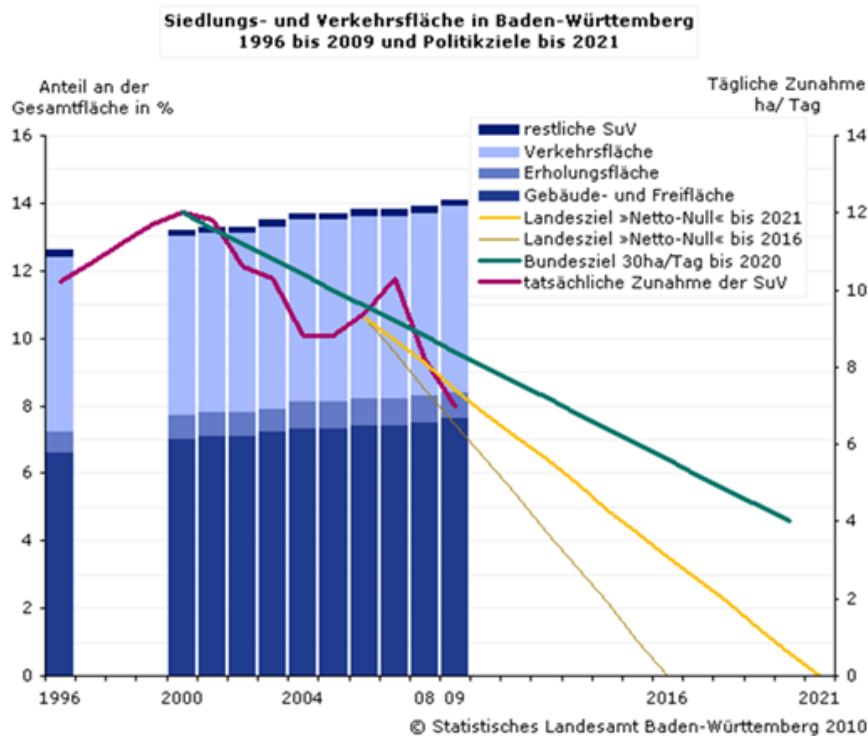


Abb. 5.1: Politische Ziele zur Begrenzung der Siedlungsflächenentwicklung (Quelle: Stat. Landesamt Baden-Württemberg 2010).

Nicht zuletzt bauliche Aktivitäten und die Errichtung des Baukörpers haben in ihren Konsequenzen mit dazu beigetragen, dass von einem Anthropozän gesprochen wird, d. h. eines deutlich von der Spezies Mensch bestimmten geologischen Zeitalters. Nicht nur das Klima der Erde wird deutlich über die menschlichen Aktivitäten beeinflusst, auch die Ressourcennachfrage und der Rohstoffbedarf haben deutliche Konsequenzen. Der sogenannte Welterschöpfungstag ist in 2022 am 28. Juli erreicht worden. Ab diesem Tag übersteigt die Nachfrage nach natürlichen Ressourcen das Angebot, das die Erde bereitstellen kann. Und auch die Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen stößt zunehmend an Grenzen.

Umso bedeutender wird unter anderem das Ziel, Materialkreisläufe zu schließen und die Wirtschaftsentwicklung von der Rohstoffnachfrage und Ressourcenbeanspruchung zu entkoppeln. Der Bauwerksbestand ist eine anthropogene vom Menschen gemachte Lagerstätten an Rohstoffen, die es im Ideal so zu nutzen gilt, dass die das System verlassenden Materialien / die Abfallmassenströme als Rohstoffe bewertet und entsprechend genutzt werden, so dass möglichst massenäquivalent die Nachfrage nach primären Rohstoffen substituiert werden kann.

5.1.2 Bausteine zur Steigerung der Ressourceneffizienz

Vor diesem Hintergrund ist die Aufgaben- und Zielstellung des Forschungsprojektes und hier gerade auch zur Steigerung der Ressourceneffizienz und des spez. Materialeinsatzes zu sehen. Nicht alle der nachfolgend exemplarisch genannten Punkte waren explizit Gegenstand des Forschungsprojektes, all diese Punkte wurden jedoch in der Projektbearbeitung mitbedacht.

Vermeidung / Suffizienz / Nachverdichtung

Der spezifische Ressourceneinsatz pro m² Wohnfläche lässt sich für Wohngebäude durch einen Geschosswohnungsbau in Konkurrenz zur Errichtung von Einfamilienhäusern (EFH) positiv beeinflussen. Diese Option besteht grundsätzlich auch für Nicht-Wohngebäude, wobei derartige Lösungen in Deutschland noch kaum verbreitet sind. Als Beispiel können Handwerkerhöfe oder Gewerbehöfe benannt werden, in München (MGH 2022) bspw. bietet eine städtische Gesellschaft „Münchner Gewerbehöfe“ innenstadtnahe Mietflächen für insbesondere Handwerk, die auch die Möglichkeit umfasst, durch die Bereitstellung einer entsprechenden Gebäudeinfrastruktur wie z. B. einer Deckenbelastbarkeit von 1.000 bis 1.500 kg/m² und Lastenaufzügen mit einer Tragkraft von bis zu 11,0 t auch in den oberen Stockwerken zu produzieren.

Der spezifische Ressourceneinsatz lässt sich darauf aufbauend dadurch weiter eingrenzen, dass die Bauwerke so konstruiert sind, dass sie eine hohe Nutzungsflexibilität gewährleisten. Der Zuschnitt der Flächen und deren Ausstattung ermöglichen eine Vielzahl von Nutzungen, Wohnflächen lassen sich an sich ändernde Nutzeransprüche anpassen. Dies kann eine Anpassungsfähigkeit des Wohnungsgrundchnittes an die sich ändernde Haushaltsgröße sein (bspw. Variowohnen) oder auch eine Umnutzungsmöglichkeit von Wohn- in Büroflächen und vice versa. Gebäude werden baulich und statisch oft auch über Jahrhunderte reichende Nutzungszeiträume ausgelegt. Um dies auch tatsächlich realisieren zu können, müssen diese konstruktiv heute nicht absehbare Nutzeransprüche der Zukunft grundsätzlich möglichst flexibel auffangen können.

Aus Sicht des Ressourcenschutzes ideal ist die Weiternutzung von ganzen Bauwerken oder einzelnen Bauteilen. Die Verlängerung der Nutzungszeit vermindert entsprechend den spezifischen Ressourceneinsatz, das Verhältnis Aufwand zu Nutzen verbessert sich. Bauwerke zu erhalten, zu ertüchtigen und gezielt zu ergänzen ist daher einem Rückbau und nachfolgender Ersatzneubebauung prinzipiell immer vorzuziehen. Dies gilt auch für die Weiternutzung oder Wiederverwendung von gebrauchten Bauteilen.

Bodenaushubmassen stellen seit Jahren ein großes Entsorgungsproblem dar. Sie fallen bei Bautätigkeiten in großem Umfang zur Entsorgung an, die Kapazitäten zur Ablagerung auf Deponien oder im Rahmen der Rekultivierung von Gruben und Brüchen werden zunehmend knapper. Neue Kapazitäten lassen sich hier nur schwierig schaffen. Entsprechend wichtig sind Konzepte zur Erschließung von Bauflächen oder auch die Lösungen im Baugrubenverbau, die das spezifische Aufkommen an Bodenaushubmassen begrenzen lassen.

Materialkreisläufe schließen

In zweiter Priorität ist die Schließung von Materialkreisläufen im Ideal eines cradle to cradle wichtig. Je mehr es gelingt, Materialien, die im Rahmen von Bautätigkeiten anfallen und entsorgt werden müssen, so aufzubereiten, dass sie möglichst vollständig in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden können und dort in Konkurrenz zum Einsatz von primären Rohstoffen treten, umso höher ist die Ressourceneffizienz.

Wichtige Weichenstellungen werden dabei bereits auf der Baustelle getroffen. Die Sanierung und insbesondere der Rückbau von Bauwerken sollte so konzipiert werden, dass diese Abfallmassen soweit nach Materialien aufgetrennt und frei von Stör- und Fremdstoffen bereitgestellt werden, wie es eine hochwertige Verwertung und ein Schließen von Materialkreisläufen erfordern. Der Ausgestaltung der Baustelle wird zunehmend Aufmerksamkeit geschenkt, wie nicht nur entsprechende Nachhaltigkeits-Zertifizierungssysteme (DGNB 2022) zeigen. Auch der

Gesetzgeber stellt hier mittlerweile dezidierte Anforderungen, wie insbesondere über die Gewerbeabfallverordnung.

Die ursprünglich in den Bauwerken eingesetzten Baustoffe wiesen definierte Materialeigenschaften auf. Eine Verwertung ist umso hochwertiger wenn möglichst viele dieser Eigenschaften im Rahmen der Aufbereitung erhalten und damit anschließend nutzbringend wiedereingesetzt werden können. Dies erfordert nicht nur eine entsprechende Bereitstellung ab Baustelle. Es erfordert zudem eine entsprechend technisch ausgestattete Aufbereitungsstrategie. Anlagen zur Aufbereitung mineralischer Abfallmassen werden seit jüngerer Zeit immer aufwendiger und ausdifferenzierter. Dies zielt nicht nur auf eine verlässliche Abtrennung von Stör- und Fremdstoffen. Es zielt auch auf eine Bereitstellung von Outputmassen definierter Zusammensetzung und Qualität und dies gleichbleibend über große Massenströme hinweg. Es gibt erste Baustoffe und Baustoffproduzenten, die zumindest in Anteilen eine Verwendung von Rohstoffen aus dem Materialkreislauf ermöglichen.

Neubau ressourcenschonend

Bau- und Konstruktionsweisen für Bauwerke unterscheiden sich, und hier auch im spezifischen Ressourceneinsatz, pro m³ umbauten Raum. Dies sind nicht nur unterschiedliche Gebäudekonstruktionen, auch einzelne Bauteile lassen sich unterschiedlich ausführen, ohne (gravierende) Abstriche an der Funktionalität. Geringere Masse geht immer einher mit gewissen Abstrichen im Schallschutz sowie im sommerlichen Wärmeschutz, beides aber durch gezielte Maßnahmen aufzufangen. Dies ist nicht nur eine Frage von Holz- versus Massivbau, auch innerhalb des Massivbaus gibt es immer auch ressourcenleichtere Lösungen. Bekannt sind hier bspw. Betonbauteile, deren Bewehrung nicht aus Baustahl, sondern aus bspw. Textilfasern besteht. Da hier kein Korrosionsschutz beachtet werden muss, können derartige Wände deutlich schlanker ausgeführt werden.

Bislang gibt es nur wenige Baustoffe aus dem Hochbau, die auf den Materialkreislauf als Rohstoffquelle zurückgreifen. Ressourcenschonung ist aber eine Herausforderung, der sich alle Baustoffproduzenten stellen. Nicht zuletzt aufgrund der schon benannten Rohstoffknappheit, vor allem aber auch aufgrund der zunehmenden Bedeutung, die diesem Thema auf Nachfrageseite eingeräumt wird.

Jedes Gebäude erreicht irgendwann das Ende der Nutzungszeit und muss rückgebaut werden. Entsprechend wichtig ist es, dass bereits bei der Konstruktion und der Stoffauswahl darauf geachtet wurde, dass recyclinggerechte Materialverbunde und Konstruktionsverbunde gewählt werden. Verbunde können eine getrennte Bereitstellung von einzelnen Materialien ab Baustelle oder auch nachgeordnet eine Auftrennung in der Aufbereitung, oft eine wichtige Voraussetzung einer hochwertigen Verwertung, verunmöglichen.

Kenntnisstand über das anthropogene Lager¹

Die Planung von Bauwerken jeglicher Art erfolgt heute digital. Alle Informationen zur Konstruktion aber auch zu den eingesetzten Baustoffen liegen demnach in einer Form vor, die sich grundsätzlich gut aufbewahren und bei Bedarf zur Verfügung stellen lässt. Es steht daher die Frage im Raum, ob derartige Daten und Informationen nutzbringend im Sinne einer Optimierung der Ressourceneffizienz verwenden lassen. Brückenbücher bspw. sind heute schon sehr

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/abfallwirtschaft/urban-mining/das-anthropogene-lager#das-anthropogene-lager-als-sekundarrohstoffquelle>

verbreitet.

Problematisch erweist sich hier bis dato die Frage der technischen Fortschreibungsfähigkeit sowie die Verantwortlichkeit, diese Daten und Informationen auch über große Zeiträume und Sanierungszyklen entsprechend zu aktualisieren. Die Erfahrung lehrt, dass sich zudem heute nur schwer prognostizieren lässt, welche Informationen zukünftig genau von Interesse sein und nachgefragt werden. Im Zweifel werden Informationen vorgehalten, die später nicht von Interesse sind.

Neben dem oben genannten Bottom Up-Ansatz für einzelne Bauwerke gibt es auch einen Ansatz top down, der für einzelne Quartiere bis hin zu ganzen Regionen den Bauwerksbestand als Materialbestand beschreiben können soll. Da hierfür Informationen für einzelne Bauwerke nur im Ausnahmefall zur Verfügung stehen, behilft man sich mit Bauwerkstypologien und deren Materialcharakteristik. Wie aus dem Projekt deutlich wurde, weichen diese Informationen im Zweifel doch deutlich von den tatsächlichen Massen ab. Im Projekt *Kart AL IV* des Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt 2022) erfolgte eine intensive Analyse der Möglichkeiten dieser Ansätze zur Beschreibung des anthropogenen Lagers.

5.2 Zero Waste Strategie

Es dauerte viele Jahre und Jahrzehnte, um aus der klassischen Abfallwirtschaft eine Kreislaufwirtschaft zu entwickeln. Drängende Probleme waren zunächst Fragen der Stadthygiene und damit eine saubere und effiziente Erfassung der Abfallmassen sowie ihre möglichst schadlose Beseitigung auf Hausmülldeponien oder auch in Müllverbrennungsanlagen. Hatte zuvor quasi jede Kommune ihre eigene Kippe, wurden ab diesem Zeitpunkt Deponien nach dem Multibarrieren-Konzept entwickelt und errichtet. Technische Sicherungsmaßnahmen im Sinne von Basis- und Oberflächenabdichtungen sollten in Verbindung mit geologisch/hydrogeologisch günstigen Standortvoraussetzungen und einem möglichst geringen Schadenspotenzial des Abfalls selbst eine endgültige zeitlich unbegrenzte Ablagerung der Abfallmassen ermöglichen, ohne damit negative Umweltfolgen befürchten zu müssen. Für Müllverbrennungsanlagen wurden die Feuerungssysteme und damit die Ausbrandverhältnisse optimiert, verbunden mit einem Ausbau der Abgasreinigungssysteme.

Erst Mitte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts wurden in den Kommunen die ersten integrierten Abfallwirtschaftskonzepte entwickelt. Es wurden Systeme einer getrennten Sammlung und stofflichen Verwertung von Abfallmassen aufgebaut, wie getrennte Sammlung von Altglas, Papier und Kartonagen sowie Metallen und Kunststoffen. Abfallmaterialien werden einer Kreislaufwirtschaft zugeführt, was zur deutlichen Reduzierung des zu entsorgenden Restabfalls führen sollte.

Vor allem ab den 90er Jahren war damit auch eine erste Struktur der Verwertung von Baurestmassen verbunden. Erste Recyclinganlagen wurden aufgebaut, teilweise von den Abfallwirtschaftsbetrieben selbst. Qualitätsstandards- oder Überwachungssysteme, im Sinne von definierten Produkteigenschaften, Fremdstoffanteilen und Schadstoffbelastungen, existierten noch wenig.

Bis heute ist diese Herangehensweise nicht vollständig überwunden. Die Erfahrungen mit diesen Massen auf Seiten der Bauherren bestimmen teilweise immer noch deutlich das Image von Recyclingbaustoffen und bedingen eine oft geringe Akzeptanz.

Erst seit kurzem wird „Zero Waste“ als neues abfallwirtschaftliches Leitbild entwickelt und in der Konzeption von Abfallentsorgungssystemen umgesetzt und das auch für (mineralische) Bauabfälle.

Bislang stand in der Kreislaufwirtschaft die Minderung der Restabfallmengen im Vordergrund. Neben einfachen Verwertungsmaßnahmen für bspw. mineralische Bauabfälle wurden insbesondere im Straßenbau Märkte für Produkte aus der Kreislaufwirtschaft geschaffen. Dies sind Erdbaustoffe, aber auch Frost- oder Schottertragschichten für den Straßenbau.

Die neue Konzeption „Zero Waste“ versteht sich darüber hinaus auch als Lieferant von Rohstoffen für die Bau(stoff)industrie, die die analogen Eigenschaften und Spezifikationen der klassischen Rohstoffe erfüllen. Werden nur die Rohstoffquellen ausgetauscht, ersetzen die Rohstoffe aus dem Materialkreislauf die klassischen über Brüche und Gruben gewonnenen Rohstoffe, kann an den bewährten Bauprodukten und eingeführten Produkteigenschaften sowie –zulassungen festgehalten werden. Idealerweise sind bestenfalls kleine Anpassungen in den etablierten Produktionsverfahren nötig. Die so entstandenen Bauprodukte unterliegen den gleichen Qualitätsanforderungen und –sicherungssystemen, die in den gültigen Regelwerken bereits festgeschrieben sind. Dies ermöglicht die Rückführung der mineralischen Massen in hochwertige Verwertungspfade, insbesondere in den Hochbau, in dem bislang fast ausschließlich auf primäre Rohstoffe zurückgegriffen wird.

5.2.1 Das Leitbild

Auch mit einer erfolgreichen Umsetzung einer Zero Waste-Strategie sind Abfallmassen zu entsorgen. Auf Baustellen, bei der Sanierung von Gebäuden oder gar bei ihrem Rückbau und Abbruch fallen zwangsläufig Massen an unterschiedlichsten Materialien zur Entsorgung an, die dem Abfallrecht unterliegen. Nach §3 (1) des Gesetzes zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) sind Abfälle im Sinne dieses Gesetzes alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss und dies unabhängig davon, ob sie verwertet oder beseitigt werden.

Zero Waste im engeren Sinne wird es damit nie geben können.

Im Sinne der Zero Waste-Strategie werden diese Abfallmassen jedoch so aufbereitet, dass sie in möglichst großen Anteilen in einem Materialkreislauf gehalten werden können und Materialeigenschaften aufweisen, die klassischen primären Rohstoffen der Baustoffindustrie oder Bauprodukten entsprechen.

Ein hochwertiges Recycling von Materialien ist darauf angewiesen, schadstoffbelastete Teilströme aus dem Produktionskreislauf ausschleusen zu können. Schadstoffbelastungen können aus der Nutzung der Bauwerke resultieren, bspw. typische nie ganz auszuschließende Kontaminationen in industriellen Prozessen. Schadstoffbelastungen resultieren jedoch auch aus der ehemaligen Verwendung von Baumaterialien, die unter Verwendung von Stoffen hergestellt wurden, die aktuell als umwelt- oder gar gesundheitsgefährdend bekannt sind.



Abb. 5.2: Zero Waste für Bauabfälle (Quelle: ifeu Heidelberg).

Ein hochwertiges Recycling ist zudem darauf angewiesen, bautechnisch und bauphysikalisch ungeeignete Teilströme ausschleusen zu können. Die unterschiedlichsten Materialien fallen an den Baustellen nicht immer sortenrein an. In der Regel wird es sich auch in Zukunft vermeiden lassen, dass sich Material- oder Konstruktionsverbunde erst in der Aufbereitung selbst lösen lassen, wobei in Anteilen Stoffgemische entstehen können, die nicht mehr einem Materialkreislauf zugeführt werden können. Dieser eher schadloose aber ungeeignete Rest muss aus dem Materialkreislauf ausgeschleust und als Abfall über in der Regel Deponien entsorgt werden. Aufgabe einer Zero Waste-Strategie ist es, diesen Teilstrom möglichst klein zu halten.

Zwar ist die bisherige Kreislaufwirtschaft ebenfalls durch die Herstellung und Vermarktung von RC-Baustoffen um eine möglichst umfassende Verwertung bemüht, die Erlöse sind oft jedoch überschaubar. Nicht selten müssen die aufbereiteten Massen ohne (nennenswerten) Erlös abgegeben werden.

Zukünftig muss sich die gesamte Prozesskette - von der Ausgestaltung des Rückbaus über die verschiedenen Schritte der Aufbereitung bis hin zur Konfektionierung der Massen im Output - nach den Erfordernissen des Marktes ausrichten. Ziel soll es sein, aus der Aufbereitung mineralischer Abfälle, Produkte oder Rohstoffe abgeben zu können, die den Spezifikationen der Baustoffindustrie entsprechen, d. h. sich in den Eigenschaften nicht von denen der Primärrohstoffe unterscheiden und analog eingesetzt werden können. Idealerweise verlieren diese Massen deshalb auch rechtlich die Abfalleigenschaften. Die Produktionsweisen müssen mit dem Einsatz der sekundären Rohstoffe nicht oder nur kaum angepasst werden. An den gewohnten Produkteigenschaften der Baustoffe ändert sich somit nichts. Durch die ambitionierte

Aufbereitungsstrategie werden die Massen, die nach der Aufbereitung noch als Abfall entsorgt werden müssen, auf einen möglichst kleinen Teilmassenstrom reduziert.

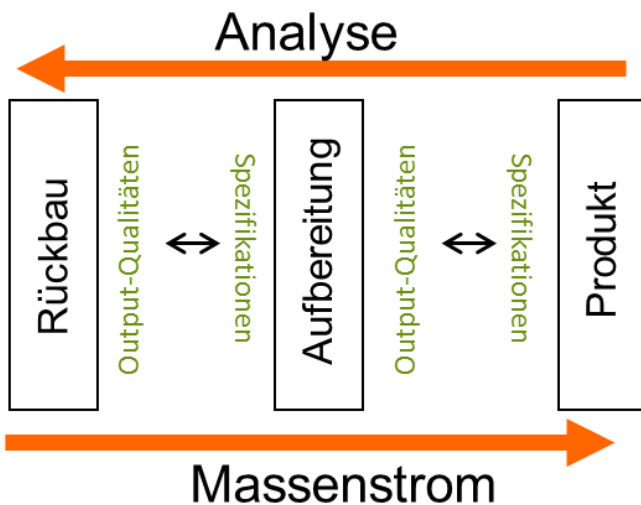


Abb. 5.3: Recyclingstrategie für ein hochwertiges Recycling (Quelle: ifeu Heidelberg).

Für eine hochwertige Verwertung muss ein Umdenken im Sinne des Zero Waste Leitbildes erfolgen.

Eine Zero Waste-Strategie beinhaltet als zentralem Kern selbstverständlich auch die Vermeidung eines Abfallaufkommens im eigentlichen Sinne. Dies kann im Erhalt der Gebäudesubstanz und vorrangigen Sanierung und Ertüchtigungen der Gebäude liegen. Ein weiterer wichtiger Baustein zur Abfallvermeidung ist die Weiterverwendung von Bauteilen zum einen aus dem Innenausbau wie Türen, Böden etc. oder auch aus dem konstruktiven Bereich (bspw. Betonfertigteile).

Dies bedeutet auch, dass für jeden einzelnen Abfallstoff in Abhängigkeit der entsprechenden Zusammensetzung und Verwertungseigenschaften Aufbereitungs- und Verwertungsstrategien entwickelt werden. Ein funktionales Recycling soll im Idealfall die wertgebenden Eigenschaften eines Bauproduktes über den Recyclingprozess hinweg erhalten und in der Rückführung in den Produktionsprozess bewahren. Ein ehemaliges Bauprodukt wird so aufbereitet, dass diese Massen als Rohstoffe in den ursprünglichen Herstellungsprozess zurückgeführt werden können.

Werden die Bauabfallmassen demzufolge vor allem für die Produktion von Baustoffen für den Hochbau eingesetzt, verbleiben für Abfallmassen aus dem Straßen- und Wegebau oder auch aus dem Erdbau die entsprechenden Absatzmöglichkeiten. In Summe gelangen nahezu alle Abfallmassen in den Wirtschaftskreislauf zurück, indem z. B. bei einfachen Anwendungsmöglichkeiten im Erdbau auf Gesteinskörnungen aus der Aufbereitung von Bauschutt verzichtet und stattdessen auf Bodenmassen zurückgegriffen wird und Abfallmassen aus dem Straßen- und Wegebau vor allem für diese Einsatzzwecke aufbereitet und verwertet werden.

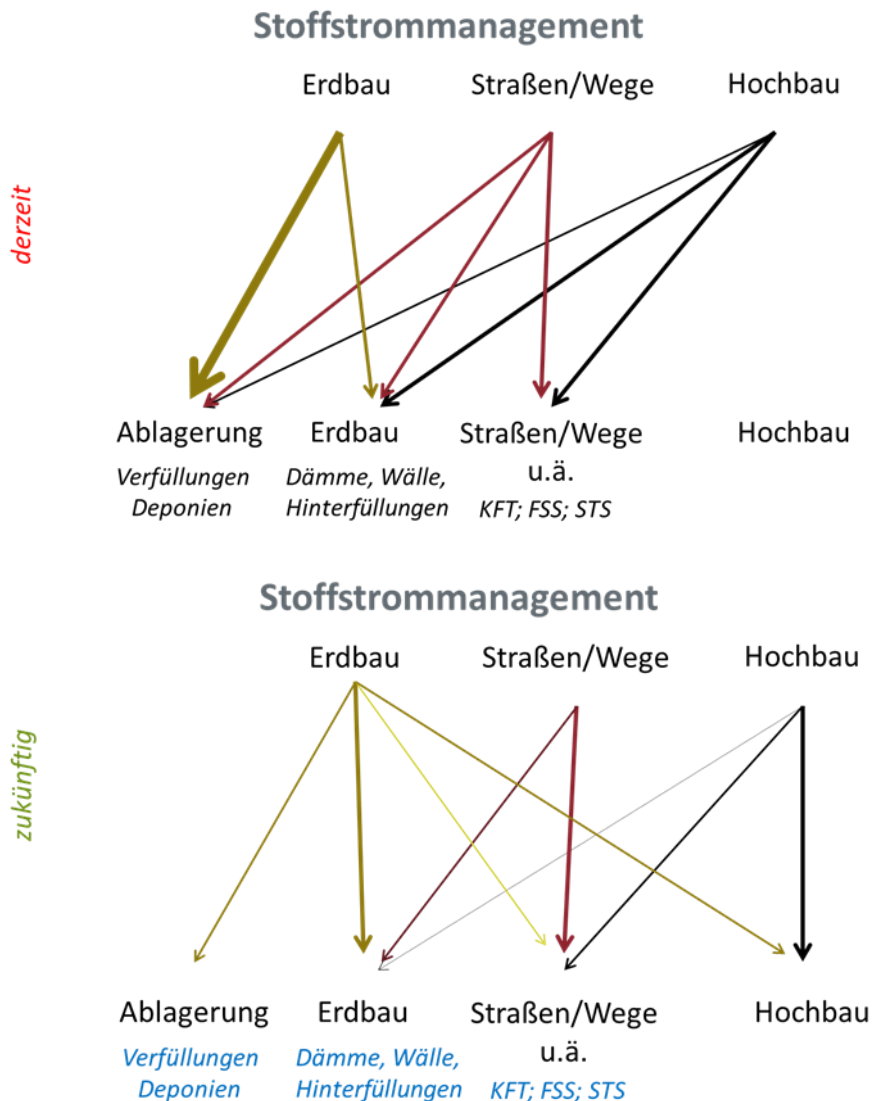


Abb. 5.4: Stoffstrommanagement nach Zero Waste-Strategie (Quelle: ifeu Heidelberg).

5.2.2 Der Rückbau als zentrale Weichenstellung

Muss ein Bauwerk abgebrochen bzw. rückgebaut werden, sollte dies nach einer vorab ausgearbeiteten fachlichen Planung erfolgen. Mit entsprechenden Vorgaben zur Ausgestaltung der Rückbaumaßnahmen kann dies ein zentraler Baustein für eine hochwertige Kreislaufwirtschaft darstellen.

Der Rückbau umfasst die Elemente Besichtigung / Begutachtung auch auf Schadstoffe bzw. entsprechende Bauteile, die Beräumung der Bauwerke mit Entrümpelung als Entnahme beweglicher Teile und Entkernung als Entnahme der Bauteile des Innenausbaus sowie des eigentlichen Abbruchs. Wobei auch hier selektiv und schrittweise vorgegangen werden kann. Über die Ausgestaltung des Rückbaus kann sichergestellt werden, dass Bauteile als wiederverwendbar erkannt und entsprechend dem Bauwerk entnommen werden können. Die Selektivität beim eigentlichen Rückbau bestimmt wesentlich die Zusammensetzung und Qualität der ab Baustelle zur Entsorgung bereit gestellten Abfallmassen.

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Ausgestaltung der Rückbaumaßnahmen liegt außerhalb des Abfallrechts. Das Abfallrecht kann aber vorgeben, in welcher Form, Zusammensetzung und Qualität Abfallmassen ab Baustelle zur Entsorgung bereitgestellt werden müssen und beeinflusst damit implizit die vorgelagerten Schritte. Die Landesbauordnung Baden-Württemberg macht keine expliziten Vorgaben zur Ausgestaltung von Rückbaumaßnahmen. Entsprechende Vorgaben sind für die Musterbauordnung in der Fachwelt in der Diskussion, bspw. von (Architects for Future 2021). Es soll zwingen ein "Pre-Demolition-Audit" vorgegeben werden. Hierbei soll ein Rückbaukonzept für die bei einem selektiven Rückbau bzw. Umbau freiwerdenden Materialien erstellt werden. Bei allen Bauteilen/Baustoffen, die ausgebaut werden, würde eine Prüfung auf Wiederverwendbarkeit oder Wieder- bzw. Weiterverwertbarkeit erfolgen.

Die zentrale gesetzliche Grundlage stellt die Gewerbeabfallverordnung dar. Die GewAbfV verpflichtet Abfallerzeuger und Abfallbesitzer, dass Beton, Ziegel, Baustoffe auf Gipsbasis, Fliesen und Keramik, Glas, Kunststoffe, Metall, Holz, Dämmmaterial und Bitumengemische getrennt erfasst und vorrangig der Wiederverwendung oder einem Recycling zugeführt werden. Die dafür erforderlichen Qualitäten sind nur über einen hochselektiven Rückbau zu erreichen. Nur wenn die getrennte Erfassung der Bauabfälle technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar ist, dürfen Baustoffe als Gemisch erfasst werden.

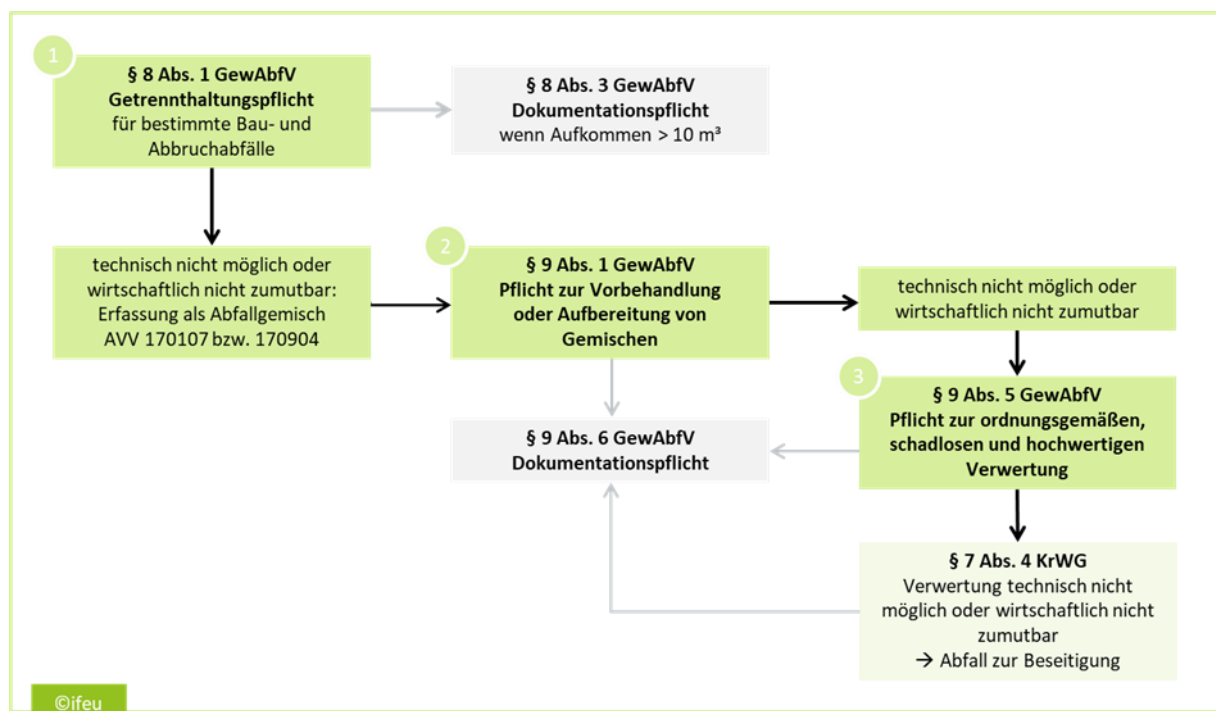


Abb. 5.5: Getrennthaltungs- und Dokumentationspflichten für Bau- und Abbruchabfälle gemäß Gewerbeabfallverordnung (Quelle: ifeu Heidelberg).

Können Bauabfallgemische nicht vermieden werden, ist dieser Ausnahmetatbestand zu begründen und zu dokumentieren. Die GewAbfV sieht ausdrücklich vor, dass auch bei der Erfassung als Gemisch eine Getrennthaltung von mineralischen und nichtmineralischen Bestandteilen zu erfolgen hat.

Die Getrennthaltung der oben genannten Abfallstoffe und auch die nachrangige Bereitstellung der Gemische und deren Verwertung unterliegt der Maßgabe, soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar. Während für die technische Unmöglichkeit in der Vollzugshilfe der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Mitteilung 34 (LAGA 2019) umfassende Hinweise

gegeben werden, fehlen für die wirtschaftliche Zumutbarkeit praxistaugliche Ergänzungen. Die Vollzugshilfe der LAGA führt explizit aus, dass eine technische Unmöglichkeit in der Praxis nur in absoluten Ausnahmefällen nachgewiesen werden kann (insbesondere Probleme der Statik). In aller Regel ist mit einem entsprechenden Aufwand technisch sehr vieles möglich.

Die zentrale Frage lautet daher: Was ist wirtschaftlich zumutbar? Die Vollzugshinweise der LAGA geben vor, dass Mehrkosten zu akzeptieren sind. Die zumutbare Höhe der Mehrbelastung wird jedoch nicht konkretisiert. Der Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V. (BDE) nimmt an, dass eine wirtschaftliche Unzumutbarkeit vorliegt, wenn die Kosten für die getrennte Sammlung die Kosten für die gemischte Sammlung um 100 % übersteigen. Analog gilt nach BDE, dass die Kosten für die hochwertige Behandlung max. 100 % über den Kosten einer sonstigen Verwertung liegen dürfen. Ende 2019 hat die Kommission der Niedersächsischen Landesregierung Empfehlungen ausgesprochen, wie der Begriff für den Vollzug zu konkretisieren ist, die aktuell in Form eines Erlasses (Niedersachsen 2021) für die Vollzugsbehörden verbindlich gemacht worden sind. Demnach gilt für die getrennte Erfassung eine zumutbare Mehrbelastung von einem Drittel der Kosten gegenüber der gemischten Erfassung. Für die Zuführung der Gemische in eine Aufbereitungs- oder Vorbehandlungsanlage gelten 50 % höhere Kosten als wirtschaftlich zumutbar. Das Land Berlin folgt dieser Auffassung.

Ein Bestandteil ist die Ausarbeitung eines Entsorgungskonzeptes. Die zu erwartenden Abfallarten und -mengen sollten verbindlich einem Aufbereiter oder einer qualifizierten Vorbehandlungsanlage zugeführt werden.

Die entstandenen Bauabfallmengen und die Art der Entsorgung sind für alle Abfallfraktionen zu dokumentieren. Die Dokumentationspflicht greift dann, wenn bei der Baumaßnahme mehr als 10 m³ Bauabfall anfallen. Die Dokumentation ist durch den Bauherren bzw. den Auftraggeber der Bauleistung – in seiner Funktion als Abfallerzeuger – 3 Jahre lang vorzuhalten und auf Verlangen der zuständigen Behörde vorzulegen. Die Bauunternehmen, Transporteure und Entsorgungsunternehmen sind – in ihrer Funktion als Abfallbesitzer – verpflichtet, Entsorgungsnachweise für die Dokumentation zur Verfügung zu stellen.

Ein Verstoß gegen das Getrennthaltungsgebot gilt als Ordnungswidrigkeit und kann mit einer Geldbuße von bis zu 100.000 € geahndet werden. Fehlende oder nicht nachvollziehbare Dokumentationen können mit Geldbußen bis 10.000 € geahndet werden. Es wird empfohlen vor Baubeginn vertraglich festzulegen, wer die Dokumentationspflicht zu erfüllen hat und wann und in welcher Form diese dem Bauherren vorzulegen ist. Auch auf die Getrennthaltungs- und Vorbehandlungspflicht sollte vor der Beauftragung gesondert hingewiesen werden, da die Pflichten erfahrungsgemäß nicht ausreichend erfüllt werden.

Elemente eines qualifizierten Rückbaus

Für den Rückbau eines Bauwerkes ist ein dreiteiliges auf die individuelle Aufgabenstellung zugeschnittenes Rückbaukonzept zu erstellen, das die Elemente Schadstoffsanierung, Wiederverwendung sowie Rückbau und Entsorgung enthalten muss.

Das Schadstoffsanierungskonzept erfordert einen Fachplaner, der mindestens die Anforderungen gemäß Abschnitt 6.1 des (VDI/GVSS 6202 Blatt 1 2013) erfüllt. Das Konzept erfolgt nach Abschnitt 7 und beinhaltet mindestens eine Ortsbegehung und ggf. eine technische Erkundung zur Verifizierung von Verdachtsmomenten. Im Ergebnis werden die Bauteile benannt, die aufgrund der Schadstoffbelastung von einer Wiederverwendung und Verwertung auszuschließen sind.

Das Teilkonzept Wiederverwendung von Bauteilen und Einrichtungsgegenständen erstellt ebenfalls ein Fachplaner, der auf entsprechende Schulungen und/oder Berufserfahrung verweisen kann. Art, Anzahl und Zustand der geeigneten Bauteile und Einrichtungsgegenstände werden dokumentiert. Dies gilt insbesondere für Dachziegel, Fenster / Türen / Tore, Parkett- oder Dielenböden, Trägerelemente oder Fertigteile aus Holz oder Stahl, Bauteile und Baumaterialien aus dem Außenbereich sowie typische Einrichtungsgegenstände. Für diese identifizierten Bauteile sind im Rahmen des Konzeptes qualifizierte gewerbliche oder karitativ tätige Abnehmer zu suchen.

Auch für das Teilkonzept Rückbau und Entsorgung wird durch einen qualifizierten Fachplaner erstellt, der mindestens die Anforderungen an Planer gemäß Abschnitt VDI 6210 Blatt 1 erfüllen muss. Im Rahmen dieses Konzeptes müssen die einzelnen Bauteile die Fraktionen erfasst werden, die getrennt erfasst einem Recycling zugeführt werden müssen. Dies sind bspw. Altbeton, Dachziegel, Flachglas, Gipsbaustoffe, Altholz getrennt nach stofflich und energetisch verwertbar, Metalle, Kunststoffbauteile wie insbesondere Fensterprofile oder Dämmstoffe getrennt nach mineralisch, synthetisch oder holzfaserbasiert. Um diese Ziele zu erreichen, sind nicht selten auch handgeführte Geräte einzusetzen.

Einen Überblick über Rückbauverfahren und -technik gibt das Fachbuch Abbrucharbeiten (Dt. Abbruchverband 2015).

Leitfäden / Zertifikate

Es gibt mehr oder minder hilfreiche Leitfäden zum selektiven Rückbau. Der für die Landesanstalt für Umwelt in Baden-Württemberg erstellte Ausarbeitung (LUBW 2001) ist mehr als 20 Jahre alt und nicht mehr aktuell. Das Landesamt für Umwelt in Bayern hat einen aktuellen Leitfaden bzw. Arbeitshilfe (Bayer. LfU 2019), die aber auf die Frage Schadstoffsanierung abzielt. Der aktuellste und umfassendste ist für das Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft in Brandenburg (MLUK 2015) erstellt worden, der auch umfassender auf die Teilbereiche Rückbauplanung und Entsorgungskonzept eingeht, auch hier aber fast ausschließlich auf die Frage Schadstoffsanierung ausgelegt.

Wichtig ist ein Qualifizierungsnachweis des beauftragten Abbruchunternehmens. Es sollten nur Unternehmen beauftragt werden, die einen derartigen Nachweis der Fachkunde vorweisen können. Dabei können Qualitätssiegel nach DIN ISO 9000f helfen (Unternehmen mit einem Qualitätsmanagementsystem) oder das RAL-Gütezeichen der RAL-Gütegemeinschaft Abbrucharbeiten e.V. (RAL 2022) verwendet werden.

Der Abbruchunternehmer ist für die Umsetzung der Rückbauplanung verantwortlich und damit bspw. für den in der Ausschreibung definierten Grad der Selektivität. Dementsprechend wählt er das zum Einsatz kommende Abbruchverfahren, wobei die zentralen Rahmenbedingungen zwingend entsprechend im Leistungsverzeichnis der Ausschreibung festzuhalten sind und Vertragsbestandteil werden. Dies verhindert, dass gewünschte Standards unterlaufen werden können. Die Wahl des Abbruchunternehmens, die Kommunikation und die Prüfung des Angebotes sind entscheidend für den Erfolg des Vorhabens. Der Deutsche Abbruchverband stellt geprüfte Ausschreibungstexte (STLB 2022) zur Verfügung.

Von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) ist ein Zertifikat für den nachhaltigen Gebäuderückbau entwickelt worden. Als Instrument zur Qualitätssicherung will es systematisch Anreize setzen, die Nachhaltigkeit von Rückbauprozessen auf ganzheitliche Weise zu erhöhen. Unter den „Technischen Aspekten“ wird auch die sortenreine Trennung angesprochen. Unter dem Kriterium TEC2-R wird die sortenreine Trennung und Kreislauffüh-

rung bewertet (DGNB 2022b). Die Kriterien zielen zum einen auf eine Kontrolle und Dokumentation der sortenreinen Trennung sowie eine Umsetzung von Maßnahmen, die eine maximale Separation von Abfallmaterialien ermöglichen und damit Mischfraktionen wie AVV 170107 (Bauschutt) und AVV 170904 (Baumischabfall) auf einen möglichst geringen Anteil begrenzen. Ein ebenso bedeutendes Kriterium zielt zum anderen auf die Wiederverwendung der als ausbaufähig erkannten Bauteile und Bauprodukte (ohne bewegliche Güter wie Möbel), d. h. tatsächlichem Ausbau und Zwischenlagerung. Ein weiteres Kriterium honoriert das Prinzip der Nähe.

5.2.3 Abfallvermeidung – Reduktion der Materialflüsse

Wiederverwendung von Bauteilen

Die Frage, inwieweit sich das Aufkommen an zu entsorgenden Abfallmassen mindern lässt, wird in der Konzeption von Sanierungs- und insbesondere Rückbaumaßnahmen entschieden und über die entsprechenden vorab erstellten Gutachten festgelegt. Lassen sich Bauteile als solche weaternutzen, ist dies mit großem spezifischem ökologischem Nutzen verbunden.

In § 3 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG 2022) finden sich zu Wiederverwendung folgende Definitionen:

„(21) Wiederverwendung im Sinne dieses Gesetzes ist jedes Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren.

(24) Vorbereitung zur Wiederverwendung im Sinne dieses Gesetzes ist jedes Verwertungsverfahren der Prüfung, Reinigung oder Reparatur, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile von Erzeugnissen, die zu Abfällen geworden sind, so vorbereitet werden, dass sie ohne weitere Vorbehandlung wieder für denselben Zweck verwendet werden können, für den sie ursprünglich bestimmt waren.“

Bis dato erfolgt die Wiederverwendung von Bauteilen nur in Ausnahmefällen und meist im Rahmen entsprechender Pilotprojekte. Der Strategie, Bauteile den alten Bauwerken zu entnehmen und andernorts wieder als solche einzubauen, stehen einige Probleme entgegen. So gilt immer eine mögliche Schadstoffbelastung von gebrauchten Bauteilen zu prüfen. Holzschutzmittel oder auch Asbest seien hier als Beispiele genannt. Gebrauchte Bauteile sollten daher ausschließlich von fachkundigen Händlern bezogen werden, die bereits vor dem Rückbau oder Aufbereitung durch fachkundiges Personal gesichtet und geprüft wurden. Ein weiteres Hemmnis ist die Frage der Gewährleistung. Zudem verlieren die Bauteile, die einem Gebäude entnommen wurden, ihre bauaufsichtliche Zulassung. Im Zweifel ist vor ihrem erneuten Einbau eine entsprechende Prüfung durch Prüflabore und Genehmigung durch die Baubehörde erforderlich.

Bauteile im Außenbereich sind vergleichsweise gut zu erreichen und lassen sich theoretisch zu jeder Phase des Rückbaus entfernen und dies meist auch schadlos. Bauteile im Außenbereich weisen fast immer deutliche durch die Witterung bedingte Beeinflussungen auf. Diese werten die Baustoffe nicht zwangsläufig ab, optisch ist dies ggf. durchaus gewollt. Vor allem bei alten Gebäuden mit großen Gärten oder Parkanlagen lassen sich im Außenbereich häufig Platten für z. B. Treppen oder Gestaltungselemente (z. B.: Plastiken, Säulen aus Sandstein oder Beton) finden. Auch Pflastersteine aus Naturstein oder Beton lassen sich gut mehrfach wiederverwenden. Ein maschinengestützter Ausbau ist möglich. Zäune und Tore lassen sich gut wiederverwenden, bei den Geländern gilt dies vor allem für Systemgeländer, da sich diese nachfolgend den erforderlichen Maßen leichter anpassen lassen.

Bauteile aus dem eigentlich Roh- und Konstruktionsbau sind fast immer statisch relevante Bauteile. Ein Rückbau ist daher mit einer besonderen Abbruchlogistik verbunden, da Dächer, Decken oder Wände, die von dem Rohbau getragen werden, zunächst entfernt werden müssen. Die Statik dieser Bauteile muss für eine Wiederverwertung bestimmt werden, dies ist im ersten Schritt anhand von Bauplänen, historischer Erkundungen oder Baubeschreibungen / Dokumentationen möglich. Gusseiserne Säulen oder Metallstützen können neben dekorativen Zwecken grundsätzlich nach wie vor tragende Funktionen übernehmen. Konstruktive Hölzer, die nicht mit Holzschutzanstrichen behandelt wurden, eignen sich gut zur Wiederverwendung. Hierzu zählen der Fachwerkbau, Dachstühle und Deckenbalkenanlagen, sowie Konstruktionsvollholz und Leimbinder.

Ziegelmauersteine werden miteinander verputzt oder verklebt. Früher wurde hierfür Fugenmörtel verwendet, der sich händisch mit verhältnismäßig geringem Aufwand entfernen lässt. Sollen die Mauersteine erneut im tragenden Bereich zum Einsatz kommen, sind zunächst unter anderem deren Druckfestigkeit und Wasseraufnahme zu prüfen. Dies ist erforderlich, da die Festigkeiten je nach Rezeptur und Herstellungsverfahren sehr unterschiedlich sein können. Um diesen Aufwand zu vermeiden, können Mauersteine auch in anderen nicht-tragenden Bereichen zum Einsatz kommen, wie bspw. zum Verblenden oder als Fußboden bzw. für gestalterische Elemente im Außenbereich.

Dacheindeckungen aus Ziegel sind sehr beliebt, vor allem historische Ziegelformen oder alte Holzziegel. Sie können nicht nur als Dachabdeckung, sondern auch als Fassadenverkleidung genutzt werden. Da die meisten Dachabdeckungen lose verlegt sind, ist ihre Demontierbarkeit im Vergleich zu den anderen Baustoffen sehr einfach. Die Demontage ist bei Dachumdeckungen durch das Bauhandwerk gut möglich, bei Rückbaumaßnahmen erfordert die vorgelagerte Abnahme der Bedachung aus Gründen des Arbeitsschutzes ggf. eine Einrüstung des Gebäudes.

Innentüren sind in Ihrer Ausführung oft sehr divers. Vor allem historische Türen haben zumeist keine Standardmaße. Hier muss bereits bei der Planung eine entsprechende Maßanpassung vorgenommen werden. Türgriffe können von den Türen getrennt und gesondert vermarktet werden. Sehr altes und trockenes Parkett hat oftmals eine sehr gute Qualität und ist problemlos wieder verwendbar. Befindet sich unter den Dielen oder dem Parkett noch eine gut erhaltene Unterkonstruktion, sollte diese ebenfalls zerstörungsfrei mitrückgebaut werden. Holzfußböden können je nach Dicke durch Schleifarbeiten aufbereitet werden. Der Rückbau von Böden ist jedoch in der Regel sehr zeitaufwendig. Sind sie verklebt verlegt, ist ein zerstörungsfreier Rückbau tendenziell nicht möglich.

Treppen bestehen aus Handläufen, Auftritten, Wangen, Steigungen und Podesten, sie sind verhältnismäßig teuer in der Anschaffung. Vor allem Holztreppen lassen sich gut bearbeiten und daher leicht kürzen oder erweitern. Gradläufige Treppen sind aufgrund dieser Anpassungsfähigkeit besonders gut für eine Wiederverwendung geeignet. Auch Treppenanlagen aus Metall, nicht selten mit Holzauftritten, lassen sich häufig leicht demontieren und abtransportieren. Treppengeländer lassen sich gut und unabhängig vom Ausbau der Treppe bergen. Da sich stilistisch neue Treppen sehr gut mit alten Pfosten und Handläufen kombinieren lassen, besteht eine große Nachfrage.

Wiederverwendete Bauteile sollten optimalerweise bereits Bestandteil der Neubauplanung sein, da die Abmessungen nicht immer den aktuellen Standards entsprechen. Planungssicherheit besteht aber nur dann, wenn der Planer sicher sein kann, dass die in der Planung berück-

sichtigten Bauteile in den Abmessungen und Qualitäten auch tatsächlich vorliegen. Diese müssen also von der Planung bis zu Umsetzung in einem Lager vorgehalten und reserviert werden können.

Umgang mit Bodenaushubmassen

Bodenaushubmassen stellen eine sehr große Abfallfraktion dar, deren Entsorgung zunehmend problematisch wird, da Ablagerungskapazitäten in vielen Regionen zunehmen knapp werden und die Entsorgungskosten steigen. Die Reduzierung der zur Entsorgung verbleibenden Bodenaushubmassen hat daher einen hohen Stellenwert erhalten, entsprechende Maßnahmen kommen in der Baupraxis vermehrt an.

Zunächst stellt sich die Frage, inwieweit sich durch entsprechende Bauplanungen das Aufkommen an Bodenaushubmassen tatsächlich vermeiden lässt. Gerade wenn Baugebiete neu erschlossen werden lassen sich Bodenaushubmassen dadurch reduzieren, dass das vorhandene Geländeprofil konzeptionell eingebunden wird. Hangeinschnitte lassen sich ggf. vermeiden, Geländesprünge lassen sich einbinden. Auch bei den einzelnen Baumaßnahmen stehen verschiedene Möglichkeiten der Minderung von Bodenaushubmassen zur Verfügung. Dies sind Maßnahmen, die den Umfang von Ausschachtungen reduzieren lassen, indem Gebäude in Hochparterre ausgeführt werden, zumindest auf eine Vollunterkellerung verzichtet wird und Tiefgaragenplätze durch entsprechende Mobilitätskonzepte und reduzierte Stellplatzschlüssel auf das notwendige Minimum beschränkt werden. Auch bei der Ausgestaltung der Baugruben selbst gibt es die Möglichkeit, durch entsprechenden Grubenverbau auf die klassischen Arbeitsräume weitgehend verzichten zu können.

Rechtlich werden Bodenaushubmassen, die auf den Baugrundstücken oder Baugebieten selbst wiedereingesetzt werden, nicht zu Abfall. Sie müssen zudem nicht andernorts entsorgt werden. Klassisch ist die Verwendung zur Geländemodellierung oder für die Eingrenzung mittels vor allem dem Lärmschutz dienenden Wällen. Gerade bei der Neuerschließung von Baugebieten bietet sich zudem eine generelle Erhöhung des Geländeniveaus an. Das Niveau der neuen Erschließungsstraßen wird höher gelegt. Aushubmassen können dann auf den Grundstücken soweit verbleiben, wie sie zur dadurch notwendigen Auffüllung benötigt werden.

5.2.4 Materialkreisläufe – die Möglichkeiten für einzelne Baustoffe

Nachfolgend werden für einzelne Baustoffe im Überblick jeweils die Möglichkeiten der hochwertigen Verwertung und des Wiedereinsatzes von Abfallmassen bei der Baustoffproduktion aufgezeigt. Darüber hinaus gibt es für manche Baustoffe auch die Möglichkeit, auf andere Massen aus dem Materialkreislauf als Rohstoffquelle zurückzugreifen.

Transportbeton, Betonwaren und -fertigteile

Transportbeton ist der Wandbaustoff, der seit etwa der Jahrtausendwende auf ein Regelwerk zurückgreifen kann, das den Rückgriff auf RC-Materialien regelt. Der Baustoff wird allgemein als R-Beton (Ressourcenschonender Beton) benannt. Es handelt sich um eine Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb 2010), die für einzelne Betonsorten (Druckfestigkeitsklassen, Expositionsklassen) Mengenanteile für bestimmte RC-Gesteinskörnungen benennt, die in den Rezepturen nicht überschritten werden dürfen. Die Herstellung der RC-Gesteinskörnung muss wie Kies oder Splitt nach dem Regelwerk DIN EN 12620 erfolgen. Die zentralen Eckpunkte des aktuellen Regelwerks sind in einem Leitfaden für das Umweltministerium Baden-Württemberg (UM BaWü 2017) zusammengefasst.

Im Moment wird dieses Regelwerk auf den aktuellen Stand der Technik angepasst. Dabei wird die Sonderregelung für den R-Beton verzichtet. Die Fortschreibung der Betonproduktnorm DIN

1045 wird genutzt, um alle Regelungen zum R-Beton in die DIN 1045-2 aufzunehmen. Damit wird ein deutliches Signal an den Markt gesandt: R-Beton ist ein zugelassener Baustoff und wird als Beton nach Eigenschaft verkauft. Er muss als Frisch- und Festbeton den gleichen Anforderungen genügen, wie sie auch für Betone gelten, die ihren Zuschlag alleine über primäre Rohstoffe, d. h. Splitt oder Kies abdecken. Das Transportbetonwerk übernimmt hierfür die übliche Gewährleistung.

Mit der Fortschreibung des Regelwerkes werden die Möglichkeiten zum Einsatz von RC-Gesteinskörnungen etwas erweitert. Es gibt weitere Betonsorten, in denen ihr Einsatz grundsätzlich ermöglicht wird. Wichtig sind vor allem folgende Regelungen: Zukünftig dürfen auch Brechsande und zwar aus der Aufbereitung von Altbeton in den Anteilen in der Betonrezeptur eingesetzt werden, in denen sie bei der Aufbereitung der Altbetonmassen anfallen. Die zweite Regelung sieht vor, dass alle gesonderten Regelungen dann entfallen, wenn der Anteil RC-Gesteinskörnung nicht höher als 25 % (bezogen auf den Zuschlag: Körnung und Sand) liegt und es sich um Betonsorten aus den Feuchtigkeitsklassen WF und W0 handelt, d. h. dem klassischen Einsatzbereich im Hausbau.

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
	Alkalirichtlinie ^a	EN 206 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
1	WO	Karbonatisierung XC1	≤ 45 ^b	≤ 35
2		Kein Korrosionsrisiko X0		
3	WF	Karbonatisierung XC1 bis XC4	≤ 45	≤ 35
4		Frostangriff ohne Taumittleinwirkung XF1 und XF3		
5		Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach Abschnitt 5.5.3		
6		Chemischer Angriff XA1 ^d		
7	WA ^c	XD1 und XD2 XS1 und XS2 XF2 und XF4	≤ 30	≤ 20

^b Es dürfen rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 ≤ 2 mm ≤ 20 Vol.-% der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus der gleichen Produktion der verwendeten rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 > 2 mm stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Das Verhältnis von feiner und grober rezyklierte Gesteinskörnung muss sich dabei an dem entsprechenden Verhältnis von Sand zu grober Gesteinskörnung der Gesamtsieblinie orientieren.

^c Die Feuchtigkeitsklasse WA darf nur für rezyklierte Gesteinskörnung mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach Alkali-Richtlinie verwendet werden.

Abb. 5.6: DIN 1045-2:2022-07 – Entwurf.

Diese neuen Regelungen werden bereits seit Mitte 2021 kommuniziert, bspw. über Vorträge auf Tagungen. Ein offizieller Entwurf (Gelbdruck) liegt für dieses Regelwerk seit Mitte Juni 2022 vor (DIN 1045-2:2022-07 Entwurf).

Das mit der Richtlinie gegebene Regelwerk war in Deutschland lange Zeit vergessen. Die Idee wurde vor mehr als 20 Jahren in der Schweiz aufgegriffen und in die Praxis umgesetzt. Ausgehend von diesem Impuls wurde diese Baustoffalternative seit knapp 15 Jahren über erste Pilotprojekte auch in Deutschland im Markt eingeführt. Noch ist diese aber nur regional im Portfolio von Transportbetonwerken. Das zentrale Hemmnis ist die Rohstoffversorgung der

Transportbetonwerke. Für Aufbereiter mineralischer Abfallmassen ist die Herstellung dieser RC-Gesteinskörnung noch nicht immer wirtschaftlich lohnend. Angesichts der seit Jahren auf Hochtouren laufenden Baukonjunktur werden vorrangig die klassischen Absatzwege im Straßen- und Wegebau gesucht, da hier angesichts der deutlich einfacheren Produktionsbedingungen das Verhältnis Kosten / Nutzen günstiger ausfällt.

Es gibt verschiedene Zementsorten und auch hier Optionen, die den Anteil an Zementklinker durch die Verwendung von Abfallstoffen / Nebenprodukten zu senken. Bisher sind dies vor allem Flugstäube und Hüttensande. Flugstäube fallen bei der Rauchgasreinigung von Kohlekraftwerken an und angesichts der klimapolitischen Ziele nur noch über einen kurzen Zeitraum verfügbar. Hüttensande werden aus Hochofenschlacken produziert. Auch in diesem Wirtschaftsbereich werden eher Kapazitäten ab- als zugebaut. Entsprechend versucht die Zementindustrie sich neue sekundäre Rohstoffquellen zu erschließen. Eine Quelle könnten aufbereitete Altziegelmassen sein, R-ZIEMENT (VDZ 2021) verspricht hier eine gangbare Lösung zu werden.

Bei der Produktion von Betonwaren und -fertigteilen gelten etwas andere Regelwerke, wobei auch hier RC-Gesteinskörnungen in den Rezepturen zugelassen werden, mit nicht stark vom Transportbeton abweichenden Rahmenbedingungen. Das Hemmnis liegt hier eher in der Produktionsweise. Die Produktion erfolgt in Form einer industriellen Fertigung oft in Form von einzelnen über Fließbänder verbundene Produktionsschritte. Dies führt an zwei Stellen für den Einsatz von RC-Gesteinskörnung zu Problemen.

Beton mit RC-Gesteinskörnung kann nur in den Anwendungen zum Einsatz kommen, die nicht zugleich Frost und Tausalz ausgesetzt sind. Bei Pflastersteinen ist das demnach nur im Kern möglich, die außenliegende Schale ist für R-Beton nicht geeignet. Dies bedeutet für die Produktion von Betonwaren, dass die Zufuhr von zwei verschiedenen Betonflüssen in den Produktionsablauf eingebunden werden muss. Die Fertigungslinie muss entsprechend umgebaut werden. Trotzdem gibt es ein paar wenige Produzenten, die RC-Gesteinskörnung in die Produktion einbinden.

Das zweite Problemfeld trifft vor allem Betonfertigwaren. Dies sind bspw. Wand- oder Deckenelemente. Diese größeren Bauteile benötigen längere Zeit bis sie soweit verfestigt sind, dass die Formteile vom Produktionsband genommen werden können. Um diese Grünsteifigkeit möglichst früh zu erzielen bzw. die Verweilzeit auf dem Band zu reduzieren, werden zur Produktion dieser Bauteile Betonrezepturen mit hohen Zementanteilen verwendet. Dies geht konträr zum Einsatz einer RC-Gesteinskörnung. Um „Betonkrebs“ zu vermeiden, d. h. eine Alkali-Kieselsäurereaktion (TU Berlin 2022), schreibt die entsprechende AKR-Richtlinie einen Höchstgehalt von 350 kg Zement / m³ Beton vor, was unter diesen Produktionsbedingungen häufig nicht gehalten werden kann. Trotzdem gibt es auch hier mittlerweile Produzenten, die auf Betone mit RC-Gesteinskörnung zurückgreifen können.

Altbeton selbst stellt unter den mineralischen Bauabfallmassen eine „begehrte“ Fraktion dar. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des gebrochenen Materials erlauben einen Absatz in alle klassischen Einsatzbereiche. Altbeton stellt auch die bevorzugte Körnung für die Rückführung in Betonrezepturen dar.

Ziegelbaustoffe

Ziegelbaustoffe sind vor allem Dachziegel oder Mauerziegel, wobei hier unterschieden wird zwischen Vor- und Hintermauerziegel. Ähnlich Vormauerziegel gibt es zudem Wandverkleidungen (Riemchen) oder auch Klinker bspw. als Bodenziegel. Hintermauerziegel sind heute in der Regel keine Vollziegel mehr (Backsteine). Das Produkt wurde stark in Richtung geringer Wärmedurchgang weiterentwickelt, die Ziegelsteine sind porosiert und integrieren häufig auch

Dämmstoffe. Im Abbruchmaterial finden sich aktuell daher häufig Vollmauerziegel, produziert werden aber vor allem die oben beschriebenen Hintermauerziegel.

Ziegel bestehen aus gebranntem Ton. Das Material kann nicht erneut gebrannt werden und damit nur in manchen Fällen und in kleineren Anteilen in die Produktion zurückgeführt werden. So ist die Rückführung selbst von Brennbruch aus der Produktion nur im Falle der Herstellung von Hintermauerziegeln möglich. Das Altmaterial kann als Magerungsmittel dienen und daher nur dann eingesetzt werden, wenn die eingesetzten Primärrohstoffe aus „fetten“ Tonen bestehen.

Für die Produktion von Ziegelbaustoffen wird zunehmend auch auf Sekundärtone zurückgegriffen. Dies sind entweder tonige, schluffige oder merglige Bodenaushubmassen, die den Spezifikationen der Ziegelindustrie entsprechen oder auch Filterkuchen, die bei der nassen Aufbereitung von Kiesen oder Splitten in der Natursteinindustrie aus der Aufbereitung der Abwässer zur Entsorgung anfallen.

Die Ziegelindustrie bemüht sich stark, für ihre Bauprodukte hochwertige Verwertungslösungen zu erschließen und das mit einigem Erfolg.

Schon heute ist es zumindest in Regionen mit üblicherweise Ziegeleindeckung üblich, im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen anfallende Dachziegel getrennt zu halten und separat aufzubereiten. Dieses Material ist bei den Herstellern von Pflanzsubstraten, bspw. zur extensiven Flachdachbegrünung, sehr begehrt. Dieser Verwertungsweg steht auch Ausschuss aus der Produktion von Ziegelmauersteinen offen. Bisher nur im Rahmen von Forschungs- und Pilotprojekten werden auch Ziegelmauersteine aus der Sanierung und dem Rückbau von Gebäuden so aufbereitet und von Putzen und Mörteln befreit, dass sie den Qualitätsansprüchen der Substrathersteller genügen.

Klassisch ist die Verwendung als Böden für Tennisplätze.

Ziegelanteile können auch Bestandteile einer RC-Gesteinskörnung sein, die als Zuschlag in der Herstellung von Transportbeton eingesetzt werden kann. Der maximal erlaubte Anteil an der RC-Gesteinskörnung liegt bei 30 %. Wie zum Baustoff Beton ausgeführt, sind Betone, die in der Herstellung in Anteilen auf RC-Gesteinskörnung seit Jahren bauaufsichtlich zugelassen. Bislang gibt es jedoch nur einen Aufbereiter mineralischer Bauabfälle, der diese Gesteinskörnung Typ 2 produziert und an Betonwerke vermarktet.

Die Zementindustrie steht vor der Herausforderung, klimafreundlicher und ressourcenschonender zu produzieren. Ein wichtiger Ansatzpunkt hierfür ist die Substitution von Klinker bzw. Portlandzement. Bis dato wurden hierfür in Anteilen Filterstäube aus Kohlekraftwerken oder Hüttensande, d. h. aufbereitete Hochofenschlacke, verwendet. In mehreren Forschungsprojekten des Verbandes der deutschen Zementindustrie (VdZ) werden Strategien entwickelt, analog Ziegelmehle als Hauptbestandteile einsetzen zu können.

Ziegelreiche mineralische Bauabfälle eignen sich auch als Rohstoff für die Produktion einer Aufbaukörnung bzw. Leichtgranulates, das bspw. als Leichtzuschlag in der Produktion von Leichtbeton eingesetzt werden kann. Dies ermöglicht es, Blähtone zu substituieren.

Klassisch finden aufbereitete Altziegel als Bestandteile des gemischten Bauschutts auch Anwendung im Straßen- und Wegebau. Nach dem geltenden Regelwerk (Technische Lieferbedingungen Schichten ohne Bindemittel - TL SoB StB) sind diese in den Frost- und Schottertragschichten in Anteilen bis zu 30 % zulässig. Die Scherbenrohddichte zumindest der aktuell zur Entsorgung anfallenden Ziegelabfallmassen erlaubt dies. Lange Zeit fanden diese Materialien nicht die erforderliche Akzeptanz. Dies hat sich in den letzten Jahren aber tendenziell gewandelt. Gerade für die Produktion von Frostschutzschichten ist der Ziegelanteil durchaus gewünscht, weil der Anteil an gebrochenem Altbeton begrenzt werden kann. In Verbindung

mit Wasser kann es durch den Zementleimanteil zu Verhärtungen kommen und damit die Drainagefähigkeit / die Wasserdurchlässigkeit gefährden.

Kalksandstein

Kalksandstein ist ein gebräuchlicher Mauerstein, der in den üblichen Kornrohdichten produziert auf die Übernahme von Traglasten ausgelegt ist und klassisch im Zusammenspiel mit einer außenliegenden Wanddämmung – in der Regel als Wärmedämmverbundsystem – eingesetzt wird. Die Rohdichte erlaubt die Verwendung von Kalksandsteinen in einer RC-Gesteinskörnung für die Betonproduktion. Die Wasseraufnahmefähigkeit des Materials führt allerdings dazu, dass Kalksandsteine Anteile von 5 % im Gemisch für Baustoffe des Straßen- und Wegebbaus (TL Gestein 2007) nicht überschreiten dürfen. Dies stellt bei steigenden Anteilen von Kalksandsteinaltmaterial im Bauschutt ein zunehmendes Problem dar. Liegen höhere Anteile an Kalksandstein in der Bauschuttmischung vor, bleibt nur die Produktion von Erdbaustoffen mit einem geminderten ökologischen Nutzen / Substitutionspotenzial. Da eine gezielte Abtrennung der Kalksandsteine klassisch über das spez. Gewicht nicht möglich ist, wäre grundsätzlich nur eine optische Kennung möglich, wobei sich dies nicht nur sehr aufwendig gestaltet, sondern auch in Abgrenzung zu Altbeton nur schwer umzusetzen ist.

In der Vergangenheit gab es einige Forschungsprojekte, die für Altmaterial aus Kalksandstein Verwertungswege aufzeigen und entwickeln sollten. Eine Option war die Herstellung von Pflanzsubstraten, was aber aufgrund der Anhaftungen von Putzen etc. nicht realisierbar war. Eine weitere Möglichkeit wurde in der Produktion von Mauersteinen gesehen, die die Technik der Kalksandsteinproduktion nutzen, aber in den Produkteigenschaften abweichen. Auch dies hat aus verschiedenen Gründen keine praktische Anwendung gefunden.

Auch für die Kalksandsteinproduktion sollte geprüft werden, inwieweit nicht auch Massen aus der Aufbereitung von Bodenaushubmaterial / Nassklassierung eingesetzt werden könnten. Entsprechende Untersuchungen und Ergebnisse stehen noch aus.

Leichtbeton

Leichtbeton unterscheidet sich von einem klassischen (Transport)Beton nur durch das abweichende spezifische Gewicht der eingesetzten Gesteinskörnung gegenüber dem klassischen Kieskorn oder Natursteinsplitt. Die Fertigung von Leichtbeton hat einen regionalen Schwerpunkt im Neuwieder Becken und greift hier auf Bims als Rohstoff zurück. Industriell gefertigt sind Rohstoffe wie insbesondere Blähtone, die die Grundlage für die Produktion andernorts bieten.

Die mineralischen Zuschläge sind porig und haben damit wie auch bei anderen Baustoffen günstige Wärmedurchgangswerte. Der U-Wert liegt deutlich niedriger als bei klassischem Beton, so dass – bei entsprechenden Wandstärken – ggf. auf eine zusätzliche Dämmung verzichtet oder diese in geringerer Stärke aufgebracht werden kann.

Diese Porigkeit und Porosität des Materials machen eine klassische Verwertung schwierig. Der Einsatz vor allem als Frostschutz- oder Schottertragschicht im Straßen- und Wegebau verlangt eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Frost- oder mechanischen Beanspruchungen. Diese Baustoffe werden daher bei einer hochwertigen Aufbereitung aus dem Massenstrom mineralischer Bauabfälle möglichst mittels Leichtstoffabscheidung abgetrennt.

Theoretisch könnte die Aufbereitung mineralischer Bauabfälle auf diesen Massenstrom hin abgestellt werden, indem eine eng abgestufte Klassierung nach Korngruppen verbunden wird mit einer Sortierung über das spezifische Gewicht. Dies müsste mit dem Outputmassenstrom erfolgen in Verbindung mit einer klassischen Leichtstoffabscheidung, über die die üblichen

nicht-mineralischen Leicht- und Störstoffe abgetrennt werden. Dies ist mit einem hohen verfahrenstechnischen Aufwand verbunden, der sich bis dato nicht wirtschaftlich realisieren lässt. Größere Mengen an „Bims-Beton“ gehen daher in Erdbaustoffe mit einem geringen Substitutionserfolg.

Die Verwendung von Blähton bei der Leichtbetonproduktion ermöglicht auf der anderen Seite einen Ansatz, auf Rohstoffe aus dem Materialkreislauf zurück zu greifen. Hier gibt es seit vielen Jahren Forschungsprojekte an der Bauhaus-Universität Weimar und am IAB mit entsprechenden Veröffentlichungen (IAB 2022). Noch hat sich diese Idee aber nicht in der Produktionspraxis umsetzen lassen, der technisch aufgezeigte Weg der Verwendung von klassischem mauerwerksreichem Bauschutt und Produktion von einer Aufbaukörnung in Anlehnung an Blähton über ein Drehrohr erweist sich noch nicht als ausreichend wirtschaftlich.

Porenbeton

Porenbeton ist kein Betonbaustoff im klassischen Sinne. Es handelt sich um einen dampfgehärteten Baustoff, der aus Quarzsand, Kalk und Zement als Bindemittel, geringe Mengen an Anhydrit oder Gips sowie Aluminium besteht, das Treibmittel eingesetzt wird. Im Anschluss an einen Quellprozess in einer Gießform erfolgt eine Aushärtung über Autoklaven. Die Porenstruktur entsteht durch die Reaktion des aluminiumhaltigen Treibmittels im alkalischen Milieu unter Bildung von Wasserstoff, der vollständig ausgast. Im Ergebnis liegt ein Baustoff vor, der zu 80 Vol.% aus Luftporen besteht und damit gute Dämmeigenschaften aufweist.

Bisher gibt es erste Versuche (Ytong-Silka 2022) der Rückführung von Altmaterialien aus Porenbeton in die Porenbetonherstellung. Die Qualitäten der Altmaterialien erreichen nicht die für einen Rohstoff der Porenbetonproduktion geforderten Zusammensetzungen und Eigenschaften. Bislang wurden diese Ideen daher nicht weitergeführt. Benannt werden als Verwertungswege Katzenstreu, Substrat für Dachbegrünungen oder auch die Einbindung der größeren Korngruppen in die eine Bindemittelmatrix und Herstellung eines Mauersteines. Die Entwicklung (Uni Bremen 2012) erfolgte vor 10 Jahren, eine Umsetzung in die Praxis erfolgte bislang nicht.

Für die klassischen Verwertungswege für mineralische Bauabfälle ist dieses Altmaterial gänzlich ungeeignet. Aufgrund der Porosität erfüllt das Material nicht die geforderten technischen Eigenschaften. Vor allem die Gipsanteile führen zu Sulfatbelastungen, die eine Anwendung im ungebundenen Bereich sehr erschweren oder ausschließen. Die Bestandteile werden über die Leichtstoffabscheidung abgetrennt und bspw. über Deponien entsorgt. Da dieser Baustoff in der jüngeren Vergangenheit und in manchen Regionen Deutschlands sehr beliebt geworden ist, wird dies in Zukunft die Entsorgung mineralischer Bauabfälle erschweren.

Gipsbaustoffe

Gipsbaustoffe sind vor allem Gipsputze und Gipsplatten für den Innenausbau und hier für die Wand- und Deckenverkleidung. Gerade in Gebäudesanierungen oder für die Errichtung von nicht-tragenden Innenwänden sind diese Baustoffe sehr beliebt geworden. Sie lassen sich sehr gut verarbeiten und werden preisgünstig angeboten.

Gipse sind für die Verwertung der bei Rückbau und Sanierung von Bauwerken anfallenden mineralischen Bauabfallmassen sehr problematisch. Dies ergibt sich nicht nur aus den problematischen chemischen Eigenschaften, sondern auch aus den resultierenden Sulfatbelastungen, die als Bestandteil die ungebundene Verwertung der mineralischen Abfallmassen sehr erschweren oder unmöglich machen können. Aufbereiteter mineralischer Bauabfälle nehmen daher Altmassen mit sichtbaren Anteilen von Gipsbaustoffen nicht oder nur zu hohen Preisen

zur Entsorgung an. In Konsequenz hat dies dazu geführt, dass Gipsbaustoffe den Bauwerken möglichst separat entnommen werden und dies im Rahmen der Entkernung vor dem eigentlichen Rückbau. Gerade die einfach zu entnehmenden Gipsbaustoffe wie insbesondere die Gipsbauplatten werden separat über Container erfasst und entsprechend entsorgt. Klassisch ist die die Verfüllung ggf. auch untertage oder der Einsatz in Rekultivierungsmaßnahmen in Tschechien. Hier werden Schlammteiche aus der früheren Aufbereitung von Uranerzen mit Abfallmassen verfüllt, eine äußerst umstrittene Praxis, die zukünftig unterbunden werden soll.

Die Rohstoffversorgung für die Produktion von Gipsbaustoffen erfolgt zu einem erheblichen Anteil aus REA-Gipsen, d. h. Produkten / Massen aus der Entschwefelung des Abgases gerade auch von Kohlekraftwerken. REA-Gipse werden daher in naher Zukunft kaum noch zur Verfügung stehen. Entsprechend entwickelt sich derzeit ein Recyclingsystem für Altmassen aus Gipsbaustoffen, die aus anderen Gründen ja bereits ab Baustelle getrennt bereitgestellt werden, in allerdings auf das Entsorgungsziel Verfüllung / Deponierung ausgerichteten Qualitäten. Im Moment haben sich bundesweit 3–4 Recyclinganlagen im Ansatz etablieren können, der tatsächliche Massendurchsatz erreicht bei weitem nicht die zur Verfügung stehenden technischen Aufbereitungskapazitäten. In Süddeutschland ist derzeit nur die Recyclinganlage in Zweibrücken in Betrieb. Die Aufbereitungstechnik ist in der Lage, Gipse so aufzubereiten, dass sie den Spezifikationen der Gipsindustrie entsprechen und damit ohne Abstriche als Rohstoff verwendet werden können.

Flachglas

Glas wird in Schmelzwannen produziert, eine für das Recycling von Altmassen grundsätzlich günstige Voraussetzung. Altglas kann aufgeschmolzen und vollständig in die Produktion rückgeführt werden. Andererseits hat die Flachglasindustrie sehr hohe Anforderungen an die Zusammensetzung und Reinheit ihrer Rohstoffe, so diese die Produktqualitäten gefährden können. Die Anforderungen sind hier deutlich höher als im Behälterglasbereich. In Konsequenz führt dies dazu, dass die Altglasmengen, die pre consumer beim Zuschneiden und Verarbeiten der Flachgläser anfallen in die Produktion zurückgeführt werden und dort nicht nur Rohstoffe substituieren, sondern auch den notwendigen Schmelzenergieeinsatz mindern lassen.

Aus dem Bereich post consumer würde eine Rückführung von Altglas auch auf logistische Herausforderungen stoßen. Dies gilt am wenigsten für das Bauhandwerk und den Austausch von Fenstern. Hier werden durch die beauftragten Firmen auch die Fensterprofile samt Glas-scheiben von der Baustelle mitgenommen und entsorgt. Es bedarf bspw. auf den Betriebshöfen einer Auftrennung von Glas und Fensterprofil und dies möglichst ohne bspw. Fensterkitt. Diese Betriebshöfe können Sammelpunkte darstellen, die die Rückführung der Materialien wirtschaftlich darstellen lassen. Aus dem Bereich Rückbau und Abbruch von Bauwerken ist dies deutlich schwieriger darzustellen, da es sich im Verhältnis um sehr kleine Abfallmengen handelt für die eine getrennte Logistik aufgebaut werden müsste, so es sich nicht um Glasfassadenelemente oder ähnlich handelt.

Dämmstoffe

Die Frage Circular Economy für Dämmstoffe ist jüngst über ein Forschungsprojekt (ifeu Heidelberg 2021) näher beleuchtet worden. Die Dämmstoffindustrie stellt sich seit kurzem in der Frage Schließen von Materialkreisläufen deutlich neu auf. Dies erfolgt je nach Dämmstofftyp und auch Marktdurchdringung in unterschiedlichem Maße. Grob unterscheiden lassen sich mineralische Dämmstoffe, synthetische Dämmstoffe und Dämmstoffe, die auf Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt werden. In aller Regel ist es hier der Rohstoff Holzfaser.

Die Kreislaufwirtschaft ist am wenigsten bei den holzfaserbasierten Dämmstoffen entwickelt. Für die Produktion kann nicht auf Altholz zurückgegriffen werden. Altmassen aus dem Dämmstoffrecycling stehen noch nicht oder sehr selten zur Entsorgung an, so dass sich auch noch kein Recyclingsystem etablieren konnte. Da es sich in aller Regel um Materialmische handelt oder Flammenschutzmittel enthalten sind, ist die zunächst naheliegende Verwertung über die „Kompostierung“ in der Praxis nicht möglich.

Klassisch aus Altmassen hergestellt ist die Zellulose-Einblasdämmung, die auf Altpapier als Rohstoff zurückgreift.

Bei den mineralischen Dämmstoffen handelt es sich in der Regel um Steinwolle- oder Glaswolleplatten oder -matten, die entweder in der Steildachdämmung eingesetzt werden oder aber der Dämmung der Außenfassaden und Flachdächern dienen. Mineralwollen werden über Schmelzwannen und Kupolöfen produziert, was die Rückführung von Altmaterial grundsätzlich begünstigt. Gerade für Steinwollen sind erste Logistik- und Recyclingsysteme im Aufbau.

Synthetische Dämmstoffe werden auf Basis von EPS oder PU hergestellt. Auch hier werden Bemühungen ersichtlich, entsprechende Verwertungswege zu entwickeln und mittelfristig zu etablieren. Diese sind sowohl werkstofflich als auch rohstofflich möglich, so erfolgt aktuell eine lösemittelbasierte Auftrennung und Bereitstellung der chemischen Grundstoffe in einem ersten Werk in den Niederlanden, erstmalig großmaßstäblich. Es wäre für EPS und ggf. zu-künftig auch für XPS die Option einer stofflichen Verwertung trotz Konditionierung mit dem Flammenschutzmittel HBCD.

Kunststoffprodukte

In einer Studie für das Umweltbundesamt (Umweltbundesamt 2021) wurde das Recycling von Altkunststoffen und hier die Rückführung von Regranulaten als Rohstoff in die Herstellung von Kunststoffprodukten näher beleuchtet. Noch sind die Recyclingraten nicht ausreichend hoch, noch werden viele der Kunststoffe bestenfalls energetisch verwertet. Im Bausektor werden vor allem PVC-Baustoffe verwendet, so bspw. als Rohre oder auch Fensterprofile.

Aufgrund der Chlorproblematik werden PVC-Bestandteile in der Vorbehandlung von nicht-mineralischen Bauabfällen möglichst ausgeschleust. Die Produzenten müssen Höchstgehalte an Chlor in ihren Ersatzbrennstoffen garantieren. In aller Regel werden Baumischabfälle an den Baustellen über Container erfasst, die eine Mischung aller Materialien enthalten, die nicht an der Baustelle getrennt erfasst bereitgestellt werden (können). Die Querverschmutzung ist hoch, so dass eine Aussortierung von Kunststoffen für eine stoffliche Verwertung in den geforderten Qualitäten nur sehr schwer möglich ist.

Manche PVC-Produkte lassen sich aber auch an der Baustelle gut getrennt bereitstellen. Dies sind insbesondere die entsprechenden Fensterprofile. Hierfür gibt es ein Rücknahmesystem, Fensterprofile aus PVC werden in bestimmten Anteilen aus Alt-PVC hergestellt und hier in den Kernbereichen der Profile. Die sichtbaren Flächen bestehen immer aus Primärware. Für „Textilien“ wie bspw. Teppichböden sollen sich Verwertungssysteme entwickeln.

Metalle

Metalle im Bausektor bestehen zu einem Teil aus einer Vielzahl von Leitungen und Profilen. Metalle sind aber auch als Baustahl im bewehrten Beton enthalten. Baustahl wird klassisch zu einem großen Anteil aus Sekundärmetallen hergestellt. Auch für die übrigen Fe- und NE-Metalle ist die getrennte Erfassung und Rückführung aufgrund der Werthaltigkeit etabliert. An der Baustelle erfolgt ggf. eine Vorsortierung.

Alle Metallprodukte, auch die im Bausektor eingesetzten, greifen in Anteilen auf den Materialkreislauf zurück. Nahezu alle Altmetalle gelangen in eine stoffliche Verwertung und sei es – zumindest für Fe-Metalle – nach einer Abscheidung aus den Schlacken und Aschen. Klassisch gehen dabei Legierungen eher verloren. Auch Elektronikabfälle bspw. aus den vielen Steuerungen werden stofflich verwertet, nicht jedoch nach den einzelnen Komponenten getrennt.

Holz

Holzbaustoffe beziehen keine Anteile aus dem Materialkreislauf. Dies gilt selbst für Holzprodukte wie OSB-Platten. Verwertet werden bestenfalls Abfallmassen aus dem System der Primärholzverarbeitung.

Für die Entsorgung von Altholzabfällen ist die Altholzverordnung zu beachten. Diese legt in Abhängigkeit von Zusammensetzung und Belastung an Fremd- und Schadstoffen Altholzklassen fest und benennt die demzufolge einzuschlagenden Entsorgungswege. Problematischere Althölzer müssen über Verbrennungsanlagen entsorgt werden, die definierte Verbrennungsbedingungen ermöglichen und mit einer entsprechenden Abgasreinigung ausgelegt sind. Unbehandelte und damit unbelastete Hölzer dürfen unter anderen Rahmenbedingungen energetisch verwertet werden. Dies schlägt sich auf den Entsorgungspreis nieder, so dass ab Baustelle diese beiden Altholzqualitäten getrennt zur Entsorgung bereitgestellt werden.

5.2.5 Recyclinggerecht Bauen

Aufgrund der immer knapper werdenden natürlichen Rohstoffe bekommt der Bauwerksbestand als anthropogenes Lager und Rohstoffquelle eine stetig wachsende Bedeutung. Die bei dem Rückbau von Bauwerken und anderen Baumaßnahmen anfallenden Abfallmassenströme gilt es als wertvolle Rohstoffquelle zu verstehen und gezielt aufbereitet zur Deckung von Rohstoffbedarfen oder zur Herstellung von Baustoffen zu nutzen. Aktuell setzt diese Materialbewirtschaftung an einem Bauwerksbestand an, der vor Jahrzehnten geplant und errichtet noch nicht auf diese Strategie ausgerichtet war. Die Rahmenbedingungen werden sich über die nächsten Jahre auch nicht verbessern. Im Gegenteil werden Konstruktionsweisen der Bauwerke, die Auswahl der Baumaterialien und die gewählten Konstruktions- und Materialverbunde ein hochwertiges Recycling deutlich erschweren.

Vor diesem Hintergrund gilt es, zukünftig recyclinggerecht zu bauen und damit die Basis für eine umfassende Materialbewirtschaftung zu legen mit dem Ziel, zukünftig in deutlich größere Umfang Materialkreisläufe zu schaffen und damit ressourceneffizienter zu agieren. Über drei Ansatzpunkte lässt sich dies beeinflussen:

- Materialverbunde / Baustoffauswahl,
- Konstruktionsverbunde / Bauweisen,
- Bauwerksdokumentation.

Baustoffauswahl

Die Verwertung von Baustoffen zielt auf bestimmte Materialeigenschaften ab. Sollen Altmaterialien als Rohstoff in der Baustoffproduktion eingesetzt werden, müssen sie den Spezifikationen der Baustoffindustrie entsprechen. Dies bedeutet im Idealfall definierte Zusammensetzung und Materialeigenschaften. Problematisch sind daher Baustoffe, die aus einem Materialverbund bestehen, der sich in einem späteren Recyclingprozess nicht wieder auftrennen lässt. Bei einer hohen Sortenreinheit ergeben sich deutlich mehr auch hochwertige Verwertungsoptionen, als dies bei Materialverbunden sein kann.

Als Verbundbaustoffe werden Baustoffe bezeichnet, die sich aus mindestens zwei Komponenten zusammensetzen. Am bekanntesten ist hier der stahlbewehrte Konstruktionsbeton. Die beiden Komponenten sind deutlich unterschiedlich, der Verbund zudem lösbar. Bei der Aufbereitung über einen Brecher erfolgt eine saubere Auftrennung der beiden Materialien. Der Verbund zwischen Beton und Baustahl wird vollständig gelöst, der Stahl lässt sich über einen Magneten gut vom Massenstrom "gebrochener Altbeton" abtrennen.

Ein gebräuchlicher Wandbaustoff sind auch Ziegelmauersteine, in die Dämmstoffe integriert sind. Diese Baustoffe erfüllen somit zwei Funktionen. Sie sind Teil der Tragwerkskonstruktion und sollen zur Wärmedämmung der Gebäudehülle beitragen. Zu diesem Zweck sind die Ziegelmauersteine nicht nur porosiert, sie weisen auch Hohlräume auf, die mit Dämmstoffen ausgefüllt werden. Je nach Hersteller und Produkthanforderungen gibt es hierfür unterschiedliche Formen, es werden zudem unterschiedliche Dämmstofftypen eingesetzt. In manchen Fällen handelt es sich um Dämmstoffschüttungen, in anderen Fällen werden Dämmstoffe gesteckt. In allen Fällen erfolgt kein unlösbarer Materialverbund. Die Dämmstoffe lassen sich in der Aufbereitung gut vom Ziegelmaterial abtrennen. Zwischen Dämmstoff und Ziegelstein wird kein Verbund im Sinne bspw. eines Klebverbundes hergestellt. Wird der Ziegel gebrochen, wird der Materialverbund vollständig gelöst. Die Materialien lassen sich nachfolgend zwischen Dämmstoff und Ziegelbaustoff auftrennen.



Abb. 5.7: Ziegelmauersteine gefüllt mit Dämmstoffen (Quelle: <https://www.leipfinger-bader.de/ziegel/offentlich/w07-coriso/>).

Nicht lösbar sind Materialverbunde dann, wenn die Materialkomponenten bei der Verarbeitung entsprechende Bindungen eingehen oder sich in einem Recyclingprozess nicht über verschiedene Materialeigenschaften auftrennen lassen. Exemplarisch genannt seien an dieser Stelle Gipsfaserplatten (mit Papierfasern bewehrter Gips), Glasfaser- oder Textilbewehrungen im Beton, legierte Stähle, Holzverbundbaustoffe oder auch viele Kunststoffprodukte. Die Produkte sind dann hochwertig zu verwerten, wenn sie als Altmaterial in den ursprünglichen Produktionsprozess rückgeführt werden können.

Konstruktionsverbunde

In Bauwerken werden häufig eine Vielzahl unterschiedlicher Baustoffe eingesetzt, die für die Nutzung miteinander verbunden werden müssen. Der hierbei gewählte Verbund, die Form der Befestigung und Montage sind ausschlaggebend für die erfolgreiche Rückführung der Materialien in den Kreislauf. Bauteile können in drei Formen verbaut werden:

- Lose (Verlegen, Stecken, Klemmen/ Stopfen),
- Mechanisch (Nageln, Schrauben, Klammern),
- Nass (Kleben, Leimen, Spachteln, Gießen).

Lose verbaute Baustoffe sind sowohl leicht zurückzubauen als auch gut von den anderen Baustoffen zu trennen. Sie sind daher eine sehr zielführende Option, wenn technisch und wirtschaftlich möglich. Hier ist zu beachten, dass höhere Anschaffungskosten den Erfolgen bei Demontage und Verwertung gegenübergestellt werden sollten.

Im Bodenbereich können Bauteile sehr gut lose verlegt werden. Ein passgenaues Zuschneiden und Anpassen an die Kanten sind erforderlich. Dies ist für die Verlegung von Dämmstoffen auf dem Dachboden möglich. Oder auch bei als Umkehrdach ausgeführten Flachdächern, hierbei erfolgt zuerst eine Abdichtung auf die die Dämmung verlegt wird. Diese wird nicht verklebt, sondern ausschließlich beschwert.



Abb. 5.8: Lose verlegte Dachbodendämmung bzw. auf Umkehrdach (Quellen: ©Елена Трыфанова-AdobeStock.com (links), ©Austrotherm/FPX (rechts)).

Mittels Steckverbindungen befestigte Bauteile können im Vergleich zu lose verlegten Bauteilen nicht unmittelbar von ihrer Position entfernt und rückgebaut werden. Hier müssen entgegengesetzt der Einbaurichtung des Bauteils die einzelnen Elemente voneinander gelöst werden. Steckverbindungen kommen vor allem bei Fußböden zum Einsatz (Parkett), sind inzwischen aber vor allem beim Holzbau eine beliebte Konstruktionsmethode und dies auch bei größeren Konstruktionen. Ein erstes zweigeschossiges Haus soll nach dieser Konstruktionsweise im Oktober 2020 in Barsinghausen gebaut worden sein.



Abb. 5.9: Holzbau mittels Steckverbindung (Quelle: STELLINNOVATION GmbH).

Das Klemmen und Stopfen von Baustoffen kommt ausschließlich für Dämmstoffe in Frage, da es sich hierbei um flexible Baustoffe handeln muss. Vor allem zwischen die Sparren der Dachunterkonstruktion werden Dämmstoffe geklemmt. Die kann je nach Zugänglichkeit von innen oder außen erfolgen.



Abb. 5.10: Beispiele einer Zwischensparrendämmung von Innen und Außen (Quellen: ©artursfoto - stock.adobe.com (links), ©brizmaker-AdobeStock.com (rechts)).

In beiden Fällen wird der Dämmstoff im weiteren Montageverlauf noch mit einer Holz- oder festen Dämmstoffplatte abgedeckt. Diese wird in die Sparren geschraubt oder genagelt. Die Zwischensparrendämmung selber verbleibt lose in dem Hohlraum. Einem ähnlichen Prinzip folgt die Einblas- oder Stopfdämmung, hier wird allerdings zuerst der Hohlraum geschaffen und anschließend der Dämmstoff hineingestopft oder eingeblasen.

Bei der Demontage beider Varianten stehen die Dämmstoffe lose zur Verfügung, sobald die äußeren Schalungen demontiert sind. Einblasdämmungen oder andere Schüttdämmungen oder Schüttstoffe können problemlos in entsprechende Behältnisse abgesaugt werden.

Unter mechanischen Befestigungsformen werden Befestigungen wie Schrauben, Nägel und Klammern verstanden. Diese Form der Befestigung erlaubt den sortenreinen Rückbau von Baustoffen. Sie ist allerdings nur bei Holz- und Synthetischen Baustoffen möglich, da nur diese eine Bearbeitung mittels Schraube oder Nagel zerstörungsfrei überstehen. Das Material wird zwar durchstoßen, verliert aber nicht seine wertgebende Eigenschaft.

Mit Hinblick auf den Rückbau ist das Schrauben die deutlich vorteilhafteste mechanische Befestigungsart. Denn Schrauben lassen sich grundsätzlich leicht wieder entfernen. Nägel hingegen müssen ausgehebelt werden, was meist eine sehr zeitaufwendige und nicht immer erfolgreiche Arbeit ist, Nägel können abbrechen und im Bauteil verbleiben. Gleiches gilt für Klammern. In beiden Fällen sind diese demnach im Bauprodukt verbleibenden Metallteile die die spätere Entsorgung deutlich erschweren.

Unter nasser Befestigung wird die Verwendung von flüssigen bzw. verformbaren Stoffen (Kleber, Mörtel) verstanden, die zwischen zwei Bauteilen aufgetragen werden, um diese miteinander zu verbinden. Das bekannteste Beispiel hierfür ist der Mauermörtel als Verbindung zwischen den Mauersteinen. Im Laufe der Zeit wurden immer mehr Spezialkleber und Mörtel entwickelt, um die erforderliche Menge zu reduzieren oder bessere Haftungen auf unterschiedlichsten Oberflächen zu erzielen. Neben Mörtel kommt als weiterer Baustoff Putz hinzu, der auf die Mauersteine aufgebracht wird und dem Schutz und optischen Aufwertung der Mauer dient. Die Putze lassen sich beim Rückbau nur mit handgeführten Werkzeugen vom Mauerstein entfernen und können deutlich die Umweltwerte der mineralischen Bauabfallmassen beeinflussen. Dies gilt insbesondere für Gipsputze und Sulfat.

Neben Mörtel kommt heute auch oft Kleber zum Einsatz, vor allem bei Wärmedämmverbundsystemen. Diese werden auf die Wände geklebt, gedübelt und anschließend verputzt. Die Dämmstoffe werden somit von beiden Seiten nass verarbeitet, was einen sortenreinen und zerstörungsfreien Rückbau nahezu unmöglich macht. Wärmedämmverbundsysteme sind weit verbreitet nicht nur bei der nachträglichen energetischen Sanierung von Gebäuden.

Eine ausführliche und vor allem aktuelle Dokumentation kann eine wichtige Grundlage zur genauen Planung eines selektiven Rückbaus sein. Im heutigen Zeitalter der Digitalisierung ist es längst gängig, die Planungen von Gebäuden mittels Computersoftware durchzuführen. Wurden zu Beginn vor allem 2D-Pläne erstellt, ist heute ein Building Information Modeling Programm gängiger, das Gebäude im 3D-Format abbildet. In diesem 3D-Modell kann jedes Bauteil mit verschiedenen Informationen versehen werden, wie beispielsweise Materialinformationen, Zeitpunkt des Einbaus und Herstellerangaben. Problem ist die Fortschreibung über lange Zeiträume, unter Beachtung der Sanierungs- und Umbaumaßnahmen und über Besitzerwechsel hinweg.

Das Berliner Startup Concular verfolgt das Ziel, Rückbaumaßnahmen zu identifizieren und mit potentiellen Bauherren zu verbinden. Der Bauherr des neuen Gebäudes gibt an, welche Rohstoffe er benötigt und die Software wertet aus, wann und wo andernorts welche Baustoffe durch Rückbaumaßnahmen zur Verfügung stehen. Verfügt ein Gebäude über ein BIM-Modell und soll dem Markt am Ende seiner Nutzungsdauer zur Verfügung gestellt werden, ließen sich alle erforderlichen Informationen mit wenig Aufwand auslesen.

5.3 Strategie für das Quartier Bolzstraße

Der Fokus des Gesamtforschungsvorhabens lag in der Frage der Überführung des Quartiers Bolzstraße in ein nachhaltiges ressourceneffizientes Stadtquartier und damit auf die Zukunftslösung ausgerichtet. Die Auseinandersetzung mit dem Bestandsquartier erfolgte zum einen zur Analyse und dem Verständnis der derzeitigen Wohnsituation mit dem Ziel, möglichst viele der als positiv erlebten Elemente auch in ein zukünftiges Stadtquartier überführen zu können. Eine intensivere Auseinandersetzung mit der derzeitigen Quartiersstruktur und dem Bauwerksbestand erfolgte vor allem mit dem Fokus Circular Economy und dem Schließen von Materialkreisläufen.

5.3.1 Bestandsaufnahme

Im Quartier Bolzstraße sind nur zwei Gebäudetypen vertreten, für die im Rahmen des Projektes eine Bestandsaufnahme durchgeführt werden konnte. Zu Beginn des Forschungsprojektes erfolgte – sachlich / fachlich unabhängig von der Aufgabestellung des Projektes der Rückbau eines Doppelhauses in der Zeppelinstraße, der beobachtet und damit für eine Bestandsaufnahme gut genutzt werden konnte. Für die Bestandsaufnahme des Geschosswohnungsbaus an der Sontheimer Landwehr erfolgte eine umfängliche Begehung, verbunden mit einem fachlichen Austausch mit den für den Bauwerksbestand verantwortlichen Personen bei der Stadt-siedlung Heilbronn.



Abb. 5.11: Gebäudetypen im Quartier Bolzstraße (Quelle: ifeu Heidelberg).

Doppelhäuser

Die Doppelhäuser wurden um 1935 errichtet. Durch die danach erfolgten Renovierungen wurde die Gebäudehülle selbst nicht verändert. Die Gebäude sind in Massivbauweise errichtet. Die Kelleraußenwand ist aus Hohlkammersteinen gemauert, der Koks-Gewölbekeller aus Klinkerziegeln mit Gewölbedach ausgeführt. Die Außenmauern im Erdgeschoß sind in 30 cm Ziegelmauerwerk, die im Obergeschoß in 24 cm Ziegelmauerwerk errichtet. Eine Außen- bzw. Innendämmung ist nicht aufgebracht. Die Trennwand der Doppelhaushälften ist als einfache Wand in 24 cm Ziegelmauerwerk ausgeführt. Alle Wandbauteile weisen einen Innen- und Außenputz auf. Die Kellerdecke ist in Beton-Hohlkörperbauweise gebaut, die Decken zum 1. OG und Dach als Holzbalkendecke mit Schilfmatten, Gipsdecken sowie Dielenboden mit Schlackenfüllung.

Die Zwischenwände wurden in Fachwerkbauweise ausgeführt, welche ursprünglich mit Bimsklinkern und Hohlziegeln ausgefacht war. Bei späteren Umbauten ist die Ausfachtung teilweise durch Kalksandstein- bzw. Mauerwerk in Porenbeton ersetzt worden. Die Innenwände wurden beim Umbau mit Gipskartonplatten verkleidet. Das Dach ist in Holzbauweise errichtet und mit Tonfalzziegeln eingedeckt worden. Eine Dachdämmung ist nicht vorhanden, lediglich eine Unterspannfolie wurde beim Umbau eingezogen. Die Fenster sind als Holz-Verbund-Kastenfenster ausgeführt, die Türen als Holz-Hohltüren in Metallzargen.

Im Rahmen der Rückbaumaßnahme wurde durch den Rückbauunternehmer das Aufkommen erhoben und die Zuordnung nach Abfallschlüssel durchgeführt, aus der sich grob die Materialzusammensetzung ableiten lässt. Der überwiegende Teil der mineralischen Bauabfälle wurde dem Abfallschlüssel 170107 (gemischter Bauschutt) zugeordnet und weist einen hohen Anteil an Mauerziegeln auf. Altbeton, der aufgrund günstigerer Entsorgungspreise auf den Baustellen möglichst getrennt bereitgestellt wird (Abfallschlüssel 170101), hat in den Bauwerken keine große Bedeutung. Der geringe Anteil gemischter Bauabfälle (Abfallschlüssel 170904) sowie der recht hohe Anteil an Altholz sind augenfällig.

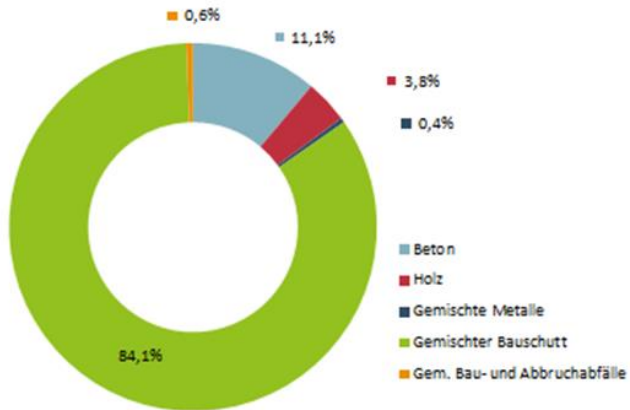


Abb. 5.12: Zusammensetzung der dokumentierten Abfallmassen aus dem Rückbau.

Aus der Bestandsaufnahme lassen sich keine Bauteile ableiten, die gesondert ausgebaut einer Weiter- und Wiederverwendung zugeführt werden könnten. Es gibt auch keine Hinweise auf gesondert zu entsorgende Materialien.

Geschosswohnungsbau

Vergleichbare Daten lagen für diesen Bauwerkstyp nicht vor. Auch diese Gebäude sind im Aufbau und im erreichten Sanierungsstand gleich. Nicht alle Wohnungen haben jedoch Balkone. Die Gebäude stammen aus dem Jahre 1955.

Alle Gebäude sind vollunterkellert, im Gegensatz zu den Doppelhäusern aber nicht mit Gewölbekellern bzw. Tiefkellern. Die Keller sind aus Beton liegen auf einer Bodenplatte aus Beton mit entsprechenden Streifenfundamenten. Die Kellerdecke ist eine Betonkuppeldecke mit Stahlträgern; von unten gedämmt mit Glaswolleplatten und verkleidet mit Asbestfaserplatten.

Die aufgehenden Wände sind alle gemauert, die tragenden Innenwände sind aus Vollziegeln (die klassischen Backsteine), die Außenwände aus Hohlblocksteinen / Leichtbeton mit Bims. Die Geschossdecken sind als Holzbalkendecken ausgeführt, mit entsprechenden Schüttungen und Dielenböden. Die Treppen sind aus Beton mit Natursteinritten.

Der Dachstuhl besteht aus einer Holzkonstruktion ohne Zwischensparrendämmung, wobei der Dachstuhlboden in einer Stärke von ca. 15cm mit Glaswolleplatten in einem Spanplattenrahmen gedämmt ist.

Die Fassaden sind mit Platten verkleidet, die Asbestfasern enthalten; dies gilt auch für die Balkonbrüstungen sowie die Fensterlaibungen. Die Wandelemente dürften auf Holzgitterkonstruktion angebracht bzw. aufgehängt sein.

Die Fenster sind doppelverglast in PVC-Rahmen. Mit der Sanierung der Gebäude wurden die Öleinzellöfen in Gasthermen getauscht, die ebenfalls als Einzelöfen in jeder Wohnung vorhanden sind.

Auch hier ließen sich aus der Bestandsaufnahme keine Bauteile ableiten, die einer Wieder- oder Weiterverwendung zugeführt werden könnten. Allerdings sind Asbestbauteile verbaut, die im Falle eines Rückbaus getrennt erfasst und gesondert entsorgt werden müssen.

5.3.2 Anregungen für die Rückbaukonzeption

Die Ausgestaltung des Rückbaus von Bauwerken ist eine zentrale Weichenstellung für eine hochwertige Verwertung der dabei anfallenden Abfallmassen und Materialien. Materialkreisläufe sind auf eine separate Bereitstellung von Materialien und damit auf einen selektiven Rückbau angewiesen. Sortierung und Aufbereitung sind nur dann in der Lage, hochwertige Materialflüsse als Rohstoffe für die Baustoffindustrie oder auch hochwertige Baustoffe selbst bereitstellen zu können, wenn schon der Abfallmassenstrom als Input in das Abfallentsorgungssystem auf die Möglichkeiten der Aufbereitungstechnik und das letztendliche Verwertungsziel zugeschnitten sind.

Auch wenn der Bauwerksbestand im Quartier nicht sehr komplex ist, sollte für die Planung und Konzeption des Rückbaus ein entsprechender Fachplaner einbezogen werden. Dies bedeutet nicht nur eine Sichtung der Bauwerke auf schadstoffbelastete Bauteile, ggf. in Verbindung mit entsprechenden Beprobungen und Analysen. Die Fachplanung gibt nicht nur die Art und Weise des Rückbaus im Detail vor, sie beinhaltet auch eine Massenbilanz und ist damit zentrale Grundlage der Ausschreibung und Beauftragung von Abbruchunternehmen. Die Planung stellt nicht nur die Beachtung gesetzlicher Standards und Regelwerke sicher. Durch die Vorgaben zur Getrennthaltung und dem Verbleib der Abfallmassen werden zudem Mindeststandards formuliert, die bei der Angebotslegung und später der Durchführung des Rückbaus beachtet werden müssen. Dies erleichtert zudem die Bewertung der Angebote der Rückbauunternehmer und entspricht der Verantwortung des Bauherren für Planung, Überwachung und Entsorgung der anfallenden Massen.

Die Planung des Rückbaus sollte durch Büros erfolgen, die nachweislich über die in der VDI-Richtlinie 6210 Blatt 1 genannten Expertisen und Erfahrungen verfügen. Der Planer sichtet die vom Bauherren zur Verfügung gestellten Unterlagen, führt eine Aufnahme und Bewertung des Rückbauobjektes, der Umgebungsbedingungen durch und trifft textliche, zeichnerische und rechnerische Festlegungen zum Rückbau und seiner Dokumentation.

Vom Deutschen Abbruchverband e.V. geprüfte Ausschreibungstexte für das Bauwesen, Leistungsbereich 084 Abbruch-, Rück- und Schadstoffsanierungsarbeiten stehen online zur Verfügung. Bei der konkreten Ausgestaltung ist darauf zu achten, dass die Selektivität des Rückbaus konkret vorgegeben wird.

Der Abbruchunternehmer muss die Fachkunde nachweisen. Dazu dienen Qualitätssiegel wie die DIN ISO 9000 und damit eine Unterwerfung unter ein System des Qualitätsmanagements, vor allem aber auch das RAL-Gütezeichen für Abbruchunternehmer. Hierüber erfolgt ein Nachweis, technisch und auch in der Qualifikation der Mitarbeiter für die anstehenden Aufgabenstellung geeignet und gerüstet zu sein. Damit verbunden ist eine Güteüberwachung zum einen aus dem Unternehmen selbst heraus, zum anderen auch über zertifizierte Fremdüberwacher.

Tab. 5.1: Abbruchunternehmen mit RAL-Gütekennzeichen (RAL 2022) im Großraum Heilbronn.

Firma	RAL-Gütezeichen	Standort
SER Sanierung im Erd- und Rückbau GmbH	HA 3, AK	Heilbronn
Eckert Erdbau und Industrieabbruch GmbH	HA 3, AK	Lauda-Königshofer
Orth Recycling GmbH	HA 2	Eppelheim
sat. Industrie-Abbruch GmbH	HA3,	Speyer
R. Zens GmbH	HA 2, AK	Rheinstetten
Oettinger GmbH	HA 3, AK	Malsch
GL-Abbruch GmbH	HA 3, AK	Esslingen
Andreas und Ursula Frey GbR	HA 2, AK	Alfdorf
Hochbau Abbruch Klasse 1 bis 3 (HA 1: bis 10 m Gebäudehöhe, HA2 : bis 20 m, HA3: über20 m), Abbruch in kontaminierten Bereichen (AK)		

Der erste Schritt des Rückbaus der Bauwerke ist ggf. deren Beräumung und Entrümpelung, so die einzelnen Wohnungen von den Mietparteien nicht besenrein und damit auch leer übergeben wurden. Erhaltenswerte Bauteile sind in den Gebäuden – wie ausgeführt – nicht zu erwarten. Daher entfällt hier die Notwendigkeit, hierfür einen entsprechenden zeitlichen Vorlauf einzuräumen.

Die erste Aufgabe besteht in einer schonenden Entnahme der schadstoffbelasteten Bauteile und hier insbesondere auch der benannten Asbestbauteile und deren gesonderten Entsorgung. Darauf aufbauend kann dann mit dem selektiven Rückbau und dabei zunächst mit der Entkernung der Gebäude begonnen werden. Dies beinhaltet den Ausbau der Fenster und Türen, der Entnahme der Wandverkleidungen und hier insbesondere der Gipskartonplatten sowie der Fußböden. Auch die Dämmmaterialien sind getrennt zu entnehmen, was bei den geschilderten Einbauweisen vergleichsweise problemlos möglich ist.



Abb. 5.13: Gipskarton und Dachziegel vor Rückbau separiert (Quelle: ifeu Heidelberg).

Die Holzbauteile sind auf Vorbehandlung zu untersuchen. Nach Augenschein ist zu vermuten, dass die in großen Anteilen anfallenden Hölzer gemäß Altholzverordnung einer Kategorie zugeordnet werden können, die eine nachfolgende stoffliche Verwertung ermöglichen. Die Althölzer sind entsprechend danach ausdifferenziert ab Baustelle bereit zu stellen.

Ziegelmauerwerk und vor allem auch Dachziegel lassen sich hochwertig verwenden. Analog zum Vorgehen beim ersten Rückbau des Gebäudes in der Zeppelinstraße sollten die Dach-

eindeckung getrennt rückgebaut, dann aber separat in Containern bereit gestellt einer Verwertung übergeben werden. Gerade die Gebäude und Bauteile, die überwiegend aus Vollziegeln errichtet wurden, sollten ebenfalls separat von den übrigen mineralischen Baumaterialien gehalten werden. Dachziegel lassen sich hochwertig separat verwerten, für Mauerziegel zeichnen sich derartige Möglichkeiten für die Zukunft ab, was für den Zeitpunkt des Rückbaus geprüft werden sollte. Bereits heute üblich ist die getrennte Bereitstellung von Altbetonen, was sich gerade dann auch anbietet, wenn Gebäude- oder Bauteile in ausschließlich Beton ausgeführt wurden.

Klassisch werden im Rahmen des Rückbaus auch die Keller abgebrochen, die damit entstehenden Hohlräume werden häufig mit dem beim Rückbau der Bauwerke anfallenden mineralischen Bauabfällen verfüllt. Durch entsprechende Vorgaben in der Ausschreibung sollte dies verhindert werden, die anfallenden Bauabfälle sind sämtlich abzufahren und einer Verwertung zu übergeben und dies auch dann, wenn auf den Grundstücken nicht unmittelbar mit der Neuerrichtung eines Gebäudes begonnen werden kann. Spätestens dann nämlich müssen die Massen aufgenommen und abgefahren werden, dann aber faktisch als Boden-/Bauschuttgemisch, was die Möglichkeiten der Aufbereitung und hochwertigen Verwertung deutlich erschwert.

Ein selektiver Rückbau der Gebäude ist gesetzlich vorgegeben und mittlerweile Standard. Hinsichtlich des Grads der Selektivität gibt es aber Spielräume, so dass sich die Frage stellt, ob der damit unstreitig aus ökologischer Sicht verbundene Nutzen zu einem akzeptablen Preis erreichen lässt. Kostenkalkulationen sind an dieser Stelle nicht abschließend möglich, die Preise unterscheiden sich von Region zu Region deutlich und unterliegen einer Dynamik, so dass entsprechende Aussagen erst zum Zeitpunkt des tatsächlichen Rückbaus möglich sind.

Im Rahmen des REFINA-Förderschwerpunkts (2020) wurde ein Exceltool entwickelt, mit dem sich Abbruchkosten im Vergleich von konventionell, teilselektiv und selektiv berechnen lassen. Die im Tool hinterlegten Preise lassen sich händisch ändern und somit aktualisieren. Das Exceltool wird auf der Homepage des Deutschen Instituts für Urbanistik gGmbH zum Download zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde mit dem Tool eine Grobermittlung der Abbruch- und Entsorgungskosten exemplarisch für Sontheimer Landwehr Nr. 47 durchgeführt. Abgeleitet aus den Plänen und damit Gebäudevolumen und der daraus errechneten Massen ergaben die Berechnungen eine deutliche Reduktion der Gesamtkosten für einen selektiven Rückbau gegenüber einem konventionellen Abbruch, beides deutlich dominiert durch die Entsorgungskosten für die anfallenden Materialien.

5.3.3 Hochwertige Verwertung der Altmassen

Um sicherzustellen, dass die wertgebenden Eigenschaften der ab Baustelle zur Entsorgung anfallenden Abfallmassen auch möglichst vollumfänglich genutzt werden, sollten die einschlagenden Verwertungswege in den Verträgen mit den Rückbauunternehmen konkret vorgegeben und festgelegt werden. Dabei ist unter anderem die Gewerbeabfallverordnung zu beachten, die die getrennte Bereitstellung bestimmter Abfallmaterialien ab Baustelle zwingend vorgibt (soweit wirtschaftlich zumutbar und technisch möglich) und vorschreibt, dass die verbleibenden Gemische Aufbereitungsanlagen zu übergeben sind, die in der Lage sind, definierte Gesteinskörnungen zu produzieren. Dies ist nicht weiter definiert, sollte aber Anlagen umfassen, die aus diesen Massen zumindest anerkannte Baustoffe für den Straßen- und Wegebau und damit über eine Zulassung nach TL SoB StB verfügen. Diese Betriebe werden für

Baden-Württemberg immer in einer aktuellen Fassung auf den Internetseiten der Regierungspräsidien geführt.

- Regierungspräsidium Freiburg: https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/MobiZ/G%C3%9C_Liste_01-2022_n.TL_SOB-StB_04_Freiburg.pdf.
- Regierungspräsidium Karlsruhe: https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/MobiZ/G%C3%9C_Liste_01-2022_n.TL_SOB-StB_04_Karlsruhe.pdf.
- Regierungspräsidium Stuttgart: <https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Themenportal/Verkehr/Strassen/DocumentLibraries/Documents/rap-que-liste-rps.pdf>.
- Regierungspräsidium Tübingen: https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Themenportal/Verkehr/Strassen/DocumentLibraries/Documents/GUE-Liste_02-2022_n.TL_SoB-StB_RP_Tuebingen.pdf.

Altbeton

Beton ist ein künstlich hergestellter Stein. Die Grundstoffe bilden vor allem Steine, Sand, Zement und Wasser sowie Bauchemie wie z. B. Fließmittel. Die Rezeptur kann so verändert werden, dass der Beton seinen anwendungsspezifischen Anforderungen entspricht. Müssen hohe Traglasten übernommen werden, werden Betone in entsprechend hohen Druckfestigkeitsklassen hergestellt. Die Druckfestigkeitsklassen reichen von C8/10 bis C100/115. Die beiden Ziffern beschreiben die Druckfestigkeit in N/mm², wobei sich die erste Ziffer auf die Zylinder- und die zweite auf die Würfeldruckfestigkeit bezieht. Ab einer Druckfestigkeitsklasse von C55/67 handelt es sich um hochfesten Beton. Der Altbeton ist tendenziell mit steigenden Druckfestigkeitsklassen umso hochwertiger zu verwerten.

Altbeton lässt sich bei einem Rückbau mit schwerem Gerät gut als Monofraktion erfassen, da Betonbauteile meistens sehr groß bemessen sind. Beton kommt selten im Verbund mit anderen Baustoffen vor (außer Stahlbewehrung), was eine Baggersortierung ohne Vorbehandlung bereits auf der Baustelle ermöglicht.

Altbeton lässt sich in vielen Verwertungswegen nutzen. Den wertgebenden Eigenschaften wird eine Aufbereitung zu einer RC-Gesteinskörnung für die Betonindustrie oder zu einem qualifizierten Baustoff für den Straßen- und Wegebau gerecht. Erstere ersetzt in den Betonwerken die Verwendung von Kies oder Splitt aus den Steinbrüchen, letzterer tritt als Schottertrag- oder Frostschutzmaterial in Konkurrenz zu analogen Baustoffen, die auf Basis von Natursteinsplitt hergestellt werden.

Die Produzenten von qualifizierten Straßenbaustoffen nach den Technischen Lieferbedingungen Schichten ohne Bindemittel TL SoB StB sind getrennt nach den Regierungspräsidien immer aktualisiert gelistet (s.o.).

Neben den bauphysikalischen Anforderungen der TL SoB-StB 04 sind umwelttechnische Eigenschaften zu garantieren. Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA hat mit ihrer Mitteilung M20 für unterschiedliche Schadstoffbelastungen die zulässigen Einbauweisen benannt. Diese Z-Werte (Zuordnungswerte) sind unterschieden nach Z0, Z1.1, Z 1.2 und Z2. In Abhängigkeit vom „Umweltgefährdungspotenzial“ werden zulässige Einbauweisen benannt. Z0 beschreibt eine „Schadstoffbelastung“ der Gemische, die einen unbeschränkten Einsatz zulässt. Bei einer Zuordnung nach Z1 muss am Einbauort bspw. ein ausreichender Grundwasserflurabstand eingehalten sein, bei einer Zuordnung nach Z2 muss das Material zwingend unter

einer wasserundurchlässigen Fahrbahndecke (bspw. Beton oder Asphalt) eingebaut sein. Mittlerweile haben fast alle Bundesländer eigene Regelungen, die in der Festlegung von Zuordnungswerten davon im Detail abweichen. Für Baden-Württemberg erfolgte dies im Jahre 2004 per Erlass, der seitdem fortgeschrieben wurde. Ab August 2023 wird es mit der Ersatzbaustoffverordnung eine bundesweit einheitliche Lösung geben. Bei einer Verwertung von Altbeton werden die derzeitigen Zuordnungswerte Z 1.1 üblicherweise problemlos eingehalten. Dies gilt auch für die Ersatzbaustoffverordnung (RC 1), so dass diese Baustoffe aus Altbeton in der Regel problemlos verwendet werden können.

In Heilbronn und seinem engeren Umkreis haben Stand März 2020 folgende Betriebe eine Zulassung zur Produktion derartiger Straßenbaustoffe:

Tab. 5.2: *Aufbereiter mineralischer Bauabfälle in Heilbronn und Umland mit Zulassung nach TL SoB StB.*

Firma	Ort	Entfernung
Heilbronner Baustoff-Recycling	Heilbronn	7 km
RUZ	Heilbronn	7 km
Bws Baden-Württembergische Steinbruchbetriebe	Gundelsheim	20 km
Erdbau Kuhn	Berwangen	20 km

Noch gibt es wenige Aufbereiter mineralischer Bauabfälle, die zur Produktion einer RC-Gesteinskörnung für die Betonindustrie in der Lage sind und über eine entsprechende Zulassung verfügen.

Die Herstellung der RC-Gesteinskörnung wie auch die Produktionsanlagen unterliegen mit der DIN EN 12620 dem allgemeinen Regelwerk für Gesteinskörnungen für die Betonproduktion. Die RC-Gesteinskörnung ist mit einem CE-Kennzeichen versehen und unterliegt einer umfangreichen Qualitätssicherung aus werkseigener Produktionskontrolle und Fremdüberwachung und zwar hinsichtlich der Produktion als auch der geforderten technischen Produkteigenschaften. Die RC-Gesteinskörnung muss physikalische Eigenschaften aufweisen analog zu primären Rohstoffen wie Kies oder Splitt. Für die Gesteinskörnung aus dem Materialkreislauf (RC-Gesteinskörnung) ist zudem der Nachweis der umwelttechnischen Eigenschaften notwendig. Die (DIN 4226-101) und (DIN 4226-102) regeln das Untersuchungsverfahren und benennen für die einzelnen Parameter die einzuhaltenden Grenzwerte.

Um die geforderten Qualitäten einer RC-Gesteinskörnung herstellen zu können, muss der Aufbereiter mineralischer Bauabfälle über eine ambitioniertere Anlagentechnik verfügen, wozu möglichst Vorsieb, mehrstufiger Brecher, Leichtstoffabscheider ggf. nass und eine abschließende Klassierung (Sieb) gehören.

Wie nachfolgend zu ersehen, gibt es nach der DIN 4226-101 zwei RC-Gesteinskörnungstypen, die in der Produktion eingesetzt werden dürfen. Diese bestehen entweder faktisch aus reinem Altbeton (Typ 1) oder erlauben eine Zumischung von Mauerwerksbestandteilen bis zu 30 % (Typ 2). Entscheidend für die Aufbereitung ist in beiden Fällen, dass die Gehalte an Asphalt, Glas und sonstigen mineralischen und nicht-mineralischen Materialien sehr stark begrenzt sind.

Bestandteile	Abkürzung	RC-Körnung Typ 1	RC-Körnung Typ 2
Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton, ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulisch gebundenes Gestein	RC + RU	≥ 90 %	≥ 70 %
Ziegel-Mauersteine (nicht-porosit), Klinker, Steinzeug, Kalksandstein-Mauersteine, verschiedene Mauer- und Dachziegel, Bimsbeton (Leichtbeton), nicht schwimmender Porenbeton	Rb	≤ 10 %	≤ 30 %
Bitumenhaltige Materialien, Asphalt	Ra	≤ 1 %	≤ 1 %
Glas	X + Rg	≤ 1 %	≤ 2 %
Sonstige Materialien: Bindige Materialien (d.h. Ton und Bodenmaterial), verschiedene sonstige Materialien: Metalle (Eisen- und Nichteisenmetalle), nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips			
Schwimmendes Material im Volumen	FL	≤ 2 %	≤ 2 %

Abb. 5.14: Stoffliche Zusammensetzung der Gesteinskörnungen Typ 1 und Typ 2 nach der DIN 4226-101.

Im Gegensatz zu den Produzenten von qualifizierten Straßenbaustoffen gibt es keine Auflistung der Betriebe, die über eine entsprechende Zulassung nach DIN EN 12620 verfügen. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand gibt es im Moment mit der Fa. Feeß aus Kirchheim/Teck im weiteren Umfeld um Heilbronn nur einen Betrieb. Ein weiterer Betrieb in Remseck (Fa. GWV) produziert im Moment nicht. Die Fa. RUZ aus Heilbronn selbst möchte diese RC-Gesteinskörnung in ihr Produktportfolio aufnehmen, so dass zum Zeitpunkt des Rückbaus von Bauwerken im Quartier Bolzstraße auch dieser Betrieb Altbetone für eine derartig hochwertige Verwertung annehmen kann.

Dachziegel

Dachziegel (und Mauerziegel) bestehen vor allem aus den Grundstoffen Ton, Lehm und Sand und dies in Abhängigkeit von den Produkthanforderungen und den Rohstoffeigenschaften in unterschiedlichen Anteilen. Die Rezepturen werden auf die keramischen Eigenschaften der Rohstoffe angepasst und unterscheiden sich von Produktionsstandort zu Produktionsstandort. Die aufbereiteten Rohstoffe werden geformt, gebrannt und bei Bedarf geschliffen. Der Sand dient als Magerungsmittel und wird dem Rohton zugesetzt. Er dient dem Ausgleich der natürlichen Schwankungen der mineralogischen Zusammensetzung des Rohtons, insbesondere bei fetten (feinkörnigen) Tonen.

Die Befestigung von Dachziegeln auf dem geneigten Dach erfolgt mechanisch und/oder über Einhängesysteme an der Dachkonstruktion, also lose. Werden Dachziegel getrennt entnommen und separat gehalten, handelt es sich demnach um einen sehr reinen Ausgangsstoff, der sich sehr gut zu einem hochwertigen Recycling eignet. Das Ziegelmaterial ist frei von Putzen und anderen problematischen Anhaftungen.

Diese Ziegel können im Hochbau wiederverwendet oder zur Herstellung von R-Beton herangezogen werden (RC-Gesteinskörnung, s.o.), im Erd- und Tiefbau in Schottertrag- und Frostschuttschichten verbaut (nach TL SoB StB, s.o.) oder zu wertvollen Pflanzsubstraten aufbereitet werden. Vor allem letzteres entspricht am ehesten den wertgebenden Anteilen eines derartigen Materials.

Die Verwendung von z. B. Ziegel im Garten-, und Landschaftsbau (GaLaBau) regelt die DIN 18915 (2017-06) und definiert den Begriff "Substrat" wie folgt: „Künstlich hergestellter Bodenersatz". Weiter heißt es: "Substrate müssen für den jeweils vorgesehenen Verwendungszweck geeignet sein. Sie dürfen keine Stoffe enthalten, die den vorgesehenen Gebrauch mindern oder die Umwelt belasten“.

Die im Dezember 2012 novellierte Düngemittelverordnung lässt ausdrücklich zu, dass RC-Ziegel als Ausgangsmaterial für Kultursubstrate verwendet werden dürfen. Voraussetzung: sie müssen sortenrein erfasst und frei von anhaftendem Mörtel oder Beton sein. Nur bei beschichteten Materialien gibt es Einschränkungen: mit Engoben und Glasuren beschichtete Dachziegel erhalten nur dann eine Kultursubstartzulassung, wenn sie der Produktnorm DIN EN 1304 entsprechen. Anforderungen an Vegetationssubstrate und an deren Einbau werden insbesondere über die Forschungsgesellschaft Landschaftsbau Landschaftsentwicklung (FLL) entwickelt und dokumentiert. Sie gilt als wichtigster Regelwerkgeber der Substratbranche.

Sortenrein erfasstes Ziegelmaterial kann somit als Vegetationssubstrat sowie als Schüttbaustoff für Dränschichten im Garten- und Landschaftsbau verwendet werden. Aufgrund der hohen Wasserspeicherkapazität und dem stabilen pH-Wert sind sie als Mischungs Komponente sehr gut geeignet. Sie treten in Konkurrenz zu Produkten, die auf Basis von primären Naturstoffen wie Lava oder Bims hergestellt werden. Besonders hart gebrannten Ziegelanteile (Klinker) werden vorwiegend als Stützkorn und in Dränschichten verwendet (Roth-Kleyer 2018). Fein vermahlen werden Ziegel auch als Tennissand oder auf Reitplätzen eingesetzt.

Sortenrein vorliegende Ziegelfraktionen lassen sich im Raum Heilbronn bei diversen Aufbereitern mineralischer Bauabfälle anliefern. Die geschilderte Verarbeitung zu Pflanzsubstraten erfolgt soweit bekannt aber nur bei Hauke Erden bzw. Fa. Reterra in Remseck oder bei der Fa. Paul Link in Korntal. Auch die Standortkarte Recycling des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie (BV Ziegel 2022) weist im Moment kein näher gelegenes Werk auf.

Mauerziegel

Weitere Ziegelprodukte sind insbesondere auch Mauerziegel, wobei diese über die letzten Jahrzehnte einen deutlichen Wandel erfahren haben. Wurden früher „Backsteine“ verwendet, d. h. Vollziegelsteine mit einer hohen Kornroh- bzw. Scherbenrohichte, werden heute vor allem Hintermauerziegel produziert und verwendet, die hochporosiert und meist auch mit Dämmstoffen gefüllt sind.

Auch diese Ziegel eignen sich gut für die Herstellung von diesen oben beschriebenen Pflanzsubstraten, sie eignen sich aufgrund der geringen Dichtewerte weniger als Bestandteil von klassischen Straßenbaustoffen aber auch Komponente einer RC-Gesteinskörnung für die Betonindustrie. Fallen heute Mauerziegel zur Entsorgung an, handelt es sich in der Regel jedoch um Vollziegel und auch das Ziegelmauerwerk der Bauwerke im Stadtquartier Bolzstraße ist aus diesen Ziegeln errichtet.

Werden diese Altziegel aus Mauerwerk als Komponente für die Produktion von qualifizierten Baustoffen im Straßen- und Wegebau (gemäß TL SoB StB) oder gar als Komponente in der RC-Gesteinskörnung für die Betonindustrie (Typ 2 nach DIN 4266-101) verwendet, ist eine hochwertige den wertgebenden Eigenschaften entsprechende Verwertung gefunden. In beiden Fällen dürfen bis zu 30 % Ziegelmaterialien enthalten sein.

Die Gesteinskörnung Typ 2 wird in Baden-Württemberg allein durch die Fa. Feeß in Kirchheim/Teck produziert. Die meisten Produzenten der Straßenbaustoffe verzichten aufgrund fehlender Akzeptanz seitens der Bauherren auf die Ziegelkomponenten in den Gemischen. In

beiden Fällen ist es wichtig, dass die an Ziegelmauerwerk anhaftenden Putze möglichst minimiert sind. Sie gefährden nicht nur die Produkteigenschaften, sie beeinflussen zudem deren umwelttechnische Eigenschaft. Dies lässt sich bereits auf der Abbruchbaustelle beeinflussen. Spätestens mit einem Vorsieb, das der eigentlichen Aufbereitung vorgeschaltet ist, werden diese Feinanteile aus dem Materialstrom abgezogen, bevor dieser auf die Brecher aufgegeben wird.

Es steht zu erwarten, dass Aufbereiter mineralischer Bauabfälle zukünftig – gemäß dem Regelwerk für Straßenbaustoffe – auch Mauerziegel in ihre Produkte einbinden. Dieser Trend kann in einigen Regionen bereits beobachtet werden. Es ist daher zu erwarten, dass die beim Rückbau der Bauwerke im Quartier Bolzstraße anfallenden Ziegelaltmassen eine hochwertige Verwertung als Bestandteil eines Straßenbaustoffes finden können und dies in Heilbronn und im engeren Umland.

Kalksandstein

Aufgrund des Alters der Gebäude in der Bolzstraße und der Bauweise sind Kalksandsteine eher nicht im Abfallmassenstrom zu erwarten.

Kalksandsteine werden aus den Rohstoffen Kalk, natürlichen mineralischen Gesteinskörnungen und Wasser hergestellt. Als Gesteinskörnungen werden Quarzsande oder auch gebrochenes Natursteinmaterial eingesetzt. Die Rohstoffe werden im erdfeuchten Zustand mechanisch verdichtet und anschließend in Autoklaven unter gespanntem Wasserdampf gehärtet. Im Wesentlichen finden während dieser Hydrothermalhärtung im Porenraum der Kalksandstein-Rohlinge Reaktionen zwischen dem Kalkhydrat und der gelösten Kieselsäure statt. Dabei bilden sich dauerhafte Calciumsilikathydrate (CSH-Phasen), die dem Gefüge der Kalksandsteine ihre Festigkeit verleihen.

Für Kalksandsteine haben sich bislang noch keine Verwertungswege entwickeln bzw. etablieren können, die auf eine getrennte Bereitstellung dieses Baustoffes ab Baustelle angewiesen wären. Die entsprechenden Ansätze werden sich wahrscheinlich auch in naher Zukunft nicht in der Fläche durchsetzen.

Sollten Kalksandsteine in den mineralischen Abfallmassen im Quartier Bolzstraße enthalten sein, sollten sie als Bestandteil des gemischten Bauschutts (Abfallschlüssel 170107) zur Verwertung bereitgestellt werden. Sie sind als Komponente im qualifizierten Straßenbaustoff (Frostschutz- oder Schottertragschicht nach TL Sob StB) zugelassen.

Sollten die Altziegel in Richtung Produktion einer RC-Gesteinskörnung für die Betonindustrie angegeben werden, ist es sinnvoll, diesem Massenstrom auch die Kalksandsteine zuzugeben.

Porenbeton

Porenbeton ist ein künstlich hergestellter Baustoff, wobei aus 1m³ Rohstoff etwa 4-5 m³ Baustoff produziert werden können. Porenbeton ist sehr leicht. Die Rohstoffe sind gemahlener Quarzsand, Kalk und/oder Zement als Bindemittel, Wasser, geringe Mengen Anhydrit bzw. Gips und Aluminiumpulver oder -paste als Treibmittel. Eine Mixtur dieser Rohstoffe ergibt eine wässrige Suspension, die nach einem Quell- Härteprozess einen Autoklaven durchläuft. Die charakteristische Porenstruktur entsteht durch die Reaktion des aluminiumhaltigen Treibmittels im alkalischen Milieu unter Bildung von gasförmigem Wasserstoff.

Porenbeton verfügt gemäß der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) über keine eigene Abfallschlüsselnummer. Fällt Porenbeton bei Rückbau oder Sanierung in größeren Anteil an, wird er aufgrund des Gipsanteils und der geringen Kornrohichte eher nicht über den klassischen

Bauschutt erfasst. Gips führt zu höheren Sulfatwerten, was für den Bauschuttrecycler die Vermarktbarkeit der aufbereiteten Materialien für den ungebundenen Bereich einschränkt.

Porenbeton darf aufgrund der geringen Gipsgehalte aber auch nicht den Gipsaltstoffen (bspw. Gipskartonplatten) zugegeben werden. Die Recycler von Gipsbaustoffen schließen dies in ihren Spezifikationen explizit aus. Porenbeton wird in den Gipsabfällen nur dann toleriert, wenn diese in den Untertageversatz oder in oberirdische Verfüllmaßnahmen gelangen. Beides sind für diese Abfallmassen aber keine zielführenden Verwertungswege.

Entsprechend gibt es für Porenbeton bis dato keinen ausgewiesenen Verwertungsweg. Noch fällt er in kleinen Mengen zur Entsorgung an. Noch werden kleine Mengenanteile als Verunreinigungen in den anderen Massenströmen in gewissem Umfang toleriert. Aufgrund der steigenden Mengenanteile im Abfallmassenstrom werden sich auch für dieses Material jedoch Verwertungswege entwickeln müssen. Ob dies schon zum Zeitpunkt des Rückbaus von Bauwerken aus dem Quartier Bolzstraße zu Verwertungsoptionen im Raum Heilbronn geführt hat, ist fraglich. Diskutiert wird die getrennte Aufbereitung und Rückführung in die Porenbetonproduktion oder auch die Verarbeitung zu einem Zuschlagstoff für die Produktion von Leichtmörteln oder Wandmauersteinen.

Gipsaltbaustoffe

Gips ist ein natürlich vorkommendes weißes oder farbloses Mineral, es gehört zur Mineralklasse der Sulfate. Als Baustoff wird Gips heutzutage im Trockenbau in Form von gipsgebundenen Platten genutzt oder als Bindemittel in Putz und Mörteln verwendet. Gipsbaustoffe sind über die letzten Jahrzehnte sehr populär geworden und haben eine breite Verwendung gerade in der Sanierung von Gebäuden und im Innenausbau gefunden.

Naturgips und Naturhydrat wird unter Tage aus dem Zechstein abgebaut. Dieser befindet sich im Bereich des Muschelkalks und Keupers in Nord- und Süddeutschland. Die Lagerstätten entstanden aus übersättigten wässrigen Lösungen seichter Meeresteile. Gips fällt außerdem als Nebenprodukt aus technischen Prozessen an. In Rauchgasentschwefelungsanlagen von Kohlekraftwerken wird Kalk als Suspension eingesetzt und reagiert dort mit Schwefeldioxid aus dem Abgasstrom zu Calciumsulfat-Dihydrat, dem REA-Gips.

Gipsbaustoffe sind gemäß Gewerbeabfallverordnung ab Baustelle getrennt zu halten. Analog Porenbeton erfolgt dies auch zumindest für die Baustoffe, die sich vergleichsweise leicht dem Gebäude entnehmen lassen (insbesondere Gipskartonplatten), da diese Gipsbaustoffe die klassischen Verwertungswege für mineralische Bauabfälle deutlich beeinträchtigen und Aufbereiter diese Massen mit sichtbaren Anteilen an Gipsbaustoffe entweder nicht zur Verwertung annehmen oder sich dieses mit hohen Preisen vergüten lassen, da diese Massen letztendlich über Deponien entsorgt werden müssen.

Mit einem Gipsgehalt von 80-90 M-% sind Gips(karton)platten stofflich sehr gut zur RC-Gipsgewinnung geeignet.

RC-Gips wird durch die Verfahrensschritte Zerkleinerung, Metallabscheidung und Klassierung gewonnen. Dabei erfolgt die Zerkleinerung mittels Langsamläufer und ist mehrstufig: Fremdstoffe bleiben in größerer Stückigkeit erhalten und können abgetrennt werden. Dem Recyclingprozess werden keine neuen Stoffe hinzugefügt, auch erfolgt keine stoffliche Veränderung. Die Qualität des RC-Gipses ist somit maßgeblich von der Qualität des Inputmaterials abhängig.

Die Gipsindustrie stellt hohe Anforderungen an die Qualität des RC-Gips, die nur mit einem geringen Störstoffanteil im Input erfüllt werden kann. Vor allem mineralische Störstoffe sollten

nicht mehr im Input vorhanden sein, da sich diese im Vergleich nur schlecht von der Gipsfraktion separieren lassen. Gipsfaserplatten können aktuell nicht recycelt werden, da sich die Papierfasern nicht aus dem Prozess ausschleusen lassen, sich im RC-Gips anreichern und zu einem erhöhten nicht zulässigen TOC-Wert führen. Gipsfaserplatten sind demnach von Gipskartonplatten vor der Aufbereitung zu trennen.

Recyclinggips wird in der Gipsindustrie eingesetzt. Die Verarbeitung ist mit der von REA-Gips vergleichbar, hat dabei aber den Vorteil, bei der Kalzinierung aufgrund des geringeren Feuchtegehaltes Energie einzusparen. Recyclinggips kommt aktuell vor allem bei der Estrichbinde-mittelherstellung oder als Sulfatträger in der Zementindustrie zum Einsatz. Die Herstellung von Gipskartonplatten aus Recyclinggips wäre anzustreben, erfolgt aktuell aber noch nicht. Gipskartonplatten lassen sich technisch wohl mit Recyclinggips in Anteilen bis zu 30 % produzieren.

Im Moment gibt es bundesweit 4 -5 Recyclinganlagen für Gipsbaustoffe. Die RC-Anlage in Deißlingen südlich von Stuttgart (ca. 150 km) steht derzeit still. Die Nächste RC-Anlage befindet sich in Zweibrücken ca. 180 km entfernt. Die Anlieferung erfolgt in der Regel nicht direkt ab Baustelle, sondern über Entsorgungsfirmen, die entsprechende Annahme- und Sammelstellen vorhalten oder auch Container ab Baustelle bereitstellen. In Heilbronn ist dies die Firma Kurz. Wichtig für eine hochwertige Verwertung und ein Recycling die zwingende Vorgabe, dass diese Massen an den Recyclinganlagen angeliefert werden.

Noch werden in der Praxis häufig Entsorgungswege gesucht, die kostengünstiger sind, aber nicht mit einem Materialrecycling verbunden sind. Sie werden über Deponien entsorgt, gelangen in Verfüllbergwerke untertage oder werden nach Tschechien zur Sanierung von Uranschlammteichen verbracht. Dieser Entsorgungsweg ist aus ökologischer Sicht allerdings hoch umstritten.

Flachglas

Flachglas bezeichnet Glas in der Form von flachen Scheiben. Es wird im Baubereich als Fassadenelement und für Fenster und Türen verwendet. Für die Produktion von Glas wird ein Gemenge folgender Rohstoffe in einer Glaswanne auf über 1.200 °C erhitzt und aufgeschmolzen: Quarzsand (SiO_2), Soda (Na_2CO_3), Kalk (CaCO_3) und Dolomit ($\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$), Feldspat und Pottasche (K_2CO_3). Außerdem zugesetztes (Glaubersalz) oder Natriumchlorid (Kochsalz) verhindern das Entstehen von Lufteinschlüssen. Nach dem aktuellen Stand der Technik wird Flachglas für den Baubereich mittels Floatverfahren hergestellt. Hierbei fließt das geschmolzene Glas auf ein flüssiges Zinnbad, wobei es aufgrund seiner geringeren Dichte als Film auf dem Zinn schwimmt.

Flachglas ist gemäß Gewerbeabfallverordnung ab Baustelle getrennt der Verwertung zu übergeben. Die getrennte Erfassung von Glas ist aufgrund ihrer Verbauweise in Fensterrahmen technisch prinzipiell gut zu bewerkstelligen. Hierzu müssen die Fenster inkl. Rahmen zunächst zerstörungsfrei rückgebaut werden. Im Anschluss gehen die Fenster entweder als ganzer Bauteil zum Recycler, wo das Glas vom Fenster getrennt wird, oder das Fenster wird direkt auf der Baustelle ausgebaut und in die Fraktion Glas und Holz/Kunststoff (Rahmen) getrennt.

Glas ist grundsätzlich sehr gut recyclingfähig. Bereits recyceltes Glas lässt sich in der Regel viele Male erneut recyceln. Altglas wird in Glasrecyclinganlagen einer mechanischen und optischen Aufbereitung unterzogen. Die Qualität des Glases als Ausgangsmaterial sowie die Sortierqualität der Anlagen sind ausschlaggebend für die Verwertungsoption.

Ausschließlich Flachglasscherben können erneut zur Flachglasherstellung eingesetzt werden. Hierfür wird eine hohe Reinheit des Flachglaszyklats benötigt. Bereits kleinste Verunreinigungen können Brechzahl oder Farbkonsistenz des Endproduktes negativ beeinflussen.

In der Baustoffproduktion kommt Altglas vor allem in der Herstellung von Dämmmaterialien zum Einsatz. Schaumglasdämmplatten oder Schaumglasschotter bestehen je nach Hersteller bereits bis zu 100 % aus Altglas. Schaumglas kommt als Perimeterdämmung und auf Flachdächern zur Anwendung. Auch Glaswolle besteht vorrangig aus Altglas, sie wird überwiegend zur Zwischensparrendämmung unterm Dach aber auch in der Industrie oder in Brandschutztüren eingesetzt.

Flachglas wird im Raum Heilbronn bspw. bei der Fa. Kurz oder bei der Fa. Retrolith zur Entsorgung angenommen.

Altholz

Im Baubereich werden unterschiedliche Holzarten zu Baustoffen verarbeitet eingesetzt. Je nach Art des Holzes und Entnahmestelle aus dem Baum weisen die Baustoffe unterschiedliche Härtegrade auf. Normen tragen zur Bauholzqualitätssicherung bei. So ist beispielsweise festgelegt, welche Holzarten für tragende Zwecke als Baustoff verwendet werden dürfen (DIN 1052):

- Nadelhölzer: z. B. Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Douglasie und Weitere
- Laubhölzer: z. B. Eiche, Buche, Teak und Weitere

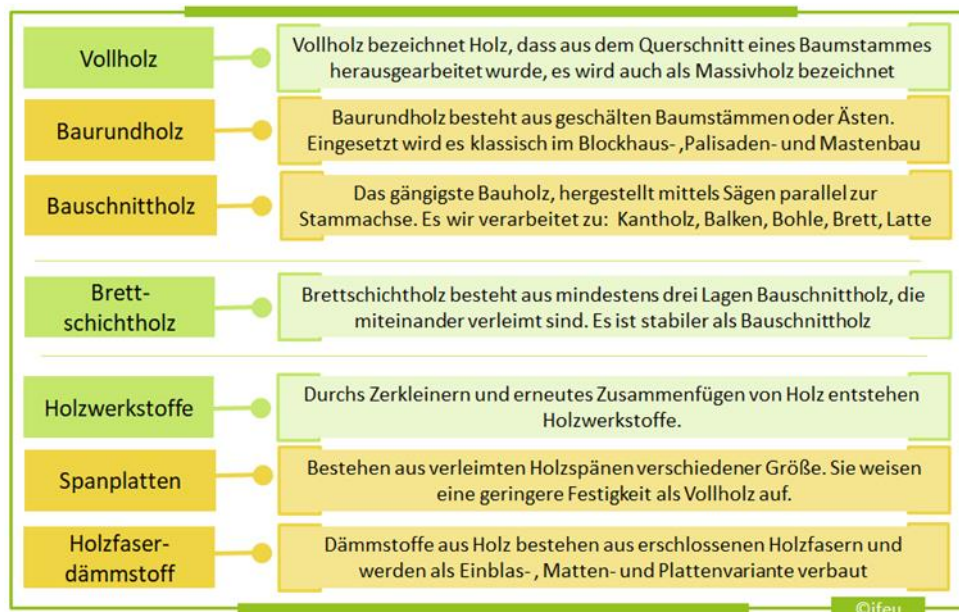


Abb. 5.15: Einsatzmöglichkeiten von Holz im Gebäude.

Holz verfügt gemäß der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) über die Abfallschlüsselnummer 17 02 01. Die Altholzverordnung benennt unterschiedliche Altholzkategorien, die unterschiedliche Verwertungsoptionen ermöglichen.

- Altholzkategorie A I: „naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde“.
- Altholzkategorie A II: „verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel“.

- Altholzkategorie A III: „Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel“.
- Altholzkategorie A IV: „mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, Rebpfähle, sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien A I, A II o-der A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz“.

Ab Baustelle findet in der Praxis oft keine getrennte Erfassung der oben genannten Fraktionen gemäß Altholzverordnung statt. Wenn ausdifferenziert wird, dann nach den Kategorien I bis II sowie Kategorie III und IV. Grundsätzlich lässt sich aber gut zwischen den einzelnen Altholzkategorien unterscheiden.

Wichtig ist, Holz der Kategorie I und II möglichst einer stofflichen Verwertung zuzuführen. Bislang erfolgt dies nur über die Produktion von Spanplatten und auch hier mit Abstrichen. Altholz aller Kategorien wird von verschiedenen Firmen im Raum Heilbronn zur Verwertung angenommen.

Kunststoffe

Kunststoffe befinden sich in einer Vielzahl von Bauteilen: vor allem in Fensterrahmen, Rohren, Dach- und Dichtungsrahmen sowie Fußböden. Aber auch Dämmstoffe oder Fugenmassen können aus Kunststoff bestehen oder diesen enthalten. Im Baubereich kommen eine Vielzahl von unterschiedlichen Kunststoffen zum Einsatz. Klassisch handelt es sich aber oftmals um PVC.

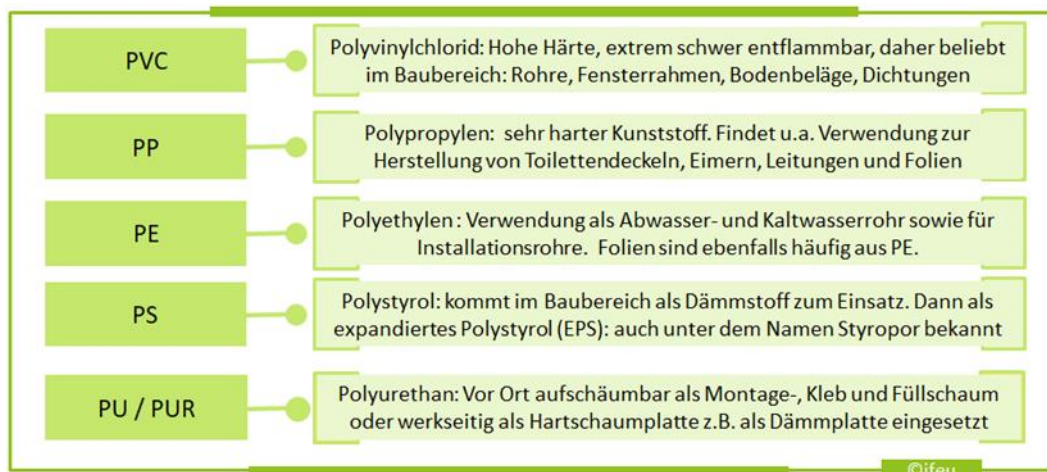


Abb. 5.16: Einsatzmöglichkeiten von Kunststoffen im Gebäude.

In vielen Fällen sind Kunststoffe ab Baustelle gut getrennt voneinander zu halten. Fensterrahmen, Rollläden, samt -kästen, und Fußbodenbeläge bilden klassisch beim Rückbau den größten Kunststoffanteil. Fenster lassen sich demontieren, Fußbodenbeläge können vom Fußboden abgezogen werden, auch wenn sie punktuell verklebt wurden. Dichtungsfolien und Kabelzugrohre sowie Abwasserleitungen machen einen geringeren Anteil aus. Sie sind zumeist in den Wänden verbaut und daher nur mit erhöhtem Aufwand selektiv rückbaubar. Die Rückbaubarkeit und selektive Erfassung von Dämmstoffen ist sehr unterschiedlichen je nach Dämmstoffart und Verbauweise.

Die genannten Demontagemöglichkeiten sind ausschließlich per Hand durchführbar und nicht für einen Abriss mit schwerem Gerät geeignet. Die meisten Kunststoffbauteile gehören nicht zum Gebäudekern und sollten deshalb bereits bei der Entkernung des Gebäudes entfernt

werden. Entkernungsarbeiten finden von Hand statt: eine getrennte Erfassung ist also grundsätzlich gut möglich. Auch kann mit wenig Fachwissen eine getrennte Erfassung der unterschiedlichen Kunststofffraktionen stattfinden, da sich die Kunststofffraktionen deutlich voneinander unterscheiden.

Kunststoffe lassen sich grundsätzlich gut recyceln, wenn sie getrennt voneinander bzw. nicht als Verbunde vorliegen. Die Getrennthaltung muss nicht zwingend ab Baustelle, sondern kann auch nachgeordnet in einer Vorbehandlungsanlage / Sortierung erfolgen. Reine PVC-Fraktionen wie z. B. Fensterrahmen können zu PVC-Granulat aufgearbeitet und in die Produktion rückgeführt werden. Die Recyclinginitiative Rewindo (<https://rewindo.de/>) nimmt Kunststofffenster als Ganzes an, trennt die Materialien Glas, Metall und Plastik und führt sie einem Recycling zu. Aus den PVC-Rahmen werden neue Fensterrahmen hergestellt mit einem RC-Anteil bis zu 40 %. Im Status Quo werden Kunststoffe mit Ausnahme von PVC überwiegend zu Ersatzbrennstoff weiterverarbeitet und energetisch verwertet.

Kunststoffabfälle werden eher selten direkt einem Recycler bzw. Verwerter zugeführt. In aller Regel sind Vorbehandlungsanlagen bzw. Sortieranlagen zwischengeschaltet, die gemäß Gewerbeabfallverordnung eine Sortierung der stofflich verwertbaren Anteile durchführen und den verbleibenden Rest zu Ersatzbrennstoffen verarbeiten. Die Anlagen müssen ihre Konformität nach Gewerbeabfallverordnung nachweisen und Sortier- und Recyclingquoten erfüllen. Im Raum Heilbronn nehmen die Fa. Kurz in Heilbronn selbst sowie die Fa. GWV Bauabfälle zur Verwertung an.

Metalle

Metalle kommen im Baubereich vor allem als Baustahl bzw. Bewehrung im Beton oder in Form von Stahlträgern zum Einsatz. Darüber hinaus finden sich Metalle unter anderem in Fenstern, Türen, Verblendungen, Armaturen oder auf dem Dach. Dazu kommen Kessel, Kabel, Leitungen und Steuerungselemente bzw. Elektronik. Entsprechend sind Eisen- aber auch Nicht-Eisenmetalle vertreten.

Im Baubestand des Quartiers Bolzstraße werden sich Metalle eher weniger finden. Bewehrte Betonbauteile sind weniger vorhanden. Altmetalle haben in der Regel einen höheren Marktwert. Gerade für die Herstellung von Baustahl wird überwiegend auf Altmetall als Rohstoff zurückgegriffen. Es gibt gute und etablierte Strukturen der Sammlung, Aufbereitung und Verwertung der unterschiedlichen Altmetalle und dies auch in Heilbronn und seinem Umland.

Dämmstoffe

Dämmstoffe erreichen ihre Dämmwirkung durch die physikalische Eigenschaft, dass Wärme nur schlecht durch ruhende Luft geleitet wird. Dämmstoffe werden also so hergestellt, dass sie möglichst viele kleine Lufteinschlüsse bilden. Die Abbildung zeigt eine Auswahl gängiger Dämmstoffe differenziert nach Basisrohstoff. Innerhalb dieser Kategorien unterscheiden sich die jeweiligen Dämmstoffe in ihrer Verarbeitungsstruktur: Lose als Einblasdämmung, als flexible Matten und als feste Platten.



Abb. 5.17: Übersicht über Dämmstofftypen und ihren Einsatz im Gebäude.

Dämmstoffe aus Stein- und Glaswolle, auch bekannt als künstliche Mineralfasern (KMF), werden als gefährlicher Abfall (ASN 17 06 03*) eingestuft, wenn sie vor dem Juni 2000 verbaut wurden. Ab diesem Zeitraum wurde ausschließlich „neue“ Mineralwolle produziert und verbaut. Wenn beim Rückbau nicht deutlich nachvollzogen werden kann, ob es sich um gefährliche oder ungefährliche KMF handelt, wird bei entsprechendem Alter des Gebäudes automatisch von einem gefährlichen Abfall ausgegangen. Alle übrigen Dämmstoffe fallen unter die ASN 17 06 04, was hinsichtlich ihrer signifikant unterschiedlichen Zusammensetzung nicht im Sinne der Kreislaufwirtschaft ist.

Nach vorliegenden Informationen ist im Gebäudebestand im Quartier Bolzstraße mit Glaswolle zu rechnen, sehr wahrscheinlich vor dem Jahr 2000 verbaut und damit als gefährlicher Abfall eingestuft. Bis dato ist nur ein Recycling von Steinwolle möglich und wird von einem Hersteller angeboten, der eigene Dämmstoffprodukte zur Verwertung zurücknimmt.

Es ist nicht auszuschließen, dass bis zum Zeitpunkt des Rückbaus der Gebäude im Quartier Bolzstraße auch für Glaswolle Recyclingoptionen bestehen.

5.3.4 Umgang mit Bodenaushubmassen

Bodenaushubmassen, die im Rahmen von Erdarbeiten wie bspw. der Ausschachtung von Baugruben anfallen, stellen mit bundesweit >100 Mio. Tonnen pro Jahr eine sehr große Abfallfraktion dar. So sie nicht als Erdbaustoff ggf. andernorts weiterverwendet werden können, werden sie in der Regel zur Verfüllung von Gruben und Brüchen eingesetzt oder auf Deponien abgelagert. Deponiekapazitäten sind bundesweit knapp bemessen. Dies gilt auch für den Raum Heilbronn. Die Möglichkeiten, Bodenaushubmassen im Zuge von Renaturierungen und Rekultivierungen von Rohstoffgewinnungsstätten einzusetzen, sind im Volumen beschränkt und das nur für Abfallmassen, von denen kein Umweltgefährdungspotential ausgeht.

Böden bestehen je nach Anfallort ausschließlich aus dem tatsächlich bodenkundlich als Boden bezeichnetem Material aus mineralischer Bodensubstanz, organischer Bodensubstanz, Bodenwasser und Bodenluft (Pedosphäre) oder beherbergen durch die anthropogene Überprägung gerade in historischen Siedlungsgebieten auch Bauschutt und Steine. Außerdem kann bei Aushebungen auch ein Teil des Gesteinsuntergrundes mit als Bodenabfall an.

Im Rahmen der Transformation des Quartiers Bolzstraße in ein modernes Stadtquartier mit den entsprechenden Bautätigkeiten hat die Frage der Bodenaushubmassen größere Bedeutung. Unter dem Aspekt Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit gilt es die Potenziale auszuloten. Die letztendlich über Ablagerungen zu entsorgenden Massen sollten möglichst klein gehalten werden. Auch für diesen Abfallmassenstrom gilt es die Möglichkeiten zur Vermeidung

=> zur Kreislaufführung / zum Recycling => zur sonstigen Verwertung zu prüfen, um die Mengenteile => zur Beseitigung möglichst klein halten zu können.

Vermeidung

Das Quartier Bolzstraße befindet sich an einem nach Süden ausgerichteten Hang. Wie aus der Geländeaufnahme zu ersehen, mit einer Höhendifferenz von knapp 10m. Die tiefste Stelle befindet sich im Südwesten mit einem Geländeniveau bei ca. 170m, während im Nordosten knapp 180m erreicht werden. Der Hang weist zudem einen kleinen Geländesprung auf, der in etwa am Übergang der beiden rot und grün gekennzeichneten Bereich liegt.

Mit diesen Voraussetzungen liegt ein erstes Gedankenspiel auf der Hand. Mit einer Rückverlegung des Geländesprungs in den Bereich der jetzigen Bolzstraße und Ausbildung eines einheitlichen Geländeniveaus auf 173m, könnte eine farblich umrissene ebene Fläche erreicht werden. Die hierfür im rot unterlegten Bereich abzutragenden Böden können vollständig im grün unterlegten Bereich eingesetzt werden. Damit verbunden ist dann ein weiterer Geländesprung entlang der Straße Sontheimer Landwehr von im Südwesten bis zu 3m Höhe.



Abb. 5.18: Prinzipskizze Bodenmanagement Quartier Bolzstraße.

Das derzeitige Gelände bietet demnach durchaus Chancen, die im Rahmen der Bauarbeiten anfallenden Bodenaushubmassen zumindest anteilig im Quartier einsetzen zu können. Dies gilt umso eher, wenn diese Massen auf einen nicht vermeidbaren Anteil begrenzt werden können.

Auskofferungen sind dann notwendig, wenn die Gebäude unterkellert werden. Da die klassischen Funktionen von Kellerräumen, die Lagerung von Energieträgern und Lebensmittel und Heizungsanlagen / Wäscheräumen in dieser Form nicht mehr bestehen, stellt sich die Frage, inwieweit Stauräume für die einzelnen Wohneinheiten minimiert und nicht auch in anderer Form angeboten werden können.

Auskofferungen werden auch dadurch notwendig, dass Abstellflächen für Fahrzeuge angeboten werden sollen und dies gerade auch bei größerer Anzahl von Wohneinheiten. Lag der Stellplatzschlüssel klassisch bei 1 und mehr (Anzahl Stellplätze pro Wohneinheit), stellt sich gerade bei Stadtquartieren mit kurzen Wegedistanzen, guter Erschließung durch den ÖPNV sowie Angeboten zum Fahrzeug-Sharing (PKW, (Lasten)Bike die Frage, inwieweit dieser Schlüssel nicht bspw. auf 0,5 vermindert werden kann.

Wie im Rahmen des Projektes quantifiziert, ist jeder Tiefgaragenstellplatz ausgeführt in Stahlbeton mit einer spezifischen Last von 1,5 to CO₂-Äq. und einer spezifischen Masse an Bodenaushub von ca. 200 to verbunden. Vermeidungserfolge in diesem Bereich sind entsprechend bedeutsam.

Recycling / Nutzung als Rohstoffquelle

Lässt sich Bodenaushub in gewissem Umfang nicht vermeiden, stellt sich die Frage ihrer Verwertbarkeit. Böden bestehen sämtlich in unterschiedlichen Anteilen an Steinen / Kies, Sand und Lehm/Schluff/Ton. Sind Kiesanteile sehr hoch, verbunden mit möglichst wenig Anteilen an Feinkorn, werden die Böden als Rohstoff vor allem für die Betonindustrie gewonnen. Dies gilt analog für Sand (u.a. Beton- oder Kalksandsteinproduktion) oder auch Lehm/Schluff/Ton (Lehmbaumstoffe, Rohstoff für die Ziegelindustrie), hier mit möglichst geringen Anteilen v.a. an Steinen / Kies. Bei Sand und Kies ist die Gewinnung in fast allen Fällen mit einer Klassierung als Aufbereitung verbunden, d. h. Sand und Kies werden in verschiedene Korngruppen aufklassiert und insbesondere der Feinkornanteil entfernt.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit tendenziell nicht jeder Boden als Rohstoffquelle verstanden und genutzt werden kann. Schon heute werden vereinzelt Bodenaushubmassen bspw. in der Ziegelindustrie (JuWö 2020) als Rohstoff eingesetzt. Steinfreie Lehme im Umfeld von Ziegeleien, die den Spezifikationen entsprechen oder nahekommen, lassen sich in Anteilen als Rohstoff verwenden. Analog verfahren auch einzelne Kieswerke (Zwisler 2022), die kiesige/sandige Böden aus dem Standortumfeld als Fremdböden annehmen und aufbereiten. Darüber hinaus haben zwei Unternehmen, die mineralische Bauabfälle aufbereiten und damit unabhängig von Standorten der Rohstoffgewinnung, Anlagen zur Bodenklassierung (Feeß 2022) errichtet.

Diese Beispiele aus der Praxis zeigen, dass eine derartige Verwertung als Rohstoffquelle in gewissem Rahmen technisch möglich ist und sich wirtschaftlich realisieren lässt.

Im Rahmen der Transformation des Quartiers Bolzstraße und der damit verbundenen Erdbebewegungen gilt es zu klären, inwieweit sich im Überschuss anfallende Bodenmassen zu Rohstoffen für die Baustoffproduktion aufarbeiten lassen. Dies erfordert entsprechende Bodengutachten, die nicht nur die für die klassische Entsorgung notwendigen Parameter erheben, sondern auch diejenigen, die zur Prüfung der Spezifikationen der Baustoffindustrie bzw. von Aufbereitungsanlagen benötigt werden.

Am Standort Bolzstraße dürfte es sich vor allem um Lössüberdeckungen bzw. Lößlehm handeln. Eine Verwertung ist hier bestenfalls über die Ziegelindustrie denkbar, wobei in der Region Heilbronn mit dem Ziegelwerk Schmid in Bönnigheim nur noch ein Produktionsstandort verblieben ist. Dort werden jedoch auch Hintermauerziegel produziert, d. h. die Ziegelsteine für den klassischen Wandaufbau. Eine Verwendung von Fremdböden als Rohstoffquelle ist tendenziell nur bei der Herstellung dieser Produkte möglich.

Verwertung als Erdbaustoff

Bodenaushubmassen fallen im Zuge von Erdbaumaßnahmen zur Entsorgung an. Es liegt daher auf der Hand zu prüfen, inwieweit diese Massen nicht andernorts im Rahmen von Erdbaumaßnahmen verwendet werden können. Böden würden wieder als Böden eingesetzt werden. Einsatzbereiche sind die Errichtung von Dämmen und Wällen oder auch von Aufstandskörpern für gewerbliche Bauwerke. In manchen Fällen werden Bodenmassen auch zur Geländeprofilierung benötigt.

Für diese Aufgabenstellung eignen sich vor allem Aushubmassen, die sich relativ einfach einbauen und verdichten lassen. Bindige Böden finden daher schwieriger eine entsprechende Nachfrage und Verwendung, daher tendenziell wahrscheinlich auch die im Quartier zur Entsorgung anfallenden Massen. Daneben spielen auch umwelttechnische Fragen eine Rolle. In Abhängigkeit vom Umweltgefährdungspotenzial (Schadstoffgehalte und -freisetzungsraten) werden Einbauweisen / Verwendungsmöglichkeiten aufgezeigt. Das entsprechende Regelwerk ist ab August 2023 die Mantelverordnung mit der zugehörigen Ersatzbaustoffverordnung und der novellierten Bundesbodenschutzverordnung. Dabei gilt der Grundsatz „Gleiches zu Gleichem“, d. h. geogen (oder auch anthropogen) höhere Belastungen sind tendenziell dann tolerabel, wenn sie dem Fingerprint der Hintergrundbelastung am Einsatzort entsprechen.

In allen Fällen lassen sich Absatzmöglichkeiten außerhalb des Quartiers Bolzstraße tendenziell umso leichter finden, umso eher es gelingt, diese Böden vor Ort oder andernorts zwischengelagern zu können. Die Böden müssen in ihren Massen sowie den Ergebnissen aus den Bodengutachten zudem möglichst frühzeitig zur Entsorgung kommuniziert werden, so dass möglichst früh Einsatzmöglichkeiten andernorts eruiert und geprüft werden können.

Verfüllung – Einsatz im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen

Einige der Rohstoffgewinnungsstätten haben Genehmigungsaufgaben zu Renaturierung und Rekultivierung, für die sie Bodenaushubmassen benötigen, bzw. haben sich die Annahme und Verwertung von Bodenaushubmassen genehmigen lassen.

Auf Basis der Bodengutachten lassen sich Abfragen starten und Entsorgungspreise ermitteln. Aus Sicht der Kreislaufwirtschaft gibt es in der Auswahl der Verfüllstätten keine Präferenzen. Aus gesamtökologischer Sicht sollten sich die Verfüllstätten in der Region befinden, um die Transportentfernungen und den Schwerlastverkehr zu minimieren.

Ablagerung auf Deponien

Die Ablagerung von Abfällen auf Deponien regelt unter anderem die Deponieverordnung, die im Jahre 2020 fortgeschrieben wurde. Für die Umsetzung der sich daraus ergebenden Vorgaben in Baden-Württemberg wurde von der Landesanstalt für Umwelt eine Handlungshilfe (LUBW 2020) herausgegeben.

Danach wird in Baden-Württemberg ab dem 01. Januar 2024 ein Nachweis verpflichtend, dass die zur Ablagerung vorgesehenen Abfallmassen einer Verwertung nicht zugeführt werden können. Zur Prüfung, dass faktisch kein Ablagerungsverbot greift, sind die in § 6 Absatz 2 Satz 2 und 3 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) festgelegten Kriterien zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass die Verwertung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar war. Die Prüfung hat durch den Abfallerzeuger zu erfolgen. Das Vorgehen und das Ergebnis sind im Rahmen der grundlegenden Charakterisierung zu dokumentieren und vorzulegen.

Wirtschaftlich zumutbar sind auch Kosten, die auch ein Vielfaches über den Preisen für die Ablagerung auf Deponien liegen können. Da in Baden-Württemberg Deponien für unbelasteten Bodenaushub („DK -0,5 Deponien“) quasi flächendeckend vorhanden sind, ist insbesondere das Kriterium der zu erwartenden Emissionen bzw. der einzusetzenden Energie zu berücksichtigen, da sich eine große Transportentfernung (Orientierungswert > 50 km) zu einer Verwertungsmöglichkeit ungünstig in der Gesamtabwägung auswirken kann, dies auch unabhängig der damit verbundenen Kosten für den Transport. In der Regel sollten die nächstgelegenen Deponien angefahren werden.

5.3.5 Impulse für die Neubebauung des Quartiers

Aus den obigen Überlegungen lassen sich selbstverständlich auch Rahmenbedingungen für die Neubebauung des Quartiers ableiten, die die Circular Economy und Ressourceneffizienz deutlich beeinflussen könnten. Die Aspekte sollen hier nur beispielhaft und kurz angesprochen werden.

Die Errichtung von Bauwerken bzw. Gebäuden ist mit einem hohen Einsatz an Ressourcen und hohen Umweltlasten verbunden und dies zunächst grundsätzlich unabhängig von den verschiedenen Bauweisen. Entsprechend wichtig ist es, dass diesem Aufwand / dieser Last ein möglichst hoher Nutzen entgegensteht.

Dies ist zunächst eine möglichst hohe Nutzungszeit. Die durchschnittliche „Lebenserwartung“ von Bauwerken liegt oft deutlich unter den Möglichkeiten, die Tragwerk und Baustoffe bieten. Entscheidend ist hierfür oft das Problem, dass die Bauwerke nicht mehr den aktuellen Nutzeransprüchen gerecht werden und sich nicht oder nicht in vertretbarem Aufwand auf diese anpassen lassen. Dies sind bspw. Energiestandards, Ausstattung aber auch Grundriss und Raumzuschnitt. Zukünftige Nutzeransprüche lassen sich nur schwer vorhersagen und in der Ausführung der Bauwerke berücksichtigen, wie eine retrospektive Betrachtung zeigt. Entsprechend wichtig ist es, dass Gebäude möglichst flexibel auf Änderungen anpassbar sind, d. h. eine Konstruktion gewählt wird, die ein zugeschnitten werden kann bzw. in einzelnen Bauteilen entnommen und ertüchtigt werden können.

Dies ist aber auch eine möglichst hohe Nutzungsdichte. Die Wohn- und Nutzflächen sollten möglichst intensiv genutzt werden, d. h. möglichst vielen Personen pro m² Behausung bieten bzw. eine Vielfalt von Nutzung ermöglichen.

Lösbare Konstruktions- aber auch Materialverbunde bieten zudem die Chance, die bei Rückbau und Sanierung der Bauwerke zukünftig als Abfall anfallenden Materialien möglichst umfassend und hochwertig verwerten zu können. Sollen Wirtschaftskreisläufe geschlossen werden müssen diese Abfallstoffe auf die Spezifikationen zugeschnitten werden können, die in der Produktion der unterschiedlichsten Güter an die Zusammensetzung und Eigenschaften von Rohstoffen gestellt werden. Dies zielt auf einzelne Materialien oder erfordert einen gezielten darauf abgestimmten Mix an Materialien. In beiden Fällen erfordert dies Stoffe / Materialien und in der Regel nicht Materialverbunde und -gemische.

Materialkreisläufe lassen sich nur dann schließen, wenn Baustoffe, die in ihrer Herstellung auf Rohstoffe aus dem Materialkreislauf zugreifen, bevorzugt nachgefragt und in den Baumaßnahmen eingesetzt werden. Schon heute befinden sich einige entsprechende Baustoffalternativen auf dem Markt. Bei vielen Baustoffen wird dies im Moment vorbereitet und technisch ermöglicht. Inwieweit diese Entwicklungen dann tatsächlich produziert und angeboten werden, wird wesentlich über die Nachfrage aus dem Markt gesteuert.

- Transportbeton als R-Beton
Über eine Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb 2009) sind Vorgaben formuliert, in welchen Anteilen bei der Herstellung von Transportbeton bei welchen Betonsorten auf welche RC-Gesteinskörnungen zurückgegriffen werden kann. Im klassischen Hausbau und damit in den Feuchteklassen W0 (trocken) und WF (feucht) ist dies für Betone bis zu einer Druckfestigkeit C 30/37 und den Expositionsklassen XC1 bis XC4, XF1 und XF4 sowie für WU-Beton. Die Anteile an RC-Gesteinskörnung am gesamten Zuschlag liegen bei bis zu 45 Vol%.
Diese Betone sind nach der DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 geregelt und damit allgemein zugelassen. Die Betone müssen die geforderten Eigenschaften des Bauherren

erfüllen. Das Betonwerk steht hierfür in der Gewährleistung. Eine Anpassung der Tragwerksplanung an diesen Baustoff ist nicht notwendig.

Im Raum Heilbronn wurden bereits Baustellen der Stadtsiedlung mit diesem Transportbeton beliefert.

- **Frostschutz- und Schottertragschichten im Straßen- und Wegebau**
Maßgebendes Regelwerk sind die Technischen Lieferbedingungen Schichten ohne Bindemittel (TL SoB StB). Diese sind die nationale Umsetzung der harmonisierten europäischen Norm DIN EN 13285. In den Lieferbedingungen werden Produkteigenschaften eingefordert, die von den Baustoffen unabhängig vom gewählten Rohstoff (und damit auch beim Einsatz von RC-Material) eingehalten werden müssen. Die Produkte und die Produktion unterliegen einer umfassenden Kontrolle aus werkseigener Produktionskontrolle und Fremdüberwachung. Die entsprechenden Betriebe sind beim RP Stuttgart² immer aktualisiert gelistet.
Entsprechende Produzenten gibt es auch in Heilbronn und seinem Umland. Baustoffe für den Straßen- und Wegebau (aber auch für Erdbaumaßnahmen) sollten grundsätzlich über diese Aufbereiter mineralischer Bauabfälle bezogen werden.
- **Übrige Baustoffe**
Bei allen anderen Baustoffen sind in der Regel noch keine Produkte auf dem Markt, die auf den Materialkreislauf als Rohstoff zugreifen und von den einzelnen Herstellern entsprechend benannt werden. Dies kann sich über die nächsten Jahre und damit bis zur Transformation des Quartiers Bolzstraße ändern.
Da Impulse über die Nachfrage wichtig sind, sollten grundsätzlich immer in den Ausschreibungsunterlagen gezielt die Frage gestellt werden, inwieweit als Rohstoffquelle auf den Materialkreislauf zurückgegriffen wird und dies nachweislich, verbunden mit dem Hinweis auf eine bevorzugte Berücksichtigung.

5.4 Quantifizierung des anthropogenen Lagers

5.4.1 Gebäudesteckbriefe und Materialkataster

Gebäudesteckbriefe und Materialkataster sind Instrumente zur Quantifizierung und Beschreibung des anthropogenen Lagers, d. h. des Bauwerksbestandes im Sinne von Rohstofflagern. Die Gebäudesteckbriefe beziehen sich auf einzelne Bauwerke, die Materialkataster auf die Beschreibung ganzer Quartiere, Stadtteile oder Kommunen bis hin zu Regionen. Beiden gemeinsam ist, dass die Bezifferung des Lagers über Typisierungen und Kennzahlen erfolgt und damit nicht den entsprechend vor Ort vorhandenen Bauwerksbestand analysiert oder Bauwerksakten auswertet.

Die Beschreibungen geben daher auch nur näherungsweise eine Auskunft zum tatsächlich vorhandenen Materiallager. Trotzdem sollen die Ergebnisse hinreichend genau Aussagen zulassen, auf den jeweiligen Zweck hin ausgerichtet. Die beiden Ansätze zur Beschreibung des anthropogenen Lagers werden schon seit geraumer Zeit verfolgt, sind bis dato aber eher akademische Übungen mit einem nur beschränkten Praxisbezug.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes Kart AL IV für das Umweltbundesamt (2022) wurde dies aufgegriffen und unter anderem im Austausch mit Akteursgruppen geprüft, inwieweit die

² https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Themenportal/Verkehr/Strassen/_Document-Libraries/Documents/rap-gue-liste-rps.pdf

damit verbundenen Datenbestände und gesammelten Informationen in der Praxis nutzbringend eingesetzt werden können und ggf. mit welchen Modifikationen in der Bereitstellung von Informationen oder auch im Parameterumfang.

Es lag daher auf der Hand, das Forschungsprojekt BOHEI auch zu einem Quercheck zu nutzen und zu prüfen, inwieweit die aus Typisierung und Kennzahlen abgeleiteten Werte mit den für diese konkreten im Planungsgebiet vorhandenen Bauwerke ableitbaren materiellen Zusammensetzungen ausreichend Übereinstimmungen aufweisen.

Die Instrumente Gebäudesteckbrief und Materialkataster haben vor allem dann eine hohe Praxisrelevanz, wenn die Ergebnisse nahe an der Realität abgebildet werden können.

Der Gebäudealtbestand im Quartier besteht aus zwei Bauwerkstypen. Zum einen handelt es sich um Doppelhäuser, zum anderen um Geschosswohnungsbauten. In beiden Fällen sind die Bauwerke für sich jeweils nahezu baugleich realisiert worden.

Auch bei der Erhebung des Bauwerksbestandes im Quartier mussten im Einzelnen Annahmen getroffen werden und dies sowohl zur Materialwahl als auch zu den jeweiligen Massen. Im Rahmen des Projektes erfolgten keine Vermessungen oder andere empirische Erhebungen.

5.4.2 Modellierung der Geschosswohnungsbauten an der Sontheimer Landwehr

Zum Zweck des selektiven Rückbaus und des damit einhergehenden erforderlichen Entsorgungskonzeptes erfolgte eine Berechnung der zu erwartenden Baustoffe auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Bauunterlagen: Baugesuche inkl. Pläne. Aufgrund der eher schlechten Datengrundlage mussten einige Annahme getroffen, die auf den Besichtigungen und Erfahrungswerten oder Literaturangaben basieren.

Annahmen zu Flächen und Volumina:

- Fundament:
Streifenfundament mit einer Tiefe und Breite von 0,5 m – das Fundament verläuft unterhalb der tragenden Wände.
- Mächtigkeit der Kiesschicht unter dem Fundament: 0,1 m.
- Sämtliche Fenster und Türen wurden bei der Berechnung der Wandvolumina übermessen.
- Die im Plan angegebene Außenwandstärke (UG) von 0,30 m wird nur auf Kiesbetonwand bezogen, hinzu kommt der Sanierungsputz.
- Die im Plan angegebene Außenwandstärke (EG - 3. OG) von 0,24 m wird nur auf das Bimsblockmauerwerk bezogen, hinzu kommen weitere Wandaufbauten: Asbestzementtafeln und Innenputz.
- Bei der Höhe der nicht tragenden Innenwand des UG wurde die Dicke des Fußbodens (0,2 m) abgezogen, so dass sich für diese eine Höhe von 2,05 m ergibt.
- Die Maße der Fenster im UG wurden aus dem Plan heraus abgeschätzt: 0,4m x 0,5 m, wobei der PVC-Anteil für den Rahmen mit 30 % beziffert wird.
- Der PVC-Anteil für die Fenster vom EG bis zum 3. OG wurden ebenfalls mit jeweils 30 % beziffert.
- Die Stärke der Fertiggalkendecke wurde aus den Plänen abgeschätzt und über Literaturdaten geprüft (https://www.lutz-reinboth.de/decken_brd_bis_1960.html).
- Für die Bäder wurden Fliesen auf dem Fußboden und auf den Wänden bis zu Höhe 1,50m angenommen.
- Die Resthöhe der Außenwand bevor das Dach anfängt wurde mit 0,3 m aus dem Plan abgeschätzt.

- Bei dem Holzunterbau des Daches wurde ein Rippenabstand von 1 m gewählt. Die Kantenlängen der Balken wurden mit 0,2 m x 0,2 m angenommen.
- Die Dachfläche wurde aus dem Plan ausgemessen und auf 180 m² berechnet.

Annahmen zu Materialien und Dichten:

- Für das Streifenfundament wird von Beton mit einer Dichte von 2.400 kg/m³ ohne Bewehrung ausgegangen – mit einer Kiesschicht (16/23).
- Die Decke des Kellergeschosses ist gem. Besichtigung verkleidet; angenommen wird eine Auskleidung mit Gipskartonplatten.
- Es wurde angenommen, dass die Außen- und Innenwände bei der Sanierung 1980 einbezogen wurden und dabei Sanierputz verwendet wurde (2 cm Stärke mit einer spez. Dichte von 1.200 kg/m³).
- Bei der nicht tragenden Innenwand des Kellers handelt es sich um nicht vielflächig verbaute Holzlattung (Annahme: 70 % Holz).
- Für die neuen nicht tragenden Wände von 1980 wurde die Annahme getroffen, dass Kalksandstein Lochsteine mit einer Dichte von 1.500 kg/m³ zum Einsatz kamen.
- Das Glas der kleinen Fenster des Kellers wurde mit einer Dicke von 5 mm angesetzt.
- Die Fenster vom EG bis in den 3. OG wurden als doppelt verglast berechnet mit einer Glasdicke von 6,4 mm.
- Bei der Deckenkonstruktion handelt es sich laut Baugesuch um eine Fertigbalkendecke, für die Berechnungen wurden folgende Annahmen aus der Abbildung herangezogen.

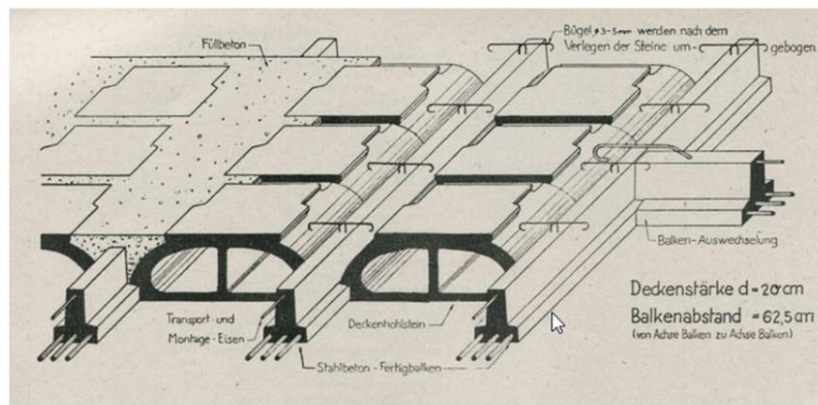


Abbildung: Primusdecke. Technische Angaben:

Gewicht der Rohdecke	215 bis 240 kg/m ²
Höhe der Rohdecke	17 bzw. 20 cm
Gewicht der Fertigteilbalken	22,2 kg
Achsabstand	62,5 cm
Stahlbedarf	ca. 6 kg/m ²

Abb. 5.19: Aufbau einer Fertigbalkendecke (Quelle: https://www.lutz-reinboth.de/decken_brd_bis_1960.html).

- Für den Aufbau des Bodens wurde ein schichtenweiser Aufbau aus Pappe, Bitumen, Spanplatten und PVC angenommen.
- Aus dem Baugesuch geht außerdem eine Verwendung von Tannendielen hervor, die mit einer Dicke von 3 cm berechnet wurden.
- Bei der Asbestzementvertäfelung wird eine flächenbezogene Masse von 21 kg/m² veranschlagt <https://www.fachwerk.de/fachwerkhaus/wissen/gewicht-wiegen-94978.html>.
- gemäß Baugesuch handelt es sich um ein Bimsblockmauerwerk, angenommen Dichte: 845 kg/m³.

- Innenputz: angenommen Kalkgipsmörtel mit einer Dichte von 1.700 kg/m^3 in einer Dicke von 1,5 cm.
- Die Dichte der Vollziegel Mz 150 gem. Baugesuch wurde mit spez. Dichte von 1.800 kg/m^3 berücksichtigt.
- Die Porenbeton Leichtwände wurden mit einer spez. Dichte von 400 kg/m^3 angenommen.
- Für den gedämmten Dachboden wurde eine PU-Dämmung von 0,1 m angenommen bei einer spezifischen Dichte von $32,5 \text{ kg/m}^3$.
- Es wurde angenommen, dass die Dämmung auf einem 4 cm dicken Zementestrich mit einer Dichte von 2.000 kg/m^3 aufgebracht wurde.
- Die Masse der Dachziegel wurde über die Stückzahl (5 kg/Stk.) ermittelt, gem. Foto handelt es sich um S-Pfannen-Ziegel, bei denen pro m^2 10 Stück benötigt werden <https://www.nelskamp.de/de/dachsteine/s-pfanne.html>.
- Treppen sind laut Baugesuch Massivtreppen, Annahme: Betontreppen; pro Einheit von 8 Stufen wird von einem Gewicht von 1,4 to ausgegangen.
- Für den Balkon wurden Vierkantstahlrohre mit einer Kantenlänge von 10 cm und einer Wandstärke von 5 mm angenommen.
- Die Balkonverkleidung wurde als Aluminiumblech, 3 mm dick, angesetzt.
- Für den Balkonboden wurden Betonsteine in 5 cm Dicke angesetzt.

Auf dieser Basis erfolgte eine Massenbilanzierung für diesen in der Sontheimer Landwehr verwendeten Gebäudetyp. Diese Bilanzierung wurde einer Massenbilanz gegenübergestellt, die aus einem Gebäudesteckbrief abgeleitet werden konnte, den das Institut für ökologische Raumanalyse (iör 2022) für den Gebäudetyp „Mehrfamilienhaus 1949 bis 1978 (West)“ veröffentlicht hat.

Für den Gebäudesteckbrief wurde eine Hauptnutzfläche von 618 m^2 angesetzt, die Nutzfläche des in der Sontheimer Landwehr stehenden vierstöckigen Geschosswohnungsbaus liegt bei 521 m^2 . Folglich wurden die Baustoffmassen für den Gebäudesteckbrief um den Faktor 0,84 korrigiert.

Tab. 5.3: Vergleich der Massenbilanzen aus dem Gebäudesteckbrief des IÖR mit der eigenen Erhebung für den Gebäudetyp Sontheimer Landwehr, sowie um ein Flächenfundament korrigiert - Erhoben (2).

IÖR-Kategorien	Erhoben [t]	IÖR [t]	Erhoben (2) [t]
Putze, Estriche, Mörtel	86	179	86
Betone	417	612	562
Mauersteine	229	228	229
Bauplatten	7	3	7
Holz, Holzwerkstoffe	15	6	15
Wärmedämmstoffe	0,5	11	0
Dachdeckungen	8	2	8
Beläge, Dichtungsbahnen	40	3	40
Sonst. Stoffe, Schüttungen	8	37	36
Metalle	8	61	18
Summe	819	1.143	1.002
Differenz		324 40%	141 14%

Wie der Vergleich zeigt, weichen die Massenbilanzen nach dem Gebäudesteckbrief mit 40 % doch recht deutlich von den Ergebnissen ab, die aus der Aufnahme der Gebäude an der Sontheimer Landwehr abgeleitet werden konnten. Die Differenz ergibt sich nicht zuletzt aus dem deutlich höheren Betonanteil nach Gebäudesteckbrief, da hier ein Flächenfundament angenommen wurde, während aus den Bauplänen der Sontheimer Landwehr ein Streifenfundament als Gründung entnommen werden konnte.

Zu Vergleichszwecken wurde das Gebäude der Sontheimer Landwehr in einem zweiten Schritt mit einem Flächenfundament berechnet, was den Betonanteil sowie die Schüttungen in den Ergebnissen deutlich näher an die Werte des Gebäudesteckbriefes heranrücken lässt – siehe Spalte „Erhoben (2)“.

Ein weiterer signifikanter Unterschied ist die Masse an Metallen die bei der Sontheimer mit 8 t berechnet wurden und gem. IÖR-Steckbrief 61 Tonnen beträgt. Wie aus der Neuberechnung mit Flächenfundament (Bewehrungsstahlanteil von 5 %) deutlich wird, resultieren die Abweichungen hier zum Teil in den unterschiedlichen Gründungen der Gebäude. Trotzdem bleibt der Unterschied zum Gebäudesteckbrief deutlich, möglicherweise auf eine andere zugrunde gelegte Bauweise zurückzuführen.

5.4.3 Modellierung der Doppelhäuser an der Bolzstraße und Zeppelinstraße

Für diese Gebäudetypen lagen keine Baupläne und andere vergleichbare Unterlagen vor. Allerdings wurde zu Beginn des Forschungsprojektes ein Doppelhaus rückgebaut, was begleitet werden konnte und für welches Massenbilanzen des Abbruchunternehmens vorgelegt und ausgewertet werden konnten.

Annahmen zu Flächen und Volumina

Als Fundament ist ein Streifenfundament angenommen, das die Länge der Außenwände und der Trennwand zwischen den beiden Doppelhaushälften abdeckt und jeweils 10 cm auf beiden

Seiten über die Wände hinausragt. Für dieses Fundament wurden 0,5 m Breite x 0,3 m Höhe angenommen. Darunter dürfte eine Kiesschicht mit einer Mächtigkeit von 0,1 m verwendet worden sein.

Die Trennwand wird gemäß Erkenntnissen aus dem Rückbau in einer Stärke von 0,24 angenommen. Die Außenwand im Erdgeschoss wie laut Plan mit 0,25 m angesetzt und für das Untergeschoss / den Keller mit 0,3 m angepasst.

Für die Treppe vom UG bis zum OG wird ein Treppenhaus ohne Decken angesetzt, so dass die Treppenhausfläche von Decken und Boden jeweils abgezogen werden kann.

Für den Gewölbekeller ist angenommen, dass er um 1 m tiefergelegt ist und von 0,3 m dicken Wänden begrenzt ist. Für den Gewölbekellerbogen darüber wird ein Halbbogen mit einem Radius von 1,70 m abzüglich der halben Bogendicke, die wiederum zu 0,3 m angesetzt ist, angenommen.

Auch für die Wandstärke von 30 cm wird ein flächenspezifisches Mörtelvolumen wie für eine Wandstärke von 24 cm nach (<https://www.hausjournal.net/moertel-berechnen>) angesetzt. Der Mörtelanteil in der Außenwand mit Vollklinker beläuft sich damit auf 27 Vol.-% bzw. der tragenden Innenwand auf gut 28 Vol.-%, im Maueranteil der nicht-tragenden Innenwände ist er insbesondere im Falle von Leichtbeton und Porenbeton kleiner. Das Mörtelvolumen wird von den jeweiligen Wandvolumina abgezogen, um die Volumina der jeweiligen Mauerwerksteine in der Wand rückzurechnen.

Die Fensterfläche im Keller ist pro Fenster mit 0,7 m (Höhe) und 0,6 m (Breite) angesetzt. Für die Fenster auf den Traufseiten ab Erdgeschoss werden 1,77 m x 1,2 m veranschlagt. Für die Fenster auf der Giebelseite wird mit der Hälfte der Höhe gerechnet und für das schmale Fenster (eines von zwei bzw. im Obergeschoss drei) auch mit der Hälfte der Breite. Für das Fenster im Dachgeschoss auf der Giebelseite wird hingegen von der vollen Höhe und der Hälfte der Breite ausgegangen.

Zur Bestimmung der Anzahl der Innentüren wird von einer Tür in jedem Wanddurchbruch ausgegangen. Bei den Innenwanddurchbrüchen wird davon ausgegangen, dass sich diese über die volle Geschosshöhe erstrecken, so dass die Innentüren entsprechend die volle Geschosshöhe einnehmen. Gleiches gilt für die Außentür in der Außenwand.

Für den Keller ist im Gegensatz zu allen anderen Außen- und Innenwänden kein Innenputz von 0,015 m Dicke angesetzt. Die Dicke des Außenputzes ist mit 0,02 m gewählt.

Die Dachkonstruktion besteht aus Holz. Die Abstützung des Balkens unter dem Dachfirst erfolgt über einen senkrechten Balken nach unten, der mit einer Stärke von 0,2m x 0,2m gewählt ist. Daran sind oben von beiden Seiten zwei Querstreben angebracht, deren Maße genauso abgeschätzt wurden wie für die zwei Versteifungsbalken vom Dachfirstbalken zum senkrechten Balken nach unten. Für die Dachsparren wird angesetzt, dass pro laufendem Meter eine Dachsparre folgt, so dass über die gesamte Dachlänge 17 Dachsparren auf jeder Dachseite zum Einsatz kommen, die jeweils vom Dachfirst bis zum Boden des Dachgeschosses laufen inklusive 30 cm Überstand. Für die Dachlatten wird der Abstand entlang der Dachfalllinie auf 0,4 m gesetzt, die über die gesamte Dachlänge inklusive der Außenwände laufen. Die Dachziegel belegen die gesamte Fläche inklusive 30 cm Überstand auf der Traufseite.

Für das Treppenhaus wird von einer Betonrampe mit einer Stärke von im Mittel 25 cm ausgegangen, die vom Keller bis ins Dachgeschoss reicht und über 12 m horizontale Länge einen

Höhenunterschied von 7,15 m überwindet. Für die jeweils zwei Treppen im Keller pro Doppelhaushälfte zum Gewölbekeller wird ebenso eine Betonrampe von gleicher Stärke angesetzt, die über 1 m horizontale Länge eine Höhe von 1 m überwindet.

Es wird davon ausgegangen, dass die Bäder gefliest sind und zwar auf dem Boden sowie an den Wänden bis zu einer Höhe von 1,50 m.

Annahmen zu Materialien und Dichten

Die Materialmengen ergeben sich jeweils über die Volumina und die zugehörige Dichte. Die Volumina errechnen sich über die aus den Plänen ermittelten Flächen und angegebenen oder abgeschätzten Dicken der Bauteile.

Für das Streifenfundament wird von Beton mit einer Dichte von 2.400 kg/m^3 ohne Bewehrung ausgegangen.

Für den Gewölbekeller und das Ziegelmauerwerk in der Außenwand ab Erdgeschoss und der tragenden Innenwand bis ins Untergeschoss wurden Vollziegel mit einer Dichte von 2.100 kg/m^3 angesetzt. Für die Kelleraußenwand wurden Betonhohlblocksteine (Hohlkammersteinen) mit einer Dichte von 1.400 kg/m^3 angenommen.

Für die nicht tragenden Innenwände aus dem Jahr 1935, die in Fachwerkbauweise ausgeführt sind, werden 20 Vol.-% Holz und 80 Vol.-% Bimsklinker und Holzziegel angenommen. Für diese 80 Vol.-% kann wiederum angenommen werden, dass diese zu 50 Vol.-% aus Hochlochklinker (Lochziegel) mit einer Dichte von 1.700 kg/m^3 und zu 50 Vol.-% aus Leichtbetonsteinen mit einer Dichte von 1.400 kg/m^3 bestehen. Mit Ausnahme des Kellers wird zusätzlich eine, nicht in der ausgewiesenen Wanddicke enthaltene, Gipskartonplattenschicht mit einer Stärke von 9,5 mm und einer Dichte von 789 kg/m^3 angenommen.

Für die nicht tragenden Innenwände aus dem Jahre 1981 wird ab dem Erdgeschoss ebenso von einer Fachwerkbauweise ausgegangen, die zu 20 Vol.-% aus Holz und zu 80 Vol.-% hier aus Kalksandstein und Porenbeton besteht. Für diese 80 Vol.-% wird wiederum angenommen, dass diese zu 50 Vol.-% aus Kalksandsteinmauerwerk mit einer Dichte von 1.200 kg/m^3 und zu 50 Vol.-% aus Porenbeton-Mauerwerk mit einer Dichte von 340 kg/m^3 bestehen.

Für den Mörtel wird eine Dichte von 2.000 kg/m^3 , für den Innen- bzw. Außenputz eine von 1.400 bzw. 1.800 kg/m^3 angesetzt.

Für die Kellerdecke wird ein Beton-Hohlkörper mit einer Dichte im Mittel von 1.400 kg/m^3 angenommen, ohne Stahlträger. Die übrigen Decken bestehen aus mit Schlacke und Schilf gefüllten Holzbalkendecken. Für diese wird angesetzt, dass sie zu 20 Vol.-% aus Holz und zu 80 Vol.-% aus Schlacke und Schilf bestehen, wobei Schlacke und Schilf jeweils 50 Vol.-% ausmachen. Die Dichte von Schlacke ist mit 2.525 kg/m^3 angesetzt, die von Schilf mit 208 kg/m^3 . Enthalten in der Deckenmächtigkeit ist außerdem eine Gipskartonplattenschicht auf der Unterseite mit einer Stärke von 9,5 mm. Weiterhin ist auf der Oberseite ein Dielenboden enthalten, für den eine Dichte von trockenem Holz (550 kg/m^3) unterstellt wird.

Hinzu kommt ab dem Erdgeschoss bis zum Dachgeschoss jeweils eine Bodenausgleichschüttung samt Spanplattenboden und PVC-Beklebung, die jeweils mit 0,1 m Mächtigkeit angesetzt ist und zwar zusätzlich zur angegebenen Stärke der Decken und in folgendem Aufbau: 0,055 m Pappe (wie Estrichdicke), 0,01 m Bitumen/Teer, 0,016 m Spanplatten, 0,002 m PVC, 0,017 m Holz.

Als Kellerboden wird ausschließlich eine 0,2 m dicke Schicht aus Stampflehm mit einer Dichte von 2.000 kg/m^3 angenommen.

Für die Dachziegel wird von einem Deckmaß von 0,2 x 0,33 m ausgegangen, so dass die Anzahl Ziegel aus der Dachfläche inklusive Überstand errechnet werden können. Bei einem angesetzten Gewicht von 3,6 kg pro Dachziegel ergibt sich die Masse an Dachziegeln.

Für das Treppenhaus wird von einem Beton mit einer Dichte von 2.400 kg/m³ ohne Bewehrung ausgegangen.

Fenster sind als Holz-Verbund-Kastenfenster ausgeführt. Es wird angenommen, dass 70 % der Fensterfläche von Glas und 30 % von Holzverbund eingenommen werden. Die angesetzte Einbautiefe des Fensters von 7,8 cm wird mit der Holzfläche multipliziert und die Glasdicke von 2x4 mm mit der Glasfläche, um die Volumina Holz und Glas zu bestimmen und daraus über die Dichte die Massen. Als Dichte für den Holzverbund wird vereinfachend die trockene Dichte von Holz angesetzt (550 kg/m³).

Für die Türen, die als Holz-Hohltüren in Metallzargen ausgeführt sind, wird das Gewicht von Holz und Metallzargen direkt über aktuelle Angebote approximiert. Vereinfachend wird dabei das Gewicht der Metallzarge der Innentüren auch für die Haustür angesetzt. Für die Fliesen wird ein Flächengewicht von 25 kg/m² angesetzt.

Einordnung der Ergebnisse im Vergleich zu einem Gebäudesteckbrief und Erkenntnissen aus dem bereits erfolgten Rückbau

Vergleicht man zunächst die Bilanzierungsergebnisse mit der Dokumentation des Abbruchunternehmens, zeigen sich folgende Abweichungen. Augenfällig ist die deutlich niedrigere Masse an Bauabfällen, die beim Rückbau dokumentiert wurde. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass die Innen- und Außenputze sowie der Mörtel in größeren Anteilen als Feinmaterial anfielen und nicht verladen wurden, sondern vor Ort verblieben. Dies wird auch aus der Dokumentation des Rückbaus deutlich, Abbruch und Verladung erfolgen mit einem Sieblöffel. Es liegt zudem keine Dokumentation vor, in welchem Zustand das Gelände nach erfolgtem Rückbau übergeben wurde. So ist unklar, wie mit den Kellerräumen umgegangen wurde, es Verfüllungen gab und/oder inwieweit ein Teil der Massen als Schottererschicht auf dem Grundstück verblieb.



Abb. 5.20: Abbruch und Verladung mittels Sieblöffel (Quelle: ifeu Heidelberg).

Beton wird in der Abschätzung als Baustoff für Fundament, die Kellerdecke und das Treppenhaus angenommen. Beim Treppenhaus inkl. Podesten ist unklar, inwieweit es sich hier tatsächlich um einen Betontreppensteg handelt oder ob die Treppe als freie Konstruktion ausgeführt ist und die Podeste wie die Decken des Hauses aufgebaut sind. Da für das Treppenhaus 27 % der abgeschätzten Betonmenge zu veranschlagen sind, können sich hieraus Abweichungen erklären. Weiterhin ist nicht bekannt, ob das Fundament wirklich als Streifenfundament ausgeführt ist.

Gegenüber dem über die Wohnfläche skalierten Gebäudesteckbrief des IÖR „Ein-/Zweifamilienhaus vor 1960“ fallen die ermittelten Massen in Summe hingegen nur leicht größer aus. Auffällig ist, dass der Betonanteil demgegenüber eher unterschätzt wird, dafür aber in Summe aus Vollziegeln, Hochlochziegeln, Leichtbetonsteinen, Kalksandstein und Porenbeton in den Außen- und Innenwänden eine größere Menge an verbauten Mauersteinen abgeschätzt wurde. Dies könnte aus dem in Vollziegeln aufgebauten Gewölbekeller resultieren, der in dieser Form eine Besonderheit darstellen und nicht in diesen Steckbriefen enthalten sein dürfte. Ggf. ist die Außenwand auch nicht komplett aus Vollziegeln, sondern bspw. leichteren Hochlochziegeln aufgebaut. Die geringere Betonmenge ließe sich ggf. über die Ausführung der Decken in der mit Schlacke und Schilf gefüllten Holzbalkenbauweise statt Beton erklären. Möglicherweise sieht der Gebäudesteckbrief auch teilweise Außenwände in Betonbauweise vor. Höher liegen zudem die Werte für die Schüttungen, die insbesondere die Schlacke in den Decken umfassen. Im Keller kommt eine beträchtliche Menge Stampflehm hinzu.

Die ermittelten Flächen von Gründung, Außenwand, Innenwand, Decke und Dach entsprechen grob dem über die Wohnfläche skalierten Gebäudesteckbrief. Die ermittelte Außenhautfläche ist etwas kleiner, Innenwand- und Deckenflächen hingegen etwas größer.

Tab. 5.4: Vergleich der Massenbilanzen aus dem Gebäudesteckbrief des IÖR mit der eigenen Erhebung für den Gebäudetyp Bolzstraße sowie Informationen aus einem Gebäuderückbau.

IÖR-Kategorien	Erhoben [t]	IÖR [t]	Ergebnisse Rückbau [t]
Putze, Estriche, Mörtel	111	85	
Betone	63	138	216,46
Mauersteine	203	146	
Bauplatten	-	-	
Holz, Holzwerkstoffe	21	16	9,25
Wärmedämmstoffe	-	4	
Dachdeckungen	8	6	
Beläge, Dichtungsbahnen	1	-	
Sonst. Stoffe, Schüttungen	69	39	16,34
Metalle	1	13	1
Summe	477	448	243
Differenz		-29 -6%	205 84%

5.4.4 Schlussfolgerungen

Wie man aus den obigen Analysen erkennen kann, vermögen die Informationen zu Gebäudetypen nur im Ansatz reale Gebäude widerzuspiegeln. Dies war aber auch nicht anders zu erwarten. Gebäudesteckbriefe können nicht so ausdifferenziert angelegt sein, um die Vielfalt an Bauweisen auch tatsächlich abbilden zu können. Dies würde ihrer Konzeption auch nicht gerecht.

Die Abweichungen liegen für die Massenbaustoffe zudem in einem überschaubaren Rahmen. Sie können daher eine erste gute Grundlage für die Erstellung von Massenbilanzen darstellen, die bspw. zur Kalkulation von Abbruch und Rückbau sowie der Entsorgung der dabei anfallenden Massen benötigt werden. Wie oben ausgeführt, sollten derartige Bilanzen als Bestandteil eines Rückbaukonzepts Teil der Ausschreibungsunterlagen sein.

Für alle anderen denkbaren Funktionen, wie Wertermittlung von Bauwerken, Bestandsaufnahme der im Bauwerk befindlichen Stoffe etc. sind die Abweichungen im Detail zu groß. Dies können derartige Materialpässe für Gebäude nur leisten, wenn sie immer gezielt für einzelne Bauwerke angelegt wurden, bspw. ausgehend von den Plänen bei Errichtung und BIM, und diese Informationen dann über die Zeit und damit Sanierungen, Umbaumaßnahmen und Erweiterungen fortgeschrieben werden.

Die Beschreibung der Materiallager nach einzelnen Gebäudetypen ist aber eine gute Grundlage, um Aussagen zum anthropogenen Lager von Stadtquartieren, einzelnen Kommunen bis hin zu Regionen treffen zu können. Wie die vergleichende Analyse zeigte, ist die Informationslage hierzu mit Sicherheit ausreichend, um eine hohe Aussagekraft gewährleisten zu können.

5.5 Transformation in ein ressourceneffizientes Stadtquartier

Das Quartier Bolzstraße soll in ein modernes und ressourceneffizientes Stadtquartier überführt werden, so grob die Aufgabenstellung. Doch, was ist in diesem Zusammenhang unter Ressourceneffizienz zu verstehen, welche Aspekte und Rahmenbedingungen bestimmen über die Ressourceneffizienz eines Stadtquartiers? Dies aufzuarbeiten und hieraus Kriterien abzuleiten, war eine Aufgabenstellung des Forschungsprojektes. Klar ist, dass unter Ressourcen nicht (alleine) Materialien / Rohstoffe zu verstehen sind.

Natürliche Ressourcen sind gemäß der Definition des Umweltbundesamtes die materielle, energetische und räumliche Grundlage unseres Lebensstandards. Neben abiotischen und biotischen Rohstoffen umfassen sie die Umweltmedien Wasser, Boden und Luft, die biologische Vielfalt, Flächen und die strömenden Ressourcen wie Wind, Solarenergie oder Gezeitenströme, die als Energiequelle, Rohstoffe, als Lebensraum und zur Erholung genutzt werden. Diese natürlichen Ressourcen dienen aber auch als Senke für Emissionen und zur Aufnahme von Abfallmassen sowie als wichtiger Produktionsfaktor der Land- und Forstwirtschaft.

5.5.1 Kriterien aus Sicht der Materialeffizienz

Die Zielsetzung Materialeffizienz und damit auch Kreislaufwirtschaft / circular economy ist ein Baustein, der eine hohe Ressourceneffizienz in einem bzw. für ein Stadtquartier sicherstellen kann. Material- und Ressourceneffizienz wiederum sind wichtige Aspekte, die die Nachhaltigkeit gewährleisten sollen.

Es lag daher auf der Hand, sich zur Ableitung von Kriterien zur Gewährleistung einer hohen Materialeffizienz zunächst an den Kriterienkatalogen zu orientieren, die im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung entwickelt wurden. Die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB) zertifiziert Stadtquartiere (DGNB 2022b) und hat hierfür 31 Kriterien mit einer Vielzahl

von Indikatoren entwickelt, die sich den Kernthemen Ökologische Qualität (ENV), Ökonomische Qualität (ECO), Soziokulturelle und funktionale Qualität (SOC), Technische Qualität (TEC) und Prozessqualität (PRO) zuordnen lassen.

Die Auseinandersetzung mit dem vorhandenen Zertifizierungssystem und der Zielsetzung des Forschungsprojektes zur Entwicklung eines möglichst ressourceneffizienten Stadtquartiers führte zur Ausarbeitung eines Qualitätsstufenplanes (QSP) und damit auch einem Kriterienkatalog, der diese Aspekte für die im Rahmen des Forschungsprojektes untersuchten Fachthemen sicherstellen soll. Dieser Qualitätsstufenplan mit der Beschreibung der einzelnen Kriterien ist dem Forschungsbericht als Anhang beigelegt. Er greift teilweise Kriterien der DGNB auf. Gerade im Themenfeld Materialeffizienz erfolgten Modifikationen, es wurden zudem darüber hinaus weitere Bewertungskriterien entwickelt.

Ökobilanz

Die Ökobilanzierung ist ein zentrales Kriterium auch in der Nachhaltigkeitsbewertung und damit im Kriterienkatalog der DGNB. Dieses Kriterium wurde auch in den QSP für die Bewertung der Material- und Ressourceneffizienz aufgenommen, mit folgenden Modifikationen.

- Es sollten sämtliche bauliche Anlagen bilanziert und bewertet werden und damit auch bspw. die Verkehrsinfrastruktur.
- Zu prüfen ist, inwieweit die Nutzungsphase tatsächlich einbezogen sein sollte. Hierzu erfolgt ein fachlicher Austausch mit der DGNB. Begründet wird dies damit, dass die Energieversorgung eines Stadtquartiers zentral oder dezentral aus dem Quartier heraus erfolgen kann. Letzteres würde zu baulichen Anlagen im Quartier führen, die in die Bilanzierung und Bewertung einfließen. Die erstere Lösung lässt diese Aufwendung außerhalb der Bilanzierungsrahmens. Andererseits lässt sich die Energieversorgung über die Lebenszeit eines Quartiers hinweg nur schwierig beschreiben, Bilanzierung und Bewertung sind mit großen Unsicherheiten verbunden. Die Energieeffizienz der einzelnen Bauwerke fließt zudem in die Nachhaltigkeitsbewertung einzelner Gebäude ein.
- Kriteriengewichtung und Wirkungskategorien können übernommen werden.

Bewahrung Bauwerksbestand

Die Bewahrung des Bauwerksbestandes ist ein zentraler Baustein zur Wahrung einer möglichst hohen Ressourceneffizienz. Die Verlängerung der Lebenszeit einzelner Bauwerke, ihre Ertüchtigung und ggf. Ergänzung gewährleistet einen Nutzen – zur Verfügungsstellung von Raum und Funktion – bei einem geringen Einsatz und Verbrauch von Ressourcen. Die Herstellung von Baustoffen ist mit großen Umweltlasten verbunden.

Die damit verbundenen Folgen können sich in den Ökobilanzen niederschlagen, sollten aber aufgrund ihrer hohen Bedeutung separat ausgewiesen und gewürdigt werden. Die Bewahrung ist gegenüber der Lösung Ersatzneubau meist mit höherem finanziellen und planerischem / organisatorischen Aufwand verbunden.

Vorgeschlagen wird eine Bewertung danach, inwieweit es gelingt, die vorhandene Bausubstanz zu erhalten – zu 50 %, zu 75 %, zu 100 %. In der Umsetzung müsste sich dies eher weniger an der Anzahl der Bauwerke als an der Bauwerksgesamtmasse bemessen lassen.

Selektiver Rückbau / Recycling der Materialflüsse aus dem Bauwerksbestand

Nicht selten werden bei der Transformation von Bestandsquartieren in Richtung modernem Stadtquartier Bauwerke rückgebaut oder saniert werden müssen. In beiden Fällen führt diese

zu Abfallmassen / Materialflüssen. In welcher Form mit diesen Massen verfahren wird, inwieweit es gelingt, diese einem Recycling und einer hochwertigen Verwertung zuzuführen, sollte mit einem gesonderten Kriterium untersucht und bewertet werden.

Aufbereiter mineralischer Bauabfälle und die Betreiber von Anlagen zur Vorbehandlung sonstiger Abfallmassen sind auf gute Inputqualitäten angewiesen. Je höher deren Qualität, je besser zugeschnitten auf einzelne Materialien (und frei von Stör- und Fremdstoffen), desto besser lassen sich diese zu hochwertigen Rohstoffe bspw. für die Baustoffindustrie aufbereiten.

Vorgeschlagen wird eine Bewertung anhand der Recyclingquote - %-Anteil der einem Recycling zugeführten Abfallmassen – wobei auch die unterschiedlichen Verwertungsverfahren entsprechend ihrer Hochwertigkeit in die Bewertung einfließen. Eine Verwertung ist umso hochwertiger als es ihr gelingt, die wertgebenden Eigenschaften der unterschiedlichen Abfallmassen möglichst vollumfänglich zu nutzen.

Recyclingfähigkeit für die Gebäudekonstruktion und den Baustoffeinsatz

Im Rahmen der Errichtung eines neuen Stadtquartiers bzw. dessen Ertüchtigung werden Baustoffe verwendet und meist auch Gebäude errichtet. Auch diese Bauwerke werden zu einem späteren Zeitpunkt saniert oder rückgebaut werden müssen. Um sicherzustellen, dass diese dann anfallenden Abfallmassen im Sinne der circular economy möglichst hochwertig verwertet werden können, müssen Rahmenbedingungen in der Konstruktion und Baustoffauswahl beachtet werden. So ist insbesondere darauf zu achten, dass sich Konstruktions- wie auch Materialverbunde auf der Baustelle – oder in der nachfolgenden Verwertung lösen lassen.

Das Kriterium sieht eine Bewertung vor, die den Anteil der Baustoffe und Bauteile honoriert, der sortenrein rückbaubar und recyclingfähig ist. Dabei erfolgt eine Ausdifferenzierung nach 50 % - 75 % und 95 %, wobei sich dies wahrscheinlich auf die Bauwerksmasse beziehen muss.

Verwendung von Baustoffen aus dem Materialkreislauf

Eine Circular Economy kann nur funktionieren, wenn die Baustoffe, die in ihrem Rohstoffeinsatz zumindest in Anteilen auf den Materialkreislauf zurückgreifen, auch nachgefragt werden und einen Absatz finden. Dies soll über ein eigenes Kriterium bewertet und gewürdigt werden.

Der QSP belohnt den Einsatz von Baustoffen, die ihren Rohstoffbedarf aus dem Materialkreislauf beziehen, in folgenden Stufen:

- >25 % Gebäude, >50 % Verkehrswegebau, >60 % Erdbau,
- >35 % Gebäude, >60 % Verkehrswegebau, >70 % Erdbau,
- >50 % Gebäude, >80 % Verkehrswegebau, >90 % Erdbau.

Diese Ausdifferenzierung nach Einsatzort und -zweck berücksichtigt die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Herstellung von derartigen Baustoffen. Erdbaustoffe müssen wenige Spezifikationen erfüllen, sie lassen sich grundsätzlich aus einem recht großen Spektrum an mineralischen Bauabfällen herstellen. Qualifizierte Baustoffe für den Straßen- und Wegebau und damit insbesondere Frostschutz- oder Schottertragschichten unterliegen einem Regelwerk, den Technischen Lieferbedingungen für Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, das dezidierte technische Anforderungen stellt – analog zu den Baustoffen auf Basis primärer Rohstoffe – und damit eine entsprechende Aufbereitungs- und Produktionstechnik und einen qualifizierten Betrieb benötigt. Für Baustoffe für den Hochbau gilt dies umso mehr, sie sind bis dato zudem nur sehr begrenzt verfügbar.

Bodenmanagement – Vermeidung von Aushubmassen

Die Entsorgung von Böden gestaltet sich in den meisten Regionen problematisch. Die Möglichkeiten zur Ablagerung auf Deponien oder zum Einsatz in Verfüllungen, d. h. im Rahmen von Renaturierung und Rekultivierung von Brüchen und Gruben, sind begrenzt. In vielen Regionen sind derartige Entsorgungsorte nur über große Transportdistanzen zu erreichen. Bis dato hat sich eine umfassende Aufbereitung und Verwertung dieser Massen im Sinne einer Nutzung als Rohstoffquelle für die Baustoffindustrie nur vereinzelt etablieren können.

Wie die Praxis zeigt, gibt es verschiedene Optionen, das Aufkommen an zu entsorgenden Bodenaushubmassen zu minimieren. Ansatzpunkte können an die Orographie des Geländes angepasste Bauweisen, der (weitgehende) Verzicht auf Auskofferungen für Tiefgaragen und Kellerräume oder auch die letztendliche Verwendung der Böden auf den Grundstücken selbst. Nicht selten wird bei der Erschließung neuer Baugebiete mittlerweile das allgemeine Geländeniveau angehoben, was den Verbleib von Böden vor Ort unterstützt.

Mit dem Kriterium soll die Vermeidung zur Entsorgung anfallender Aushubmassen bewertet und gewürdigt werden. In der Ausprägung erfolgt dies mit: vollständige Vermeidung – Einsatz von Bodenmassen auf den Grundstücken vor Ort – bis hin zu einer zumindest anteiligen Umsetzung.

Bodenversiegelung

Das Umweltmedium Boden erhält zunehmend einen höheren Stellenwert und dies völlig zu recht. Die Versiegelung der Böden sollte dementsprechend auf ein unvermeidbares Maß beschränkt werden. Die DGNB beachtet diesen Aspekt in ihrer Zertifizierung von Stadtquartieren, allerdings nur als Teilaspekt im Rahmen der Bewertung „Flächenversiegelung“.

Im Rahmen des QSP ist dem Aspekt Bodenversiegelung ein eigenständiges Kriterium zugeordnet worden mit einer Bilanzierungs- und Bewertungsvorschrift, die auf die zusätzliche Versiegelung von Böden zielt. Bewertet wird nicht der Gesamtversiegelungsgrad, sondern die mit der Erschließung und Transformation des Quartiers verbundene zusätzliche Versiegelung von Böden. Abgeschichtet wird nach: 25 % - 15 % oder 5 % der bis dato unversiegelten Fläche wird neu versiegelt.

Siedlungsflächenentwicklung

Die Entwicklung der Siedlungsflächen erfolgt in Konkurrenz zu anderen Flächennutzungsansprüchen. Die für die Ausweisung von Baugebieten benötigten Flächen wurden bis dato land- oder forstwirtschaftlich genutzt und erfüllten darüber hinaus unterschiedlichste Funktionen, bspw. auch als Habitat für Flora und Fauna oder Erholungsfunktionen. Die Entwicklung der Siedlungsflächen ist seit ca. 70 Jahren sehr dynamisch, sie nehmen einen immer größeren Raum ein. Um die damit verbundenen Folgen zu begrenzen, ist das umweltpolitische Ziel formuliert, den Flächenzuwachs zumindest mittelfristig auf ein „Netto 0“ zurücknehmen zu können.

Entsprechend sollte dieser Aspekt bei einer Bewertung der Ressourceneffizienz auch gesondert durch ein Kriterium gewürdigt werden. Bewertet wird, inwieweit es sich bei den Entwicklungsmaßnahmen um eine reine Konversion handelt (100 % der benötigten Fläche war bereits als Siedlungsfläche ausgewiesen und genutzt) oder zumindest anteilig auf bereits ausgewiesene Flächen zurückgegriffen werden kann.

Erschließungseffizienz / Baudichte

Erschließungseffizienz und Baudichte sind zwei Aspekte, die auch bei der Nachhaltigkeitsbewertung von Stadtquartieren nach DGNB herangezogen werden. Sie sind dort in einem Kriterium „Flächeneffizienz“ zusammengefasst. Im Rahmen des QSP wurde ihnen zwei getrennte Kriterien eingeräumt, da hierüber unterschiedliche Sachverhalte bewertet werden. An den Bilanzierungs- und Bewertungsvorschriften selbst wurden keine Änderungen vorgenommen.

Vermiedene Investitionen in Infrastruktur

Eine zentrale Zielstellung des Projektes BOHEI lag im Bereich Siedlungswasserwirtschaft darin, alle vor- und nachgelagerte Infrastruktur der Frischwasserver- und Abwasserentsorgung in den Kapazitäten nicht erweitern zu müssen und dies trotz deutlicher Nachverdichtung, d. h. einem höheren Versiegelungsgrad und vor allem auch einer deutlich erhöhten Bevölkerungszahl, höherem Frischwasserbedarf und Abwasseraufkommen. Dies wurde im Rahmen des Projektes vorbildlich erreicht.

Ähnliches ist grundsätzlich auch für andere Infrastrukturen zu erreichen. Hierzu zählt vor allem die Verkehrsinfrastruktur, deren Errichtung mit größeren Umweltlasten verbunden ist. Dies ist nicht nur eine Frage der Mobilitätskonzepte, die für das Quartier und sein Umfeld aufgelegt werden. Dies wird vor allem dadurch beeinflusst, inwieweit Baugebiete in der Peripherie errichtet über größere Distanz erst neu an das Verkehrsnetz und Siedlungsschwerpunkte angeschlossen werden müssen.

5.5.2 Intervention im Planungsprozess

Viele Entscheidungen im Planungsprozess, die über die Materialeffizienz, die circular economy, die Nachhaltigkeit eines Stadtquartiers entscheiden, werden relativ früh getroffen. Viele Ansatzpunkte sind nicht allein bei der Ausgestaltung der einzelnen Bauwerke angesiedelt und selbst hierfür gilt es Ansatzpunkte zu finden, die eine Intervention erlauben und Rahmenbedingungen im Sinne der Nachhaltigkeit vorgeben lassen, die in den nachfolgenden Planungsschritten verbindliche Leitplanken setzen. Dies trifft nicht nur Bauweisen und die bevorzugte Verwendung von recyclinggerechten Baustoffen, die ihren Rohstoffbedarf zumindest in Anteilen aus dem Materialkreislauf beziehen. Dies betrifft gerade auch die Konzeption und Ausgestaltung des Stadtquartiers bzw. die Frage, wo und auf welche Art auf möglicherweise bestehende Nachfrage nach Wohnraum, Gewerbeflächen oder ähnliches reagiert werden kann.

Damit sind die ersten Interventionen bereits bei der Frage denkbar, wo über Handlungsoptionen entschieden werden muss, die Ertüchtigungen und Aufstockungen in Bestandsquartieren gegen eine Neuausweisung von Baugebieten abgewogen werden müssen und dies sowohl für Wohn- als auch gewerbliche Nutzungen. In einem zweiten Schritt sind Interventionen denkbar, die Festsetzungen in der Ausgestaltung der Quartiere im Sinne Dichte, Bauweisen und Funktionen erlauben wie kommunaler Zwischenerwerb, städtebauliche Rahmenverträge oder über Bebauungspläne erlaubt.

An allen diesen Stellen sollten die Handlungsoptionen aus Sicht der Nachhaltigkeit, der Ressourcen- und auch Materialeffizienz abgewogen werden können und dies in einer Form, die von Entscheidern in den politischen, gesellschaftlichen oder auch unternehmerischen Ebenen aufgegriffen und genutzt werden können. Hierfür könnten um die Kriterien des QSP erweiterten Ökobilanzen / Nachhaltigkeitsbewertungen hilfreich sein. Entscheidungen werden an unterschiedlichen Stellen im Planungsprozess getroffen die mit großer Tragweite für die Frage der Ressourceneffizienz sind, ohne dass den Entscheidern diese Tragweite quantifiziert und

in ihren Konsequenzen vermittelt würde. Es bedarf Handreichungen, Tools oder auch Beratungsleitungen, die diese Entscheidungen vorbereiten, indem die jeweils bestehenden Handlungsoptionen aus Nachhaltigkeitssicht bewertet werden, je nach unterschiedlicher Datenlage im Planungsprozess überschlüssig und einfach aber dennoch belastbar.

6 Wasserkreislaufwirtschaft

6.1 Einleitung

Zu den klassischen Aufgaben der Siedlungswasserwirtschaft gehören die Gewinnung, die Aufbereitung, der Transport und die Verteilung von Trinkwasser sowie die Bereitstellung von Löschwasser. Ferner muss Abwasser gesammelt, transportiert und behandelt werden. Ebenfalls zu den Aufgaben gehört das Management von Oberflächenabflüssen. In Deutschland liegen noch überwiegend Mischkanalisationen vor (gemeinsame Ableitung von Schmutzwasser und Niederschlag). Das Wasserhaushaltsgesetz schreibt beim Neubau von Anlagen Trennkanalisationen vor. Mischsysteme haben erhöhte Anforderungen an die Starkregenüberflutungsvorsorge, da Mischwasserentlastungen bei Starkregen zu erhöhten Umweltbelastungen führen.

Für Deutschland sind zunehmende Starkregenereignisse und Dürreperioden feststellbar. Zunehmende Trockenperioden ziehen zwei Folgen mit sich: zum einen verringert sich die Grundwasserneubildungsrate und zum anderen steigt die erforderliche Bewässerungsmenge zur Erhaltung der grünen Infrastruktur und Minderung des Hitzeinseleffekts in Innenstädten. Die Überflutungsvorsorge erfordert einen zusätzlichen Ressourcen- und Energieeinsatz.

Die Zunahme von Starkregenereignissen und Dürreperioden in Deutschland erfordert eine Optimierung der Ressourceneffizienz im Quartier. Um Trinkwasserverknappung in Dürrephasen zuvorzukommen, wird in Zukunft eine Entlastung des Trinkwasserversorgungssystems durch Nutzung von Wasserkreisläufen nötig sein. Dies kann konkret durch die Nutzung von lokalen Niederschlägen sowie die Wiederverwendung von schwach belastetem Grauwasser (Abwasser aus Handwaschbecken, Dusche und Badewanne) zur Bereitstellung von Betriebswasser für Bewässerung, Toilettenspülung, Reinigung, Wäschewaschen und Hitzevorsorge geschehen. Es wird auch nötig sein, verstärkt auf die Abmilderung von starkregeninduzierten Auswirkungen, wie urbane Sturzfluten, durch Kappung von Spitzenabflüssen mittels geeigneter Puffersysteme wie Speicher oder Versickerungsanlagen zu setzen, um nachgeschaltete Kanalsysteme sowie hochwassergefährdete Örtlichkeiten vor der Überflutung zu schützen.

Nachverdichtungen führen zu einer signifikanten Erhöhung der Einwohnerzahl, was eine wesentliche Erhöhung des Trinkwasserbedarfs, ein wesentlich vermehrtes Aufkommen häuslichen Abwassers und evtl. eine Zunahme versiegelter Flächen, also Oberflächenabflüssen bei Regenwetter, führt. Zunehmende Extremniederschläge erfordern eine Überflutungsvorsorge im betrachteten Gebiet mit Berücksichtigung der Auswirkungen auf das gesamte Entwässerungsgebiet. Die Zunahme von trockenen Hitzeperioden erfordert ein Entgegenwirken der Entstehung des Hitzeinseleffekts durch Grünplanung (Erhöhung der Beschattungswirkung und Verdunstungsleistung). Um die Auswirkungen einer Nachverdichtung auf übergeordnete Systeme zu minimieren, werden wassersparende Haustechnik, Regenwassernutzung und/oder dezentrale Grauwasserwiederverwendung als Betriebswasser erforderlich. Es bietet sich ein intelligent bewirtschafteter Speicher zur Kopplung von Regenwassernutzung, Starkregenüberflutungsvorsorge und Betriebs-/Bewässerungswasserbereitstellung an.

Es wurde bereits eine Vielzahl von Techniken und Konzepten entwickelt, um den Trinkwasserbedarf, den Abwasseranfall sowie den abflusswirksamen Oberflächenabfluss zu reduzieren. Dies erfolgte jedoch bisher überwiegend getrennt und nicht koordiniert in den jeweiligen Teilgebieten, da die Trinkwasserversorgung, Regenwasserbewirtschaftung und Abwasserabfuhr in unterschiedlichen Verwaltungs-/Betriebseinheiten getrennt organisiert sind. Der Bau und Betrieb von Regenwassernutzungsanlagen mit Speichern wird durch private Bauheeren

und städtische Betriebe organisiert. Bis dato wurde noch kein intelligentes integriertes Gesamtkonzept entwickelt und umgesetzt.

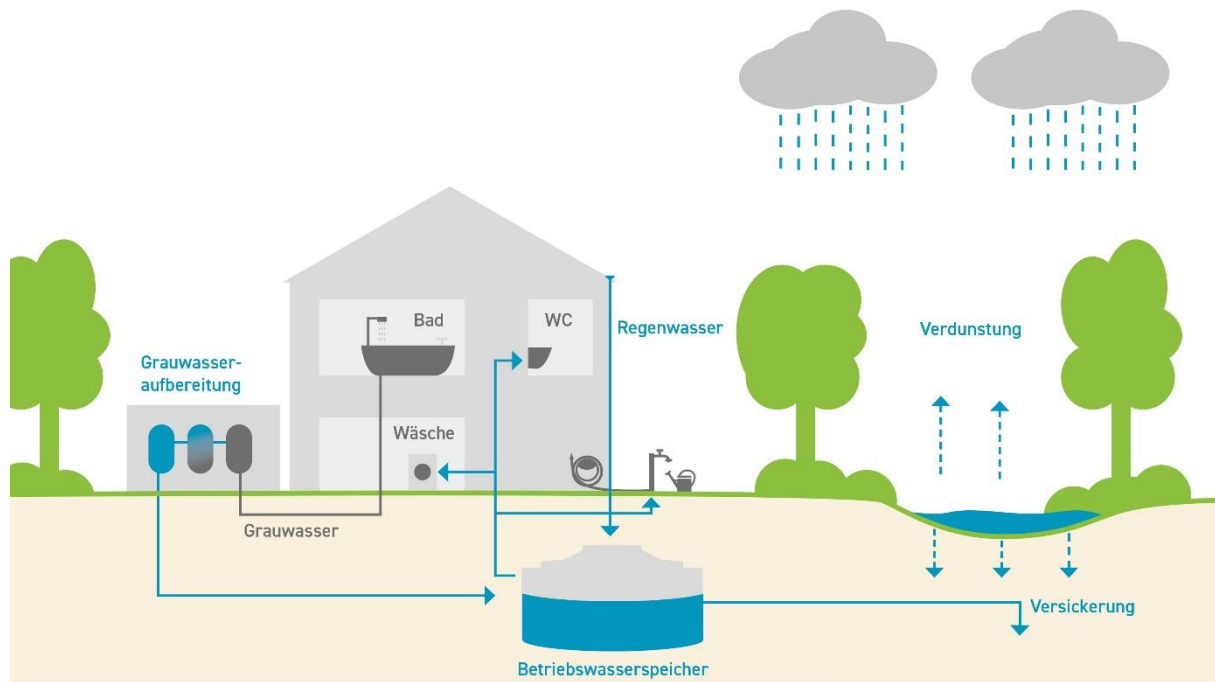


Abb. 6.1: Eine mögliche Umsetzung der Wiederverwendung von Niederschlagsabflüssen und Grauwasser im Quartier. Abflüsse des Speichers werden im Starkregenfall durch eine nachgeschaltete Versickerung vor Ort behalten (Gestaltung: U. von Gemmingen).

Die derzeitigen Modellierungs- und Bewertungsmöglichkeiten zu quartiersbezogenen Lösungsansätzen der Regenwasserbewirtschaftung und -nutzung werden derzeit deren Komplexität nicht gerecht. Gängiger Software fehlt derzeit noch das Element des dezentralen, intelligent bewirtschafteten Speichers zur Kopplung der verschiedenen Aufgaben der Siedlungswasserwirtschaft. Das Vorhaben hatte daher folgende Ziele zum Inhalt:

Eine Recherche sollte zunächst den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik hins. der Techniken zur Minimierung des häuslichen und kleingewerblichen (Trink-)Wassergebrauchs, der Bewässerung urbaner grüner Infrastruktur, des Regenwassermanagements und der Wasserwiederverwendung/Kreislaufführung im häuslichen/kleingewerblichen Bereich geben. Im Rahmen dessen sollte eine konkrete technische Innovation, die Wasserspartechnologie „Bluedrain“, hinsichtlich ihrer Effizienz und ihres Wassereinsparpotentials unter Praxisbedingungen untersucht werden. Nach einer wasserwirtschaftlichen Bestandsanalyse des Quartiers, vor allem hinsichtlich des derzeitigen Wassergebrauchs und -anfalls im Untersuchungsgebiet, sollte für das Untersuchungsgebiet eine Potentialanalyse hinsichtlich des Einsatzes eines dezentralen Speichers durchgeführt werden. Untersucht werden sollte, inwiefern durch Einsparen von Trinkwasser und Reduktion des Abwasseranfalls aufgrund von Maßnahmen wie Wasserspartechnologien, Regenwassernutzung und Grauwasserwiederverwendung, die Auswirkung auf übergeordnete Wasserversorgungssysteme sowie durch Kappung von Abflussspitzen die Auswirkung auf übergeordnete Entwässerungssysteme möglichst geringgehalten werden können. Dies sollte auf Basis verschiedener denkbarer Zukunftsszenarien bzw. Anforderungen geschehen (z. B. Vergleich aus Nutzung konventioneller Konzepte/Technologien auf allen Ebenen und Nutzung eines dezentralen Speichers zur Betriebswassernutzung

und Regenrückhalt und Wasserspartechnologien bei Nachverdichtung mit und ohne Dachbegrünung). Hierfür sollte ein Berechnungsmodell mit dem Element eines Multifunktionsspeichers, das eine integrierte Gesamtbetrachtung beider Aspekte der Siedlungswasserwirtschaft (Wasserversorgung und -entsorgung), entwickelt und erprobt werden. Dieses Rechenmodell sollte auf Anwesen- und Quartiersebene die Berechnung von bereitzustellenden Trink-/Brauchwassermengen, abzuleitenden und zu behandelnden Abwassermengen, Oberflächenabflüssen und Dimensionen der dafür notwendigen Bauwerke und dem notwendigen Energiebedarf ermöglichen sowie möglichst in Software zur Planung, Bearbeitung und Analyse von trinkwasser- und entwässerungsrelevanten Aufgabenstellungen von funktionsfähigen siedlungswasserwirtschaftlichen Gesamtsystemen integrierbar sein. Ferner sollten die Auswirkungen wasserwirtschaftlicher Maßnahmen im städtebaulichen Prozess verdeutlicht werden.

6.2 Grundlagen

6.2.1 Begriffsbestimmung und Anforderungen an Betriebswasser

In der Regel wird das durch den Betrieb einer *Regenwassernutzungs-* oder *Grauwasserrecyclinganlage* gewonnene und nutzbare Wasser als Betriebswasser bezeichnet (oft synonym verwendete Begriffe sind auch *Brauchwasser* und *Nutzwasser*; nicht zu verwechseln mit *Prozesswasser*, das in industriellen Anlagen z. B. zur Produkterstellung benötigt wird). Gemäß DIN 4046 wird Betriebswasser wie folgt definiert: Betriebswasser ist „gewerblichen, industriellen, landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dienendes Wasser mit unterschiedlichen Güteeigenschaften, worin Trinkwassereigenschaft eingeschlossen sein kann“. Die DIN 1989-1 beschreibt Betriebswasser als „Wasser für häusliche und betriebliche Einsatzbereiche, welches keine Trinkwasserqualität haben muss“. Demgemäß kann Betriebswasser für Nutzungen eingesetzt werden, in dem das genutzte Wasser keine Trinkwasserqualität gemäß TrinkwV aufweisen muss.

Betriebswasser darf nur für Verwendungszwecke genutzt werden, bei denen die Wasserbeschaffenheit keinen direkten oder indirekten Einfluss auf die Gesundheit des Verbrauchers nehmen kann (Arbeitsblatt DVGW W 555). Daraus geht hervor, in welchen Nutzungsbereichen Betriebswasser, also Wasser, welches nicht Trinkwasserqualität aufweisen muss, eingesetzt werden kann. Hierzu gehört zum Beispiel die Nutzung von Betriebswasser für die *Toilettenspülung*, für *Reinigungszwecke*, zur *Bewässerung* oder auch zum *Wäschewaschen*.

Für die Betriebswasserqualität gibt es keine rechtlich formulierten Anforderungen. Die Qualität des Wassers aus „Regenwassernutzungs- oder vergleichbaren Anlagen“ (Betriebswasseranlagen) unterliegt nicht den Qualitätsanforderungen der TrinkwV, solange diese zusätzlich zu einer Wasserversorgungsanlage verwendet wird. Die Betriebswasserqualität sollte auf den jeweiligen Verwendungszweck angepasst werden. Für die Anwendungsbereiche Toilettenspülung und Wäschewaschen wurden von der Berliner Senatsverwaltung Qualitätsanforderungen formuliert. Im Bereich der hygienischen Anforderungen wurde auf die EU-Badegewässerrichtlinie Bezug genommen (fbr 2005).

Im Allgemeinen muss Betriebswasser möglichst schwebstofffrei, nahezu geruchlos, farblos, klar und sauerstoffreich sowie mikrobiologisch und hygienisch einwandfrei sein (SenS 2007). Die Qualitätsziele von Betriebswasser für die Toilettenspülung und zum Wäschewaschen werden in Tab. 6.1 aufgeführt.

Tab. 6.1: Qualitätsanforderungen an Betriebswasser für Toilettenspülung und Wäschewaschen (SenS 2007).

Qualitätsziele	Beurteilungskriterien	
BSB ₇	<5 mg/L (Qualitätsziel für Lagerfähigkeit)	
Sauerstoffsättigung	>50 % (Qualitätsziel für Lagerfähigkeit)	
Hygienisch/mikrobiologisch	Gesamtcoliforme Bakterien	0 / 0,01 mL (<100/mL)
	<i>Escherichia coli</i>	0 / 0,1 mL (< 10/mL)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0 / 1 mL (< 1/mL)

Betriebswasser kann zudem versickert oder in Oberflächengewässer eingeleitet werden. Dies bedarf jedoch einer Genehmigung (fbr 2005). Die Qualitätsanforderungen für die Nutzung von Betriebswasser zur Bewässerung (insbesondere von Flächen zur Lebensmittelherstellung) werden in der DIN 19650 geregelt.

Da Regenwassernutzungsanlagen und Grauwasserrecyclinganlagen Betriebswasser erzeugen, werden diese als *Betriebswasseranlagen* bezeichnet. Zu einer Betriebswasseranlage gehören neben der Zulaufleitung, dem Speicher und ggf. der Aufbereitung auch ein hausinternes Betriebswasserrohrleitungssystem für die Verteilung des Betriebswassers an die Verbrauchsstellen (Abb. 6.2).

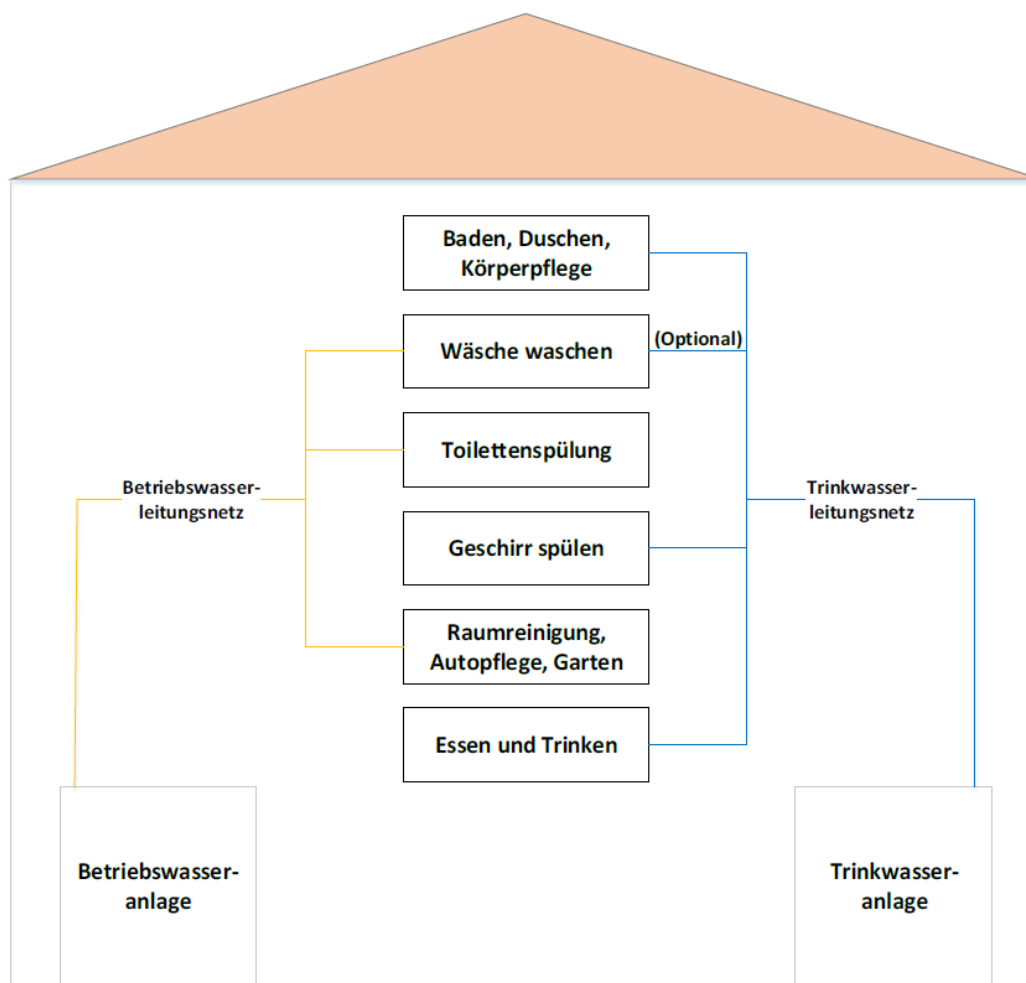


Abb. 6.2: Separates Betriebswasserrohrleitungssystem bei Installation einer Betriebswasseranlage.

6.2.2 Regenwassernutzung

6.2.2.1 Einführung

Indem Trinkwasser durch Regenwasser substituiert wird, kann die Regenwassernutzung einen wesentlichen Beitrag zur Einsparung von Trinkwasser leisten. Regenwasser kann aufgrund seiner Eigenschaften (Tab. 6.2) grundsätzlich in allen Anwendungsbereichen genutzt werden, in denen keine Trinkwasserqualität (sogenanntes Betriebswasser) erforderlich ist.

Am weitesten verbreitet ist die Nutzung von Regenwasser zur *Gartenbewässerung*. Die einfachste Art Regenwasser zu sammeln und zu speichern ist das Auffangen des Regenwassers von Dachflächen durch ein Fallrohr. Hierzu dient als Speicher die sogenannte „Regenwassertonne“, welche meist oberirdig aufgestellt wird. Eine weitere Möglichkeit ist die Speicherung des Regenwassers in unterirdischen Zisternen. Regenwasser kann zudem zum *Säubern* von Außenflächen, Haus und Geräten genutzt werden. Typische Anwendungsbereiche sind das Wischen von Böden, das Reinigen von Gartengeräten und landwirtschaftlichen Geräten sowie das Autowaschen. Das größte Einsparpotential bezüglich des Wasserverbrauchs ist die Regenwassernutzung innerhalb von Gebäuden für die *WC-Spülung*. Ebenso kann die *Waschmaschine* mit Regenwasser (Betriebswasser) betrieben werden. Die Nutzung von Regenwasser anstatt Trinkwasser für das Wäschewaschen bietet, neben der Trinkwassereinsparung, den Vorteil, dass durch die meist geringere Härte des Regenwassers weniger Waschmittel bzw. Enthärter benötigt werden (König 2002).

In Deutschland ist ein zunehmender Trend zur Regenwassernutzung zu beobachten. In einer im Jahr 2011 durch die MALL GmbH durchgeführten Studie wurde ermittelt, dass in Deutschland bereits 1,95 Millionen Anlagen zur Regenwassernutzung in Privathaushalten existieren. Ca. 40 % der Neubauten werden mit einer Regenwassernutzungsanlage ausgestattet. Die Trinkwassereinsparung der existierenden Anlagen belaufen sich auf etwa 100 Millionen Kubikmeter pro Jahr, was bei einem Wasser-Abwasserpreis von gemittelt 4,47 € pro Kubikmeter einer Einsparung von 447 Millionen Euro entspricht (Mall GmbH 12.09.2012).

In Abb. 6.3 ist schematisch eine Beispiel-Regenwassernutzungsanlage dargestellt. Anforderungen an diese sowie die Auslegung von Regenwasserspeichern werden in der DIN 1989-1 behandelt. Auf die einzelnen Aspekte der Regenwassernutzung wird in folgenden Abschnitten eingegangen.

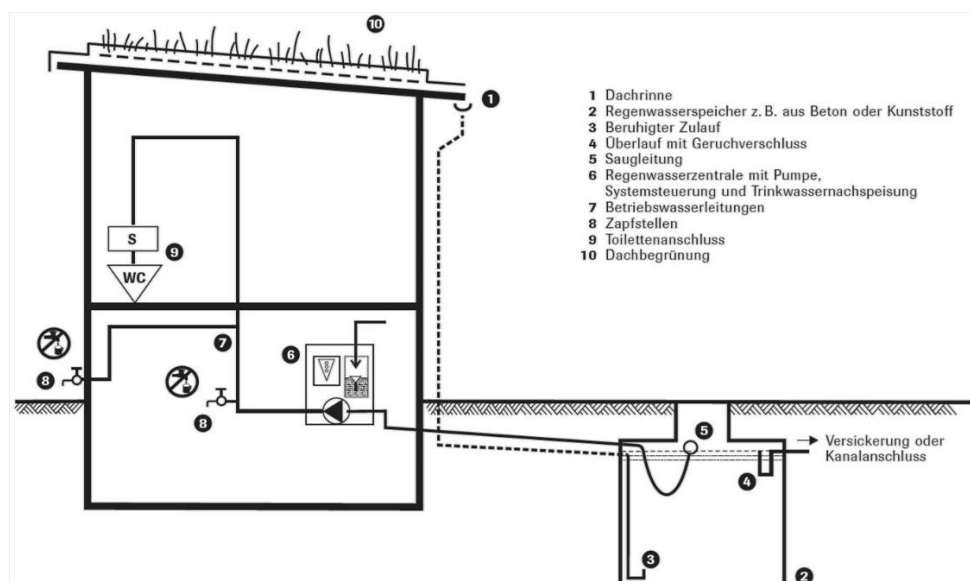


Abb. 6.3: Regenwassernutzungsanlage (fbr 2009).

Tab. 6.2: *Eigenschaften von Regenwasser (Quelle: fbr, 2005).*

CSB	[mg/L]	8,7–24
BSB ₅	[mg/L]	0–3
AFS	[mg/L]	1–153
P _{ges}	[mg/L]	0,5–4 (Ø 1,5)
N _{ges}	[mg/L]	4–16 (Ø 10)
pH	-	3,1–11,4

6.2.2.2 Auffangflächen

Die Wahl der Auffangflächen hat einen direkten Einfluss auf die Qualität und Quantität der Regenwassernutzung. Bevorzugt sollten gering verschmutzte Dachflächen als Auffangflächen für das Regenwasser genutzt werden (DIN 1989-1). Es können auch stärker verschmutzte Flächen (z. B. Verkehrsflächen) genutzt werden. Dies setzt jedoch, in Abhängigkeit der Nutzung, eine weitergehende Aufbereitung voraus. Bei der Ermittlung der erforderlichen Auffangfläche (Dachfläche) bzw. der theoretisch speicherbaren Regenwassermenge spielt die Beschaffenheit des Daches eine große Rolle. Die *Dachauffangfläche* A_A berechnet sich aus der Grundfläche des Hauses zzgl. des Dachüberstands, also unabhängig von der Dachgeometrie und Dachneigung (DIN 1989-1). In Tab. 6.3 sind verschiedene *Ertragsbeiwerte* e (vergleichbar mit dem *Abflussbeiwert*) für Sattel- und Flachdächer aufgeführt. Der Ertragsbeiwert e ist der Quotient aus der dem Speicher effektiv zufließenden Regenmenge und der auf die Dachfläche auftreffenden Regenmenge. Es ist ersichtlich, dass bei geneigten Hartdächern 80 % des auftreffenden Regens zur Speicherung genutzt werden können, wohingegen bei intensiv begrüntem Flachdächern insbesondere aufgrund von Verdunstungseffekten nur ein Drittel des Niederschlags dem Speicher zugeführt werden kann.

Tab. 6.3: *Ertragsbeiwerte verschiedener Auffangflächen (¹ nach WILO AG (2007), ² nach DIN 1989-1).*

Beschaffenheit	Ertragsbeiwert e
Flachdach mit Gras oder anderen Bepflanzungen ¹	0,20
Satteldach mit Gras oder Bepflanzung ¹	0,25
Flachdach mit Kiesaufschüttung ¹	0,60
Flachdach mit Dachbahnen ¹	0,70
Flachdach mit Dachplatten aus Kunststoff oder Bitumen ¹	0,70
Satteldach mit Ziegel oder Betonsteinen ¹	0,75
Satteldach mit Dachbahnen ¹	0,80
Satteldach mit Dachplatten aus Kunststoff oder Bitumen ¹	0,80
Flachdach, unbekiest ²	0,80
Gründach, intensiv ²	0,30
Gründach, extensiv ²	0,50
Pflasterfläche/Verbundpflasterfläche	0,50
Asphaltbelag	0,80

Bei verschiedenen Dachwerkstoffen muss die Nutzung des Regenwassers als Betriebswasser, abhängig von der Anwendung, geprüft werden (DIN 1989-1). Bei Gründächern können durch das Ausschwemmen von Huminstoffen Färbungen des Wassers und durch ausgelöste Nährstoffe eine erhöhte Sauerstoffzehrung im Wasser auftreten (König 1996). Ebenso kann es bei Bitumendächern zu Gelbfärbung des Wassers kommen. Bei unbeschichteten Zink- und Kupferdächern können erhöhte Metallkonzentrationen im Ablauf beobachtet werden (DIN 1989-1). Bei Nutzung von asbestzementhaltigen Dachwerkstoffen können langfristig Ablösungen von Fasern auftreten.

6.2.2.3 Filtersysteme und Speicherzuleitung

Für die Aufbereitung des Dachabflusses ist in der Regel eine mechanische Filtration und eine Sedimentation ausreichend (DIN 1989-1). Filter haben die Funktion Fremdstoffe, welche die Funktionsfähigkeit der Anlage und die Wasserqualität nachteilig beeinflussen können, von der Regenwassernutzungsanlage zurückzuhalten (DIN 1989-2). Grundsätzlich muss der Filter im Zulauf der Zisterne angebracht werden. Einbauorte können eine zentrale Stelle vor dem Speicher oder Regenfallrohre sein (DIN 1989-1). Es wird eine Feinheit des Filters von 0,2 bis 0,8 mm empfohlen (König 2002). Zur Auswahl stehen Filtersysteme mit und ohne Wasserverlusten. Filtersysteme mit Wasserverlusten (z. B. Filtersammler, Wirbelfeinfiler) müssen mit einem separaten Filterüberlauf zur Versickerung oder einem Anschluss an den Abwasserkanal ausgestattet sein. Der Vorteil dieser Systeme liegt darin, dass der angesammelte Schmutz regelmäßig ausgeschwemmt wird und somit ein geringer Wartungsaufwand erforderlich ist. Bei Filtern ohne Wasserverlusten (z. B. Schwimm-Ansaug-Fein-Filter, Filterschacht etc.) ist kein separater Filterüberlauf notwendig, jedoch ist der Wartungsaufwand zur Reinigung größer, da der Filter regelmäßig gereinigt und angesammeltes Filtergut entfernt werden müssen (König 2002). Filter im Zulauf müssen grundsätzlich rückstaufrei sein (bis zu einer maximalen Regenpende von 300 L/(sxha) (WILO AG 2007)), zudem darf der Leitungsquerschnitt des Zulaufs nicht durch das Filtersystem verengt werden (König 2002; DIN 1989-1).

Feinste Partikel aus dem Regenwasser können durch die Filteranlage nicht entnommen werden. Deshalb muss innerhalb des Speichers die Möglichkeit zur Sedimentation dieser Partikel bestehen. Sedimentierte Stoffe dürfen durch das in den Speicher eintretende Wasser nicht wieder verteilt werden. Die i. d. R. nur sehr feine Sedimentschicht von wenigen Millimetern im Jahr (bei probater Filterung) übernimmt durch den ständigen Sauerstoffeintrag sowie mikrobiologische Prozesse eine Klärfunktion (WILO AG 2007). Eine Reinigung der Zisterne ist alle 5–10 Jahre ausreichend (WILO AG 2007).

Hinsichtlich des nutzbaren Regenwasservolumenstroms gilt es bei in die Speicherzuleitung eingesetzten hydraulisch wirkenden Filtersystemen die Herstellerangaben zu beachten (DIN 1989-1). Gemäß DIN 1989-1 ist bei regelmäßig gewarteten Filtersystemen üblicherweise von einem hydraulischen Filterwirkungsgrad η von 0,9 auszugehen.

6.2.2.4 Speicher

Neben dem Speichervolumen besteht ein Speicher aus einem beruhigten Zulauf (1), einer geschützten Entnahme (2) und einer Überlaufeinrichtung (3) (siehe Abb. 6.4). Ggf. müssen Vorkehrungen für eine Be- und Entlüftung getroffen werden. Als Werkstoffe für Regenwasserspeicher (Zisterne) sind Beton, Kunststoff (Polyethylen) sowie korrosionsgeschützter oder korrosionsbeständiger Stahl geeignet und auf die jeweiligen Anforderungen abzustimmen (DIN 1989-1). Speicher können sowohl oberirdisch als auch unterirdisch errichtet werden. Die unterirdische Speicherung bietet, gegenüber der oberirdischen Speicherung, einen qualitativen

Vorteil. Unterirdische Speicher sind vor intensivem Lichteinfall, sowie signifikanten Temperaturvariationen sowie -erhöhungen geschützt. Hierdurch wird in den warmen Sommermonaten die Algen- und Schlammbildung vermieden (König 2002). Speicher müssen ferner besonders langlebig und formstabil sein, gegen Auftrieb und Frost gesichert sein und dauerhaft Wasser- und Lichtundurchlässigkeit aufweisen (WILO AG 2007). Bei Außenspeichern (Speicher außerhalb des zu versorgenden Gebäudes) muss ferner beachtet werden, dass diese durch Baumwurzeln angegriffen werden können (WILO AG 2007).

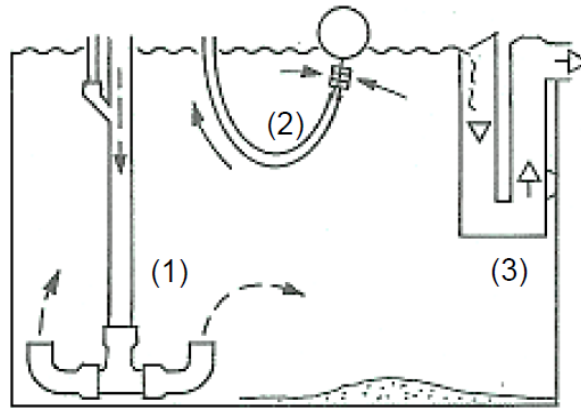


Abb. 6.4: Typische Regenwasserzisterne (Bild verändert nach König, 2002).

Entnahme: Neben dem beruhigten Zulauf (Abschnitt 6.2.2.3) ist die geschützte Entnahme eine wichtige Anlagenkomponente in Bezug auf die Wasserqualität. Um die Wasserqualität nicht nachteilig zu beeinflussen, müssen folglich Vorkehrungen getroffen werden, die verhindern, dass abgelagertes Bodensediment wieder aufgeschwemmt wird. Die geschützte Entnahme kann z. B. durch eine schwimmende Entnahme mit Auftriebskörper (Schwimmkugel) (Abb. 6.4 (2)) oder durch eine Entnahme über ein Saugrohr, aus einer vor Sediment geschützten Kammer am Speicherboden, erfolgen (König 2002).

Überlauf: Nach beispielsweise länger anhaltenden Regenereignissen und/oder geringer Nutzung des gespeicherten Wassers kann es zu vollständiger Füllung und ggf. zum Überlauf des Speichers kommen. Ein periodischer Überlauf ist sogar erwünscht, da hierdurch aufschwimmende Stoffe im Speicher (z. B. Pollen) regelmäßig ausgetragen werden und so das Wasser eine Selbstreinigung erfährt (WILO AG 2007). Um das überschüssige Wasser abzuleiten, ist eine Überlaufeinrichtung notwendig. Wenn es die örtlichen Boden- und Platzverhältnisse zulassen, sollte der Überlauf versickert werden (Schacht, Mulde, Rigole oder Mulden-Rigole (DIN 1989-1)). Ist dies nicht möglich, erfolgt die Entwässerung in die Abwasserkanalisation.

Nutzvolumen: Im Speicher muss stets ein Mindestwasservolumen vorgehalten werden, um zu verhindern, dass Sediment, Schwimmstoffe oder Luft angesaugt werden, und die notwendige Eintauchtiefe der verwendeten Unterwasserpumpen eingehalten wird (DIN 1989-1). Dieses Mindestwasservolumen steht also nicht zur Nutzung zur Verfügung. Demgemäß setzt sich das *Speichervolumen (Nennvolumen)* aus dem *Mindestwasservolumen* und dem *Nutzvolumen* zusammen.

Retentionsspeicher: Soll der Speicher eine Doppelfunktion aus Betriebswassernutzung und Regenrückhaltung (um Regenspitzen gedrosselt in das Kanalnetz oder in die Versickerungsanlage abzuleiten) besitzen, kann der Speicher auch als Retentionsspeicher ausgelegt werden. In diesem Fall setzt sich das *Nennvolumen* aus dem *Mindestwasservolumen*, dem *Nutzvolumen* und dem *Retentionsvolumen* zusammen. Das Retentionsvolumen ist als ohne Trennung über dem Nutzvolumen befindlicher Speicherraum zu verstehen. Übersteigt der Wasserstand das Nutzvolumen, wird das weiter zufließende Wasser schwerkraftbedingt über eine

Drossel (meist Schwimmdrossel) verlangsamt über einen Auslauf auf Maximalhöhe des Nutzvolumens abgeleitet bis der Wasserstand wieder die Höhe des maximalen Nutzvolumens erreicht. Je nachdem wie groß das Retentionsvolumen bemessen ist, kann es auch auftreten, dass die Drossel das zufließende Wasser nicht zeitig genug abfließen lassen kann, bevor der Wasserstand den Notüberlauf (auf Höhe des maximalen Retentionsvolumens) erreicht. In diesem Fall läuft das Wasser ungedrosselt in die Kanalisation.

6.2.2.5 Pumpen und Hauswasserwerk

Die Zisternenpumpe befördert das Regenwasser aus dem Speicher zu den jeweiligen Verbrauchsstellen. Grundsätzlich können Saugpumpen oder Tauchdruckpumpen (Unterwasserpumpen) eingesetzt werden. Die Saugpumpe wird außerhalb des Speichers, z. B. in Kellerräumen, angebracht. Sie saugt das Wasser über ein Saugrohr an und pumpt es über die Betriebswasserleitung zu den jeweiligen Verbrauchern. Zu beachten ist, dass die Saughöhe dieser Pumpe begrenzt ist. Bei einer Höhendifferenz zwischen Pumpe und tiefstem Wasserspiegel im Speicher von >4 m wird zum Einsatz einer Tauchpumpe geraten (König 1996). Diese kann höhere Ansaughöhen bzw. Widerstände überwinden (König 2001). Am häufigsten werden die Zisternenpumpen als mehrstufige Kreiselpumpen oder Membranpumpen ausgeführt.

Für Systeme mit Ansaugpumpen werden kompakte Module, sogenannte Hauswasserwerke, angeboten. Sie bestehen aus einer Pumpe, einem Druckausgleichsbehälter und einer Drucksteuerung. Das Regenwasser wird aus der Zisterne in den Druckausgleichsbehälter gefördert. Innerhalb des Druckausgleichsbehälters befindet sich ein durch eine Membran vom Wasser getrenntes Druckmedium (i. d. R. Stickstoff). Wird nun Wasser in den Behälter gepumpt, wird das Gas komprimiert. Ab einem bestimmten Maximaldruck, beispielsweise 3,5 bar, wird die Pumpe abgeschaltet. Beziehen die Verbraucher Wasser, dehnt sich das Druckmedium aus und hält den Druck vorübergehend konstant. Bei Druckabfall wird die Pumpe wieder gestartet und befüllt den Behälter bis der Solldruck erreicht ist. Vorteilhaft ist, dass durch den Druckausgleichsbehälter dem Verbraucher sofort beim Öffnen des Hahns Wasser zur Verfügung steht und nicht erst die Pumpe in Betrieb genommen werden muss. Zudem wird die Schalthäufigkeit der Pumpe verringert und somit die Lebensdauer der Pumpe erhöht.

6.2.2.6 Trinkwassernachspeisung

Stagniert der Regenwasserzulauf, z. B. durch längere Trocken- oder Frostperioden, wird das Regenwasser aus dem Speicher vollständig aufgebraucht. Um die Regenwassernutzungsanlage weiter betreiben zu können oder z. B. zu verhindern, dass Unterwasserpumpen trockengelegt werden, ist eine Trinkwassernachspeisung notwendig. Es bestehen zwei Möglichkeiten der Nachspeisung: Zum einen die direkte Einspeisung in den Regenwasserspeicher, zum anderen die Nachspeisung in die Pumpenleitung. Zu beachten ist, dass durch die Nachspeisung keinerlei Gefahr für das öffentliche Trinkwassernetz ausgehen darf. Nach DIN 1988-100 und DIN EN 1717 dürfen Leitungssysteme für Trink- und Betriebswasser nicht miteinander verbunden werden. Deshalb ist eine direkte Trinkwassereinspeisung in das Betriebswassernetz über ein 3-Wege-Ventil untersagt. Bei direkter Einspeisung in die Zisterne können ein manuell betätigtes Absperrventil oder eine automatische Nachspeisung über ein Magnetventil bei Unterschreiten eines Mindestwasserstands im Speicher (Schwimmerschalter) eingesetzt werden (König 1996).

Eine Alternative ist die integrierte Trinkwasser-Nacheinspeisung in das Hauswasserwerk bzw. das Kompaktmodul (Abb. 6.5). Diese bestehen aus einem freien Auslauf, einem Vorlagebe-

hälter und der benötigten Steuerung. Vorteilhaft ist, dass die benötigte Trinkwassernachspeisemenge bedarfsgerecht der Pumpe zugeführt wird und die geprüften Module Schutz vor Anschlussfehlern gewährleisten (König 2001).

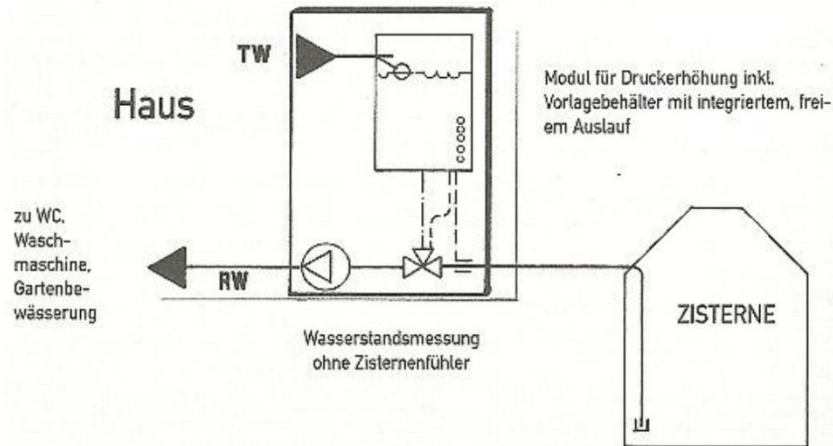


Abb. 6.5: Kompaktmodul mit Trinkwassereinspeisung (Bild: König, 2002).

6.2.2.7 Auslegung des Speichers

Übersicht: Die Auslegung von Speichern kann mittels verschiedenen Varianten erfolgen. In jedem Fall muss das Nutzvolumen des Regenwasserspeichers quantitativ und wirtschaftlich an die örtliche Niederschlagshöhe und -charakteristik, Größe und Art der Auffangflächen sowie den Betriebswasserbedarf angepasst sein (DIN 1989-1). Für die Fragestellungen des Vorhabens sind folgende zwei in der DIN 1989-1 vorgeschlagene Vorgehensweisen interessant:

- Vereinfachtes Verfahren: unaufwendiger Rechengang ausgelegt für Mehrfamilienhäuser, Verwaltungs- und Bürogebäude, Gewerbe- und Industriegebäude mit gleichmäßiger Verbrauchsstruktur.
- Differenziertes Verfahren: Simulation des Niederschlags und des Betriebswasserbedarfs mithilfe eines Speichermodells für große Regenwassernutzungsanlagen.

Diese Auslegungsverfahren werden im Folgenden erläutert.

Vereinfachtes Verfahren nach DIN 1989-1: Die Ergiebigkeit und Effizienz von Regenwassernutzungsanlagen ist, neben dem nutzbaren Speichervolumen, von den vorherrschenden, örtlichen und klimatischen Verhältnissen, insbesondere dem regionalen Niederschlag, und den zur Verfügung stehenden Auffangflächen sowie deren Beschaffenheit abhängig. Das Nutzvolumen sollte nicht zu klein gewählt werden, um einen zu hohen Anteil von Trinkwassernachspeisung zu vermeiden. Der jährlich theoretisch nutzbare Regenwasserertrag (Betriebswasser) kann gemäß DIN 1989-1 nach Gleichung 6.1 berechnet werden.

$$E_R = A_A \times e \times h_N \times \eta \quad (6.1)$$

Dabei sind

- A_A : die projizierte Auffangfläche in m^2 (i. d. R. Grundfläche mitsamt Dachüberstand) unabhängig von Dachform und Dachneigung (s. Abschnitt 6.2.2.2),
- e : der Ertragsbeiwert (Bruch mit Werten von 0 bis 1), der Lage, Neigung und Begrünungsgrad der Fläche miteinfließen lässt (s. Tab. 6.3),
- h_N : die jährliche Niederschlagshöhe in $L/m^2/a$ (kann sowohl beim Deutschen Wetterdienst als auch bei örtlichen Behörden erfragt werden),

η : der Filterwirkungsgrad (Bruch mit Werten von 0 bis 1), der im Falle von wasserableitenden Filtersystemen das abgeleitete Wasser berücksichtigt (s. Abschnitt 6.2.2.3).

Der jährliche Betriebswasserbedarf setzt sich aus personenbezogenen und flächenbezogenen Angaben wie folgt zusammen (der Betriebswasserbedarf ist laut DIN 1989-1 anwendungsbezogen zu ermitteln und):

$$BW_a = WC_d \times n_P \times 365 + A_{Bew.} \times BS_a + WM_d \times n_P \quad (6.2)$$

Dabei sind

BW_a : der Betriebswasserjahresbedarf in L,

WC_d : der personenbezogene Tagesbedarf für die Toilettenspülung in L/(Person×Tag) gemäß Tab. 6.4,

n_P : die Anzahl der Personen,

$A_{Bew.}$: die Bewässerungsfläche in m²,

BS_a : der spezifische Jahresbedarf in L/m² gemäß Tab. 6.4,

WM_d : der personenbezogene Tagesbedarf für angeschlossene Waschmaschinen gemäß Tab. 6.4.

Tab. 6.4: Ermittlung des jährlichen Betriebswasserbedarfs (Tabelle entnommen aus DIN 1989-1 mit Modifikationen).

Für die individuellen Berechnungen werden folgende Bedarfswerte angegeben:

Verbraucher	Personenbezogener Tagesbedarf	Spezifischer Jahresbedarf
– Toiletten im Haushalt ^a	24 L/(Person × Tag)	–
– Toiletten im Bürobereich ^a	16 L/(Person × Tag)	–
– Toiletten in Schulen ^a	6 L/(Person × Tag)	–
– Waschmaschinen im Haushalt	10 L/(Person×Tag)	–
– Gartenbewässerung Nutzgarten Grünanlagen	–	60 L/m ²
Bewässerung oder Beregnungsmengen während der Vegetationszeit von April bis September		
– bei Sportanlagen	–	200 L/m ²
– für Grünland		
bei leichtem Boden	Gesamtmenge für 6 Monate	–
bei schwerem Boden	Gesamtmenge für 6 Monate	–
		100–200 L/m ²
		80–150 L/m ²

^a Bei Toiletten sollten grundsätzlich nur wassersparende Ausführungen angeschlossen werden, wie z. B. 6 L mit Zweimengen-Spülsystem. Zur Erhöhung des Deckungsgrades können 4,5 L Toiletten bei entsprechenden hydraulischen Verhältnissen genutzt werden.

Das Nutzvolumen V_n errechnet sich anschließend mittels Gleichung 6.3. Hierbei sind die errechneten Werte aus Gleichungen 6.1 und 6.2 miteinander zu vergleichen und der kleinere Wert daraus in Gleichung 6.3 einzusetzen. Der Wert 0,06 ergibt sich aus der Tatsache, dass der Jahresbedarf durch 365 Tage geteilt und mit 21 Tagen multipliziert wird ($1/365 \times 21 = 0,06$), um eine dreiwöchige Bevorratung des Betriebswassers bei gefülltem Speicher zu gewährleisten. Eine Bevorratung eines Bedarfs von 2–3 Wochen ist optimal, da die Wasserqualität sonst

stark abnimmt (WILO AG 2007). Für Ein- und Zweifamilienhäuser sind jedoch eher Bevorratungszeiten von 30 Tagen realistisch (WILO AG 2007).

$$V_n = \text{Minimum von } (BW_a \text{ oder } E_R) \times 0,06 \quad (6.3)$$

Es gilt zu beachten, dass das Speichervolumen (Nennvolumen) V_{Sp} des Tanks aus dem errechneten Nutzvolumen V_n und dem Mindestwasservolumen V_{min} besteht. Letzteres ist erforderlich, damit das Sediment in Trockenzeiten nicht aufgewirbelt und die Tauchpumpe nicht trockengelegt wird (s. Abschnitt 6.2.2.4) (Gleichung 6.4).

$$V_{Sp} = V_n + V_{min} \quad (6.4)$$

Differenziertes Verfahren nach DIN 1989-1: Die DIN sieht für die Speicherdimensionierung großer Betriebswassernutzungsanlagen, insbesondere mit individuellen Verbrauchsstrukturen, die Verwendung von Speichermodellen vor. Folgende Mindestvoraussetzungen werden hierzu genannt:

- Tägliche Angaben zum Betriebswasserbedarf und Niederschlag,
- individuelle Abschätzung oder Messung des Betriebswasserbedarfs,
- örtlich korrigierte Niederschlagshöhen aus repräsentativen Messreihen,
- Berücksichtigung der anlagentechnischen Randbedingungen,
- Simulation mindestens über einen Zeitraum von 5 bis 10 Jahren.

6.2.3 Grauwasserrecycling

6.2.3.1 Einführung

Eine weitere Möglichkeit, den Trinkwasserbedarf im Haushalt zu reduzieren, ist das hausinterne Grauwasserrecycling. Hierbei wird ein Teilstrom des häuslichen Abwassers, das Grauwasser, getrennt erfasst und zur Wiederverwendung als Betriebswasser aufbereitet. Grauwasserrecycling stellt eine Möglichkeit der Trinkwassersubstitution gekoppelt mit einer dezentralen Abwasserbehandlung dar. Mittlerweile sind zuverlässige kompakte Anlagen für die Nutzung in Ein- und Zweifamilienhäusern verfügbar und im Einsatz.

Unter dem Begriff „Grauwasser“ versteht man einen Teilstrom des häuslichen Abwassers. Nach der DIN EN 12056-1 wird Grauwasser definiert als fäkalfreies Abwasser. Die Beschaffenheit des Grauwassers ist von den vorangegangenen Nutzungen abhängig.

Abb. 6.6 und Tab. 6.5 geben einen Überblick über wichtige Eigenschaften von Grauwässern unterschiedlicher Herkunft. Je nach Herkunft kann Grauwasser in schwach belastetes sowie stark belastetes Grauwasser unterschieden werden. Schwach belastetes Grauwasser besteht aus dem Abfluss von *Dusche*, *Badewanne* und *Handwaschbecken*. Es kann hohe Belastungen an biologisch schwer abbaubaren Verbindungen enthalten (fbr 2009). Ursache hierfür sind meist Körperpflegeprodukte. Jedoch werden die Verunreinigungen des Grauwassers als biologisch leicht abbaubar eingestuft (fbr 2005). Starkbelastetes Grauwasser umfasst zusätzlich den Ablauf aus dem *Küchenbereich* und der *Waschmaschine*. Dieses beinhaltet meistens hohe Feststoffmengen (Essensreste etc.) und besitzt einen hohen Phosphorgehalt (verursacht durch Geschirrspül- sowie Waschmittel). Aufgrund dessen steigt der Aufbereitungsaufwand, sodass in der häuslichen Grauwasseraufbereitung meist nur das schwach belastete Grauwasser Verwendung findet (fbr 2009).

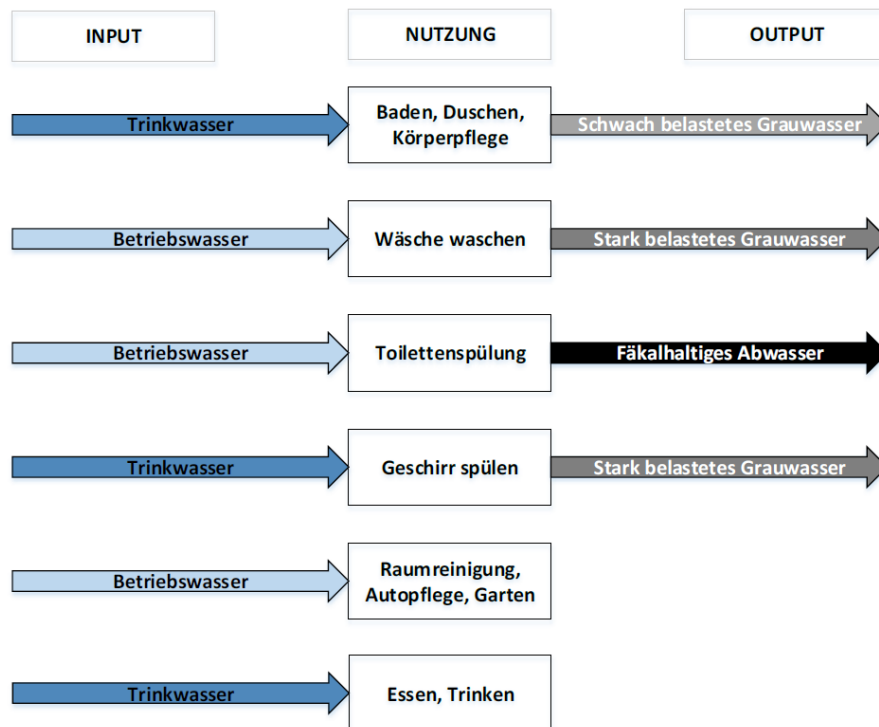


Abb. 6.6: Wasserqualitäten der verschiedenen häuslichen Nutzungen und Grauwasserqualitäten nach Nutzungen.

Tab. 6.5: Eigenschaften von unbehandeltem Grauwasser unterschiedlicher Herkunft (fbr, 2005).

	Aus Badewannen, Duschen und Handwaschbecken (gemessen nach Absetzbecken)	Aus Badewannen, Duschen und Handwaschbecken und Waschmaschine (mit Babywindeln)	Aus Badewannen, Duschen und Handwaschbecken, Waschmaschine und Küche
CSB [mg/L]	150–400 (Ø 225)	250–430	400–700 (Ø 535)
BSB ₅ [mg/L]	85–200 (Ø 111)	125–250	250–550 (Ø 360)
AFS [mg/L]	30–70 (Ø 40)	k. A.	k. A.
P _{ges} [mg/L]	0,5–4 (Ø 1,5)	k. A.	3–8 (Ø 5,4)
N _{ges} [mg/L]	4–16 (Ø 10)	k. A.	10–17 (Ø 13)
pH	-	7,5–8,2	6,9–8,0

Der Stickstoffgehalt des Grauwassers ist im Allgemeinen sehr gering (ca. 5,2 % der Gesamtmenge des häuslichen Abwassers (Lange et al. 2000), da der größte Anteil der Stickstoffverbindungen über menschliches Urin ausgeschieden und durch die Toilettenspülung abgeführt wird (Jefferson et al. 2004). Ebenso sind die mikrobiologischen Verunreinigungen des Grauwassers durch gesamt- und fäkalcoliforme Bakterien gering. Sie sind im Durchschnitt um zwei Zehnerpotenzen kleiner als im gesamten häuslichen Schmutzwasser (fbr 2005). Die Ursache hierfür liegt ebenfalls darin, dass keine Toilettenabwässer im Grauwasser enthalten sind.

Die Zusammensetzung und Konzentration der Inhaltsstoffe ist abhängig von den Verbrauchergewohnheiten, der Anzahl und dem Alter der Bewohner, der sozialen und kulturellen Gewohnheiten sowie von der Art und Menge der in den Haushalten verwendeten Chemikalien (wie

beispielsweise Seifen, Körperpflegemittel, Waschmittel, Reinigungsmittel etc.) (Ghaitidak und Yadav 2013). Zudem sind die Nitrat- und Phosphatgehalte zusätzlich von der örtlichen Trinkwasserbeschaffenheit abhängig (fbr 2005).

Ziel der Grauwasseraufbereitung ist es, das anfallende und separat erfasste Grauwasser zu Betriebswasser aufzubereiten, sodass eine innerhäusliche Wiederverwendung ermöglicht werden kann. Das aufbereitete Grauwasser kann für die Toilettenspülung, für Reinigungszwecke, zur Bewässerung von Grünflächen, zum Wäschewaschen und auch als Löschwasser genutzt werden (Abb. 6.6) (fbr 2009).

6.2.3.2 Anlagentechnik

Eine Grauwasserrecyclinganlage besteht generell aus der Sammlung des Grauwassers, dessen Aufbereitung und der Speicherung mit anschließender Verteilung über das Betriebswassernetz. Grauwasser wird von den restlichen Abwasserteilströmen getrennt erfasst. Die Rohrleitungen bestehen aus Polypropylen. Die Ableitung und Dimensionierung innerhalb des Gebäudes erfolgt nach der konventionellen Entwässerung gemäß DIN 1986-100 und wird i. d. R. als Schwerkraftkraftentwässerung ausgeführt. Je nach Aufbereitungsverfahren und Anlagentechnik wird ein Vorlagebehälter zum Mengen- und Konzentrationsausgleich eingebaut.

Da es sich bei Grauwassernutzungsanlagen um Betriebswasseranlagen handelt, gelten für die betriebliche Sicherheit dieselben Vorschriften wie bei der Regenwassernutzung. Diese sind in der technischen Ausführung der Anlage zu beachten.

6.2.3.3 Grauwasseraufbereitung

6.2.3.3.1 Übersicht

Abhängig vom Verwendungszweck muss das anfallende Grauwasser unterschiedlich aufbereitet werden. Es existiert eine Vielzahl von Aufbereitungstechniken unterschiedlichster Funktionsweisen auf dem Markt.

Unterschieden werden die Aufbereitungsverfahren in mechanische bzw. physikalische, chemische und biologische Methoden (Li et al. 2009). In der Regel werden diese Methoden miteinander kombiniert. Zu den physikalischen Verfahren gehören Siebung, Sandfang, Sedimentation, Filtration und Membranverfahren (Umkehrosmose und Ultrafiltration) (Ghaitidak und Yadav 2013). Es gibt nur wenige chemische Behandlungsverfahren, die für die Grauwasseraufbereitung eingesetzt werden. Hierzu zählen beispielsweise Flockung, photokatalytische Oxidation sowie Ionentauscher und die Granulataktivkohle-Filtration (Li et al. 2009). Biologische Aufbereitungsverfahren werden in aerobe und anaerobe Verfahren unterschieden. Bei aeroben Verfahren können die Mikroorganismen fixiert (Tropfkörperverfahren, Rotationstauchkörperanlagen etc.) oder suspendiert (Belebtschlammverfahren, Oxidationsteich, Abwasserteich etc.) vorliegen (Ghaitidak und Yadav 2013). Aerobe Mikroorganismen benötigen für die Atmung Sauerstoff. Dieser muss durch Pumpen dem Abwasser zugeführt werden. Anaerobe Verfahren arbeiten unter Abwesenheit von Sauerstoff. Mögliche Verfahren sind beispielsweise das Kontaktfilterbettverfahren, der Schlammfauhaltbehälter, der Schlammbedreaktor und anaerobe Becken (Ghaitidak und Yadav 2013).

In häuslichen Grauwasseraufbereitungsanlagen kommen oft Kombinationen aus biologischen und physikalischen Verfahren zum Einsatz, wie beispielsweise Membranbioreaktoren (Membranbelebungsverfahren) (MBR). In den meisten Fällen besteht eine Grauwasseraufbereitung aus einer Kombination aus physikalischer bzw. mechanischer Vorreinigung (Separation von Feststoffen, Grobfilter) mit nachfolgender biologischer Abwasserreinigung (Abbau organischer

Stoffe und Oxidation anorganischer Stoffe), anschließender Nachbehandlung (Abbau mikrobiologischer Belastungen) sowie Speicherung.

Eine sehr naturnahe Form der Grauwasseraufbereitung sind bepflanzte Bodenfilteranlagen, in denen Inhaltsstoffe des Grauwassers in die Pflanzenbiomasse sowie mikrobielle Biozönose eingebaut werden. In diesen Anlagen werden chemische (Fällung), physikalische (Sedimentation, Adsorption, Filtration) und biologische Prozesse (Abbau/Elimination durch Mikroorganismen) miteinander kombiniert.

6.2.3.3.2 Mechanische Vorreinigung

Um das Eindringen von groben Schmutzpartikeln in die Aufbereitungsanlage zu verhindern, wird das anfallende Grauwasser durch einen Vorfilter gereinigt. So können grobe Partikel wie beispielsweise Haare, Textilfasern oder Nagelschnitte zurückgehalten werden. Es sind verschiedene Ausführungen von Vorfiltern am Markt verfügbar.

Oft sind Vorfilter mit einem entnehmbaren Filterkorb ausgestattet, um die abfiltrierten Partikel entnehmen zu können. Zudem wird zum Schutz vor Rückfließen des Überlaufs in den Speicher sowie vor Eindringen von Kleintieren eine integrierte Rückstauklappe integriert.

6.2.3.3.3 Biologische Abwasserreinigung

6.2.3.3.3.1 Grundlagen der Mikrobiologie

Mittels der biologischen Abwasserreinigung werden dem Abwasser sauerstoffzehrende, biologisch abbaubare organische Kohlenstoffverbindungen entnommen und gegebenenfalls Pflanzennährstoffe wie Phosphor und Stickstoff eliminiert. Heterotrophe Mikroorganismen nutzen die organischen Kohlenstoffverbindungen des Abwassers als Nährstoffe und wandeln diese in körpereigene Substanz (Baustoffwechsel) oder Energie (Betriebsstoffwechsel) um. Die im Abwasser enthaltenen organischen Verbindungen werden unter Verbrauch von Sauerstoff durch die heterotrophen Organismen teilweise mineralisiert und zu Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Der nicht umgewandelte Teil der organischen Stoffe wird zum Aufbau der körpereigenen Substanz genutzt oder verbleibt im Ablauf. Mit dem Reinigungsprozess geht eine Vermehrung und somit das Wachstum der Organismenmasse (Biomasse) einher (Gujer 2007).

Der optimale pH-Wert liegt im neutralen Bereich. Der Stoffumsatz und somit die Reinigungsleistung werden durch pH 5 und pH 9 begrenzt. Die Stoffwechseltätigkeit nimmt mit steigender Temperatur zu. Die in der biologischen Reinigung typischen Bakterien halbieren ihre Verdopplungszeit (Verdopplung der Biomasse) von 6 Stunden auf 3 Stunden, wenn die Temperatur von 10 °C auf 20 °C steigt (Gujer 2007). Schadstoffe wie beispielsweise Schwermetalle und Schädlingsbekämpfungsmittel beeinflussen den Stoffwechsel und die Wachstumsrate negativ.

Zu den zur Grauwasseraufbereitung etablierten Reinigungsverfahren gehören Tauchtropfkörperanlagen, Wirbelbetтанlagen bzw. belüftete Festbetтанlagen und Membrananlagen (König 2013). Diese Techniken haben sich in den letzten Jahren im Bereich der Grauwasserreinigung durchgesetzt, wobei die Wirbelbett- und Membrananlagen für kleinere Projekte, beispielsweise zum Einsatz in einem Einfamilienhaus, am geeignetsten sind (König 2013).

6.2.3.3.3.2 Membranbioreaktor

Im Folgenden soll die Aufbereitungstechnik mittels Membranbioreaktoren (MBR) näher beschrieben werden. Es ist die aktuell auf dem Markt dominierende Technik im Bereich der Grauwassernutzung (König 2013). Sie bietet, gerade im häuslichen Einsatzbereich, einige Vorteile

gegenüber den anderen genannten Techniken. Hierzu gehören der geringe Raumbedarf, die kleinen Reaktorvolumen, die verringerte Schlammproduktion (somit ist ein hohes Schlammalter möglich) und die geringe Anfälligkeit gegenüber Schadstoffspitzen (Melin et al. 2006). Als Nachteile dieser Technik sind mitunter die hohen Installations- und Wartungskosten sowie die mögliche Empfindlichkeit der Membranen gegenüber einigen Chemikalien anzuführen (Melin et al. 2006). Der Aufbau, die Planung und Bemessung sowie weitere Hinweise zu MBR-Anlagen sind im Regelwerk DWA-M 227 im Detail beschrieben. Abb. 6.7 gibt beispielhaft ein Fließbild einer solchen MBR-Anlage wieder.

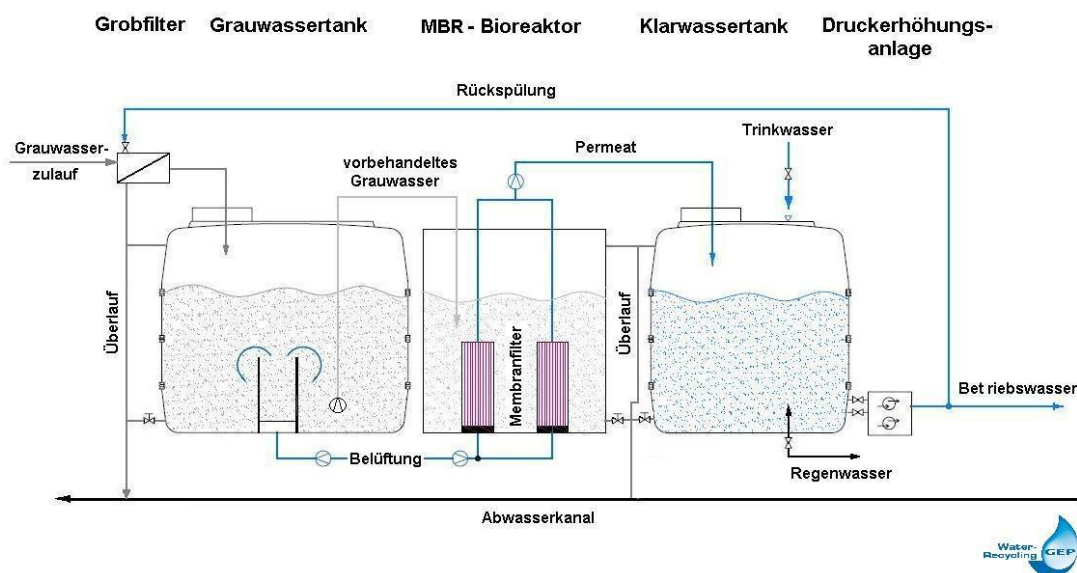


Abb. 6.7: Fließbild einer Grauwassernutzungsanlage mit MBR (GEP Umwelttechnik 2010).

Das anfallende Grauwasser aus den verschiedenen Nutzungsorten wird gemeinsam abgeleitet und durch einen mechanischen Vorfilter von groben Partikeln befreit (s. Abschnitt 6.2.3.3.2). Das gefilterte Wasser läuft in den ersten Speicher (Grauwassertank). Dieser dient zum einen als hydraulischer Puffer bei Zulaufschwankungen zur gleichmäßigen Beschickung des Membranbioreaktors. Zum anderen findet hierbei die erste biologische Reinigung statt. Aus dem Grauwassertank wird das vorbehandelte Grauwasser in den Bioreaktor gepumpt. Innerhalb des Reaktors, in dem sich die Membranfilter befinden, findet ein kontinuierlicher, biologischer Abbau organischer Stoffe durch Mikroorganismen statt. Die aerobe biologische Reinigung (Grauwassertank und Bioreaktor) erfolgt im belüfteten Wirbel- bzw. Schwebebett. Hierbei siedeln sich Bakterien auf der Oberfläche von Füllkörpern (meist Kunststoffe), Schwebekörper genannt, an. Durch Eindüsen von Luft am Boden des Bioreaktors und des Grauwassertanks werden die besiedelten Schwebekörper in Schwebelage gehalten und mit dem für die Stoffwechselvorgänge benötigten Sauerstoff versorgt. Zusätzlich werden die Schwebekörper durch die Bewegung von der überschüssigen Biomasse gereinigt. Die zu Boden sinkende Biomasse wird regelmäßig entnommen und der Kanalisation zugeführt.

Die dritte Reinigungsstufe ist die Membranfiltration (Abb. 6.8). Diese Membranfilter sind als Kassettenmodule (auch Platten-, Rohr-, Spiralwickelmodule etc. möglich (Li 2004)) in den MBR-Behälter integriert. Bei der Grauwasserreinigung kommen meist Porenmembrane im Bereich der Mikro- und Ultrafiltration zum Einsatz. Durch die geringe Porengröße von bis zu 0,00005 mm (ewuaqua 2011) können Partikel und Bakterien zurückgehalten werden (fbr 2009). Das zu filtrierende Rohwasser der biologischen Stufe wird als Feed, das filtrierte Betriebswasser wird als Permeat bezeichnet. Die Membranen sind in den Bioreaktor eingetaucht. Durch Unterdruck auf der Permeatseite (transmembrane Druckdifferenz) werden der Fluss

des Rohwassers durch die Membran und somit die Filtration „erzwungen“. Das Produkt ist Betriebswasser (Abb. 6.9).

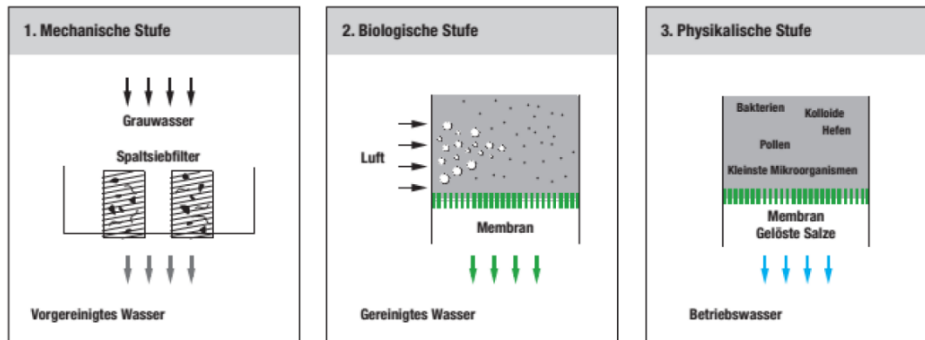


Abb. 6.8: Behandlungsstufen des Membranbelebungsverfahrens (MALL Umweltsysteme).

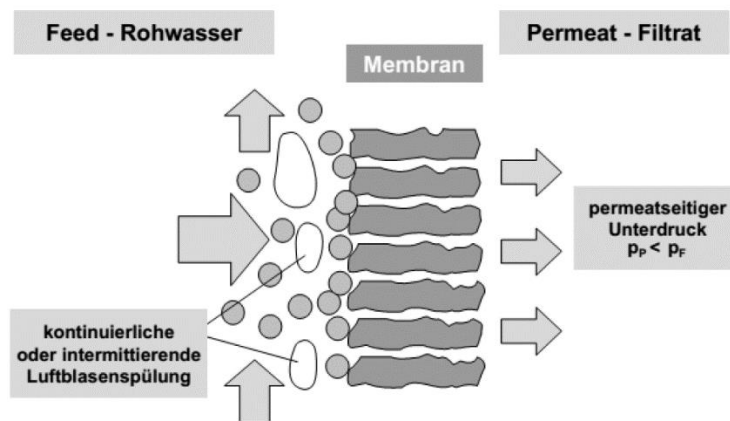


Abb. 6.9: Betriebsweise der getauchten Membran eines MBR (Melin und Rautenbach 2007).

Während des Filterprozesses kommt es zu Ablagerungen von Partikeln an der Oberfläche der Membran und folglich zur Bildung einer Deckschicht. Hierdurch entsteht eine Verblockung und Fouling der Membran, der Transportwiderstand steigt und der Durchfluss nimmt ab. Aus diesem Grund kommt auch der Vorbehandlung eine wichtige Rolle zu. Diesem Effekt wirkt die durch den Beckenboden eingetragene Luft entgegen. Die aufsteigenden Luftblasen verursachen Scherkräfte an der Membranoberfläche und reduzieren die Deckschichtbildung. Allein diese Maßnahme ist jedoch nicht ausreichend, um die Deckschichtbildung zu verhindern, weshalb die Membran zusätzlich in kurzen Intervallen rückgespült und chemisch behandelt wird (Melin und Rautenbach 2007).

Das Permeat wird im Klarwassertank gespeichert und von hier aus an die Verbrauchsstellen verteilt. Die Steuerung der Aufbereitungsanlage (Pumpbetrieb, Belüftung, Trinkwassernachspeisung, Druckerhöhung etc.) erfolgt meist in kompakten Hauswasserwerken, ähnlich der Regenwassernutzungsanlagen.

6.2.3.3.3 Vertikal durchströmte bepflanzte Bodenfilter

Ein bepflanzter Filter (z. B. Sand mit 0,2 mm Korngröße mit Schilf) wird durch eine Pumpe in vordefinierten, regelmäßigen Zeitabständen mit zu behandelndem Abwasser vertikal beschickt. Mikroorganismen im Filter- sowie im Wurzelbereich der Pflanzen bauen die organischen Bestandteile des Abwassers ab und reichern kohlenstoffhaltige Abbauprodukte, also Kohlenstoff, der nicht als CO_2 veratmet wurde und in Biomasse umgewandelt wurde, im Boden an. Dies dient den Pflanzen gleichzeitig als Humus (Dünger). Durch Wurzelwachstum und Bewegung der Pflanzen bei Wind wird die Durchlässigkeit des Bodens aufrechterhalten.

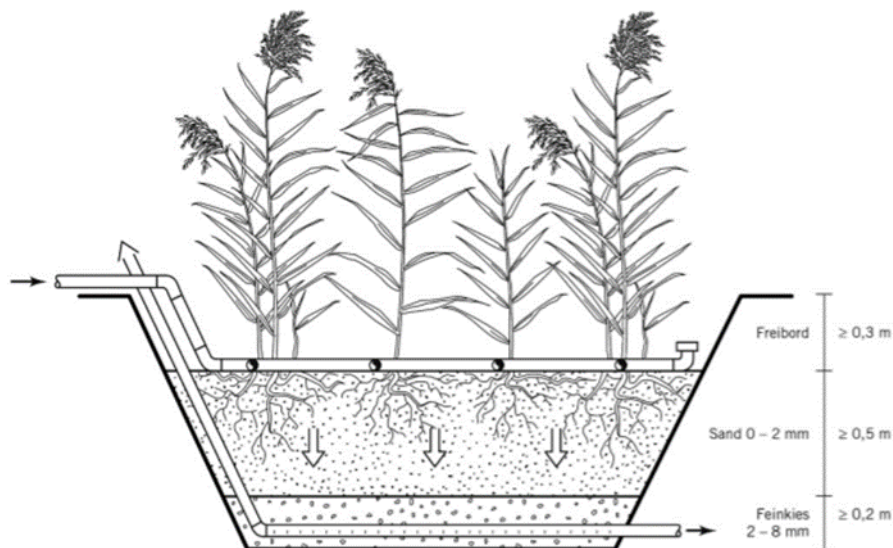


Abb. 6.10: Schematische Darstellung eines vertikal durchströmten, bepflanzen Bodenfilters (Regelwerk DWA-A 262).

Zu den Nachteilen des Verfahrens zählen, dass Nährstoffe nur bedingt eliminiert werden können und falls nötig es für diesen Zweck weiterer Behandlungsschritte bedarf. Gegebenenfalls wird eine nachgeschaltete Desinfektion notwendig (s. Abschnitt 6.2.3.3.4), da eine Keimreduktion nur bis zu 2 Zehnerpotenzen erfolgt. Ferner kann es im Sommer zu verdunstungsbedingten Wasserverlusten von bis zu 10 % kommen, was dann auf der Nutzerseite fehlt. Im Vergleich zum etablierten MBR-Verfahren, welches einen relativ hohen Energiebedarf, einen relativ hohen Betriebsmittelverbrauch zur Membranreinigung aufweist und evtl. eine aufwendige Aufbereitung erfordert, zeichnet sich der Bodenfilter durch seinen geringen Energiebedarf und Betriebsmittelverbrauch (keine künstliche Belüftung nötig) aus. Das Verfahren ist leicht umsetzbar. Bodenfilter haben einen hohen Flächenbedarf. Neuerdings konnte jedoch aufgezeigt werden, dass solche Bodenfilter aufgeständert betrieben werden können und nicht unbedingt im Erdboden eingelassen sein müssen (Morandi et al. 2021). Dies unterstreicht ihre Anwendbarkeit in dicht besiedelten Gebieten, wie städtischen Quartieren.

6.2.3.3.4 Nachbehandlung

Durch die Nachbehandlung werden pathogene Keime abgetötet und die Lagerfähigkeit erhöht. Ein häufig eingesetztes Desinfektionsverfahren stellt die photokatalytische Oxidation mittels ultravioletter Strahlung dar. Auf eine dauerhafte chemische Desinfektion (z. B. mit Chlor) sollte aufgrund der Bildung von Halogenkohlenwasserstoffen verzichtet werden (fbr 2005). In den letzten Jahren haben sich Membranfilter zur Entkeimung des biologisch behandelten Grauwassers bewährt. Die kompakte Bauweise und gute Klarwasserqualität auch bei unterschiedlichen Zulaufbelastungen machen die Membranfiltration im Bereich der Grauwasserreinigung zu einer flächendeckend eingesetzten Technik. Weitere Verfahren zur Nachbehandlung sind beispielsweise die Langsandsfiltration und die Aktivkohleadsorption (Li 2004).

6.2.3.3.5 Aufbereitungseffizienz

6.2.3.3.5.1 Membranbioreaktor

Ceconet et al. (2019) bietet eine umfangreiche Übersicht von 30 Veröffentlichungen, die die Effizienz von MBR-Anlagen zum Inhalt haben. Auffällig ist, dass bis auf 2 Veröffentlichungen

von BSB-Ablauf-Werten <5 mg/L berichten. Die Zulauf-Konzentrationen schwanken hier zwischen 20 und 400 mg/L. Damit werden die deutschen Qualitätsanforderungen an Betriebswasser eingehalten. Die Ablauf-CSB-Werte dagegen können Werte in der Größenordnung von 100 mg/L erreichen, wenn die Zulauf-CSB-Werte entsprechend erhöht sind (>300 mg/L). Die Regel sind jedoch CSB-Konzentrationen im Ablauf von <50 mg/L, in einigen Fällen sogar <10 mg/L. Der Feststoffgehalt im Ablauf ist, wie bei einer Membranfiltration zu erwarten, stets sehr gering, in den meisten Fällen wird er als „nicht messbar“ oder als „0 mg/L“ angegeben, während er im Zulauf gewöhnlich zwischen 10 und 50 mg/L liegt. Dementsprechend ist die Trübung im Ablauf auch in der Regel <1 NTU. Auch die Anzahl Gesamtcoliformer bewegt sich bei optimalem Betrieb der Anlage im Bereich <50 je 100 mL (im Zulauf schwankt diese Zahl zwischen den Größenordnungen 10^4 und 10^5 je 100 mL). Die deutschen Qualitätsanforderungen an Betriebswasser können mittels MBR somit für alle relevanten Parameter eingehalten werden.

6.2.3.3.5.2 Vertikal durchströmte bepflanzte Bodenfilter

Gemäß DWA (2015) weisen Bodenfilter eine sehr gute Kohlenstoff- und damit BSB- und CSB-Elimination auf (BSB₅ im Ablauf: 3 mg/L und CSB im Ablauf: <10 mg/L). Mit einer Keimreduktion um 1,5 bis 2 Zehnerpotenzen (gesamtciliforme Bakterien und fäkalcoliforme Bakterien), kommen Bodenfilter nicht an die Effizienz von MBR-Anlagen heran, weisen aber auch in dieser Hinsicht Erfolge auf (DWA 2015). Die fehlende Nährstoffelimination von Bodenfiltern, sofern diese nicht rezirkuliert und nicht eingestaut betrieben werden, kann bei Bedarf durch eine nachgeschaltete Nitrifikation bei Wassertemperaturen oberhalb von 12 °C erfolgen (Wirkungsgrad: 85–90 % Gesamt-N), da der Bodenfilterablauf sauerstoffhaltig ist (Regelwerk DWA-A 262). Im Vergleich zu Schmutzwasser (11 g/(EW×d)) weist Grauwasser jedoch vergleichsweise geringe N-Frachten auf (1 g/(EW×d)) (Regelwerk DWA-A 262). Die fehlende P-Elimination in Bodenfiltern könnte durch Zugabe von Filtermaterialien kompensiert werden (z. B. Zeolith oder granuliertes Eisenhydroxid (GFH)). Bei Verwendung von zeolithhaltigem Lavasand wurde eine bis zu 80%ige P-Elimination erreicht (Alewell et al. 2021; Bruch et al. 2011).

6.2.4 Versickerung

6.2.4.1 Einführung

Um Niederschlagswasser, das auf versiegelten Flächen auftritt, möglichst dem natürlichen Wasserkreislauf zuzuführen und bei Spitzenabflüssen nachgeschaltete technische Anlagen vor zu hohen Wassermassen zu schützen, bietet sich eine Versickerung an. Dies gilt auch bei der Nutzung von Wasserspeichern, die bei Starkregenereignissen selbst bei großzügiger Auslegung gelegentlich überlaufen. Dieser Überlauf oder das abgedrosselt abgegebene Wasser kann hier zuvorderst einer Versickerung – weil ökologisch und ökonomisch am sinnvollsten möglichst am Ort des Anfalls – zugeführt werden, bevor es in letzter Instanz im Falle zu hoher Regenabflüsse in den Kanal geleitet wird. Insbesondere bei Neubauten lohnt sich eine solche Investition, da diese im Vergleich zur nachträglichen Einführung wesentlich günstiger ist (Regelwerk DWA-A 138).

Es gilt möglichst Versickerungsanlagen mit Bodenpassage vorzuziehen (Flächen- oder Muldenversickerung, da unterirdische Versickerungsanlagen keine Reinigungsleistung aufweisen), sofern das nötige Speichervolumen verfügbar ist, da diese Bodenpassage durch Filtration, Ionenaustausch, Adsorption, Fällungsprozesse und biologische Elimination eine Reinigungswirkung hat. Je feinkörniger der Boden ist, desto stärker ist die Elimination von gelösten Stoffen ausgeprägt (Ton- und Schluffböden sind dagegen hierfür zu feinkörnig). Unabhängig

von dem Reinigungseffekt werden diese als Grünelement im Quartier angesehen und tragen zur Freiraumgestaltung positiv bei. Die Reinigungsleistung hängt u. a. vom Humus-, Ton-, Eisen-, Mangan- und Aluminiumoxidgehalt (Metalloxide dienen als Adsorbentien) sowie vom pH-Wert (je höher der pH-Wert (möglichst 6–8), desto eher fallen Metallionen aus und verlassen die gelöste Phase) ab. Unter Berücksichtigung der Beibehaltung der Durchlässigkeit des Bodens und ausbleibender Freisetzung von Stickstoff, kann durch Zugabe von zusätzlichem Bodenmaterial wie z. B. Bentonit, Humus, Kompost, Kalk, karbonathaltige Sande etc. die Reinigungswirkung verbessert werden. Gemäß Regelwerk DWA-A 138 sollte die Dicke der Oberbodenschicht mindestens 10 cm betragen (Fein- und Mittelsande von der hydraulischen Durchlässigkeit $k_f \geq 10^{-5}$ m/s bevorzugt). Die Oberbodenschicht kann für die Durchlässigkeit (k_f -Wert) maßgeblich sein. Bei extrem niedrigen k_f -Werten von $<10^{-6}$ m/s wird eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit erforderlich. Langfristig kann die Reinigungs- und Versickerungsleistung aufgrund von Ablagerungen von Partikeln auf der Bodenoberfläche nachlassen.

Das Regelwerk DWA-A 138 teilt Abflüsse befestigter Flächen bzgl. ihres Einflusses auf das Grundwasser in drei Kategorien ein: unbedenklich, tolerierbar und nicht tolerierbar. Die Versickerung von Dachflächen (Ausnahmen bei bestimmten metallhaltigen Beschichtungen), Terrassen, Gründächern (wenn keine Dünge- und Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden), Wiesen aus Wohnbebauung, schwach frequentierten Parkflächen in Wohngebieten (jedoch keine Parkplätze von Supermärkten) mittels dezentraler Flächen- und Muldenversickerung sowie Mulden-Rigolen-Elementen gilt als unbedenklich, sodass in diesen Fällen keine Vorbehandlung nötig ist. Abflüsse, die als tolerierbar eingestuft werden, müssen vorbehandelt werden, entweder durch Maßnahmen, die der Versickerung vorgeschaltet sind (z. B. Sedimentation), oder die Reinigung durch die Bodenpassage einer Mulden- oder Flächenversickerung. Die Schmutzbelastung von Straßenflächen beispielsweise ist sehr stark abhängig von ihrer täglichen Verkehrsstärke (DTV). Mithilfe des DTV werden Straßenflächen in diese drei Toleranzkategorien eingeteilt. Nicht tolerierbare Abflüsse dürfen nur nach Vorbehandlung versickert werden oder müssen direkt in den Kanal abgeleitet werden. Diese Kategorie beinhaltet meist Abflussflächen in gewerblicher oder industrieller Nutzung. Grundsätzlich werden für Sonderflächen aus Gewerbe und Industrie Einzelfallentscheidungen nötig. Für Wasserschutzgebiete gelten Sonderregelungen. Eine Versickerung sollte in den Wasserschutzzonen I und II grundsätzlich vermieden werden.

Ferner werden Versickerungsanlagen gemäß ihrer hydraulischen Beschickung unterschieden. Entsprechend gelten unterschiedliche Anforderungen und Bedingungen. Zentrale, hochbelastete oberirdische Anlagen werden als solche mit einem Verhältnis $A_u:A_s \geq 15$ angesehen (A_u : undurchlässige Fläche, A_s : Versickerungsfläche), sie sind somit auch stärker stofflich belastet. Aber auch für breitflächige Versickerungsanlagen ($A_u:A_s \leq 5$) und selbst für teilweise dezentrale Flächen- und Mulden-Versickerungen und Mulden-Rigolen-Elemente ($5 < A_u:A_s \leq 15$) werden relativ hochbelastete Flächen toleriert (breitflächige Versickerung: z. B. sogar Abflüsse von Autobahnen, dezentrale Oberflächenversickerungsanlagen: z. B. Hauptverkehrsstraßen, darüber hinaus wird eine Vorbehandlung nötig, z. B. Sedimentation). Wird die Versickerung als Senke für den Ablauf einer Speicheranlage eingesetzt, ist eine Eingliederung gemäß $A_u:A_s$ nicht so einfach möglich, da ein Großteil des von der undurchlässigen Fläche abfließenden Wassers im Speicher abgefangen wird. Eine solche Versickerungsanlage wird grundsätzlich viel seltener beschickt als eine ohne vorgeschalteten Speicher.

6.2.4.2 Technische Anlagen

Das Regelwerk DWA-A 138 fasst Formen von Versickerungsanlagen samt zu beachtender Grundlagen, Vor- und Nachteilen zusammen. Im Folgenden werden Oberflächenversickerungsformen und die gängige Mulden-Rigolen-Variante vorgestellt.

Flächenversickerung

- Wasser wird über flache Rasenfläche oder unbefestigten Randstreifen gegeben,
- gleichmäßige Beschickung von Vorteil,
- keine Speicherefähigkeit,
- im Vergleich zu unterirdischen Anlagen höherer Flächenbedarf,
- reicht Fläche nicht aus, muss Muldenversickerung angewendet werden (mit Speicherewirkung).

Muldenversickerung

- Wasser wird in Mulde mit natürlicher Bepflanzung gegeben,
- Rasen-Bepflanzung, aber auch Bepflanzung durch Bodendecker und Hochstauden möglich,
- Beschickung möglichst oberirdisch über offene Zuleitungsrippen,
- maximale Einstauhöhe: 30 cm (z. B. zum Schutz vor Hineinfallen),
- Sollte nur kurzzeitig unter Einstau stehen,
- möglichst horizontale Ausführung um gleichmäßige Verteilung des Wassers zu gewährleisten,
- im Vergleich zu unterirdischen Anlagen höherer Flächenbedarf.

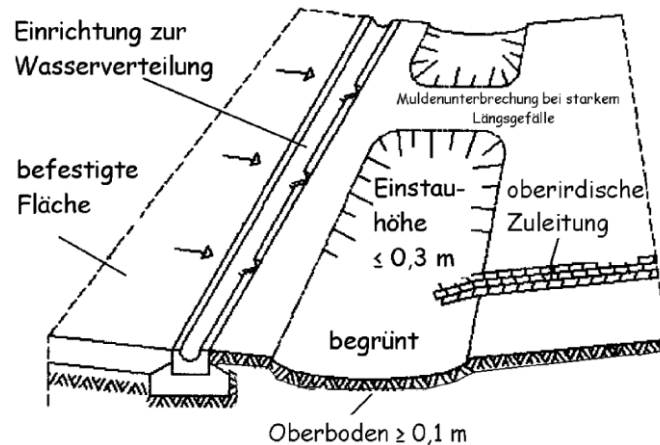


Abb. 6.11: Versickerungsmulde (Regelwerk DWA-A 138).

Mulden-Rigolen-Element

- Wenn $k_f < 5 \times 10^{-6}$ m/s, Erweiterung der Mulde um ein weiteres Speicherelement,
- Aufbau: Mulde mit darunterliegender Rigole (zwei voneinander getrennte Speicher), dadurch bei bis zu $k_f \geq 1 \times 10^{-6}$ m/s einsetzbar, dazwischen Sandschicht,
- Beschickung möglichst oberirdisch über offene Zuleitungsrippen (kein direkter Anschluss an Rigole),
- maximale Einstauhöhe: 30 cm (Oberboden: ≥ 10 cm und $k_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s),
- empfohlen: Überlauf zwischen Mulde und Rigole.

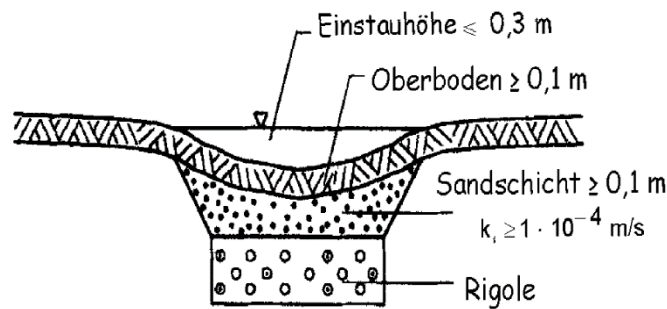


Abb. 6.12: Mulden-Rigolen-Element (Regelwerk DWA-A 138).

6.2.4.3 Bemessung

Für die Bemessung von Versickerungsanlagen wird zwischen einem einfachen Bemessungsverfahren mittels statistischer Niederschlagsdaten und Niederschlag-Abfluss-Langzeitsimulationen unterschieden.

Das **einfache Bemessungsverfahren** gilt nur für Einzugsgebiete $A_E < 200$ ha und für maximale Fließzeiten bis zur Versickerung von 15 min. Als zulässige Überschreitungshäufigkeit des Speichervolumens wird 10 Jahre empfohlen.

Das Speichervolumen in m^3 wird hierin unter Verwendung folgender Gleichung bestimmt:

$$V = (Q_{zu} - Q_S) \times D \times 60 \times f_Z \times f_A \quad (6.5)$$

Dabei sind

Q_{zu} : der Versickerungszulauf in m^3/s ,

Q_S : die Versickerungsrate in m^3/s ,

D : die Regendauer in min,

f_Z : der Zuschlagfaktor (Vorbeugung vor Unterbemessung, Empfehlung: 1,1–1,2),

f_A : der Zuschlagfaktor (Abminderungsfaktor, bei dezentralen Anlagen geringe Fließzeiten, daher Empfehlung: 1).

Dabei ist der Versickerungszulauf in m^3/s während der Regendauer D :

$$Q_{zu} = 10^{-7} \times r_{D(n)} \times A_u \quad (6.6)$$

$r_{D(n)}$: die Regenspende in $L/(sxha)$ bei Dauer D und Häufigkeit n ,

A_u : die undurchlässige Fläche in m als Produkt des Einzugsgebiets A_E und des Abflussbeiwerts ψ .

Die Versickerungsrate in m^3/s während der Regendauer D berechnet sich zu:

$$Q_S = k_{f,u} \times A_S = k_f / 2 \times A_S \quad (6.7)$$

$k_{f,u}$: die Durchlässigkeit in m/s in der ungesättigten Zone (meist als die Hälfte des k_f -Werts angenommen),

k_f : die Durchlässigkeit in m/s in der gesättigten Zone,

A_S : die Versickerungsfläche in m^2 (abhängig vom Wasserstand, vereinfachend die Horizontalprojektion der Wasserspiegeloberfläche).

Bei Versickerungsanlagen mit geringen Einstauhöhen wird i. d. R. ein hydraulisches Gefälle von 1 angenommen. Bei Flächenversickerungen wird meist $D = 10$ min und bei großen und

flach geneigten Anschlussflächen $D = 15$ min angenommen. Die maßgebende Dauer des Bemessungsregens D muss schrittweise bestimmt werden, da die statistische Regenspenderhöhe mit der Regendauer D variiert.

Die Verwendung von **Langzeitsimulationen** wird für gekoppelte Systeme und zentrale Versickerungsanlagen empfohlen. Dabei gilt es gemäß Regelwerk DWA-A 138 mindestens folgende Punkte zu berücksichtigen (Merkblatt DWA-M 165-1; Regelwerk DWA-A 117):

- „Abflussbildung für angeschlossene befestigte und unbefestigte Flächen,
- Abflusskonzentration zur Berücksichtigung des gebietsspezifischen Abflussverhaltens,
- Fließzeiten des Abflusstransportvorgangs,
- wasserstandsabhängige Berechnung der Versickerungsrate,
- bei Wasserbilanzberechnungen: Speicherprozesse im Boden.“

Die Länge der Zeitreihe sollte mindestens so lang wie die für die Bemessung gewählte Wiederkehrzeit des Regens T_n sein. Grundsätzlich sollte die Niederschlagszeitreihe mindestens 10 Jahre beinhalten. Die maßgebliche Wiederkehrzeit sollte gemäß dem Gefährdungspotential bei Überstau der Anlage gewählt werden. Für dezentrale Versickerungsanlagen wird grundsätzlich eine Wiederkehrzeit T_n von 5 Jahren empfohlen (bei zentralen Anlagen 10 Jahre). Bei einem Bemessungsregen von $T_n = 1$ Jahr sollte die Entleerungsdauer maximal 24 h betragen.

6.2.4.4 Versickerung von aufbereitetem Grauwasser

Versickerungsanlagen dienten lange Zeit lediglich zur Versickerung von Niederschlagsabflüssen. Dadurch, dass aufgrund der neuen Entwicklungen, immer mehr Grauwasser zur Abdeckung von Betriebswasser eingesetzt wird, stellt sich die Frage nach der Erlaubnis bzw. Möglichkeit, aufbereitetes Grauwasser in solchen Anlagen ebenfalls versickern zu können. fbr (2005) fasst diesen Aspekt folgendermaßen zusammen:

„Das Versickern von gereinigtem Abwasser in einer technischen Versickerungsanlage z. B. in einer Sickermulde oder einer Sickerrigole muss von der zuständigen Wasserbehörde genehmigt werden. Im Einzelfall wurden solche Genehmigungen bereits erstellt. Dabei ist von Bedeutung, dass die Nährstoffe (Phosphor und Stickstoff) im Grauwasser nur einen Anteil von 2 bis 5 Prozent der Nährstoffe im häuslichen Abwasser haben. Bei der Verbringung von biologisch behandeltem Abwasser in den Untergrund ist die DIN 4261-1 (...) zu beachten (...).

Für die Versickerung von gereinigtem Abwasser wurden länderspezifische Richtlinien veröffentlicht. (...) Bei der Versickerung sind die entsprechenden länderspezifischen Anforderungen hinsichtlich Passage der Bodenschicht und hinsichtlich Flurabstandes der Versickerungsanlage zum Grundwasser zu berücksichtigen.“ (fbr 2005)

Bei Anschlusswerten von mehr als 15 Einwohnern lagen beispielsweise die hessischen Anforderungen für das Versickern von gereinigtem häuslichem und kommunalem Abwasser aus Kläranlagen für absetzbare Stoffe bei 0,1 mg/L, für BSB₅ bei 15 mg/L und für CSB bei 80 mg/L (HMUEJFG 1996). Angesichts der bedeutend strengeren Anforderungen an aufbereitetes Grauwasser zur Betriebswassernutzung (s. Abschnitt 6.2.1) und der Tatsache, dass bei Nutzung eines Speichers lediglich in seltenen Fällen, z. B. beim Überlauf des Speichers, zu versickerndes Wasser anfällt, müssten sich hier die Bedenken, aufbereitetes Grauwasser zu versickern, in Grenzen halten. Wird eine Genehmigung aufgrund bestimmter örtlicher Bedingungen dennoch nicht erteilt, besteht die Möglichkeit, das Speichersystem mit 2 Tanks zu versehen: einen Tank für das Sammeln des Niederschlags und einen wesentlich kleineren Tank für

das Sammeln von Grauwasser mit Überlauf in den Kanal. Durch die sehr gleichmäßige Zuleitung von Grauwasser, muss dieser Tank keine große Pufferkapazität aufweisen und kann so im Vergleich zum Niederschlagsspeicher vergleichsweise klein bemessen werden.

6.2.5 Grundlagen des erstellten ESB-Modells

6.2.5.1 Zielsetzung

Derzeitige Modelle zur Simulation von Regenspeichern konzentrieren sich hauptsächlich entweder auf die Aufgabe der Betriebswasserabdeckung oder auf die Aufgabe der Starkregenüberflutungsvorsorge. Oft fehlt sogar die Eingabemöglichkeit von Grauwasserwiederverwendung, die komplexe Eingaben erfordert. Die generelle Möglichkeit der komplexeren Eingabe von Eingangsdaten ist noch begrenzt. Quartiere mit mehreren Haushalten und gleichzeitig vorliegendem Gewerbe und weiterer Nutzung wie Kitas und Schulen müssen aufwendig manuell eingetragen werden. Frei zugängliche Software wie EPANET zur Berechnung von Betriebswassernetzen verfügt zwar über die Möglichkeit der Implementierung von Speichern, diese sind jedoch nicht für die komplexe Nutzung als Betriebswasseranbieter und als gleichzeitiges Retentionsbecken trivial anwendbar. Derzeitige Speichermodelle sind überdies für die Nutzung von erfahrenen Ingenieuren ausgelegt. Sieht die zukünftige städtische Entwicklung jedoch die ubiquitäre Nutzung von Regen- bzw. Grauwasserspeichern vor, muss es möglich sein, die Machbarkeit eines solchen Speichers innerhalb eines Wunschgebietes mit wenigen Klicks erproben zu können. Das Speicher-Modell soll folglich auch für Laien anwendbar sein. Die Erstellung des Modells hatte folgende grundlegende Zielsetzungen:

- Vereinfachte Bedienung („mit wenigen Mausklicks zum Ziel“),
- Verknüpfung von Betriebswasserversorgung (Ermittlung der Deckung des Betriebswasserbedarfs, des Trinkwassernachspeisungsaufwands, der Trinkwassereinsparung etc.) und Starkregenüberflutungsvorsorge (Eingabe von Versickerungssystemen möglich, Ermittlung des abgedrosselten und versickerten Ablaufs, der Kappung der Abflussspitzen etc.),
- Schnittstelle für den einfachen und schnellen Übertrag von (Nutz-)Flächen aus Katasterkarten in das Speicher-Modell, somit Eingabe mehrerer Gebäudenutzungstypen (Wohnen, Schule, Büro, Kita etc.) und/oder auch Punktquellen/-senken (z. B. Brunnenwasser) möglich,
- Schnittstelle für den einfachen und relativ schnellen Übertrag von Speicher-Modell-Daten für komplexere EPANET-Modellierung (z. B. Implementierung eines Versorgungsnetzes),
- basierend auf wissenschaftlicher Recherche hinterlegte Standard-Wasserbedarfe (typische Bedarfswerte, typische Wasserverbräuche, Möglichkeit der Eingabe von Wasserspartechnologien etc.),
- sofortige Ergebnisausgabe bei Änderung einer bestimmten Variablen (Vermeidung langer Berechnungszeiten),
- Möglichkeit der Speicher- bzw. Versickerungsdimensionierung durch automatisierte Variablenvariation.

Abb. 6.13 bietet eine Übersicht über die Funktionen des Speicher-Modells.

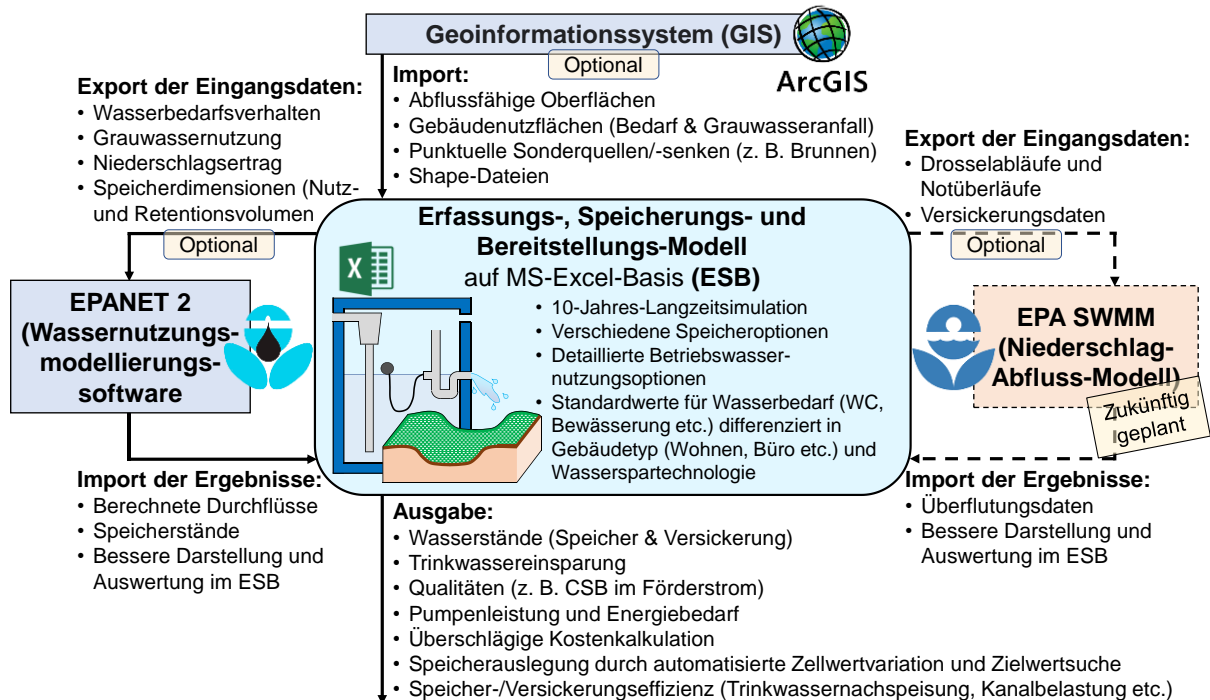


Abb. 6.13: Übersichtsskizze des ESB-Modells.

6.2.5.2 Grundlagen

Für die Speicherdimensionierung ist es erforderlich über einen längeren Zeitraum (laut DIN 5–10 Jahre) den Zulaufstrom zum Tank, die Trinkwassernachspeisung sowie den Überlaufstrom zu kennen. Für solch eine Dimensionierung ist es ausreichend, sämtliche Niederschlagswerte zum Speicher hin sowie Bedarfswerte vom Speicher weg zu erfassen und in einer Art Black-Box-Modell als Zufluss sowie Abfluss zu definieren. Es ist also nicht vonnöten für solche Zwecke das gesamte Betriebswassernetz zu modellieren. Eine solche Modellierung ist mittels MS Excel zu bewerkstelligen. Dies bietet den Vorteil, dass unterschiedliche Szenarien durch wenige Mausklicks rasch eingestellt werden können und auch die Rechenzeit weit kürzer ist als bei Verwendung von Modellierungssoftware wie EPANET 2 und EPA SWMM. Ein Excel-Modell bietet die Möglichkeit der Modellierung eines Retentionsspeichers, von Versickerungssystemen, des Stromverbrauchs, der Berechnung von Trinkwassereinsparung und der Implementierung einer bedarfsgerechten Bewässerung von Grünflächen. Ein solches Speicher-Modell wurde für die Erfordernisse an BOHEI erstellt. Abb. 6.14 zeigt die Benutzeroberfläche des Erfassungs-, Speicherungs- und Bereitstellungs-Modells (ESB-Modell).

Vom ESB-Modell wurden mehrere Versionen erstellt. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in den Rechenschrittgrößen von 1 Minute bis 1 Tag. Bei geringer Rechenschrittgröße können Ergebnisse innerhalb kürzester Zeit erzielt werden, da hier die Rechendauer nur sehr kurz ist. Hierbei können die Ergebnisse jedoch lediglich als überschlägig angenommen werden. Liegt der Fokus hingegen auf sehr genauen Ergebnissen, wie sie vor allem bei der Modellierung von Drosseln und Versickerungsanlagen erforderlich sind, stehen auch hierfür ESB-Modell-Versionen mit 6-min- und 1-min-Rechenschritten zur Verfügung. Ebenfalls bieten zwei ESB-Modell-Versionen die Möglichkeit der Koppelung mit der Wasserversorgungssoftware

EPANET 2, um beispielsweise ein Betriebswassernetz an den Speicher anzubinden oder Berechnungen aus der EPANET-2-Software benutzerfreundlich auswerten zu können (die Eingabe- und Auswerte-Möglichkeiten von EPANET 2 sind sehr schlicht).

Tab. 6.6: Übersicht über die erstellten ESB-Modell-Versionen (Vers.: Muldenversickerung).

Modellversion	Geschwindigkeit	Rechenschritte	Messwerte	Simulationszeiten	Versickerung	Wasserbilanz	Detail-Eingabe (GIS)	TW-Einsparung	EPANET-Verknüpfung	Pumpenauslegung	Speicherauslegung (Zellwertvariation)	Kostenkalkulation	Bemerkung
ESB1	Sehr schnell	1 d	1 d	10 a	Nein	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Für Betriebswasserbereitstellungsermittlung, zu ungenau für Entwässerungsbetrachtung
ESB1+Vers.	Sehr schnell	1 d	1 d	10 a	Ja	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Für Betriebswasserbereitstellungsermittlung
ESB2	Langsam	1 h	1 h	10 a	Nein	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Exakteste Variante (durch 6-min-Schritte sehr genau), verknüpft mit langer Rechendauer
ESB2+Vers.	Langsam	1 h	1 h	10 a	Ja	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Exakteste Variante (durch 6-min-Schritte sehr genau), verknüpft mit langer Rechendauer
ESB3	Sehr langsam	6 min	1 h	10 a	Nein	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Exakteste Variante (durch 6-min-Schritte sehr genau), verknüpft mit langer Rechendauer
ESB3+Vers.	Sehr langsam	6 min	1 h	10 a	Ja	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Exakteste Variante (durch 6-min-Schritte sehr genau), verknüpft mit langer Rechendauer
ESB4	Sehr schnell	1 min (Euler)	5 min	10 d	Nein	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Perfekt zur Dimensionierung von Retentionsvolumen und Versickerung geeignet
ESB4+Vers	Schnell	1 min (Euler)	5 min	10 d	Ja	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Perfekt zur Dimensionierung von Retentionsvolumen und Versickerung geeignet
ESB5	Schnell	≥6 min	↑	10 a	Nein	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Erlaubt die Verknüpfung zu EPANET 2

Wenn ESB-Modell-Versionen mit gleicher Nummer durch gestrichelte Linien getrennt sind, besteht die Möglichkeit einer Verknüpfung beider Excel-Dateien. ESB-Versionen mit gleicher Nummerierung, aber mit Trennung durch Punkt-Strich-Linien funktionieren völlig eigenständig. Graues Häkchen: Die Funktion ist in der Verknüpfung nicht enthalten, wird aber über Makros in der Haupt-Datei (also z. B. in ESB2, nicht in ESB2+Vers) für die Verknüpfung berücksichtigt.

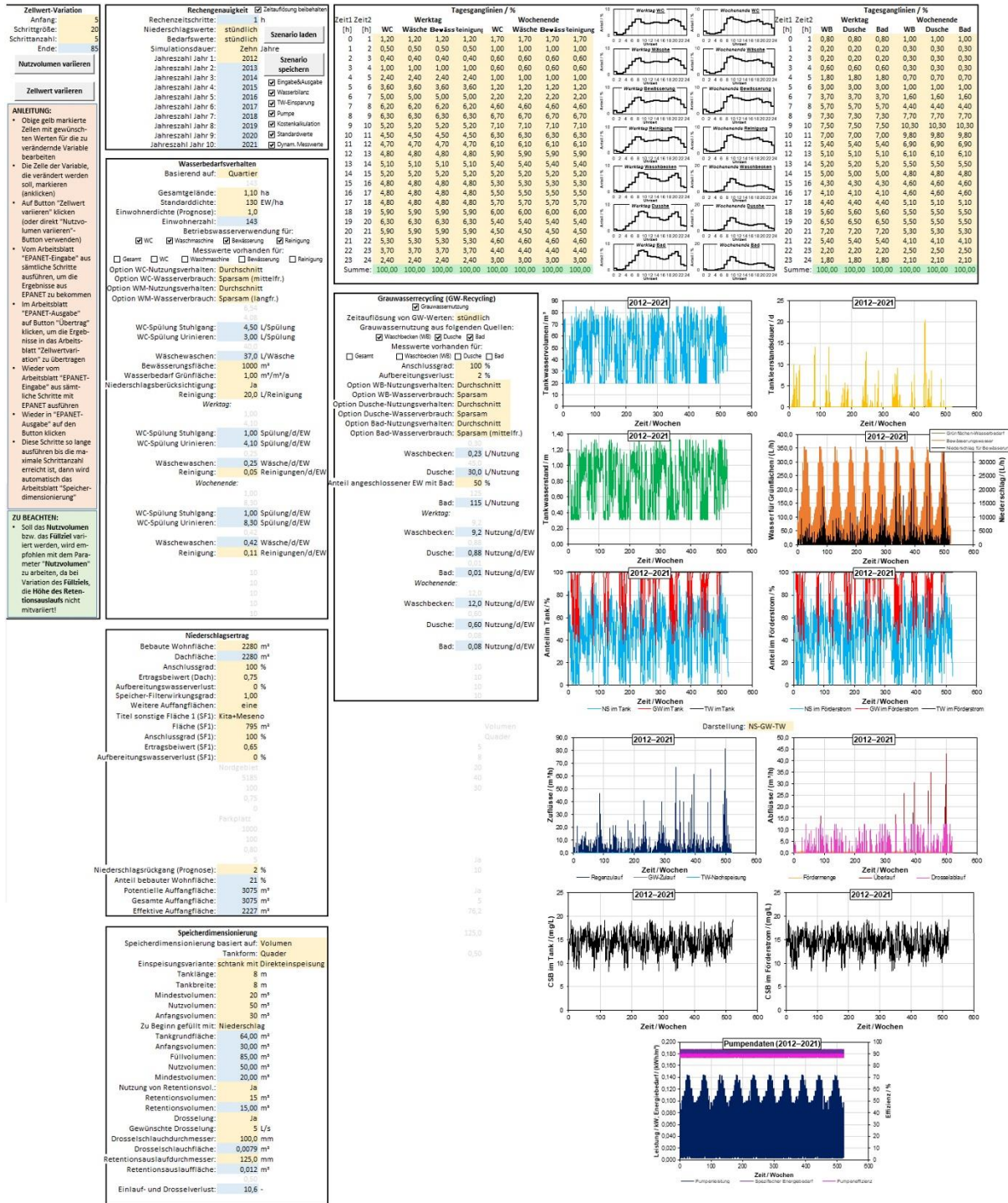


Abb. 6.14: Benutzeroberfläche des ESB-Modells (ESB).

6.2.5.3 Eingabemasken

Im Folgenden wird die Benutzeroberfläche des ESB-Modells im Detail erläutert.

Rechengenauigkeit		<input checked="" type="checkbox"/> Zeitauflösung beibehalten
Rechenzeitschritte:	1 h	
Niederschlagswerte:	stündlich	Szenario laden
Bedarfswerte:	stündlich	
Simulationsdauer:	Zehn Jahre	
Jahreszahl Jahr 1:	2012	Szenario speichern
Jahreszahl Jahr 2:	2013	
Jahreszahl Jahr 3:	2014	
Jahreszahl Jahr 4:	2015	<input checked="" type="checkbox"/> Eingabe&Ausgabe
Jahreszahl Jahr 5:	2016	<input checked="" type="checkbox"/> Wasserbilanz
Jahreszahl Jahr 6:	2017	<input checked="" type="checkbox"/> TW-Einsparung
Jahreszahl Jahr 7:	2018	<input checked="" type="checkbox"/> Pumpe
Jahreszahl Jahr 8:	2019	<input checked="" type="checkbox"/> Kostenkalkulation
Jahreszahl Jahr 9:	2020	<input checked="" type="checkbox"/> Standardwerte
Jahreszahl Jahr 10:	2021	<input checked="" type="checkbox"/> Dynam. Messwerte

Abb. 6.15: Rechengenauigkeit und Simulationszeitraum (ESB).

Rechengenauigkeit und Simulationszeitraum:

Gelbe Felder sind vom Nutzer auszufüllen. Die Auflösung der Niederschlags- sowie Wasserbedarfsdaten kann sowohl „täglich“ als auch „stündlich“ sein. Die Rechenzeitschritte können auf 6 min (10 Jahre Simulationszeitraum) oder 1 min (10 Tage Simulationszeitraum) herabgesetzt werden. Dies ist insbesondere für die Modellierung eines Retentionsspeichers von Wichtigkeit. Ferner kann (wie von der DIN 1989-1 vorgeschlagen) ein Zeitraum von bis zu 10 Jahren modelliert werden. Szenarien können per Makro gespeichert und geladen werden.

Wasserbedarfsverhalten	
Basierend auf:	Quartier
	143
Gesamtgelände:	1,10 ha
Standarddichte:	130 EW/ha
Einwohnerdichte (Prognose):	1,0
Einwohnerzahl:	143
Betriebswasser Verwendung für:	
<input checked="" type="checkbox"/> WC	<input checked="" type="checkbox"/> Waschmaschine
<input checked="" type="checkbox"/> Bewässerung	<input checked="" type="checkbox"/> Reinigung
Messwerte vorhanden für:	
<input type="checkbox"/> Gesamt	<input type="checkbox"/> WC
<input type="checkbox"/> Waschmaschine	<input type="checkbox"/> Bewässerung
<input type="checkbox"/> Reinigung	
Option WC-Nutzungsverhalten:	Manuell
Option WC-Wasserverbrauch:	Sparsam (mittelfr.)
Option WM-Nutzungsverhalten:	Manuell
Option WM-Wasserverbrauch:	Sparsam (langfr.)
	6,54
	4,08
WC-Spülung Stuhlgang:	4,50 L/Spülung
WC-Spülung Urinieren:	3,00 L/Spülung
	50,0
Wäschewaschen:	37,0 L/Wäsche
Bewässerungsfläche:	1000 m ²
Wasserbedarf Grünfläche:	1,00 m ² /m ² /a
Niederschlagsberücksichtigung:	Ja
Reinigung:	20,0 L/Reinigung
Werktag:	
WC-Spülung Stuhlgang:	1,00 Spülung/d/EW
WC-Spülung Urinieren:	4,10 Spülung/d/EW
WC-Spülung Stuhlgang:	1,00 Spülung/d/EW
WC-Spülung Urinieren:	4,10 Spülung/d/EW
Wäschewaschen:	0,25 Wäsche/d/EW
Wäschewaschen:	0,25 Wäsche/d/EW
Reinigung:	0,05 Reinigungen/d/EW
Wochenende:	
WC-Spülung Stuhlgang:	1,00 Spülung/d/EW
WC-Spülung Urinieren:	8,30 Spülung/d/EW
WC-Spülung Stuhlgang:	1,00 Spülung/d/EW
WC-Spülung Urinieren:	8,30 Spülung/d/EW
Wäschewaschen:	0,42 Wäsche/d/EW
Wäschewaschen:	0,42 Wäsche/d/EW
Reinigung:	0,11 Reinigungen/d/EW
	10
	10
	10
	10
	10

Abb. 6.16: Wasserbedarfsverhalten (ESB).

Wasserbedarfsverhalten

Die Eingabemaske für den Betriebswasserbedarf ist an die Anforderungen der Zielsetzung des BOHEI-Projekts angepasst (z. B. Eingabe von Einwohnerdichte, Geländefläche oder Variation des Wasserverbrauchs für verschiedene Szenarien). Blaue Felder sind Ausgabefelder. Für den Wasserbedarf können individuelle Tagesganglinien für Werktag und Wochenendtage definiert werden (Abb. 6.17). Für die einzelnen Wasserverwendungszwecke können sowohl als Standard festgelegte Verhaltensoptionen ausgewählt werden (z. B. sparsam, Durchschnitt, alte Technologie) oder diese manuell eingetippt werden. Sind dynamische Messwerte für die einzelnen Verwendungszwecke vorhanden, können auch diese in Eingabemasken wie Abb. 6.19 eingepflegt werden. Es besteht die Option, einen Prognosefaktor für solche Messwerte festzulegen (Multiplikation der einzelnen Messwerte mit diesem Faktor möglich). Hinsichtlich des Grünflächenbewässerungsbedarfs (monatlich definierbar) kann der Niederschlag berücksichtigt werden (das Modell prüft, ob an jedem Tag durch Regen der Bewässerungsbedarf gedeckt werden kann; bei zu geringem Niederschlag wird als Bewässerungsbedarf die Differenz zwischen vorhandenem Niederschlag und Bewässerungsbedarf am zu berechnenden Tag angenommen).

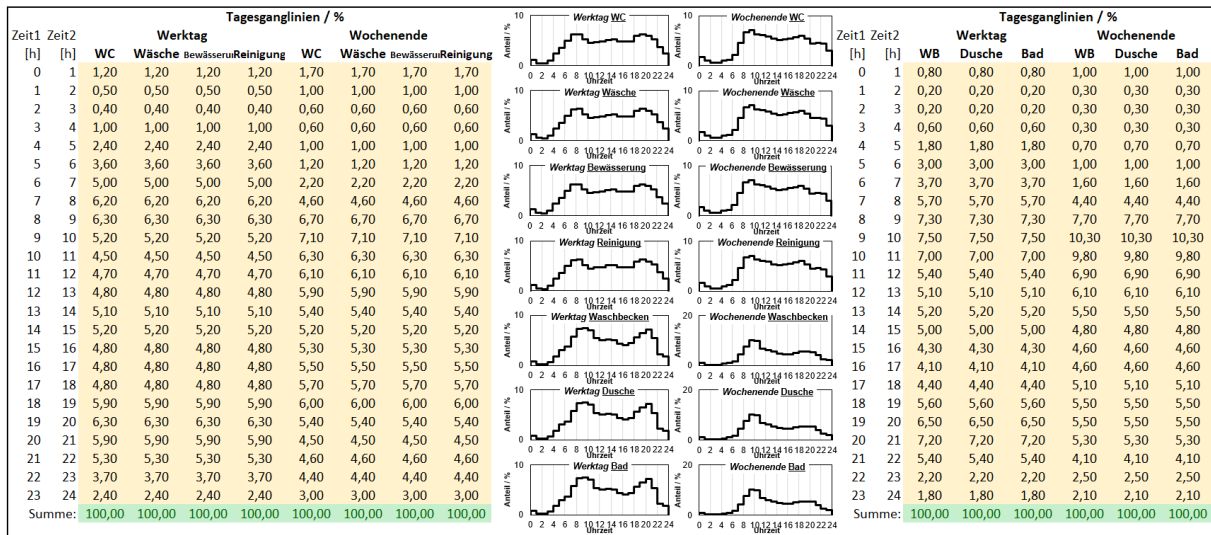


Abb. 6.17: Möglichkeit der Eingabe von Tagesganglinien für Werk- und Wochentage (ESB).

Niederschlagsbeitrag	
Bebaute Wohnfläche:	2280 m ²
Dachfläche:	2280 m ²
Anschlussgrad:	100 %
Ertragsbeiwert (Dach):	0,75
Aufbereitungswasserverlust:	0 %
Speicher-Filterwirkungsgrad:	1,00
Weitere Auffangflächen:	drei
Titel sonstige Fläche 1 (SF1):	Kita+Meseno
Fläche (SF1):	795 m ²
Anschlussgrad (SF1):	100 %
Ertragsbeiwert (SF1):	0,65
Aufbereitungswasserverlust (SF1):	0 %
Titel sonstige Fläche 2 (SF2):	Nordgebiet
Fläche (SF2):	5185 m ²
Anschlussgrad (SF2):	100 %
Ertragsbeiwert (SF2):	0,75
Aufbereitungswasserverlust (SF2):	0 %
Titel sonstige Fläche 3 (SF3):	Parkplatz
Fläche (SF3):	1000 m ²
Anschlussgrad (SF3):	100 %
Ertragsbeiwert (SF3):	0,80
Aufbereitungswasserverlust (SF3):	5 %
Niederschlagsrückgang (Prognose):	2 %
Anteil bebauter Wohnfläche:	21 %
Potentielle Auffangfläche:	9260 m ²
Gesamte Auffangfläche:	9260 m ²
Effektive Auffangfläche:	6891 m ²

Abb. 6.18: Niederschlagsbeitrag (ESB).

Niederschlagsbeitrag

Die Eingabemaske für den Niederschlagsbeitrag ist ebenfalls an die Anforderungen des BOHEI-Projekts angepasst (d. h. Möglichkeit der Eingabe von bebauter Wohnfläche und verschiedenen Auffangflächen, die in einzelnen Szenarien geprüft werden können). Einzugebende Parameter (projizierte Dachfläche, Ertragsbeiwert, Speicher-Filterwirkungsgrad) orientieren sich an Gleichung 6.1. Ferner kann ein Anschlussgrad definiert werden (als zusätzlicher Faktor in Gleichung 6.1 zu verstehen). Es können stündliche sowie tägliche Niederschlagswerte eingepflegt werden (Abb. 6.19). Die eingegebenen Niederschlagsdaten können zudem mit einem Niederschlagsrückgang-Wert versehen werden, um Zu- oder Abnahme des Niederschlags in der Zukunft zu simulieren. Die eingepflegten Niederschlagsdaten werden mit diesem Prognosefaktor prozentuell verrechnet.

Grauwasserrecycling (GW-Recycling)	
<input checked="" type="checkbox"/>	Grauwassernutzung
Zeitauflösung von GW-Werten: täglich	
Grauwassernutzung aus folgenden Quellen:	
<input checked="" type="checkbox"/>	Washbecken (WB)
<input checked="" type="checkbox"/>	Dusche
<input checked="" type="checkbox"/>	Bad
Messwerte vorhanden für:	
<input type="checkbox"/>	Gesamt
<input type="checkbox"/>	Washbecken (WB)
<input type="checkbox"/>	Dusche
<input type="checkbox"/>	Bad
Anschlussgrad: 100 %	
Aufbereitungsverlust: 2 %	
Option WB-Nutzungsverhalten: Manuell	
Option WB-Wasserverbrauch: Sparsam	
Option Dusche-Nutzungsverhalten: Manuell	
Option Dusche-Wasserverbrauch: Sparsam	
Option Bad-Nutzungsverhalten: Manuell	
Option Bad-Wasserverbrauch: Sparsam (mittelfr.)	
0,30	
Washbecken:	0,23 L/Nutzung
45,0	
Dusche:	30,0 L/Nutzung
Anteil angeschlossener EW mit Bad: 50 %	
125	
Bad:	115 L/Nutzung
Werktag:	
Washbecken:	9,2 Nutzung/d/EW
Washbecken:	9,2 Nutzung/d/EW
Dusche:	0,88 Nutzung/d/EW
Dusche:	0,88 Nutzung/d/EW
Bad:	0,01 Nutzung/d/EW
Bad:	0,01 Nutzung/d/EW
Weekend:	
Washbecken:	12,0 Nutzung/d/EW
Washbecken:	12,0 Nutzung/d/EW
Dusche:	0,60 Nutzung/d/EW
Dusche:	0,60 Nutzung/d/EW
Bad:	0,08 Nutzung/d/EW
Bad:	0,08 Nutzung/d/EW
10	
10	
10	
10	

Abb. 6.21: Grauwassernutzung (ESB).

Versickerung	
Versickerung:	Ja
Zu versickern:	Tanküberlauf & Drosselablauf
Art der Versickerung:	Mulde
Nach oben offen:	Ja
Umliegendes Einzugsgebiet:	150 m ²
Abflussbeiwert:	0,1
Detailgrad Flächenangabe:	Fläche
Muldenfläche auf Einstauhöhe:	100 m ²
Länge:Breite-Verhältnis:	1,5
Böschungsneigung	1 1:x / m:m
Maximale Einstauhöhe:	30 cm
Anfangsfüllstand:	0 cm
k _f -Wert:	5,0E-05 m/s
Überlauf:	Ja
Grundfläche:	88 m ²
Versickerungsflächensteigung:	40 m ² /m
Maximales Einstauvolumen:	28 m ³
Ungesättigte Durchlässigkeit:	2,5E-05 m/s

Abb. 6.22: Versickerung (ESB).

Grauwassernutzung

Die Grauwassernutzungseingabe ist ähnlich der Betriebswasserbedarfseingabe gestaltet. Auch hier sind eine tägliche und eine stündliche Zeitauflösung (Tagesganglinien, s. Abb. 6.17) möglich. Ferner können standardmäßig hinterlegte Werte angenommen werden oder manuelle Eingaben bzgl. Nutzungsverhalten getätigt werden. Sind Messwerte vorhanden, können diese ebenfalls berücksichtigt werden. Weitere zusätzliche Faktoren sind der Anschlussgrad, der sich auf die Einwohnerzahl (Abb. 6.16) bezieht sowie ein Aufbereitungsverlust (z. B. Verdunstungsverluste in Retentionsbodenfiltern), der je nach Aufbereitungsmethode ebenfalls berücksichtigt werden kann.

Versickerung

Es besteht die Möglichkeit einer zusätzlichen Versickerungsanlage (nach aktuellem Stand bisher nur eine Muldenversickerung). Es steht frei, welcher Ablauf (gedrosselter Retentionsablauf, Speicherüberlauf oder der Dachablauf direkt) der Versickerung zufließt. Ist die Versickerung nach oben hin offen, werden auf Wunsch auch Niederschlagsabflüsse aus dem umliegenden Einzugsgebiet berücksichtigt. Es können entweder direkt die Längen- (L) und Breitenmaße (B) oder das L:B-Verhältnis samt Muldenfläche auf Einstauhöhe eingegeben werden. Es wird von einer ungesättigten Durchlässigkeit ausgegangen, weshalb mit dem halbierten k_f -Wert gerechnet wird. Die für die Versickerung relevante Versickerungsfläche entspricht stets der Wasserspiegeloberfläche der Mulde, die mit Änderung des Wasserstands mitvariiert.

6.2.5.4 Ergebnisausgabe

Ergebnisse speichern		Ausgabe der Ergebnisse		Nur Gesamtzeitraum	
<input checked="" type="checkbox"/> Eingabe&Ausgabe		Simulationszeitraum: Gesamtzeitraum			
<input checked="" type="checkbox"/> Wasserbilanz	Wasser im Tank zu Beginn:	30 m ³			
<input checked="" type="checkbox"/> TW-Einsparung	Regen im Tank zu Beginn:	30 m ³			
<input checked="" type="checkbox"/> Pumpe	GW im Tank zu Beginn:	0 m ³			
	TW im Tank zu Beginn:	0 m ³			
Potentiell vorhandener Niederschlag:		22274 m ³			
Aufkommender Niederschlag:		22274 m ³			
Niederschlagszufluss zum Speicher:		16130 m ³			
Regenauffang:		72,4 %			
Potentiell vorhandenes unaufbereitetes GW:		14640 m ³			
Aufkommen unaufbereiteten Grauwassers:		14640 m ³			
Speicherzufluss aufbereiteten Grauwassers:		14347 m ³			
Dem Speicher zulaufendes pot. Grauwasser:		98,0 %			
Potentiell vorhandenes Wasser:		36914 m ³			
Aufkommendes/vorkommendes Wasser:		36914 m ³			
Gesamter Tankzufluss:		30477 m ³			
Trinkwassernachspeisung:		2011 m ³			
Fördermenge:		24421 m ³			
Regen im Förderstrom:		10460 m ³			
Aufb. GW im Förderstrom:		12008 m ³			
TW im Förderstrom:		1953 m ³			
Drosselablauf:		7633 m ³			
Regen im Drosselablauf:		5380 m ³			
Aufb. GW im Drosselablauf:		2206 m ³			
TW im Drosselablauf:		47 m ³			
Tanküberlauf:		395 m ³			
Regen im Überlauf:		275 m ³			
Aufb. GW im Überlauf:		109 m ³			
TW im Überlauf:		11 m ³			
Wasser im Tank zum Schluss:		69 m ³			
Regen im Tank zum Schluss:		45 m ³			
GW im Tank zum Schluss:		24 m ³			
TW im Tank zum Schluss:		0 m ³			
Deckung des BW-Bedarfs durch Regen:		42,8 %			
Deckung des BW-Bedarfs durch aufb. GW:		49,2 %			
Deckung des BW-Bedarfs durch TW:		8,0 %			
Trinkwassernachspeisungszeit:		460 d			
Maximale Leerstandsdauer:		21 d			
Regenfreie Zeit:		3273 d			
BW-Pufferung in regenfreier Zeit:		46,9 %			
Abgespeichertes/abgedrosseltes Wasser:		30082 m ³			
Abgespeicherter/abgedrosselter Zufluss:		98,7 %			
Kanalabfluss durch Speicher:		8028 m ³			
Kanalabflussanteil durch Speicher am Zufluss:		26,3 %			
Tankspitzenzufluss (Regen + GW):		82 m ³ /h			
Spitzenabfluss des Speichers:		43 m ³ /h			
Kappung des Spitzenabflusses:		47,4 %			

Abb. 6.24: Ergebnisausgabe (ESB).

Wie u. a. in Abb. 6.14, Abb. 6.24 und Abb. 6.25 zu sehen, können folgende Aspekte (visuell) dargestellt werden (sämtliche Darstellungen sind für den Gesamtsimulationszeitraum und für die einzelnen Jahre einsehbar):

- Potentiell vorhandener Niederschlag und potentiell nutzbares Grauwasser,
- Tankwasservolumen/Tankwasserstand,
- Leerstandsdauer (die Dauer, in der sich der Tank im Absenkziel befindet),
- Wasser für Grünflächenbedarf (vorhandener nutzbarer Niederschlag, Wasserbedarf für Grünflächen, Grünflächenwasserbedarf),
- Zuflüsse/Abflüsse des Haupttanks und des Zweitanks,
- Anteile von Niederschlag, Grauwasser und Trinkwasser in Tank-Zu- und -Abläufen,
- Qualität des Tankinhalts bzw. des Förderstrominhalts (Eingabemöglichkeit z. B. des CSBs für Niederschlag, Grauwasser und Trinkwasser möglich; daraus wird gemäß Mischungsverhältnis der Mittelwert errechnet),

Das ESB-Modell berücksichtigt die Anteile der jeweiligen Ströme (Niederschlag, Grauwasser und Trinkwasser) im Tankinhalt und in den Abflüssen des Tanks. Dadurch kann angezeigt werden, inwiefern Niederschlag und Grauwasser effektiv genutzt werden und wo der jeweilige ungenutzte Anteil abfällt (Überlauf, Drosselablauf etc.). Diese Anzeige ist sowohl für den gesamten Simulationszeitraum als auch für die einzelnen Jahre im Simulationszeitraum möglich (Abb. 6.25).

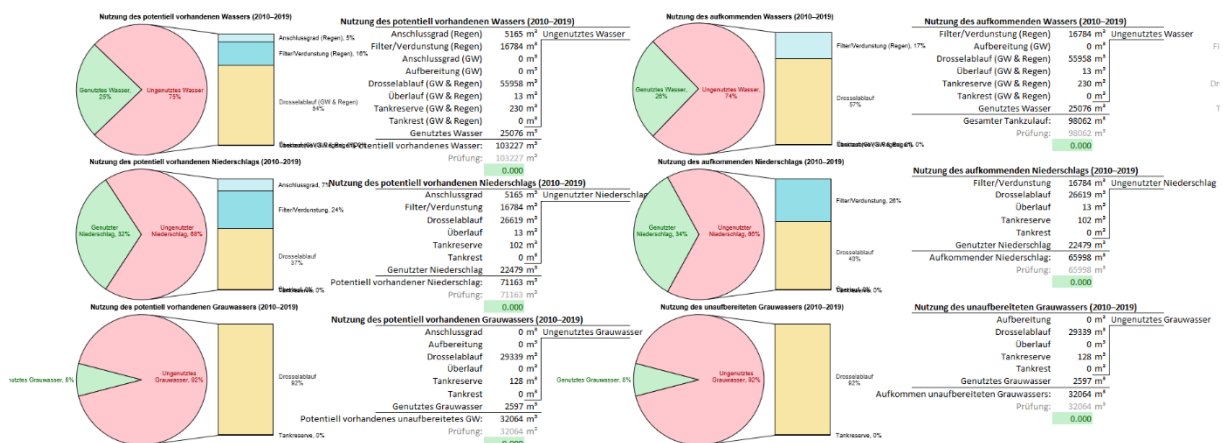


Abb. 6.25: Ausgabe des genutzten Potentials von Niederschlag und Grauwasser (ESB).

Die Effizienz des Speichers hinsichtlich Starkregenüberflutungsvorsorge kann anhand folgender Parameter ermittelt werden:

6. Wasserkreislaufwirtschaft

- Abgespeichertes und abgedrosseltes Wasser in %,
- Anteil des Abflusses des Speichers in den Kanal in %,
- Tankspitzenzufluss bzw. Kanalspitzenabfluss in m³/h,
- Kappung des Spitzenabflusses in %.

Wird zusätzlich eine Versickerung simuliert, stehen noch folgende Ausgabeparameter zur Verfügung:

- Der Versickerung zufließendes Wasser,
- versickerte Wassermenge,
- Über Überlauf abfließende bzw. aufgestaute Wassermenge,
- Qualität (z. B. CSB) im Versickerung-Zulauf, in dem Versickerung-Becken, dem Sickerwasser und dem Versickerung-Überlauf,
- abgespeichertes, abgedrosseltes und versickertes Wasser in %,
- Spitzenzufluss zum Gesamtsystem bzw. nur zur Versickerung in m³/h,
- Kanalspitzenabfluss des Gesamtsystems (Speicher + Versickerung) in m³/h,
- Kappung des Gesamtspitzenabflusses in % (mithilfe der Versickerung).

6.2.5.5 Zusätzliche Funktionen

Pumpendaten

Es besteht die Möglichkeit, für die Pumpenauslegung erforderliche Daten wie Pumpenkennlinien, Systemkennlinien basierend auf Rohrlängen, Rohrdurchmessern und Rauheitswerten, Mindest- und Maximalversorgungsdrücken etc. festzulegen, um überschlägig bestimmen zu können, welche durchschnittliche Pumpenleistung im Simulationszeitraum erforderlich ist, welcher spezifische Energiebedarf nötig wird und wie viel dafür an Stromkosten aufzubringen ist.

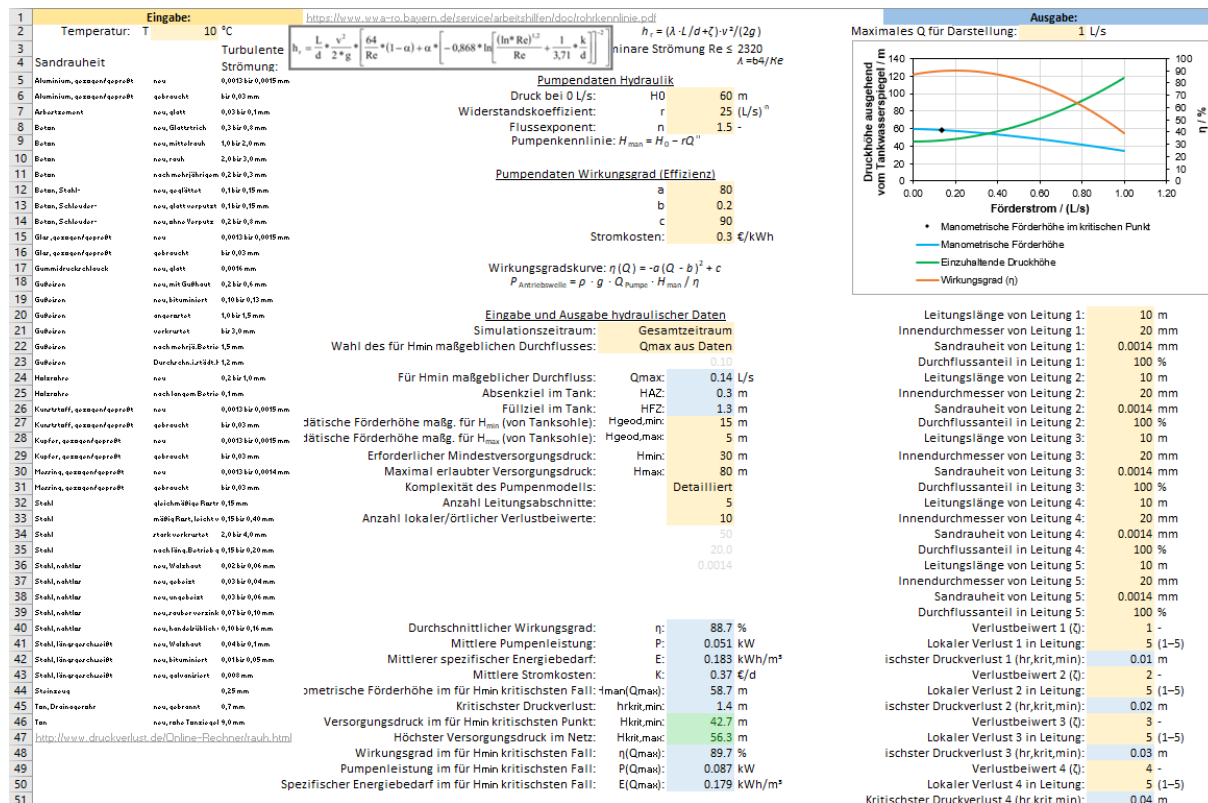


Abb. 6.26: Pumpendaten (ESB).

Trinkwassereinsparung

Es besteht die Möglichkeit den Wasserbedarf des Speicherszenarios mit dem Wasserbedarf eines Referenzszenarios (z. B. derzeitige Situation ohne Nutzung von Wasserspartetechnologien und ohne Speicher) zu vergleichen. So kann auf einfache Weise eingesehen werden, wie viel Trinkwasser allein durch die Nutzung von Wasserspartetechnologien möglich ist und wie viel Trinkwasser zusätzlich durch dessen Substitution durch Niederschlag und Grauwasser erreicht werden kann. Dies ist speziell für die Untersuchung der für das BOHEI-Projekt zu betrachtenden verschiedenen Szenarien von wichtiger Bedeutung.

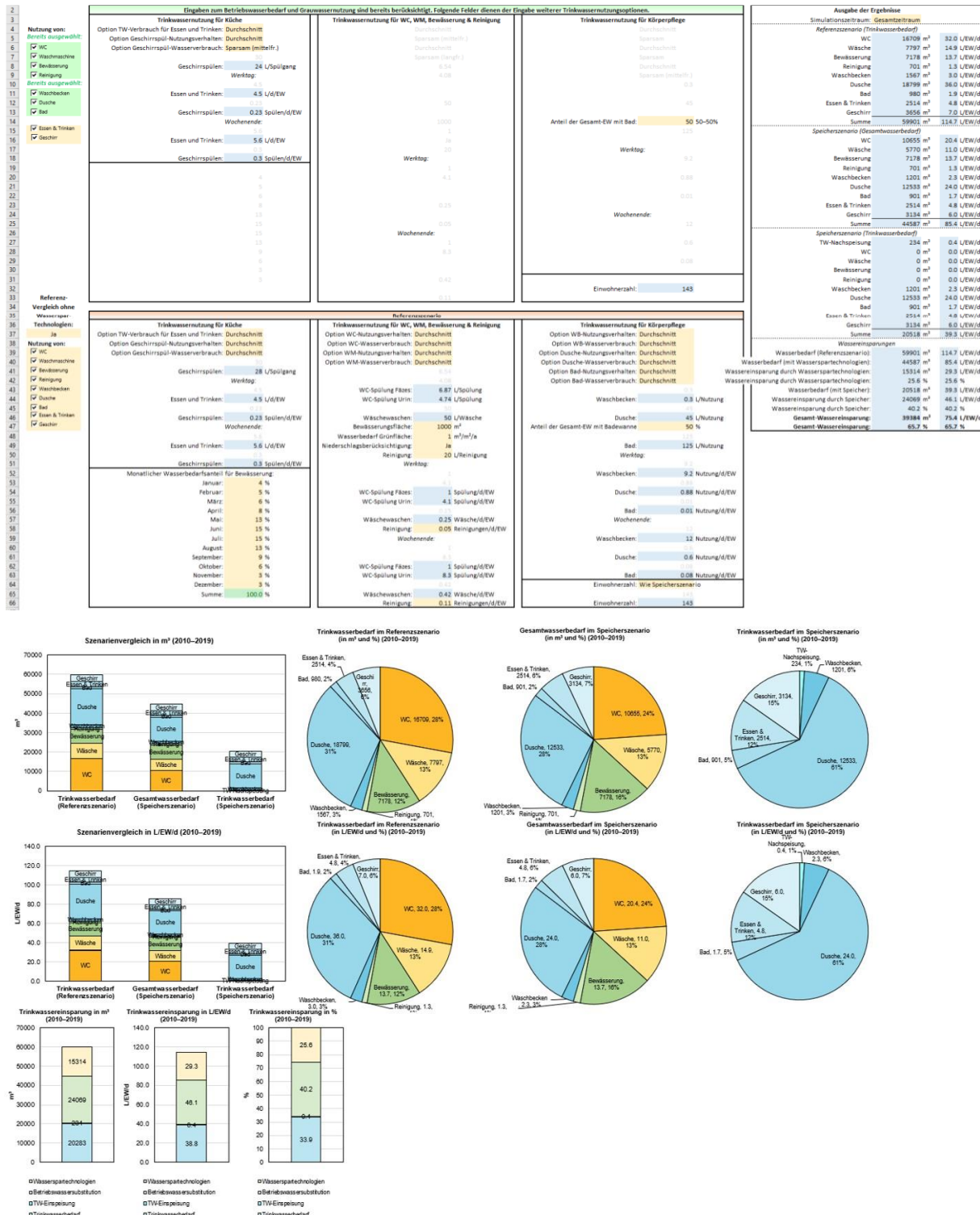


Abb. 6.27: Ausgabe des Trinkwassereinsparpotentials (ESB).

Qualitätsbetrachtung

Es können für jede Wasserquelle Qualitätsdaten wie z. B. der CSB eingegeben werden (Abb. 6.28). Das Modell ermittelt die Mittelwerte dieses Qualitätsparameters im Tank und im Förderstrom sowie in für die Versickerung relevanten Strömen.

Qualitätsbetrachtung:	
Parameter:	CSB Einheit:
Niederschlag:	3 mg/L
Trinkwasser:	1 mg/L
Aufbereitetes Grauwasser:	10 mg/L
Mittelwert im Tank:	4.88 mg/L
Mittelwert im Förderstrom:	4.88 mg/L

Abb. 6.28: Qualitätsbetrachtung (ESB).

Wasserbilanz

Es werden für das Speicherszenario und das Referenzszenario (s. „Trinkwassereinsparung“) Wasserbilanzen ausgegeben (Abb. 6.29). Die jährlichen Durchschnittswassermengen für Trinkwasser, Niederschlagswasser, Grauwasser, Betriebswasser und restliches Abwasser werden in Form von Pfeilen, deren Dicke proportional zur Wassermenge ist, wiedergegeben.

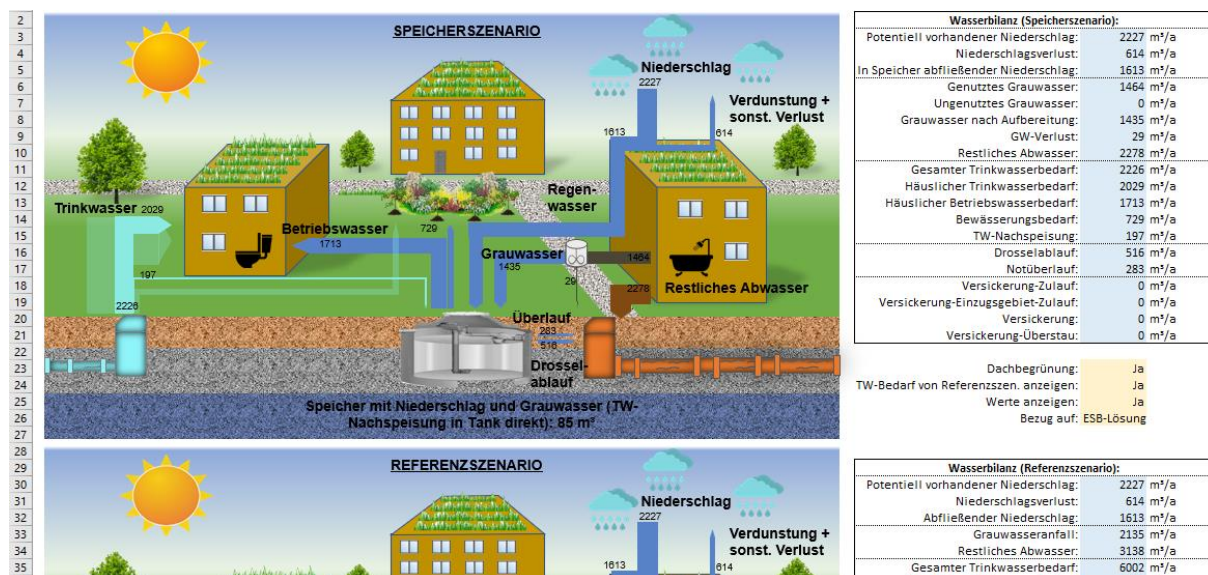


Abb. 6.29: Wasserbilanzausgaben für das Speicherszenario und Referenzszenario (ESB).

Speicherauslegung (Nutzvolumenauslegung)

Es besteht die Option, eine frei wählbare Variable, z. B. das Nutzvolumen, das Retentionsvolumen des Speichers oder die Fläche der Versickerungsmulde auf Einstauhöhe, durch ein Makro automatisiert von einem Anfangswert über eine festgelegte Anzahl von Schritten bis zu einem definierten Endwert laufen zu lassen. Die Ergebnisse aus der Ergebnisausgabe (Abb. 6.24) für jeden einzelnen Schritt werden dann in einem Diagramm aufgelistet. Je nachdem, welches Kriterium für die Speicherauslegung entscheidend ist, kann hier anhand des Kurvenverlaufs entschieden werden, wie z. B. das Nutzvolumen ausgelegt werden muss, um die gewünschte Zielsetzung des Speichers zu erreichen. Wasserspeicher, die zur Substitution von Trinkwasser durch Betriebswasser eingesetzt werden, haben das primäre Ziel, den Trinkwasserverbrauch zu senken. Es liegt somit nahe, zur Speicherauslegung die erforderliche Trinkwassernachspeisung abhängig vom Nutzvolumen zu betrachten. Zur Bestimmung des erforderlichen Speichervolumens bestehen zwei Möglichkeiten:

- Man legt einen maximal gewünschten Anteil von Trinkwassernachspeisung am Gesamtwasserbedarf fest und mittels Zielwertsuche wird das Speichervolumen für diesen Punkt ermittelt.
- Werden verschiedene Szenarien miteinander verglichen, die sehr unterschiedliche Trinkwassernachspeisungsmengen erfordern (z. B. eine Variante mit Niederschlagsnutzung und Grauwasserwiederverwendung vs. eine Variante lediglich mit Niederschlagsnutzung), treten sehr stark voneinander abweichende erforderliche Trinkwassernachspeisungsmengen, also prozentuale Anteile am Gesamtwasserbedarf, auf. Um diese Szenarien dennoch miteinander vergleichen zu können, besteht die Möglichkeit, eine gewünschte Steigung der Trinkwassernachspeisung-Nutzvolumen-Kurve als Kriterium für die Speicherauslegung heranzuziehen. Die Verwendung der Steigung als Zielwert hat den Vorteil, dass sie dimensionslos ist. Wie in Abb. 6.30 zu sehen, verläuft die Trinkwassernachspeisung-Nutzvolumen-Kurve stets als Exponentialfunktion, die mit Zunahme des Nutzvolumens immer flacher wird und gegen Null tendiert. Der Speicher sollte folglich an einem Punkt ausgelegt werden, an dem die Steigung nicht zu hoch, aber auch nicht zu niedrig ist, um eine möglichst hohe Effizienz zu erreichen.

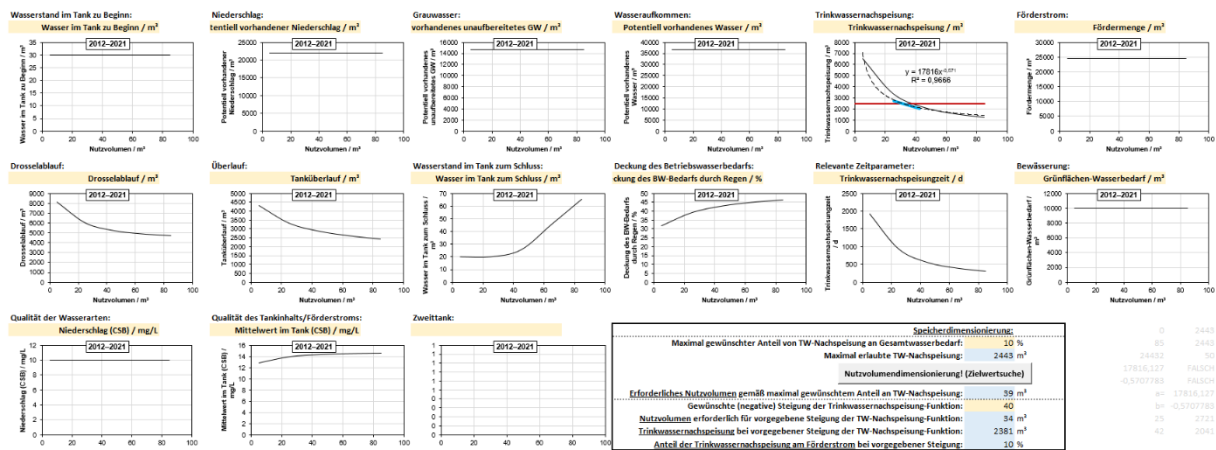


Abb. 6.30: Ergebnisausgabe nach Nutzvolumenvariation zur Auslegung des Speichers (ESB).

Starkregenmodellierung (Retentionsvolumen- bzw. Versickerungsauslegung)

Liegen dem Nutzer standardisierte Regenverläufe, Starkniederschlagshöhen und -spenden im Starkregenfall, typischerweise sog. Euler-Regen, vor, können diese Niederschlagsdaten in einer Extra-Variante des ESB-Modells, die auf minutlichen Rechenschritten basiert, eingepflegt werden. Auf Basis dieses Euler-Regens (s. Abb. 6.31) oder eines bis zu 10-tägigen Naturregens kann, wie oben für die Nutzvolumenauslegung beschrieben, das Retentionsvolumen oder die Versickerungsmuldenfläche auf Einstauhöhe variiert werden und so ermittelt werden, wie groß diese Parameter für einen bestimmten, kritischen Fall sein müssen. Der Nutzer kann beispielsweise die Dauerstufe (Regendauer) des Euler-Regens (bis zu 12 h) variieren oder die Wiederkehrzeit (1 Jahr bis 100 Jahre) festlegen (Abb. 6.32). Das Retentionsvolumen kann mittels Zielwertsuche für folgende Kriterien ausgelegt werden:

- Minimal gewünschter Anteil von gespeichertem und abgedrosseltem Wasser am Tankzulauf (z. B. 90 %, also nur maximal 10 % Überlauf gewünscht),
- minimal gewünschte Kappung des Spitzenabflusses in L/min (z. B. 90 %).

Für die Auslegung der Versickerung können folgende Kriterien festgelegt werden:

- Minimal gewünschte Versickerungseffizienz (d. h. Anteil versickerten Wassers am Versickerungszulauf) (z. B. 80 %),

6. Wasserkreislaufwirtschaft

- minimal gewünschter abgespeicherter, abgedrosselter und versickerter Zufluss (z. B. 90 %, also nur maximal 10 % Überlauf gewünscht),
- minimal gewünschte Kappung des Gesamtspitzenabflusses (z. B. 90 %).

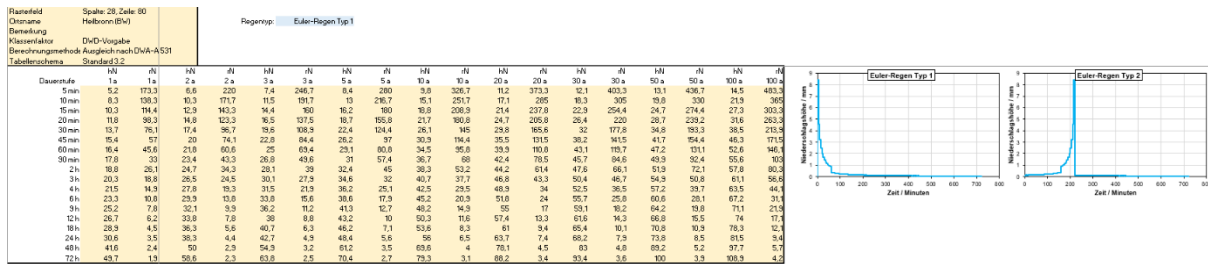


Abb. 6.31: Eingabe der Euler-Regen-Daten (ESB).

Zellwert-Variation

Anfang: 5

Schrittgröße: 5

Schrittanzahl: 5

Ende: 25

Retentionsvolumen variieren

Muldenfläche variieren

Zellwert variieren

Rechengenauigkeit

Rechenzeitschritte: 1 min

Niederschlagswerte: Euler-Regen Typ 1

Dauerstufe: 12 h

Wiederkehrzeit: 5 Jahre

Bedarfswerte: stündlich

Simulationsdauer: Zehn Tage

Startdatum: 30.11.2018

Startzeitpunkt des Regens: 0 Uhr

Wasserbedarfsverhalten

Basierend auf: Quartier

Abb. 6.32: Eingabemaske in ESB-Variante zur Starkregenmodellierung.

6.2.5.6 Dem Modell zugrunde liegende mathematische Gleichungen

Im Folgenden werden die dem ESB-Modell im Wesentlichen zugrundeliegenden Überlegungen und mathematischen Gleichungen erläutert. Abb. 6.33 gibt zunächst die wichtigsten für die Modellierung eines Retentionsspeichers erforderlichen Parameter wieder.

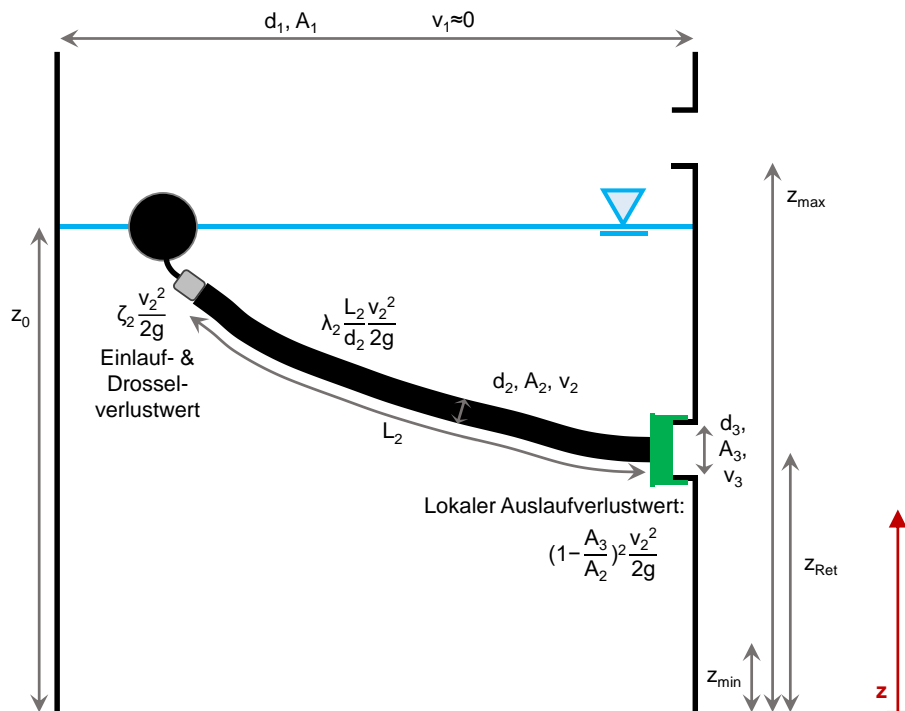


Abb. 6.33: Retentionsspeicherdaten (ESB).

Die Bildung des Energiegleichgewichts von Tankwasseroberfläche (1) und Drosselablauf (3) ergibt folgenden Zusammenhang (v : Geschwindigkeit, g : Erdbeschleunigung, p : Druck, A : Fläche, z : variable Wasserspiegelhöhe). Dabei sind sämtliche im Drosselrohr (2) auftretende lokale Verluste (ζ_2 durch das Regelventil sowie $(1-A_3/A_2)^2$ durch die Auslauferweiterung (Press und Schröder 1966) und Reibungsverluste ($\lambda_2 L_2/d_2$) gemäß Darcy-Weisbach berücksichtigt (λ : Rohrreibungszahl, L : Rohrlänge, d : Rohrdurchmesser).

$$\frac{v_1^2}{2g} + z + p_1 = \zeta_2 \frac{v_2^2}{2g} + \lambda_2 \frac{L_2}{d_2} \frac{v_2^2}{2g} + \left(1 - \frac{A_3}{A_2}\right)^2 \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_3^2}{2g} + z_{\text{Ret}} + p_2 \quad (6.8)$$

Auf beiden Seiten herrscht Atmosphärendruck, weshalb die Druckterme auf beiden Seiten der Gleichung eliminiert werden können. Ferner gilt bei quasistationärer Betrachtung, dass die Sinkgeschwindigkeit des Wasserspiegels im Tank bei Betrachtung der Energieerhaltung vernachlässigt werden kann. Der Term für die Geschwindigkeit v_2 kann mittels Kontinuitätsgleichung in Abhängigkeit von der gesuchten Geschwindigkeit v_3 dargestellt und in dieser Form in Gleichung (6.8) eingesetzt werden, um diese nach der gesuchten Auslaufgeschwindigkeit v_3 auflösen zu können. Ferner ist der Reibungsverlust verglichen mit dem lokalen Verlust durch das Regelventil sehr gering, also ebenfalls vernachlässigbar (der Reibungsverlust kann in dem Verlustbeiwert des Regelventils quasi berücksichtigt werden).

$$p_1 = p_2 = p_{\text{atm}} \quad \frac{v_1^2}{2g} \approx 0 \quad v_2 A_2 = v_3 A_3; \quad v_2 = \frac{A_3}{A_2} v_3 \quad \lambda_2 \frac{L_2}{d_2} \frac{v_2^2}{2g} \approx 0 \quad (6.9)$$

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen kann Gleichung (6.8) so umgeformt werden, dass die Auslaufgeschwindigkeit v_3 in Abhängigkeit von der Variablen z (Wasserspiegelhöhe) dargestellt werden kann.

$$v_3 = \sqrt{\frac{2g(z - z_{\text{Ret}})}{\zeta_2 \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 + \left(1 - \frac{A_3}{A_2}\right)^2 \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 + 1}} \quad (6.10)$$

Der Energieverlustterm im Nenner der Wurzel, der nur Konstanten enthält, kann für eine vereinfachte Darstellung durch m substituiert werden.

$$m = \zeta_2 \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 + \left(1 - \frac{A_3}{A_2}\right)^2 \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 + 1 \quad (6.11)$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{2g(z - z_{\text{Ret}})}{m}} \quad (6.12)$$

Ferner kann zwischen der Tankoberfläche (1) und dem Drosselablauf (3) ein Fließgleichgewicht (Kontinuitätsgleichung) aufgestellt werden. Hierbei wird die Geschwindigkeit v_1 als Term $-dz/dt$, also als die zeitliche Ableitung der Wasserspiegelhöhe, wiedergegeben.

$$-\frac{dz}{dt} A_1 = v_3 A_3 \quad (6.13)$$

Wird Gleichung (6.12) in Gleichung (6.13) eingesetzt, kann nach dt aufgelöst werden:

$$dt = -\frac{A_1 \sqrt{m}}{A_3 \sqrt{2g}} \frac{1}{\sqrt{z - z_{\text{Ret}}}} dz \quad (6.14)$$

Eine Integration auf beiden Seiten der Gleichung mit der Randbedingung, dass bei $t_1=0$ $z=z_0$ vorliegt, ergibt eine Gleichung, mittels der diejenige Zeit errechnet werden, die erforderlich ist

bis der Wasserspiegel vom Anfangswasserstand z_0 einen gewünschten Wasserstand z erreicht hat:

$$t = \frac{A_1 \sqrt{2m}}{A_3 \sqrt{g}} (\sqrt{z_0 - z_{Ret}} - \sqrt{z - z_{Ret}}) \quad (6.15)$$

Gleichung 6.15 kann so umgeformt werden, dass die Wasserspiegelhöhe z in Abhängigkeit von der Zeit t dargestellt wird. Dazu wird zur Vereinfachung der Darstellung noch die folgende Substitution durchgeführt:

$$n = \frac{A_1 \sqrt{2m}}{A_3 \sqrt{g}} \quad (6.16)$$

$$z = z_0 + \frac{t}{n} \left(\frac{t}{n} - 2\sqrt{z_0 - z_{Ret}} \right) \quad (6.17)$$

Für das Speicher-Modell ist es erforderlich, zum Ablauf der Schwimmdrossel (Q_D) noch die Zuläufe des Niederschlags (Q_N) und des Grauwassers (Q_G) sowie den Förderstrom der Pumpe (Q_P) miteinzubeziehen. Grundlegendes Prinzip des Modells ist es, je Zeitschritt ($t_2 - t_1$) das dem Speicher zufließende sowie abfließende Volumen (in m^3) dieser jeweiligen Ströme zu berechnen und dem im vorherigen Zeitpunkt vorliegenden Speichervolumen hinzuzuaddieren bzw. zu subtrahieren. Die am Ende des jeweiligen Zeitschritts vorliegende neue Wasserspiegelhöhe z_2 bzw. das im jeweiligen Zeitschritt dem Speicher zu- oder abgeführte Volumenpaket ΔV (für eine bessere Übersicht in der Ergebnisdarstellung sind die Volumenpakete als stets positive Werte anzunehmen; ΔV ist folglich $V_2 - V_1$ bei dem Speicher zufließenden Strömen und $V_1 - V_2$ bei vom Speicher abfließenden Strömen) errechnet sich für die jeweiligen Ströme unabhängig voneinander wie folgt (z_1 ist die am Anfang des Zeitschritts vorliegende Wasserspiegelhöhe im Speicher):

$$z_2 = z_1 + \frac{Q_N}{A_1} (t_2 - t_1); \Delta V_N = Q_N (t_2 - t_1) \quad (6.18)$$

$$z_2 = z_1 + \frac{Q_G}{A_1} (t_2 - t_1); \Delta V_G = Q_G (t_2 - t_1) \quad (6.19)$$

$$z_2 = z_1 - \frac{Q_P}{A_1} (t_2 - t_1); \Delta V_P = Q_P (t_2 - t_1) \quad (6.20)$$

$$z_2 = z_1 - \left(z_1 - \left(z_1 + \frac{t_2 - t_1}{n} \left(\frac{t_2 - t_1}{n} - 2\sqrt{z_1 - z_{Ret}} \right) \right) \right) \quad (6.21)$$

Gleichungen 6.18, 6.19, 6.20 und 6.21 können nun miteinander verflochten werden. z_1 wird dabei nur einmal verwendet.

$$z_2 = z_1 + \frac{Q_N}{A_1} (t_2 - t_1) + \frac{Q_G}{A_1} (t_2 - t_1) - \frac{Q_P}{A_1} (t_2 - t_1) - \left(z_1 - \left(z_1 + \frac{t_2 - t_1}{n} \left(\frac{t_2 - t_1}{n} - 2\sqrt{z_1 - z_{Ret}} \right) \right) \right) \quad (6.22)$$

Gleichung (6.22) lässt sich noch weiter vereinfachen, sodass eine Funktion entsteht, mittels der der Wasserstand im Speicher am Ende des Zeitschritts in Abhängigkeit vom Wasserstand am Anfang des Zeitschritts bzw. das dem/vom Speicher zugeführte/abgeführte Volumen bei gleichzeitigem Zu- und Abstrom durch Niederschlag, Grauwasser und Betriebswasser berechnet werden kann:

$$z_2 = z_1 + (t_2 - t_1) \left(\frac{Q_N}{A_1} + \frac{Q_G}{A_1} - \frac{Q_P}{A_1} + \frac{t_2 - t_1}{n^2} - \frac{2\sqrt{z_1 - z_{Ret}}}{n} \right);$$

$$\Delta V = (t_2 - t_1) \left(Q_N + Q_G - Q_P + \left(\frac{t_2 - t_1}{n^2} - \frac{2\sqrt{z_1 - z_{Ret}}}{n} \right) A_1 \right); \quad (6.23)$$

$$\Delta V = \Delta V_N + \Delta V_G - \Delta V_P + (t_2 - t_1) \left(\frac{t_2 - t_1}{n^2} - \frac{2\sqrt{z_1 - z_{Ret}}}{n} \right) A_1; \quad \Delta V = \Delta V_N + \Delta V_G - \Delta V_P - \Delta V_D$$

Die Zuströme durch Niederschlag und Grauwasser sowie der Abfluss durch die Förderpumpe sind durch Niederschlagsdaten, Grauwasseranfall und Bedarfswerte definiert und somit unabhängig vom vorliegenden Wasserstand. Dies gilt nicht für die Drossel. Wird der Zeitschritt zu weit gewählt, so kann es eintreten, dass durch die anderen Zuströme der Wasserstand so verändert wird, dass im nachfolgenden Zeitschritt das berechnete durch die Drossel abfließende Volumen nicht korrekt ist. Es gilt also: je feiner die Zeitschritte, desto genauer wird das Modell. Die Zeitschritte sollten ≤ 10 min betragen.

Der Fall eines Notüberlaufs tritt erst bei Überschreitung des maximalen Füllvolumens auf. Hierbei wird der Anteil des hinzugeflossenen Volumenpakets, der die Überschreitung hervorrief, berechnet und als Überlauf bewertet. Nachspeisungsströme sind ebenfalls abhängig vom Wasserstand im Haupttank. Wird das Absenzziel erreicht, wird je nach Tank/Einspeisungsvariante Grauwasser, Niederschlag oder Trinkwasser dem Förderstrom hinzuaddiert, um das Wasserdefizit auszugleichen.

6.2.6 Grundlagen der Modellierungssoftware EPANET 2

6.2.6.1 Einführung

Das ESB-Modell sollte nicht nur eigenständig Speicher modellieren können, sondern auch als Schnittstelle für Modelle mit der Möglichkeit der Simulation von Netzen oder Oberflächenabflüssen fungieren können. Um die Betriebswasserversorgungsseite abzudecken, wurde eine solche Verknüpfung zur Software EPANET 2 erstellt. Für die Zukunft ist eine Schnittstelle zur Software SWMM von EPA, einem Niederschlag-Abfluss-Modell, geplant.

EPANET 2 ist eine Modellierungssoftware entwickelt und kostenlos bereitgestellt von der Umweltschutzbehörde der Vereinigten Staaten (EPA). Mithilfe dieses Programms können über lange Zeiträume hydraulische Simulationen und Untersuchungen hinsichtlich des Wasserqualitätsverhaltens innerhalb von Druckrohrnetzen durchgeführt werden. Solche Netzwerke können Reservoirs (z. B. Wasseraufbereitungsklartanks, Seen oder Grundwasserleiter), Speichertanks, Pumpen, Knoten, Ventile sowie Leitungen enthalten. EPANET 2 verfolgt den Wasserfluss in jedem Rohr und den Druck an jedem Knotenpunkt, die Höhe des Wassers in jedem Tank und die Konzentration einer chemischen Spezies im gesamten Netzwerk während einer aus mehreren Zeitschritten bestehenden Simulationsperiode. Neben den chemischen Spezies (z. B. Analyse des Chlorzerfalls) können auch das Wasseralter (Aufenthaltszeit) und die Quellenverfolgung simuliert werden. EPANET 2 bietet eine integrierte Umgebung für die Bearbeitung von Netzeingangsdaten, die Durchführung von Hydraulik- und Wasserqualitätssimulationen und die Anzeige der Ergebnisse in verschiedenen Formaten. Dazu gehören farbkodierte Netzkarten, Datentabellen, Zeitreihendiagramme und Konturdiagramme (EPA 2000). Die Benutzeroberfläche ist anhand eines Beispiels in Abb. 6.34 dargestellt.

6. Wasserkreislaufwirtschaft

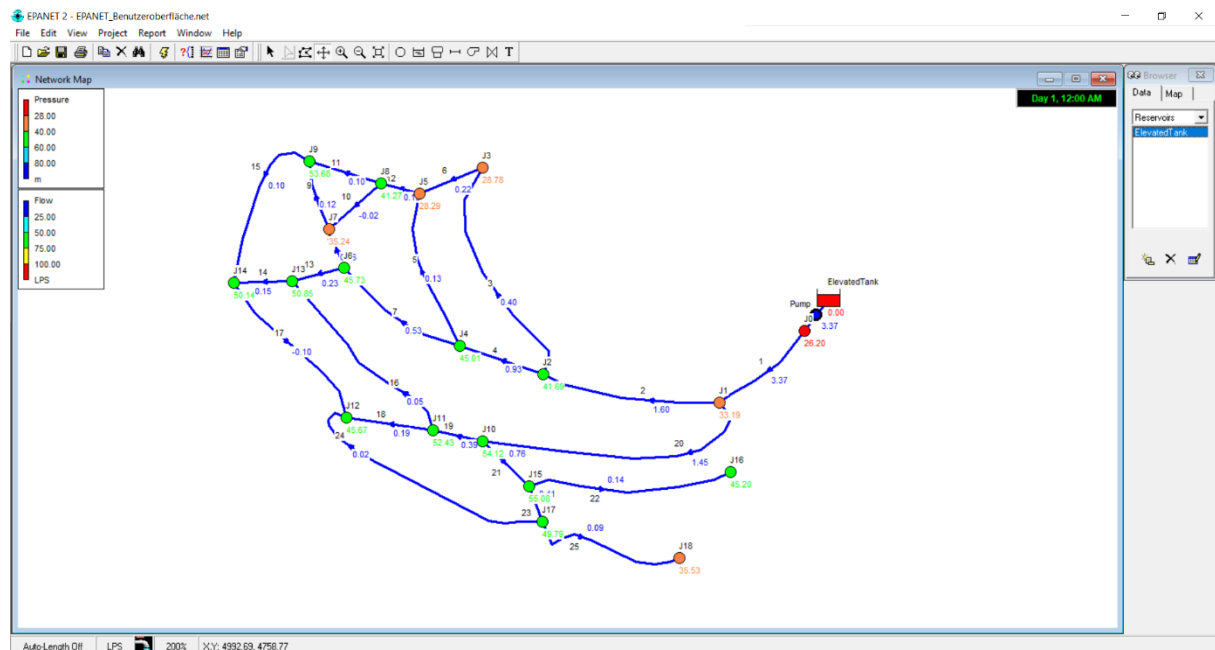


Abb. 6.34: Benutzeroberfläche von EPANET 2.

In EPANET 2 besteht die Möglichkeit einer regelbasierten Steuerung („Controls“-Option). Die regelbasierte Steuerung erlaubt es, den Status und die Einstellungen von Linienelementen (Leitungen, Pumpen und Ventile) von einer Kombination von Bedingungen abhängig zu machen. Zum Beispiel kann mithilfe dieser Funktion eine Pumpe abgeschaltet und eine Umgehungsleitung geöffnet werden, wenn der Füllstand in einem Tank einen bestimmten Wert überschreitet. Die regelbasierte Steuerung basiert auf einfacher IF-THEN-ELSE-Sprache.

EPANET 2 berechnet für Knotenelemente unter anderem die Druckhöhe, Energiehöhe, Qualität (z. B. Chlor-Konzentration) und das Wasseralter sowie für Linienelemente unter anderem den Durchfluss, Druckverlust, die Fließgeschwindigkeit und Qualität. Die Ergebnisausgabe ist wie bereits in Abb. 6.34 gezeigt für verschiedene Parameter wie Druckhöhe oder Durchfluss durch farbliche Skalierungen innerhalb der Netzdarstellung zu verschiedenen Zeitpunkten möglich. Ebenfalls besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse in Form von Tabellen (Abb. 6.35 links) oder zahlreichen Formen von Grafiken (in Abb. 6.35 rechts ist eine einfache Zeitreihe am Beispiel des zeitlich variierenden Wasserstands in einem Wassertank dargestellt) wiederzugeben. Zudem kann EPANET 2, wenn Pumpen im System vorliegen, deren Nutzungsdauer, durchschnittliche Effizienz, durchschnittliche Leistung in kW, den durchschnittlichen Energieverbrauch in kWh je m³ sowie laufende Kosten je Tag ausgeben.

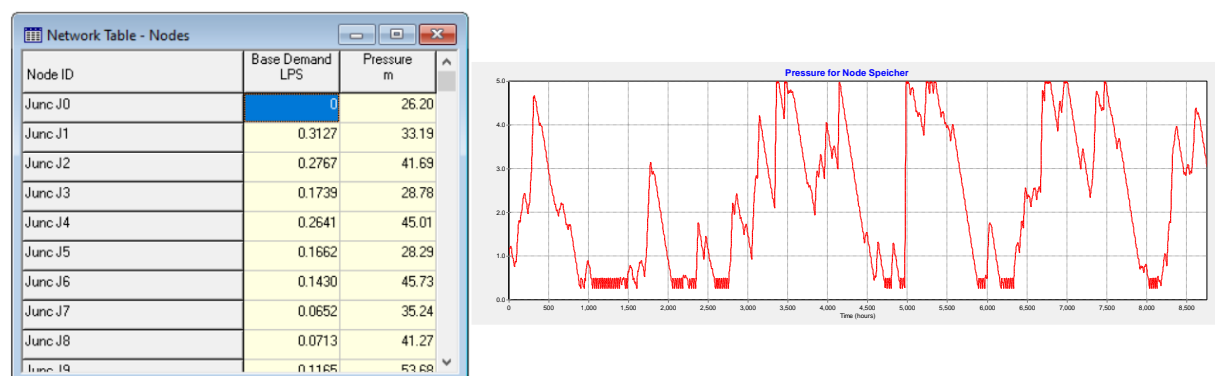


Abb. 6.35: Ausgabeformen in EPANET 2 anhand zweier einfacher Beispiele.

6.2.6.2 „Digitaler Zwilling“ des ESB-Modells in EPANET 2

Um dem Nutzer die Möglichkeit zu geben, ein Versorgungsnetz an das ESB-Modell anzuhängen oder feinere Rechenschritte in einem „digitalen Zwilling“ des ESB-Modells zu ermöglichen, wurde dem ESB-Modell für jede der sechs Tankformen/Einspeisungsvarianten eine Verknüpfung zu EPANET angefügt. Diese EPANET-2-Modelle wurden sowohl in „realistischer“ Ausführung (vollständige Modellierung eines Drucksteigerungstanks) als auch in „virtueller“ Ausführung analog zum ESB-Modell (Drucksteigerungsmodul ist in Form eines einfachen Knotenpunkts repräsentiert) gestaltet.

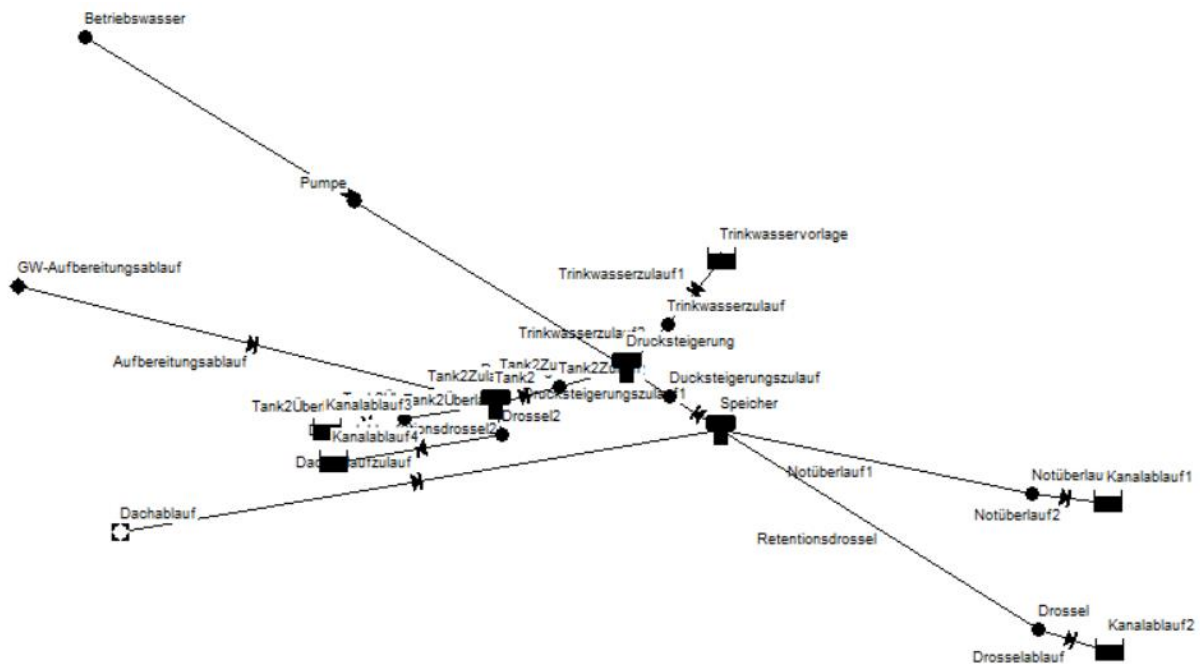


Abb. 6.36: EPANET-2-Modell für die Variante zweier Tanks (getrenntes Sammeln von Niederschlag und Grauwasser) und Trinkwassereinspeisung in eine Drucksteigungsanlage (diese hier als Tank simuliert).

6.2.6.3 ESB-Schnittstelle zu EPANET 2

Die Knoten und Leitungen in den EPANET-2-Modellen sind klar definiert und von den Verknüpfungen und Positionen her nicht veränderbar. Je nach Einspeisungsvariante, Wasserverbrauch, Niederschlags-ertrag etc. müssen jedoch Attribute der einzelnen Knoten und Leitungen, Bedingungsfunktionen oder Zeitoptionen in den Modellen angepasst werden. In dem ESB-Modell werden aus den vom Nutzer eingegebenen Bedarfs-, Niederschlags- und Speicherdaten die Patterns für die Knoten „Dachablauf“, „GW-Aufbereitungsablauf“ und „Betriebswasser“ errechnet. Je nach ausgewähltem Simulationszeitraum und gewünschter zeitlicher Rechenauflösung werden zudem die einzugebenden Zeitoptionen angegeben. Zudem werden gemäß der Nutzereingaben entsprechende in die EPANET-2-Modelle einzupflegende Daten wie Speicherdimensionen, Kurvenfunktionen, Kontrollfunktionen, Verlustkoeffizienten für den Retentionsauslauf und Qualitätsattribute wiedergegeben. Diese Daten können nun entweder händisch in die vordefinierten EPANET-2-Modelle eingetippt werden oder es wird automatisiert per MAKRO vom ESB-Modell eine inp-Datei („Network“-Datei) mit sämtlichen Daten erstellt, welche in EPANET 2 einfach eingelesen werden kann (dies ist eine Besonderheit des ESB-Modells, da es eine sehr einfache Verknüpfung mit wenigen Mausklicks zwischen ESB und EPANET 2 ermöglicht). Sind die Daten in das EPANET-2-Modell implementiert bzw. die

inp-Datei in EPANET 2 eingelesen, wird die Rechnung mit dem gewünschten Qualitätsparameter (z. B. CSB) in „Quality Options“ gestartet.

Nach der Berechnung werden der Wasserstand im Tank, Durchflüsse aus bestimmten Strängen und der gewünschte Qualitätsparameter (z. B. CSB) im Tank und in dem Förderstrom ausgelesen und in das Arbeitsblatt „EPANET-Ausgabe“ des ESB-Modells kopiert. In diesem Arbeitsblatt werden diese Daten vom ESB-Modell ausgelesen und Bilanzierungen des genutzten und ungenutzten Wassers dargestellt. Ist vom Nutzer gewünscht, die einzelnen Anteile der drei Wasserquellen (Niederschlag, Grauwasser und Trinkwasser) in den Strömen wie Förderstrom, Notüberlauf oder Retentionsauslauf zu kennen, müssen noch einmal drei Berechnungen des EPANET-2-Modells durchgeführt werden. Jedes Mal wird allerdings anstelle der Verwendung des Qualitätsparameters in der „Quality Option“ die „Trace“-Funktion verwendet und als „Trace Node“ (zu verfolgender Knoten) eine der drei jeweiligen Wasserquellen angegeben („Dachablauf“, „GW-Aufbereitungsablauf“ und „Trinkwasservorlage“). Nach jeder Berechnung gibt das EPANET-2-Modell die Anteile der jeweiligen Wasserquelle in jedem Strom und Tank in Prozent an. Werden diese Daten ebenfalls in das Arbeitsblatt „EPANET-Ausgabe“ eingepflegt, erhöht sich somit der Detailgrad der Wasserbilanzierungen. Zudem bietet das ESB-Modell noch ein Arbeitsblatt („EPANET-Diagramme“), mittels dem die aus dem EPANET-2-Modell eingepflegten Daten in Diagrammform (analog zu Abb. 6.25) dargestellt werden können.

6.2.7 Ausblick

Das ESB-Modell bietet bereits bei Projektabschluss eine einfache Benutzeroberfläche und viele Ergebnisausgabeoptionen. So wurden auch Funktionalitäten, die vor Projektbeginn nicht vorgesehen waren, eingepflegt (z. B. Versickerungsfunktion, Verknüpfung mit ArcGIS zur Implementierung mehrerer Gebäudenutzungstypen). Das ESB-Modell muss jedoch noch einige Optimierungen durchlaufen. Diese Optimierungen werden im Rahmen von zukünftigen Forschungsprojekten, in denen die Nutzung des ESB-Modells vorgesehen ist, durchgeführt:

- Verknüpfung des ESB-Modells mit einer Niederschlag-Abfluss-Modellierungssoftware wie EPA SWMM (Storm Water Management Model) (analog zur bereits eingebauten Verknüpfung des ESB-Modells mit EPANET 2),
- Erweiterung der Versickerungsmodellierung um Rigolen, Mulden-Rigolen-Systeme etc. mit Aufstau-Option,
- Implementierung einer Tankvolumen-Füllstand-Funktion (dadurch z. B. auch runde, querliegende Tanks darstellbar),
- Möglichkeit der Eingabe von „Ferienzeiten“, d. h. man kann Zeiträume festlegen, in denen der Wasserbedarf bzw. der Grauwasseranfall prozentual variiert werden können,
- Erweiterung des Speichers um den Aspekt einer „intelligenten Zisterne“,
- Umschreiben des Modells in eigenständige Software.

6.3 Planungsgebiet

6.3.1 Derzeitige Situation

Abb. 6.37 gibt ein Luftbild des Quartiers Bolzstraße vom März 2021 wieder. Es lässt sich gliedern in einen Nord- und einen Südteil, durchtrennt durch die horizontal verlaufende Zeppelin-Straße. Der Nordteil (1,55 ha) enthält zwei nebeneinanderliegende, im Rechteck angeordnete Häuserblocks mit innenliegenden Rasenflächen sowie einem südlich gelegenen Parkplatz. Der Südteil (1,45 ha), dessen Neubebauung zur Diskussion steht (also 1,124 ha), enthält einen neuen Gemeinschaftsbereich mit Meseno-Haus (Verwaltung & Sozialladen) und Meseno-Kinderhaus (Betreuung von Kindergarten- und Schulkindern), zu dem ein Spielplatz gehört. Östlich sowie südlich davon stehen 9 Doppelhäuser mit Baujahr 1935, alle ausgestattet mit 5-Zimmer-Wohnungen. Im südlichsten Teil des Quartiers befinden sich 5 Geschosswohnungsbauten mit Baujahr 1956, ausgestattet mit 2- und 3-Zimmer-Wohnungen. Das Quartier ist als kostengünstiger Wohnraum z. B. für Single-Haushalte mit Kindern sowie Rentner ausgelegt.

Im Quartier traten bereits erste Veränderungen, Neugestaltungen und Leerstände (in den Doppelhäusern) vor 2019 in Kraft. Sämtliche folgende Angaben, die ein Maßstab für die derzeitige Referenzsituation hinsichtlich der wasserinfrastrukturellen Situation sein sollen, sind daher auf den Referenzzeitraum von vor 2015, als die Bezugssituation unbeeinflusst war, wiedergegeben.

Tab. 5.1 gibt für die verschiedenen Quartiersteile die Einwohnersituation sowie potenzielle Auffangflächen samt Ertragsbeiwerten wieder. Heilbronn umfasst gemäß Regionalplan etwa 70 Wohneinheiten/pro Hektar (ca. 140 Personen/ha). Bei derzeit 55 Wohneinheiten auf zu bebauendem Gebiet im Südteil des Bolzquartiers von 1,124 ha ergibt sich eine derzeitige Auslastung der Fläche von 49 Wohneinheiten/pro Hektar (ca. 127 Personen/ha). Insgesamt kann als Referenzwert im Südteil von 143 Bewohnern und im Nordteil von 369 Bewohnern ausgegangen werden. Zusätzlich wird das neu gebaute Meseno-Gebiet durch Kindergartenkinder, Förderkinder aus einer nahegelegenen Schule sowie Personal des Meseno-Hauses sowie Meseno-Kinderhauses frequentiert.

Als Auffangfläche von Regenwasser stünde im theoretischen Fall insgesamt eine Dachfläche von 795 m² der Meseno-Gebäude zur Verfügung, was etwa 23 % der gesamten Meseno-Fläche (0,35 ha) entspricht. Der restliche Teil im Südgebiet (Doppelhäuser und Geschosswohnungsbauten) würde eine Dachauffangfläche von 2280 m², etwa 22 % der gesamten neu zu bebauenden Fläche (1,124 ha), aufweisen. Der Nordteil würde eine Dachauffangfläche von 5185 m², was sogar 33 % des gesamten nördlichen Gebiets entspricht, aufweisen. Zusätzlich stünden noch etwa 1000 m² der Parkplatzflächen als mögliche Regenwasserauffangfläche zur Verfügung. Abgesehen von den Meseno-Häusern mit Flachdächern (Ertragsbeiwert: $e=0,65$), sind alle anderen derzeitigen Gebäude mit Ziegel-Steildächern ausgestattet ($e=0,75$).

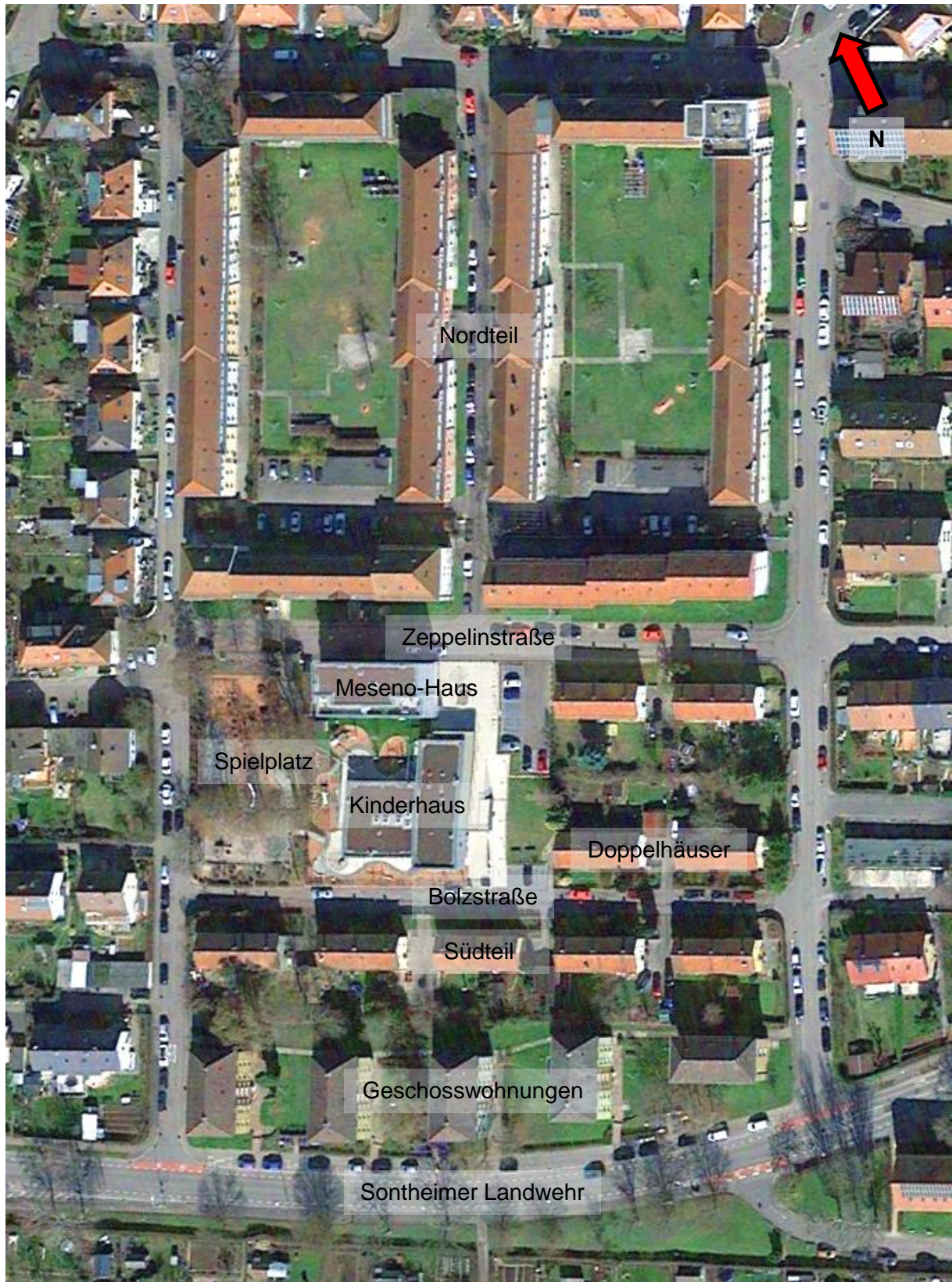


Abb. 6.37: Luftaufnahme des Bolzquartiers (derzeitige Situation) (Google Earth).

Tab. 6.7: Derzeitige Bewohner- und Flächensituation im Bolzquartier.

	Bewohner bzw. Mitarbeiter	Wohneinheiten	Bewohner/Wohneinheit	Gesamtdachfläche / m ²	Auffangfläche	Ø Ertragsbeiwert
Südteil (1,45 ha Gesamtfläche, davon 1,124 ha Neubaugebiet):						
Meseno-Kinderhaus	60 ^{a+b} + 10 ^c + 5 ^d	-	-	520	Flachdach	0,650
Meseno-Haus	4 ^d	-	-	275	Flachdach	0,650
Doppelhäuser	54	17	3,2	1255	Steildach Ziegel	0,750
Geschosswohnungsbauten	89	38	2,3	1025	Steildach Ziegel	0,750
Grünfläche im neu zu bebauenden Gebiet: ca. 1660 m ²						
Einwohnerdichte Doppelhäuser und Geschosswohnungsbauten: <u>127 EW/ha</u>						
Nordteil (1,55 ha Gesamtfläche):						
Westlicher Block	162	93	1,8	2540	Steildach Ziegel ^e	0,753
Östlicher Block	207	115	1,8	2645	Steildach Ziegel ^e	0,753
Parkplatzfläche	-	-	-	1000	Asphaltbelag	0,800
Gartenfläche im Nordteil: 0 m ²						
Einwohnerdichte des Nordteils: <u>238 EW/ha</u>						

^a Etwa 40 3–6-jährige Kinder

^b 20 <3-jährige Kinder

^c Bis zu 10 Förderkinder aus nahegelegener Schule

^d Annahme für Mitarbeiter

^e Ein Haus enthält ein Flachdach (Ertragsbeiwert: 0,8)

Derzeit wird sämtliches Abwasser im 1-Stoffstromsystem (Toilette, Bad, Wäsche, Küche etc. zusammen) in ein Mischkanalsystem eingeleitet. >80 % von Heilbronn sind Mischkanalisation. Die Wasserverbrauchssituation der einzelnen Teile des Bolzquartiers wird dezidiert im Abschnitt 6.4.1.10 aufgeführt.

6.3.2 Geplantes Neubaugebiet

Abb. 6.38 gibt die geplante Variante für das Neugebiet im Südteil des Quartiers wieder. 3920 m², davon 2690 m² privat und 1230 m² (halb)öffentlich, sind für Gärten, 460 m² für Platzflächen und 2720 m² für Erschließungsflächen vorgesehen.



Abb. 6.38: Geplante Variante des Neubaugebiets (links: Grünflächen (dunkelgrün), begehbare Fläche (hellgrün), möglicher Ort für den Speicher (gelb); rechts: 3D-Modell) (Quelle: aag).

Dieses zu bebauende Gebiet von 1,124 ha (die Fläche, auf der das Meseno-Haus und Meseno-Kinderhaus stehen, ist hierin nicht berücksichtigt, denn letztere sind selbst bereits Neubauten) ist als allgemeines Wohngebiet (reines Wohnquartier, kein Kleingewerbe) ausgelegt (Baugebietskategorie: WA). Das Wohnquartier soll 11 Geschosswohnungsbauten umfassen. Davon sollen 3 Bauten mit 3 Geschossen und der Rest mit 4 Geschossen unterschiedlicher Grundfläche ausgelegt werden, was eine mögliche Gesamtauffangfläche für Regenabflüsse über Dächer von 4140 m² ermöglicht. Insgesamt sind 191 Wohneinheiten bei 532 Bewohnern vorgesehen (2,79 EW/WE). Verglichen mit der Referenz-Einwohnerzahl von vor dem Umbau (143 Einwohner) ergibt sich folglich eine Nachverdichtung von 3,7 (= 532/143 EW/EW). Für max. 5 % der Wohnungen sind Badewannen vorgesehen.

Unterhalb der südlichen 7 Gebäude könnte eine Tiefgarage in West-Ost-Richtung verlegt werden. Die südwestliche Tiefgarage könnte der Standort für den Wasserspeicher darstellen, da das Wasser dem Gefälle gemäß von Nordost nach Südwest fließt. Die unterirdische Unterbringung des Speichers würde nicht nur dafür sorgen, dass das Gesamtbild des Wohnquartiers nicht irritiert wird, sondern auch sicherstellen, dass das Wasser aus den Gebäuden ungehindert durch die Schwerkraft darin abfließen kann. Die Dachform der Planungsvariante steht zur Diskussion und sollte in verschiedenen Modellberechnungsszenarien evaluiert werden.

Neben der Nutzung von Regenwasser, das auf den Dachflächen aufgefangen und über Fallleitungen zum Speicher geleitet wird, steht zur Diskussion, ebenfalls schwach belastetes Grauwasser (d. h. Abwasser aus Handwaschbecken, Badewanne und Dusche) aus dem Wohngebiet zu sammeln, aufzubereiten und dem Speicher zuzuführen (von der Wiederverwendung von Küchen- und Waschmaschinenabwasser wird abgesehen, da dies u. a. eine gesonderte Phosphor-Elimination erfordern würde). Eine solche Variante sieht ein 2-Stoffstromsystem vor, bei dem das sonstige anfallende Abwasser aus der Toilette, Küche und Waschmaschine in einer separaten Leitung zur Kläranlage abgeleitet wird. Für jede Wohnung bzw. jedes Haus würden folglich 2 Abwasserleitungen erforderlich. 2 Versorgungsleitungen (Regenwasser (+Grauwasser) sowie Trinkwasser) würden auch schon nur im Falle der alleinigen Regenwassernutzung erforderlich. Die notwendige Grauwasser-Aufbereitungsanlage könnte direkt neben dem Speicher durch Unterbringung in einem Extraraum der Tiefgarage leicht zugänglich sein.

Auf dem Weg zwischen dem Überlauf des Tanks und dem Kanalablauf könnte eine Versickerungsanlage zwischengeschaltet werden, um durch Versickerung und Verdunstung und speziell bei Regenspitzen den Kanal zusätzlich zu entlasten. Ferner würde diese Versickerungsanlage, wenn sie in Form einer (evtl. äußerlich bepflanzten) Versickerungsmulde ausgelegt wird, das Landschaftsbild des Wohnquartiers verschönern.

Tab. 6.8: Zukünftige Bewohner- und Flächensituation im Bolzquartier (Einwohnerdichte im Vergleich zu vor dem Neubau: 3,7).

	Bewohner bzw. Mitarbeiter	Wohneinheiten	Bewohner/Wohneinheit	Gesamtdachfläche / m ²	Auffangfläche	Ø Ertragsbeiwert
Südteil (1,45 ha Gesamtfläche, davon 1,124 ha Neubaugebiet):						
Meseno-Kinderhaus	60 ^{a+b} + 10 ^c + 5 ^d	-	-	520	Flachdach	0,650
Meseno-Haus	4 ^d	-	-	275	Flachdach	0,650
Doppelhäuser	-	-	-	-	-	-
Geschosswohnungsbauten ^(alt)	54	17	3,2	1255	Steildach Ziegel	0,750
Geschosswohnungsbauten	532	191	2,79	4140	s. Szenarien	
Grünfläche im neu zu bebauenden Gebiet: ca. 3920 m ²						
Einwohnerdichte Geschosswohnungsbauten: <u>473 EW/ha</u>						
Nordteil (1,55 ha Gesamtfläche):						
Westlicher Block	162	93	1,8	2540	Steildach Ziegel ^e	0,753
Östlicher Block	207	115	1,8	2645	Steildach Ziegel ^e	0,753
Parkplatzfläche	-	-	-	1000	Asphaltbelag	0,800
Gartenfläche im Nordteil: 0 m ²						
Einwohnerdichte des Nordteils: <u>238 EW/ha</u>						

^a Etwa 40 3–6-jährige Kinder

^b 20 <3-jährige Kinder

^c Bis zu 10 Förderkinder aus nahegelegener Schule

^d Annahme für Mitarbeiter

^e Ein Haus enthält ein Flachdach (Ertragsbeiwert: 0,8)

6.4 Wasserbedarf und Niederschlag

6.4.1 Wasserbedarf

6.4.1.1 Derzeitiger Gesamttrinkwasserverbrauch

Seit 2007 bewegt sich der durchschnittliche Trinkwasserverbrauch je Einwohner (EW) und Tag in Deutschland zwischen 121 und 123 Liter (BDEW 2021a). Erst das vergleichsweise trockene Jahr 2018 führte wieder zu einem leichten Anstieg auf 127 Liter (BDEW 2021a). Das Arbeitsblatt DVGW W 410 spricht von einem mittelfristig voraussichtlichen Wert von 120 L/(EW×d). Der durchschnittliche Trinkwasserverbrauchswert berechnet sich aus der jährlichen Wasserabgabe der öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen an Haushalte sowie Kleingewerbebetriebe bezogen auf die bundesdeutsche Einwohnerzahl. Er beinhaltet streng genommen also auch Wasserverluste, welche jedoch deutschlandweit nicht seriös quantifizierbar sind und daher in der Gesamtstatistik nicht erfasst sind. In Tab. 6.9 werden die Anteile des durchschnittlichen Tagesverbrauchs gemäß BDEW (2021b) nach den verschiedenen Verbrauchssektoren dargestellt und auf die mittelfristig voraussichtlichen Verbrauchswerte des Arbeitsblatt DVGW W 410 bezogen. Dieser einwohnerbezogene Tagesmittelwert beinhaltet den Verbrauchsanteil für das Kleingewerbe. In den folgenden Betrachtungen wird dieser Anteil für den häuslichen Wasserverbrauch nicht weiter berücksichtigt, sodass sich hierdurch der Pro-Kopf-Verbrauch um 11 L/(EW×d) auf 109 L/(EW×d) verringert.

Tab. 6.9: Mittelfristiger, einwohnerbezogener, durchschnittlicher Trinkwassertagesbedarf (BDEW 2021b).

Verwendungszweck	Anteil	L/(EW×d)
Baden, Duschen, Körperpflege	36 %	43 L/(EW×d)
Toilettenspülung	27 %	32 L/(EW×d)
Wäsche waschen	12 %	15 L/(EW×d)
Geschirr spülen	6 %	7 L/(EW×d)
Raumreinigung, Autopflege, Gartenbewässerung	6 %	7 L/(EW×d)
Essen und Trinken	4 %	5 L/(EW×d)
Kleingewerbe	9 %	11 L/(EW×d)
Summe	100 %	120 L/(EW×d)

Für die Betrachtung unterschiedlicher Szenarien, die beispielsweise die Nutzung von Wasserspartechnologien vorsehen, ist es erforderlich, diese Verwendungszwecke tiefer im Detail zu analysieren (Abschnitte 6.4.1.2–6.4.1.8).

6.4.1.2 Baden, Duschen, Körperpflege

6.4.1.2.1 Genereller Wasserbedarf

Aus einer Auswertung verschiedener Studien zum Wasserverbrauch in der EU schlossen Neunteufel et al. (2010) auf folgende Mediane für charakteristische Wasserverbräuche: 7 L/min für wassersparende Duschen, 12 L/min für normale Duschen, 14 L/min für Komfortduschen, 8 L/min für durchschnittliche Duschen. Die durchschnittliche Wassermenge pro Duschvorgang wurde auf 52 L (40–80 L Schwankung) beziffert, die pro Bad auf 150 L (69–300 L Schwankung). Laut Neunteufel et al. (2010) wird pro Einwohner und Tag 0,8-mal bzw. pro

Haushalt und Tag 1,9-mal geduscht und 0,1-mal pro Einwohner und Tag gebadet. Durchschnittlich dauert ein Duschvorgang 7,9 min. Hinsichtlich der Nutzung von Wasserhähnen im Bad und WC gaben Neunteufel et al. (2010) Werte für die Niederlande in den 2000er Jahren zwischen 4 und 7 L/(EWxd) an. Angaben zum Nutzungsverhalten von Waschbecken im Bad und WC sind nur sehr ungenau (Neunteufel et al. 2010). Es wird ein durchschnittliches Volumen von 0,4–0,7 L je Nutzung (im Durchschnitt 0,5 L/Nutzung) angenommen (die Angaben von Neunteufel et al. (2010) hins. Minimum von 1,5 L/Nutzung und Maximum von 4 L/Nutzung scheinen unzutreffend). Um auf einen Pro-Kopf-Verbrauch von 4–7 L/(EWxd) zu kommen, müssen somit durchschnittlich 10 Nutzungen pro Person und Tag angenommen werden. Werden die Produkte aus den Durchschnittswerten aus Nutzungsverhalten und Wasserverbrauch für die drei Sektoren Waschbecken, Dusche und Bad aufsummiert, ergibt sich ein Pro-Kopf-Wasserverbrauch bzgl. Körperpflege in der EU von 61,6 L/(EWxd) (= 52 L/Duschvorgang × 0,8 Duschvorgänge/(EWxd) + 150 L/Bad × 0,1 Badvorgänge/(EWxd) + 0,5 L/Waschbeckennutzung × 10 Waschbeckennutzungen/(EWxd)).

Durch das steigende Umweltbewusstsein in der Bevölkerung wird mehr geduscht als gebadet. Laut Neunteufel et al. (2010) belaufen sich die Mediane aus verschiedenen Studien in der EU hinsichtlich des Wasserverbrauchs fürs Duschen auf 45 L/(EWxd), fürs Baden auf 3 L/(EWxd) und für die Nutzung von Waschbecken in Bad und WC auf 10 L/(EWxd). Die Schwankungsbreiten sind sehr groß (Duschen: 32–80 L/(EWxd), Wasserhahn: 7–13 L/(EWxd)). Aus diesen Zahlen wird ersichtlich, dass die beim Badevorgang stets sehr hohen Wasservolumen aufgrund der ausgeprägten Seltenheit von Badevorgängen nicht wesentlich ins Gewicht fallen. Summiert man all die Mediane auf, fällt auf, dass die Nutzung von Wasser zur Körperpflege in der EU mit 58 L/(EWxd) wesentlich höher liegt als dies für Deutschland mittelfristig angenommen wird (43 L/(EWxd) (BDEW 2021b; Arbeitsblatt DVGW W 410)). Ferner fällt auf, dass die errechnete Summe von 58 L/(EWxd) sich ebenfalls nicht hundertprozentig mit den zuvor errechneten Verbrauchszahlen (welche in Summe den errechneten Verbrauch von 61,6 L/(EWxd) ergeben), basierend auf dem Nutzungsverhalten und dem spezifischen Wasserverbrauch für Dusche, Bad und Waschbecken, deckt. In diesem Fall errechnen sich spezifische Verbrauchsdaten von 41,6 L/(EWxd) fürs Duschen (= 52 L/Duschvorgang × 0,8 Duschvorgänge/(EWxd)), 15,0 L/(EWxd) fürs Baden (= 150 L/Bad × 0,1 Badvorgänge/(EWxd)) sowie 5,0 L/(EWxd) für die Waschbeckennutzung (0,5 L/Waschbeckennutzung × 10 Waschbeckennutzungen/(EWxd)). Die größte Abweichung liegt also im spezifischen Badewasserverbrauch vor.

Die im Bereich der Körperpflege sehr große Schwankungsbreite ist nicht überraschend, da Aspekte wie Altersgruppen, Berufstätigkeit und die Haushaltsgröße das Verbrauchsverhalten sehr stark prägen (Neunteufel et al. 2010). So verwenden Familien mit Kindern mehr Wasser aus Bad und Dusche als Familien ohne Kinder. Generell ist mit 60–70 L/d der Pro-Kopf-Verbrauch für das Duschen für Altersgruppen zwischen 13 und 44 Jahre am höchsten (Niederlande in den 2000er Jahren). Jüngere und ältere Altersgruppen verbrauchen nur noch ungefähr die Hälfte bis zwei Drittel davon. Zweipersonenhaushalte weisen den geringsten Pro-Kopf-Verbrauch fürs Duschen auf (ca. 42 L/d), Haushalte mit einer Person oder mehr als 2 weisen i. d. R. Pro-Kopf-Verbräuche von >50 L/d auf (Niederlande ebenso). Für berufstätige Personen steigt der Verbrauch fürs Duschen aufgrund der höheren Anforderungen an die Körperhygiene (Mayer et al. 1998).

Aufgrund der unsicheren Datenlage bzgl. des Wasserverbrauchs im Bereich der Körperpflege und teils widersprüchlichen Angaben zum durchschnittlichen Wasserverbrauch von Duschen ist die Abschätzung des Wassereinsparpotentials folglich nur ungefähr möglich. Angaben zum Durchfluss konventioneller Duschköpfe bewegen sich zwischen 8 L/min (EU-weiter

Durchschnitt) (Neunteufel et al. 2010), 9 L/min (DIN-Berechnungsdurchfluss) (DIN 1988-300), 12 L/min (normaler Duschkopf) (Neunteufel et al. 2010) und 15 L/min (herkömmlicher Duschkopf, maximal) (UBA 2014). Waschtischmischer weisen einen durchschnittlichen Durchfluss von 8 L/min auf (Neunteufel et al. 2010). Durch den Einsatz moderner Sanitärtechnik kann der Durchfluss verringert werden. Beim Einsatz von wassersparenden Duschbrausen kann der Duschwasserdurchfluss auf bis zu 6 L/min minimiert werden. Der Duschkomfort soll nach Herstellerangaben trotz verringertem Durchfluss nicht nachteilig beeinflusst werden. Die volle und weiche Wirkung des Wasserstrahls soll beibehalten werden, indem das in den Duschkopf eintretende Wasser verwirbelt und hierdurch Luft in den Brausekopf eingesaugt wird. Das rotierende Wasser vermischt sich mit der Luft und tritt als eine Art Schaum aus der Duschkopf aus (Wolf Aqua-Manufaktur 2020). Ebenso können ältere Waschtischarmaturen durch wassersparende Armaturen ersetzt werden. Hierdurch werden Durchflüsse geringer als 6 L/min ermöglicht. Ab einem bestimmten Druck wird der Durchfluss durch integrierte Durchflussbegrenzer konstant gehalten, sodass der Durchfluss bei Druckerhöhung nicht weiter ansteigt (Grohe 2020). Je nachdem, welcher typische Wasserverbrauch für konventionelle Duscharmaturen verwendet wird, kommen bei Annahme einer konsequenten Umsetzung durch 6-L/min-Armaturen sehr unterschiedliche Wassersparpotentiale von 25–60 % heraus (siehe vier eben genannte Wasserverbräuche von 8–15 L/min). Um das Wassersparpotential nicht zu überschätzen, wird von dem 9-L/min-DIN-Wert (DIN 1988-300) ausgegangen, woraus sich ein Wassersparpotential von 33 % errechnet. Wird für die Waschbeckennutzung ein durchschnittlicher Wasserverbrauch von 8 L/min angenommen, könnte sich langfristig bei konsequenter Umsetzung hin zu 6 L/min eine bis zu 25%ige Verringerung des Wasserverbrauchs bzgl. dieses Verwendungszwecks einstellen.

Um das Wassereinsparpotential hinsichtlich der Wassernutzung zur Körperpflege zu bestimmen, bietet es sich an, den vom BDEW (2021b) und dem Arbeitsblatt DVGW W 410 mittelfristig angesetzten Pro-Kopf-Verbrauch für diesen Verwendungszweck von 43 L/(EWxd) als Referenzzustand anzunehmen. Die oben erwähnten teilweise widersprüchlichen Summen bzgl. des Wasserverbrauchs im Bereich der Körperpflege und Abweichungen insbesondere hins. des Badewasserverbrauchs zeigen auf, dass ein großer Spielraum zur Anpassung der Daten aus der EU an deutsche Verhältnisse beim Badewasserverbrauch besteht. Das Nutzungsverhalten von 0,8 Duschen/(EWxd) ist auch für Deutschland als realistisch anzusehen. Das Nutzungsverhalten hins. Waschbecken in Bad und WC könnte evtl. bei 0,3 L/Nutzung bei beibehaltenen 10 Nutzungen pro Tag liegen (3 L/(EWxd) für Waschbecken). Spielraum bliebe folglich noch hins. des typischen Wasserverbrauchs für Duschen und dem gesamten Wasserverbrauch fürs Baden. Letzteres müsste aus der Statistik nahezu gänzlich verschwinden (0,03 Nutzungen/(EWxd) bei 125 L/Bad) und der durchschnittliche Wasserverbrauch fürs Duschen signifikant herabgesetzt werden (45 L/Dusche), um auf einen Gesamtwasserverbrauch von 43 L/(EWxd) zu kommen. Ob diese Anpassung den tatsächlichen Bedingungen entspricht, ist unsicher. Möglich wäre es, dass deutsche Haushalte kürzere Duschperioden nutzen als dies EU-weit der Fall ist. Gleichzeitig gilt es zu erwähnen, dass die vom BDEW (2021b) und dem Arbeitsblatt DVGW W 410 mittelfristig angesetzten Pro-Kopf-Verbräuche lediglich überwiegend von Fachleuten geschätzt und nicht wissenschaftlich belegt sind (Roth et al. 2011b). Insgesamt würde sich somit folgende Verteilung des Gesamtverbrauchs für die Körperpflege in Deutschland ergeben: 36 L/(EWxd) für Dusche, 4 L/(EWxd) für Bad und 3 L/(EWxd) für Waschbecken in Bad und WC. Bei einem Einsparpotential von den genannten 62 % würde bei konsequenter Ausnutzung von wassersparenden Badarmaturen ein Wasserverbrauch von 14 L/(EWxd) fürs Duschen und ca. 1 L/(EWxd) für Waschbecken in Bad und WC ergeben. Das Badeverhalten ist sehr individuell ausgeprägt und nicht durch technische

Maßnahmen manipulierbar. Hier könnte lediglich beispielsweise durch Werbekampagnen das Bewusstsein dahingehend gestärkt werden, dass z. B. nur noch 100 L fürs Baden genutzt werden. Dies würde langfristig möglicherweise einen Verbrauch von 3 L/(EWxd) fürs Baden bewirken. Wassersparpotentiale in dieser Hinsicht sind bereits sehr ausgereizt.

6.4.1.2.2 Einschub: BlueDrain-Technologie

Prinzip der Bluedrain-Technologie

Eine innovative Technologie zur Einsparung von Trinkwasser ist die Bluedrain-Technologie. Diese dient dazu, beim Waschvorgang der Hände das nicht in Kontakt mit den Händen getretene Wasser abzufangen. Dem Prinzip dieses Verfahrens nach kann dieses direkt wiederverwendet werden. Die Bluedrain-Apparatur wird in den Ablauf des Waschbeckens montiert. Der Wasserhahn wird so ausgerichtet, dass dessen Wasserstrahl ohne Ablenkung stets direkt in die Mitte der Apparatur auftrifft. In der Mitte dieser Apparatur befindet sich eine Klappe, die von einer Feder gestützt wird. Trifft der Wasserstrahl bei einer bestimmten Stärke auf diese mittlere Klappe, wird diese heruntergedrückt und das auftretende Wasser fließt in den Freilauf ab. Das in den Freilauf abfließende Wasser ist dem Prinzip nach dadurch, dass es nicht durch Hände abgelenkt wurde, nicht verschmutzt und kann sofort wiederverwendet werden. Wird der Wasserstrahl durch das Händewaschen nach außen hin abgelenkt, fließt das Schmutzwasser seitlich der Bluedrain-Apparatur in den üblichen Schmutzwasserablauf ab. Dieses Wasser kann aufgefangen und der üblichen Grauwasseraufbereitung unterzogen werden. Prinzipiell kann so also der Teil des abfließenden Wassers, der nicht mit Händen in Berührung kommt, weil sich z. B. erst noch die richtige Temperatur einstellen muss, etwa 5–20 % eingespart werden. Im Rahmen des Vorhabens sollte diese Technologie untersucht werden.

Versuchsaufbau

Die ursprüngliche Idee, mehrere BlueDrain-Apparate in verschiedene Waschbecken am ISWA für eine Langzeitstudie zu montieren, konnte aufgrund der Pandemiebedingungen nicht umgesetzt werden. Die Bluedrain-Technologie wurde dennoch hinsichtlich ihrer Effizienz und ihres Wasserverlustes sowie der Qualität des abfließenden Wassers umfangreich geprüft. Hierzu wurde eine Waschtischarmatur aufgebaut (Abb. 6.39). Diese wurde in Versuchsreihen von bis zu 3 Personen bedient, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass Waschtischarmaturen von Person zu Person individuell bedient werden. Die Bluedrain-Apparatur wurde am Ablauf des Waschtisches montiert. Der schwenkbare Wasserhahn wurde so eingestellt, dass dessen Wasserstrahl direkt in die Mitte der Bluedrain-Apparatur auftraf. Ihr mittlerer Ablauf wurde in einen Klarwassertank geleitet. Der hierfür angebrachte Schlauch konnte abmontiert werden, um definierte Mengen abfließenden Klarwassers abfangen und direkt analysieren zu können. Der seitliche Ablauf der Bluedrain-Apparatur wurde in den Schmutzwasserablauf geleitet.

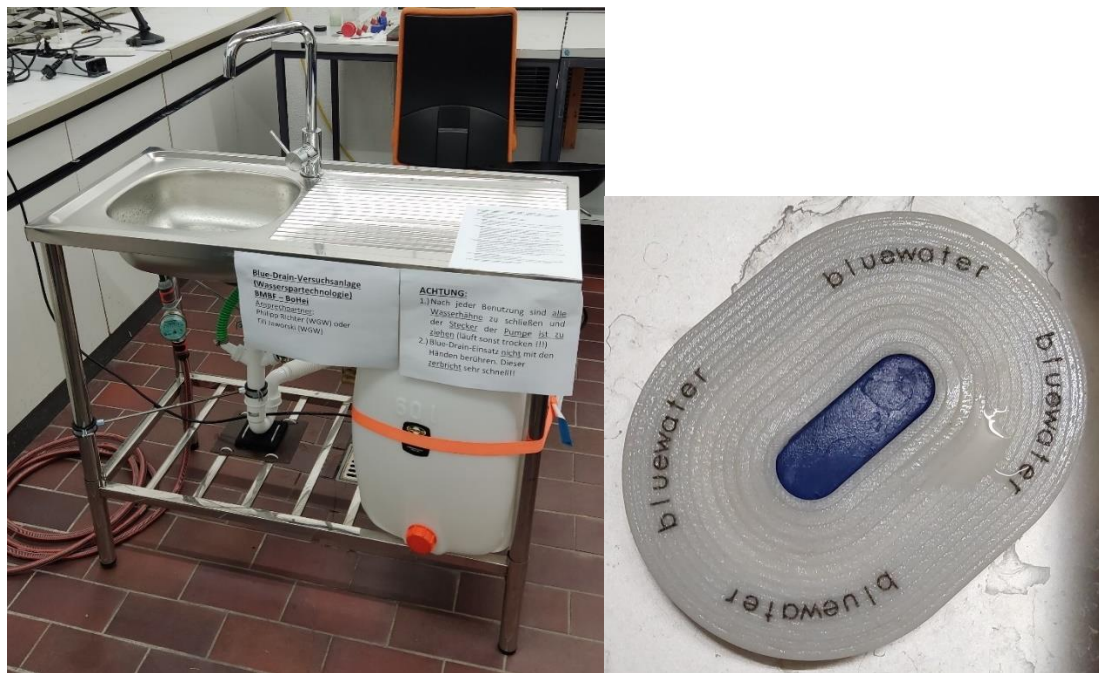


Abb. 6.39: Versuchsaufbau zur Untersuchung der Effizienz der Bluedrain-Technologie.

Versuch 1 zur Bestimmung des Wasserverlustes:

Auf dem Wasserhahn wurden 4 Stufen mit jeweils einem definierten Durchfluss markiert ($Q = 40, 54, 84, 132 \text{ mL/s}$). Für diese 4 Stufen wurde jeweils 5-mal der Wasserhahn 1 min laufen gelassen und die im Klarwassertank aufgefangene Menge notiert. Der Wasserstrahl wurde nicht unterbrochen. Die Differenz aus Ablauf des Wasserhahns und im Klarwassertank vorgefundenem Wasser galt als Wasserverlust (umgerechnet auf mL/s). Abb. 6.40 gibt die jeweiligen Mittelwerte samt Standardabweichung der Wasserverluste in Bezug auf die 4 verschiedenen Durchflüsse im Wasserhahn wieder.

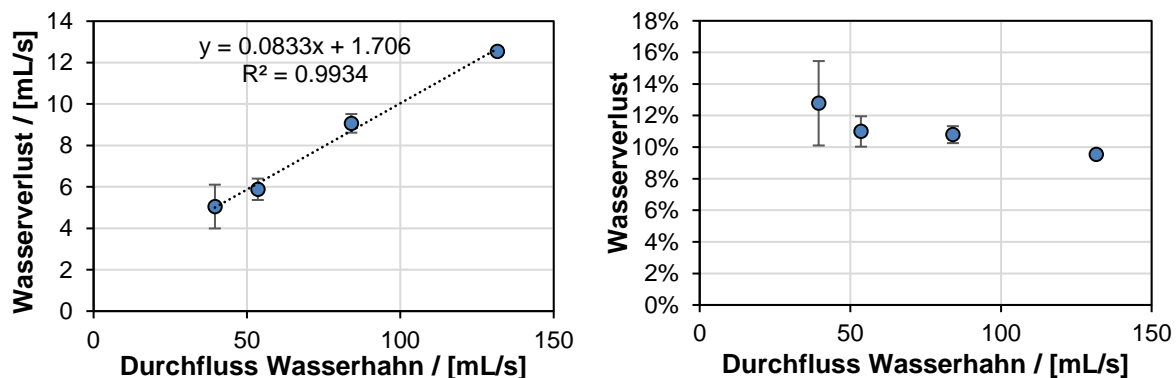


Abb. 6.40: Absoluter Wasserverlust in mL/s , d. h. die innerhalb einer Minute aufgefangene Wassermenge im Klarwassertank (links), sowie relativer Wasserverlust, d. h. der absolute Wasserverlust (in mL/s) in Abhängigkeit des Durchflusses des Wasserhahns (in mL/s) (rechts).

Abb. 6.40 links zeigt, dass mit steigendem Durchfluss im Wasserhahn auch eine größere Menge an Wasser nicht den Klarwasertank, d. h. die Mitte der Bluedrain-Apparatur, erreichte und somit seitlich abfloss. Dies liegt daran, dass der Zulauf der Bluedrain-Apparatur in den Klarwassertank durch eine federgestützte Klappe abgesichert wird. Je stärker das auf die Feder einwirkende Wasser, also je höher der Durchfluss, desto stärker öffnet sich der Ablauf

in den Klarwassertank. Dies führt jedoch dazu, dass bei unzureichender Öffnung dieser Apparatur ein mit der Stärke des aufprallenden Wassers korrelierender Teil klaren Wassers nicht in den dafür vorgesehenen Klarwassertank gelangt. Abb. 6.40 rechts zeigt, dass sich die absoluten Wasserverluste in Relation zum Durchfluss des Wasserhahns gesetzt bei etwa 10 % einpendelten. Das bedeutet, dass überwiegend unabhängig vom Durchfluss des Wasserhahns stets etwa 10 % klaren, sauberen Wassers nicht in den Klarwassertank gelangten.

Versuch 2 zur Bestimmung des Verschmutzungsgrades des Klarwassers unter Laborbedingungen:

Für jede der in Versuch 1 am Wasserhahn markierten Durchfluss-Stufen ($Q = 40, 54, 84, 132 \text{ mL/s}$) wurde mit jeweils 1, 2 und 5 g Kochsalz (NaCl) für 30 s die Hände gewaschen (jede Einstellung wurde 3-mal durchgeführt). Die Flüssigkeit, die normalerweise in den Klarwassertank abgeleitet werden würde, wurde mittels Messbecher abgefangen. Deren Volumen und elektrische Leitfähigkeit wurden bestimmt. Ferner wurde eine Kalibriergerade zur Leitfähigkeit in Abhängigkeit der Kochsalzkonzentration im Leitungswasser erstellt, um anhand der Leitfähigkeit im von der Bluedrain-Apparatur aufgefangenen Wasser Rückschlüsse auf die darin vorliegende NaCl-Konzentration ziehen zu können. Die Kalibrierfunktion kann Abb. 6.41 entnommen werden.

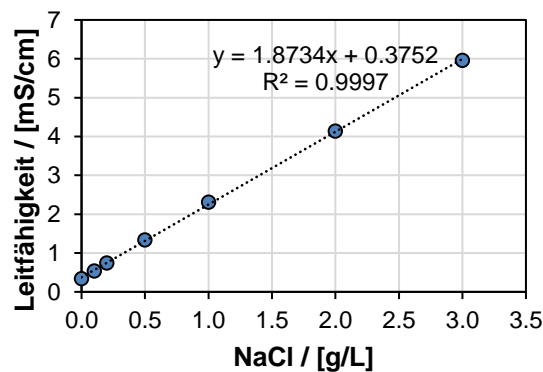


Abb. 6.41: Elektrische Leitfähigkeit in Leitungswasser nach Einstellung verschiedener Konzentrationen an NaCl (Kalibrierfunktion).

Abb. 6.42 fasst die Mittelwerte der im Klarwasser wiedergefundenen NaCl-Mengen zusammen. Der prozentuale Anteil wiedergefundenen Kochsalzes zeigte sich weder abhängig von der verwendeten NaCl-Menge noch abhängig von dem Durchfluss. Es wurde stets weniger als 10 % Kochsalz im Klarwasser wiedergefunden. Das bedeutet, dass stets mehr als 90 % des mit Kochsalz verschmutzten Wassers seitlich in den dafür vorgesehenen Grauwasser-Abfluss abfloss. Typischerweise werden Hände mit Seife gewaschen. Dabei entstehen Effekte (Luftblasen, Schaum, Film auf der Haut etc.), die in diesem Versuch nicht berücksichtigt wurden. Der nachfolgende Versuch mit Verwendung von Flüssigseife sollte diese Effekte daher berücksichtigen.

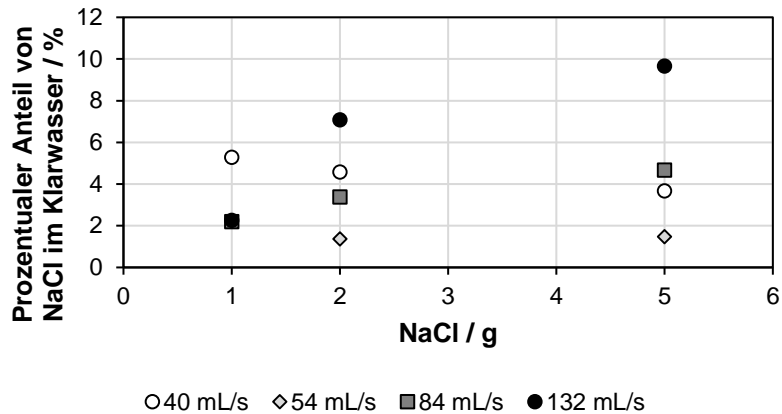


Abb. 6.42: Im Klarwasser bei unterschiedlichen Durchfluss-Stufen wiedergefundener prozentualer Anteil von NaCl des beim Händewaschen verwendeten NaCl.

Versuch 3 zur Bestimmung der Klarwasserkontamination bei Verwendung von Flüssigseife:

Für die 4 bekannten Durchfluss-Stufen ($Q = 40, 54, 84, 132$ mL/s) wurde jeweils 3-mal mit 2,05 g Flüssigseife (das ist die Menge, die beim einmaligen Drücken auf den Flüssigseifenspender anfällt) für 30 s die Hände gewaschen. Die Flüssigkeit, die normalerweise in den Klarwassertank abgeleitet werden würde, wurde mittels Messbecher abgefangen. Deren Volumen und chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) wurden bestimmt. Ferner wurde eine Kalibriergerade zum CSB in Abhängigkeit der Flüssigseifenmenge im Leitungswasser erstellt, um anhand des CSB im von der Bluedrain-Apparatur aufgefangenen Wasser Rückschlüsse auf die darin vorliegende Flüssigseifenkonzentration ziehen zu können. Die Kalibrierfunktion kann Abb. 6.43 entnommen werden.

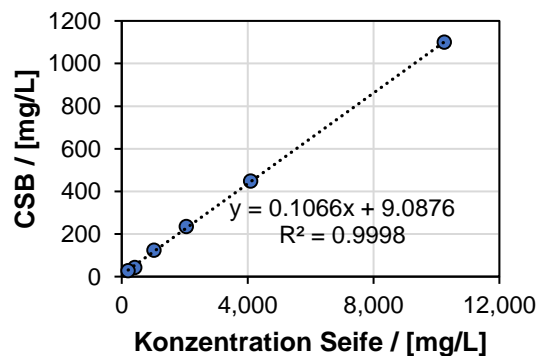


Abb. 6.43: CSB in Leitungswasser nach Einstellung verschiedener Konzentrationen an Flüssigseife (Kalibrierfunktion).

Abb. 6.44 kann die CSB-Konzentration der Klarwasser-Proben entnommen werden. Diese lag stets oberhalb von 100 mg/L CSB. Es ist ein abnehmender Trend des CSB mit zunehmendem Durchfluss zu erkennen. Dies ist dadurch zu erklären, dass bei höherem Durchfluss mehr Wasser anfällt und so der CSB im Klarwasser verdünnt wird. Die absolute CSB-Menge in mg nahm dagegen mit Höhe des Durchflusses zu (von 25 mg (137 mL Klarwassermenge) bis 33 mg (350 mL Klarwassermenge)). Rechnet man die im Klarwasser gemessene CSB-Konzentration anhand der CSB-Kalibrierfunktion in die Seifenkonzentration um, zeigt sich, dass zwischen 10 und 15 % der zum Händewaschen verwendeten Seifenmenge im Klarwasser wiedergefunden wurde. Dies ist mehr als man beim selben Versuchsvorgang mit Kochsalz

erhielt. Die bereits erwähnten Effekte wie Schaumbildung tragen folglich zu einer Verschlechterung des Abtrenneffekts bei. Es wurde auch Schaumbildung im Klarwassertank beobachtet.

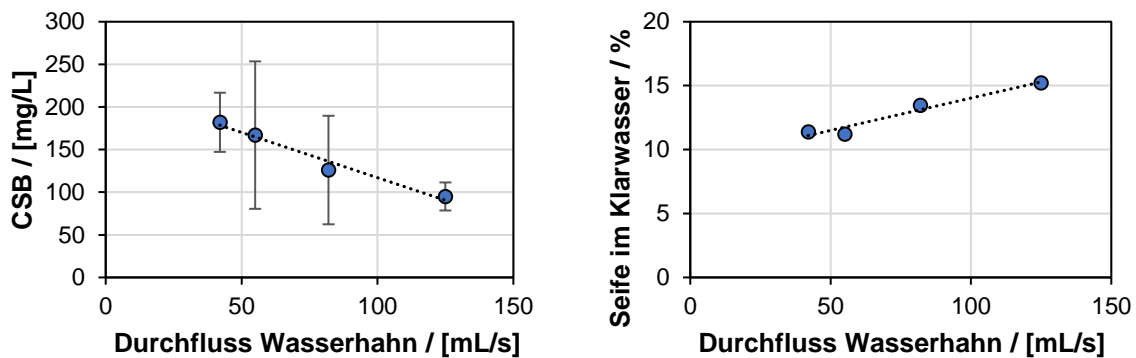


Abb. 6.44: CSB im Klarwasser nach dem 30-sekündigen Händewaschvorgang mit 2,05 g Flüssigseife bei unterschiedlichen Durchflüssen des Wasserhahns (links) sowie der anhand der CSB-Kalibrierfunktion ermittelten prozentual wiedergefundenen Menge an Flüssigseife im Klarwasser (rechts).

Fazit:

Aus dem ersten Versuch wurde ersichtlich, dass bei fehlender Ablenkung des Wasserstrahls etwa 10 % des aus dem Wasserhahn kommenden Wassers nicht in den Klarwassertank gelangten, sondern offensichtlich durch unzureichende Öffnung der mittleren Klappe von der Klappe abspritzten und so seitlich abfließen. Es gilt zu prüfen, ob dieser Wasserverlust durch weitere Optimierung der Baukonstruktion reduziert werden kann. Versuch 2, bei dem die Hände lediglich mit Kochsalz gewaschen wurden, zeigte, dass bis zu 10 % des Kochsalzes, i. d. R. etwa 5 %, im Klarwassertank ankamen. Es traf also während des Handwaschvorgangs auch mit Kochsalz in Kontakt getretenes Wasser in die mittlere Öffnung der Bluedrain-Apparatur. Versuch 3, bei dem die Hände mit Flüssigseife gewaschen wurden, zeigte auf, dass die „Kontamination“ durch den Effekt der Schaumbildung stärker ausfiel. Zwischen 10 und 15 % der verwendeten Seife wurden in Form des CSB im Klarwasser wiedergefunden. Dieses wies einen CSB zwischen 100 und 200 mg/L auf. Zwar liegen keine gesetzlichen Vorgaben zur erforderlichen CSB-Konzentration in Betriebswasser vor, dennoch wird ein biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅) unterhalb von 5 mg/L empfohlen. Der CSB ist i. d. R. etwa 3- bis 4-mal so hoch wie der BSB₅. Mit Hinblick darauf, dass das Klarwasser direkt wiederverwendet werden soll, genüge es somit nicht den Qualitätsanforderungen an Betriebswasser. Es gilt somit zu prüfen, ob die Trennung von verschmutztem Wasser und Klarwasser durch Optimierung der Bluedrain-Apparatur weiter verbessert werden kann. Ferner gilt es, die Apparatur robuster zu gestalten, um bei Versuchsaufbauten erfolgtem Zubruchgehen beim Einbau in die Wascharmatur zu vermeiden.

6.4.1.3 Toilettenspülung

Ältere Toilettenmodelle benötigen oftmals ein Spülvolumen von 9 Liter. Seit Mitte der 1980er Jahre wurden Toiletten eingeführt, die eine Spülmenge von 6 anstatt 9 Liter benötigen (Roth et al. 2011b). Modernere Modelle kommen hingegen mit bis zu 4,5 Litern pro Vollspülung aus, ohne hygienische Nachteile zu verursachen. Zudem kann der Wasserverbrauch für die Toilettenspülung durch, in den Spülkasten eingebaute, Spülstromunterbrecher oder der Möglichkeit der Teilmengenspülung deutlich reduziert werden. Diese Systeme kamen um das Jahr 1990

auf den Markt und wurden ab dem Jahr 2000 allgemein üblich (Roth et al. 2011b). Spülstromunterbrecher unterbrechen den Spülvorgang bei wiederholtem Drücken der Betätigungsplatte. Bei der Zweimengenspülung können zwei unterschiedliche Spültasten betätigt werden, wobei zwischen der vollen Spülmenge (beispielsweise 6 Liter) und der Teilmenge (beispielsweise 3 Liter, sinnvoll bei gering verschmutzten Klosettbecken), gewählt werden kann. Ältere Spülkastenmodelle, die beim Spülvorgang komplett entleeren, können normgerecht auf die Zweimengenspülung oder mit Spülstromunterbrechern umgerüstet werden. Hierzu ist keine Erneuerung des Spülkastens notwendig.

Laut Mönninghoff (1993) und Roth et al. (2011b) werden im Durchschnitt je Person und Tag 4 Spülgänge mit Teilmengenspülung ein 1 Spülgang mit vollständiger Spülmenge durchgeführt. Roth et al. (2011b) geben jedoch zu bedenken, dass oft ein zweites Mal gespült wird, wenn die Toilette gereinigt wird. Zudem sei die Toilettenbenutzung sehr individuell und Nutzungen von deutlich mehr als 5 pro Tag sowie die zusätzliche Nutzung von Bidets üblich. Neunteufel et al. (2010) sprechen von einer WC-Verwendungshäufigkeit von 6,3 Spülungen pro Person und Tag, was somit als realistischer anzusehen ist. Folgende Mediane für Nutzungsvolumen werden für die EU genannt: 3,0 Liter bei reduzierter Spülmenge, 6,0 Liter bei teilweise reduzierter Spülmenge, 7,1 Liter bei normaler Spülmenge, 5,9 Liter bei durchschnittlicher Spülmenge. Legt man die Daten von Neunteufel et al. (2010) zugrunde, werden derzeit folglich in etwa im Durchschnitt $37,2 \text{ L}/(\text{EW}\times\text{d})$ ($= 6,3 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 5,9 \text{ L}/\text{N}$) für die Toilettenspülung aufgewendet. Dieser Wert liegt knapp über den in Tab. 6.9 gezeigten $32 \text{ L}/(\text{EW}\times\text{d})$. Im Folgenden wird von einem durchschnittlichen Nutzungsverhalten von 1 Vollspülung und 5,3 Teilmengenspülungen pro Person und Tag ausgegangen.

Wird ein veraltetes Spülsystem verwendet (9 Liter), ergibt sich ein täglicher Pro-Kopf-Verbrauch von $56,7 \text{ L}$ ($= 6,3 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 9 \text{ L}/\text{N}$). Wird die derzeit übliche Variante angewandt (6 und 3 Liter), ergibt sich ein täglicher Pro-Kopf-Verbrauch von $21,9 \text{ L}$ ($= 1 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 6 \text{ L}/\text{N} + 5,3 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 3 \text{ L}/\text{N}$). Noch ist jedoch nicht jeder Haushalt mit 6-L/3-L-Spülkästen ausgestattet, weshalb im Folgenden ein durchschnittlicher Verbrauch von $4,74 \text{ Liter}$ für die Teilmengenspülung und ein durchschnittlicher Verbrauch von $6,87 \text{ Liter}$ für die Vollspülung angenommen werden. Dies resultiert in dem vom Arbeitsblatt DVGW W 410 mittelfristig angenommenen Pro-Kopf-Verbrauch von $32 \text{ L}/(\text{EW}\times\text{d})$ ($= 1 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 6,87 \text{ L}/\text{N} + 5,3 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 4,74 \text{ L}/\text{N}$). Ferner würde dies sehr vereinfacht gesprochen einem Verhältnis aus 70 % 6-L/3-L-Spülkästen und 30 % 9-L-Spülkästen in der Bevölkerung entsprechen. Roth et al. (2011b) sprechen von einem abhängig von der Bauform der Toilettenanlagen voraussehbaren Zielwert von $18\text{--}25 \text{ L}/(\text{EW}\times\text{d})$ bis mindestens 2030, wenn alle Haushalte konsequent mit Zweimengenspülsystemen (6 und 3 Liter) ausgestattet werden sollten. Für die Speicherauslegung empfiehlt die DIN 1989-1 eine Annahme von $24 \text{ L}/(\text{EW}\times\text{d})$.

Es bestehen bereits erste Konzepte für Toiletten mit einer Vollspülung von $4,5 \text{ L}$ und Teilspülung von $>2 \text{ L}$ (Feurich 2003), deren Selbstreinigungsfähigkeit bestätigt werden konnte. Solche Toiletten sind derzeit jedoch noch nicht auf dem Markt erhältlich. Wird in Zukunft auf solche Technik gesetzt und diese noch weiter optimiert, ergibt sich ein langfristiger Toilettenspülwasserverbrauch von $15,1 \text{ L}$ ($= 1 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 4,5 \text{ L}/\text{N} + 5,3 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 2 \text{ L}/\text{N}$). Mittelfristig realistischer und auch im Planungsgebiet umsetzbar, da auf dem Markt erhältlich (z. B. Laufen LIS CW2), wären Toiletten mit einer Vollspülung von $4,5 \text{ L}$ und Teilspülung von 3 L . Das würde einen durchschnittlichen Toilettenspülwasserverbrauch von $20,4 \text{ L}$ ($= 1 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 4,5 \text{ L}/\text{N} + 5,3 \text{ N}/(\text{EW}\times\text{d}) \times 3 \text{ L}/\text{N}$) ergeben. Bei konsequenter Umsetzung solcher Spülsysteme könnten also noch 36 % (bezogen auf $32 \text{ L}/(\text{EW}\times\text{d})$) (Neunteufel et al. 2010) an Wasserbedarf eingespart werden.

Hinsichtlich des Einsparpotentials von Toilettenspülwasser bestehen zahlreiche andere Konzepte wie Vakuum-Toiletten (<1 Liter Verbrauch, Absaugung mit Unterdruck), Trenntoiletten (Trennung von flüssigen und festen Bestandteilen) und Trocken- und Kompost-Toiletten (Fäkalien fallen in einen senkrecht unter der Toilette angebrachten Container; Nutzung der Fäkalien als Dünger) (Roth et al. 2011b). Solche neuartigen Sanitärsysteme haben hauptsächlich zum Ziel Stoffströme aufzutrennen bzw. aufzukonzentrieren, um sie so einer effizienteren Behandlung unterziehen und Nährstoffe daraus besser nutzbar machen zu können. Roth et al. (2011b) sehen die Möglichkeit, dass bei konsequentem Ausbau von Trennsystemen (Urinal plus Toilette sowie Trenntoilette) bis 2100 ein durchschnittlicher Toilettenspülwasserverbrauch von 12–15 L/(EWxd) und bei gleichzeitiger teilweiser Substitution durch Grauwasser und Niederschlag ein Wasserverbrauch von nur noch 10 L/(EWxd) nötig sein könnten. Vakuum-Toiletten setzen Vakuumtrennsysteme voraus, welche für das Planungsgebiet nicht vorgesehen sind. Eine Umsetzung von Trenntoiletten würde ebenfalls bauliche sowie technische Veränderungen im Entwässerungssystem und der Kläranlage des gesamten Entwässerungsgebiets vorsehen, was mittelfristig im Planungsgebiet nicht beabsichtigt ist. Ebenso sind Trocken- und Komposttoiletten, welche Fäkaliencontainer vorsehen, nicht Gegenstand der planerischen Überlegungen. Neuartige Sanitärsysteme werden somit im Folgenden nicht berücksichtigt.

6.4.1.4 Wäsche waschen

Zwischen den Jahren 1970 und 1990 ging der durchschnittliche Wasserverbrauch von Waschmaschinen um ca. 60 % von 145 Liter auf 60 Liter je Waschvorgang zurück (Roth et al. 2011a). Wesentlicher Grund hierfür war die Ölkrise 1973 und die Entwicklung hin zu mehr energiesparenden Waschmaschinen. Da der hauptsächliche Anteil an Energie für die Erwärmung des Wassers anfiel, war somit auch die Reduktion des Wasserverbrauchs von Waschmaschinen nötig. Roth et al. (2011a) konstatierten, dass der seit den 90er Jahren eingetretene Verbrauchsrückgang deutlich geringer ausfiel als dies aufgrund der Entwicklung wassersparender Waschmaschinen zu erwarten gewesen wäre. Würde man nämlich nur den Rückgang des Wasserverbrauchs von Waschmaschinen berücksichtigen, hätte der Wasserbedarf für das Wäschewaschen inzwischen auf 8 L/(EWxd) gefallen sein müssen. Da BDEW (2021b) und das Arbeitsblatt DVGW W 410 allerdings von 15 L/(EWxd) sprachen (Tab. 6.9), vermuteten die Autoren, dass die Einspareffekte durch Entwicklung wassersparender Waschmaschinen z. B. „durch häufigeres Waschen, den Betrieb gering beladener Maschinen und zusätzliche Spülgänge, die von Hand betätigt werden, um Waschmittelreste auszuspülen“ abgeschwächt wurden. Neunteufel et al. (2010) zeigten sogar auf, dass in den Jahren 2000 bis 2010 eine schwache Zunahme des spezifischen Wasserverbrauchs je kg Fassungsvermögen von Waschmaschinen zu beobachten war.

In Deutschland waren im Jahr 2018 95,0 % der privaten Haushalte mit Waschmaschinen ausgestattet (Destatis 2018). Gemäß Neunteufel et al. (2010) beträgt die Verwendungshäufigkeit von Waschmaschinen in der EU im Mittel 0,3 pro Einwohner und Tag bzw. 6 pro Haushalt und Woche. Roth et al. (2011a) gingen davon aus, dass seinerzeitige Waschmaschinen einen Wasserverbrauch von 55 bis 60 L je Waschgang aufwiesen. Wird beispielsweise 55 L je Waschgang mit der Verwendungshäufigkeit 0,3 pro Einwohner und Tag multipliziert, ergibt sich ein Wasserverbrauch fürs Wäschewaschen von 16,5 L/(EWxd), welcher dem 15-L/(EWxd)-Wert von BDEW (2021b) und dem Arbeitsblatt DVGW W 410 schon sehr nahe kommt. Der von der DIN 1989-1 vorgeschlagene spezifische Waschmaschinenverbrauch von 10 L/(EWxd) wirkt in dieser Hinsicht sehr ambitioniert und eher unrealistisch. Unter Berücksichtigung, dass seit Roth et al. (2011a) ein Jahrzehnt verstrichen ist, wird daher im Folgenden

ein Waschmaschinenwasserverbrauch von 50 L je Waschgang als Durchschnittswert angenommen.

Bei einem aktuellen Vergleich aus besonders sparsamen Waschmaschinen stachen einige Waschmaschinen mit sehr niedrigen Wasserverbräuchen hervor. Der jährliche Wasserverbrauch der effizientesten Waschmaschinen mit 7–9 kg Füllvolumen lag im Bereich 7400–7700 Liter pro Jahr (z. B. Telefunken TFW0641FE5 und Samsung WW7XJ5426DA) (Albert-Seifried 2019). Solche Wasserverbräuche werden gemäß (EU 2010) auf 220 Standardwaschzyklen bezogen. Die derzeit effizientesten Waschmaschinen können somit mit einem Wasserverbrauch von lediglich 35 Liter je Waschgang auskommen. Roth et al. (2011a) sprachen von einer technisch bedingten Untergrenze von 37 Liter je Waschgang. Dies ist sinnvoll, wenn bedacht wird, dass in der Regel nicht jeder Waschgang mit dem am geringsten Wasser verbrauchenden Programm gefahren wird. Im Folgenden wird daher für Szenarien mit maximaler Ausreizung von wassersparender Technologie von einem Wasserverbrauch von 37 Liter je Waschgang ausgegangen. Werden 37 Liter je Waschgang angenommen, ergibt sich somit bei gleichbleibendem Verbrauchsverhalten ein um $4 \text{ L}/(\text{EW} \times \text{d})$ reduzierter Wasserbedarf fürs Wäschewaschen von $11 \text{ L}/(\text{EW} \times \text{d})$ (statt der derzeitigen $15 \text{ L}/(\text{EW} \times \text{d})$).

6.4.1.5 Geschirr spülen

Gemäß Roth et al. (2011a) ist seit Anfang der 1990er Jahre der Wasserverbrauch für das Geschirrspülen von $8\text{--}10 \text{ L}/(\text{EW} \times \text{d})$ auf $7\text{--}8 \text{ L}/(\text{EW} \times \text{d})$ gesunken (BDEW 2021b; Arbeitsblatt DVGW W 410). In Deutschland waren im Jahr 2018 71,9 % der privaten Haushalte mit Geschirrspülmaschinen ausgestattet (Destatis 2018), mit weiterhin zunehmendem aber abflachendem Trend (Roth et al. 2011a). Ein nicht unwesentlicher Anteil privater Haushalte spült somit Geschirr noch von Hand, was in den Verbrauchsdaten berücksichtigt ist. Selbst wenn ein Haushalt mit einem Geschirrspüler ausgestattet ist, wird ein gewisser Anteil des Geschirrs, z. B. gespültes Geschirr mit angetrockneten Resten und empfindliche sowie große Teile, mit der Hand gespült (Roth et al. 2011a). Die Effizienz von heutigen Spülmaschinen ist so hoch, dass ein Spülvorgang von Hand sogar mehr Wasser verbraucht (30–40 L) (Neunteufel et al. 2010).

Wie für die Waschmaschinen erfolgte ein wesentlicher Rückgang des Wasserverbrauchs von Geschirrspülmaschinen als Folge der Ölkrise im Jahr 1973. So entwickelte sich der Wasserverbrauch je Spülgang von 62 L zu 20 L im Zeitraum zwischen Mitte der 1970er Jahre und Anfang der 1990er Jahre (Roth et al. 2011a). Seit 2000 liegt der Wasserverbrauch von Spülmaschinen durchschnittlich bei etwa 17,5 L je Spülgang (Roth et al. 2011a). Neunteufel et al. (2010) sprachen EU-weit von 16 L je Spülgang. Gemäß Roth et al. (2011a) wäre bis 2010 ein Rückgang des bundesdeutschen Wasserverbrauchs fürs Geschirrspülen hin zu $5 \text{ L}/(\text{EW} \times \text{d})$ möglich gewesen. Die Potentiale der technischen Entwicklung zu immer effizienteren Geschirrspülern wurden allerdings offensichtlich durch Effekte wie „häufigeres Spülen und kleinere Haushalte aufgezehrt“.

Wassersparende Spülmaschinen können den Wasserverbrauch inzwischen auf bis zu 7 Liter je Spülgang minimieren (z. B. SX66V094EU). Solche Angaben beziehen sich allerdings i. d. R. auf das Standardprüfprogramm; für die Anwendung empfohlene Wasserverbräuche sind signifikant höher (13–18 L je Spülgang) (Roth et al. 2011a). Die technisch mögliche Untergrenze wird gemäß Herstellerangabe mit 8 L je Spülgang beziffert (Roth et al. 2011a), welche mit modernen Gerätschaften bereits nahezu erreicht wird. Es gilt zu bedenken, dass solch niedrige Wasserverbräuche nur durch Kreislaufführung und aufwendige Filtertechnik zu erreichen sind, was dazu führt, dass nicht jeder Haushalt sich entsprechendes wassersparendes Gerät

leisten kann. Roth et al. (2011a) gingen davon aus, dass das durchschnittliche Einsparpotential inzwischen somit nahezu ausgereizt ist. Theoretisch ließe sich der Wasserverbrauch von derzeit 7 L/(EW×d) auf etwa 6 L/(EW×d) und langfristig möglicherweise auf 5 L/(EW×d) reduzieren.

Die Verwendungshäufigkeit von Geschirrspülern wird in der EU mit 0,25 pro Person und Tag bzw. 5 pro Haushalt und Woche angesetzt (Neunteufel et al. 2010). Das Produkt aus Verwendungshäufigkeit und durchschnittlichem Wasserverbrauch für Geschirrspüler (16 L je Spülgang gemäß Neunteufel et al. (2010)) entspricht einem Pro-Kopf-Wasserverbrauch durch Geschirrspüler von 4 L/(EW×d). Es wird folglich ersichtlich, dass ein wesentlicher Teil fürs Geschirrspülen per Hand von 3 L/(EW×d) berücksichtigt werden muss (zusätzliches Spülen von Hand trotz Spülmaschine sowie nicht vollständige Ausstattung privater Haushalte mit Spülmaschinen), soll der vom BDEW (2021b) angegebene Durchschnittswasserverbrauch fürs Geschirrspülen von 7 L/(EW×d) statistisch korrekt berücksichtigt werden. Im Folgenden wird daher von einem durchschnittlichen Wasserverbrauch fürs Geschirrspülen von 28 L je Spülvorgang (= 7 L/(EW×d) / 0,25 Spülvorgänge/(EW×d)) ausgegangen.

6.4.1.6 Raumreinigung und Autowäsche

Laut Neunteufel et al. (2010) gibt keine Studie explizit an, wie viel Wasser für die Raumreinigung und zur Autowäsche verwendet wird, daher gehen die Autoren von grob geschätzt 20–100 L pro Reinigung aus. Der Trinkwasserverwendungszweck der Reinigung ist nur sehr schwer greifbar, da dieser auch sehr individuell ist. Zusammen mit der Gartenbewässerung wird vom BDEW (2021b) von einem Gesamtanteil am Gesamttrinkwasserverbrauch von 6 %, also einem durchschnittlichen Wasserverbrauch von ungefähr 7 L/(EW×d), gesprochen. Wird von einem durchschnittlichen Wasserverbrauch von 20–100 L je Reinigungsvorgang ausgegangen (Neunteufel et al. 2010) und wird ein solcher beispielsweise alle 1–4 Wochen einmal pro Person ausgeführt, ergibt sich eine Spannweite für den Wasserverbrauch zu Reinigungszwecken von etwa 0,7 bis 4 L/(EW×d). Schätzungen zum Wasserverbrauch für die Reinigung gehen meist davon aus, dass Reinigungswasser zum größten Teil zur Autowäsche aufgewendet wird. Dies ist jedoch nicht mehr zeitgemäß, da Waschanlagen inzwischen das übliche Mittel zur Autowäsche darstellen. Es ist somit eher sinnvoll, von dem unteren von Neunteufel et al. (2010) genannten Grenzwert als Durchschnittswert auszugehen. Als Durchschnittswert wird daher im Folgenden ein Verbrauch von 20 L je Reinigungsvorgang bei zweiwöchigen Reinigungsvorgängen je Person angenommen.

6.4.1.7 Grünflächenbewässerung

Gemäß Arbeitsblatt DVGW W 410 wird der Wasserverbrauch für die Gartenbewässerung überschlägig auf 3 L/(EW×d) geschätzt. Der Bewässerungsbedarf ist sehr individuell und von der Grünflächensituation abhängig. Hier kann folglich der bundesdeutsche Durchschnittswert maximal als Orientierungshilfe dienen. Der Bewässerungsbedarf ist von zahlreichen Faktoren (Niederschlagsmenge, Temperatur, Humidität, Pflanzenart, Klimazone etc.) abhängig und kann mittels einschlägiger Software wie CropWat modelliert und berechnet werden. Um dieser Komplexität ansatzweise gerecht zu werden, wurde für die Modellierung im ESB-Modell die Option eingebaut, die Bewässerungsfläche und den Gesamtwasserbedarf pro Jahr anzugeben. Dieser Gesamtbedarf kann ferner monatsweise spezifiziert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, den Niederschlag in die Berechnungen des Bewässerungsbedarfs miteinfließen zu lassen. Fällt beispielsweise mehrere Tage ausreichend Regen, sodass der eingegebene Bewässerungsbedarf ausreichend gedeckt wird, wird kein Bewässerungswasser benö-

tigt. Wird eine solche Berücksichtigung des Niederschlags nicht gewünscht, wie z. B. für vertikale Grünwände, welche von Niederschlägen wenig profitieren, kann diese Option ausgeschaltet werden.

In der DIN 1989-1 wird der spezifische Jahresbedarf für die Gartenbewässerung mit 60 Litern pro Quadratmeter angegeben. Dieser Wert erscheint jedoch zu gering, angesichts der in Zukunft immer wichtiger werdenden grünen Infrastruktur und wenn beachtet wird, dass bereits das einfache Gießen von Rasenflächen in Sommermonaten bis zu 20 L/m² pro Woche erfordert. Gemäß LWG (2017) wird für Intensivrasen jährlich 750 bis 850 L/m² benötigt. Da mancher Garten zusätzlich Obst- und Gemüsekulturen enthält, wird im Folgenden ein höherer Bewässerungsbedarf von 1000 L/m² pro Jahr angenommen. Selbst wenn im Planungsgebiet lediglich Rasen mit geringerem Wasserbedarf betrieben werden sollten, bieten die veranschlagten 1000 L/m² pro Jahr Bewässerungsbedarf einen akzeptablen Puffer. Für die monatliche Verteilung des Bewässerungsbedarfs ist es erforderlich sich an unter Laborbedingungen ermittelten, repräsentativen Bedarfswerten zu orientieren. Solche sind z. B. für die grüne hauptsächlich mit Efeu ausgestaltete Lärmschutzwand gegeben (Helix) (Tab. 6.10).

Tab. 6.10: Monatliche Verteilung des Bewässerungswasserbedarfs für Efeu.

Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Bedarf [%]	4	5	6	8	13	15	15	13	9	6	3	3

Bei Dächern wird zwischen intensiver und extensiver Begrünung unterschieden. Solche Dachbegrünungen werden i. d. R. mit dem Ziel einer relativ hohen Verdunstung, stark ausgeprägten Versickerung und wenig Oberflächenabfluss angestrebt. Im Rahmen der Aufgabenstellung im Planungsgebiet des Quartiers Bolzstraße soll allerdings berücksichtigt werden, dass Niederschlag möglichst in vollem Umfang als Betriebswasser genutzt wird. So gilt es Niederschlagsnutzung, -verdunstung und letztlich Versickerung lediglich der nicht nutzbaren "Überschüsse" bei Starkregenereignissen geschickt auszutarieren. Auf Basis dessen ist es nicht ratsam intensive Dachbegrünungen anzuwenden, da diese einer regelmäßigen Bewässerung bedürfen, extensive Dachbegrünungen hingegen nicht. In sämtlichen Szenarien, die Gründächer vorsehen, ist im Folgenden folglich eine Bewässerung für Gründächer nicht berücksichtigt.

6.4.1.8 Essen und Trinken

Gemäß BDEW (2021b) gehen etwa 4 % des durchschnittlichen Wasserverbrauchs auf die Verwendung von Trinkwasser zum Zubereiten von Nahrungsmitteln bzw. Essen und Trinken zurück, was bei Annahme eines mittelfristigen Trinkwasserverbrauchs von 120 L/(EW×d) einem Anteil von 4–5 L/(EW×d) entspricht. Hierbei handelt es sich um konstante Wassermengen, die nicht durch wassersparende Maßnahmen reduziert werden können. Es wird im Folgenden also von diesem durchschnittlichen Pro-Kopf-Wasserverbrauch ausgegangen.

6.4.1.9 Zusammenfassung

Tab. 6.11 gibt die den Modellen zugrunde gelegten Optionen für Verbrauchsdaten sowie das Nutzungsverhalten wieder. Die Durchschnittswerte für das Nutzungsverhalten und die Wasserverbrauchsdaten sind auf Quellen gestützt, die den einzelnen Bereichen im Abschnitt 6.4.1 zu entnehmen sind. Die Unterteilung des Nutzungsverhaltens in Werktage und Wochenendtage dient dazu, die Modelle realitätsnaher zu gestalten und sind empirisch gewählt, entsprechen im Durchschnitt allerdings dem den Quellen entnommenen Nutzungsverhalten.

Tab. 6.11: Dem ESB-Modell zugrunde gelegte Optionen für Verbrauchsdaten und Nutzungsverhalten (N: Nutzung).

		WC (Urinieren)	WC (Stuhlgang)	Wäsche waschen	Bewässerung	Reinigung	Waschbecken	Dusche	Badewanne	Geschirr spülen	Essen und Trinken
Durchschnittliche Nutzung	N/EW/d	5,3	1	0,30	-	0,07	10,0	0,80	0,03	0,25	-
Nutzung an Werktagen	N/EW/d	4,1	1	0,25	-	0,05	9,2	0,88	0,01	0,23	-
Nutzung an Wochenendtagen	N/EW/d	8,3	1	0,42	-	0,11	12,0	0,60	0,08	0,30	-
Veraltet	L/N	9,0	9,0	60	-	-	0,5	60	175	32	-
Aktuell	L/N	4,74	6,87	50	-	20	0,3	45	125	28	-
Sparsam (mittelfristig)	L/N	3,0	4,5	45	-	-	0,23	30	115	24	-
Sparsam (langfristig)	L/N	2,0	4,5	37	-	-	-	-	100	20	-
Durchschnittlicher Bedarf	L/EW/d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8
Bedarf an Werktagen	L/EW/d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5
Bedarf an Wochenendtagen	L/EW/d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6
Grünflächenbedarf	m ³ /(m ² a)	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

6.4.1.10 Übertrag auf das Quartier Bolzstraße

Von der Stadtsiedlung Heilbronn wurden für die Geschosswohnungsbauten und Doppelhäuser im Quartier Bolzstraße Trinkwasserverbrauchsdaten der Jahre 2015, 2016, 2017 und 2018 ermittelt (Tab. 6.12). Werden diese Daten durch die Einwohnerzahl dividiert, ergibt sich der durchschnittliche Pro-Kopf-Wasserverbrauch im Quartier. Tab. 6.12 gibt diesen für die jeweiligen Jahre sowohl für die Geschosswohnungsbauten als auch für die Doppelhäuser wieder.

Tab. 6.12: Wasserverbrauchsdaten (GES: Geschosswohnungsbauten, DOP: Doppelhäuser).

Jahr	Bewohner		Wasserverbrauch		Pro-Kopf-Verbrauch		
	GES	DOP	m ³		L/(EWxd)		
			GES	DOP	GES	DOP	Gesamt
2015		54	3041	2035	94	103	97,3
2016	89	54	3126	1995	96	101	98,1
2017		51	3368	1885	103	101	102,3
2018		50	3207	1770	99	97	98,2
Ø					98	101	99,0

Zu beobachten ist ein leichter Rückgang des Wasserverbrauchs der Doppelhäuser. Dieser ist mit dem zunehmenden Leerstand einiger Häuser im Laufe der Jahre verbunden. Trotz dessen nimmt der Pro-Kopf-Verbrauch ebenfalls leicht ab. Die genaue Einwohnerzahl kann jedoch

nicht genau bestimmt werden. Der Wasserverbrauch in den Geschosswohnungsbauten bewegte sich stets auf einem ähnlichen Niveau. Ein Peak war für 2017 zu beobachten. Wie bereits in Abschnitt 6.4.1.1 ausgeführt, wäre ein solcher eher für das sehr trockene Jahr 2018 zu erwarten gewesen. Nichtsdestotrotz war im Jahr 2018 der zweithöchste Wasserverbrauch festzustellen. Ob der vermeintliche Trend des zunehmenden Wasserverbrauchs mit den Jahren wirklich signifikant ist, ist mit Daten aus 4 Jahren nicht seriös bewertbar. Der Unterschied im Pro-Kopf-Verbrauch zwischen Geschosswohnungsbauten und Doppelhäusern ist mit durchschnittlich 3 L/(EW×d) nur sehr gering. Der leicht höhere Wasserverbrauch der Doppelhäuser könnte mit vermehrter Wassernutzung für den Gartenbedarf erklärt werden.

Insgesamt ist der Durchschnittswert für den Wasserverbrauch im Quartier Bolzstraße der Jahre 2015–2018 (99 L/(EW×d)) nur gering niedriger als der bundesdeutsche Durchschnitt (109 L/(EW×d)). Wie bereits in Abschnitt 6.4.1.1 ausgeführt, enthält letzterer Wert auch nicht quantifizierbare Wasserverluste, die auf das Quartier Bolzstraße nicht eins zu eins übertragen werden können und daher in allen Betrachtungen vernachlässigt werden. Es ist durchaus üblich, dass Wasserverbräuche in Haushalten unterhalb des bundesdeutschen Durchschnitts liegen können, da das Wasserverbrauchsverhalten von Haushalt zu Haushalt und Person zu Person je nach Bewusstsein für die Ressource Wasser starken Schwankungen unterliegt und zwischen der Größe eines Haushalts und dessen Wasserverbrauch keine lineare Korrelation besteht. Um Wassersparpotentiale für das Quartier Bolzstraße abschätzen und den Modellszenarien den notwendigen Detailgrad verpassen zu können, ist es wichtig, den tatsächlichen Gesamtverbrauch im Quartier Bolzstraße den einzelnen Verwendungszwecken überschlägig zuzuordnen. Dabei ist zumindest empirisch zu klären, wie der verringerte Verbrauch von 10 L/(EW×d) zum bundesdeutschen Durchschnitt zustande kommen könnte. Hierbei sei allerdings zusätzlich angemerkt, dass selbst die von BDEW (2021b) und dem Arbeitsblatt DVGW W 410 genannten prozentualen Anteile der Verwendungszwecke nicht wissenschaftlich gesichert sind und lediglich überwiegend auf Schätzungen von Experten beruhen (Roth et al. 2011b).

Das Quartier Bolzstraße ist mit den Baujahren 1935 (Doppelhäuser) und 1956 (Geschosswohnungsbauten) den Altbauten zuzuordnen. Im Folgenden wird für sämtliche Verwendungszwecke das in Tab. 6.11 dargestellte Nutzungsverhalten angenommen. Abweichungen im Wasserverbrauch zwischen dem Quartier Bolzstraße und dem Bundesdurchschnitt werden lediglich durch Variationen im Wasserverbrauch je Nutzung verargumentiert. Tab. 6.13 fasst die im Folgenden diskutierten Daten zusammen:

- Der Verbrauch für den Verwendungszweck „Essen und Trinken“ unterliegt einer sehr geringen Schwankungsbreite und wird für das Quartier Bolzstraße wohl ähnlich wie der Durchschnitt sein.
- Ähnliches wird für den Verwendungszweck „Waschbeckennutzung“ angenommen.
- Wie bereits in Abschnitt 6.4.1.4 ausgeführt, sind inzwischen nahezu alle Haushalte mit Waschmaschinen ausgestattet (Destatis 2018). Zudem sind diese nahezu flächendeckend auf dem neuesten Stand der Technik (Roth et al. 2011a), weshalb auch für den Verwendungszweck „Wäsche waschen“ vereinfachend keine Abweichung vom Durchschnitt angenommen wird.
- Im Gegensatz dazu sind derzeit lediglich 71,9 % der deutschen Haushalte mit Geschirrspülern ausgestattet (Destatis 2018). Wird berücksichtigt, dass die Mehrzahl der Menschen in den Geschosswohnungsbauten vergleichsweise geringe Einkommen aufweisen, so ist es möglich, dass die Geschirrspüler-Ausstattung im Quartier Bolzstraße sogar leicht unterhalb der 71,9 % liegt, somit öfter per Hand gespült und ein

höherer Wasserverbrauch verursacht wird. Sicherheitshalber wird daher von einem durchschnittlichen Verbrauch von 30 L/Spülgang anstelle der aktuell anzunehmenden 28 L/Spülgang ausgegangen.

- Da die Mehrheit der Bewohner des Quartiers Bolzstraße in Geschosswohnungsbauten mit 2–3-Zimmerwohnungen ohne Gärten wohnt (weniger Wasserverbrauch für die Reinigung von Gartenbefestigungen und Wohnungsinnenraum), wird zudem von einem Wasserverbrauch zur Reinigung von 10 L anstelle der in Tab. 6.11 veranschlagten 20 L ausgegangen.
- Derzeit beträgt die Gartenfläche im Quartier Bolzstraße etwa 1660 m². Nach Begehung dieser Anlagen fällt allerdings auf, dass diese offenbar in den letzten Jahren erheblich vernachlässigt wurden. Es ist folglich nicht davon auszugehen, dass der in Tab. 6.11 veranschlagte optimale Wasserbedarf für Gartenflächen von 1 m³/m²/a wirklich eingehalten wurde. Bei Berücksichtigung des Niederschlags der Jahre 2010–2019 zur Bewässerungsbedarfsdeckung gemäß ESB-Modell (Deckung von 0,3 m³/m²/a durch Niederschlag, tatsächlicher Bewässerungsbedarf also: 0,7 m³/m²/a) entspreche dies einem durchschnittlichen Pro-Kopf-Wasserverbrauch von 22 L/(EWxd). Viel realistischer ist jedoch ein Wert von lediglich 2 L/(EWxd).
- Die in Abschnitt 6.4.1.2 ausgeführten Überlegungen haben aufgezeigt, dass der bundesweit durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch für die Körperpflege mit 43 L/(EWxd) bereits sehr niedrig angesetzt ist. Noch niedrigere Pro-Kopf-Verbräuche würden unrealistisch kurze Duschvorgänge voraussetzen. Höhere Verbräuche kommen ebenfalls nicht in Frage, da der Gesamtverbrauch im Quartier Bolzstraße um 10 L/(EWxd) unterhalb des durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauchs liegt und man somit als Folge dessen bei anderen Verwendungszwecken unrealistisch niedrige Verbräuche annehmen müsste. Für das Quartier Bolzstraße wird folglich vereinfachend derselbe Verbrauch von 36 L/(EWxd) wie im bundesweiten Durchschnitt angenommen. Derzeit sind ungefähr 50 % der Wohnungen mit Badewannen ausgestattet. Folglich summiert sich der Pro-Kopf-Verbrauch fürs Baden auf ~2 L/(EWxd) (= 125 L/Nutzung × 0,03 Nutzungen/(EWxd) × 50 %).
- Es ist davon auszugehen, dass noch eine signifikante Anzahl von Wohnungen im Quartier Bolzstraße nicht mit 6-L/3-L-Spülkästen ausgestattet sind, was bedeutet, dass hins. des Pro-Kopf-Verbrauchs für die Toilettenspülung etwas höhere Verbräuche als 3 Liter für die Teilmengenspülung und 6 Liter für die Vollspülung angenommen werden müssen. Die in Tab. 6.11 veranschlagten durchschnittlichen aktuellen Verbräuche von 4,74 L (Teilmengenspülung) und 6,87 L (Vollspülung) können jedoch auch nicht für das Quartier Bolzstraße herangezogen werden, da sonst der Gesamt-Pro-Kopf-Verbrauch von 99 L/(EWxd) überschritten werden würde. Um auf letzteren Wert zu kommen, müssen durchschnittliche Verbräuche von 4,08 L (Teilmengenspülung) und 6,54 L (Vollspülung) angenommen werden. Es ist durchaus möglich, dass der Wasserverbrauch für die Toilettenspülung sogar mit diesen Zahlen etwas unterschätzt wird, da die Altbauwohnungen noch eher mit 9-L-Spülkästen ausgestattet sind. Mit den Überlegungen in diesem Abschnitt wird die Referenz für die Dimensionierung des Speichers festgelegt. Wird die Referenz insbesondere des Wasserverbrauchs für die Toilettenspülung zu hoch angesetzt, besteht die Gefahr, dass das berechnete Wassersparpotential zu hoch und somit unrealistisch falsch eingeschätzt wird.

Tab. 6.13: Dem ESB-Modell für die derzeitige Situation im Quartier Bolzstraße zugrunde gelegte Nutzungs- und Verbrauchsdaten (N: Nutzung).

		WC (Urinieren)	WC (Stuhlgang)	Wäsche waschen	Bewässerung	Reinigung	Waschbecken	Dusche	Badewanne	Geschirr spülen	Essen und Trinken
Durchschnittliche Nutzung	N/EW/d	5,3	1	0,30	-	0,07	10,0	0,80	0,03	0,25	-
Nutzung an Werktagen	N/EW/d	4,1	1	0,25	-	0,05	9,2	0,88	0,01	0,23	-
Nutzung an Wochenendtagen	N/EW/d	8,3	1	0,42	-	0,11	12,0	0,60	0,08	0,30	-
Aktuell	L/N	4,08	6,54	50	-	10	0,3	45	125	30	-
Anteil	%	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-
Durchschnittlicher Bedarf	L/EW/d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8
Bedarf an Werktagen	L/EW/d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5
Bedarf an Wochenendtagen	L/EW/d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6
Grünflächenbedarf	m ³ /(m ² a)	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-

6.4.1.11 Mögliches Einsparpotential

In den Abschnitten 6.4.1.2–6.4.1.8 wird aufgezeigt wie hoch der durchschnittliche Verbrauch für einzelne Verwendungszwecke von Trinkwasser im bundesweiten Durchschnitt ist und wie die Bedarfe in Zukunft mittelfristig (in 20–30 Jahren) sowie langfristig (in 100 Jahren) ausfallen könnten (angenommen eine Projektion des derzeit voraussehbaren Fortschritts hins. Wassersparttechnologien in die Zukunft ist möglich und neuartige derzeit nicht voraussehbare Entwicklungen sind nicht berücksichtigt). Durchschnittliche Werte zum Nutzungsverhalten,zeitigem Verbrauch sowie zukünftige Bedarfspotentiale sind in Tab. 6.11 dargestellt. Dasselbe ist in Tab. 6.13 für das Quartier Bolzstraße der Fall. Basierend auf diesen Daten, gibt Tab. 6.14 das Wassersparpotential für den bundesdeutschen Durchschnitt sowie für das Quartier Bolzstraße wieder. Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass sich das Nutzungsverhalten in der Zukunft vom heutigen Nutzungsverhalten nicht unterscheidet (gleiche Anzahl an WC-Gängen, Wasch- und Spülvorgängen je Einwohner und Tag etc.).

Tab. 6.14: Trinkwassereinsparpotential im Bundesdurchschnitt sowie für das Quartier Bolzstraße (BW: Betriebswasser, N.: Nutzung).

			WC	Wäsche waschen	Bewässerung	Reinigung	Waschbecken	Dusche	Badewanne	Geschirr spülen	Essen und Trinken	Gesamt
Bundesweit	Durchschnittlicher Verbrauch	L/EW/d	32	15	6	1	3	36	4	7	5	109
	Mittelfristiger Verbrauch	L/EW/d	20	14	6	1	2	24	3	6	5	81
	Langfristiger Bedarf	L/EW/d	15	11	6	1	2	24	3	5	5	72
	Langfristiger Bedarf mit BW-N.	L/EW/d	0	0	0	0	2	24	3	5	5	39
	Mittelfristige Einsparung	%	38	7	0	0	33	33	25	14	0	26
	Langfristige Einsparung	%	53	27	0	0	33	33	25	29	0	34
	Langfristige Einsparung mit BW-N.	%	100	100	100	100	33	33	25	29	0	64
Quar. Bolzstraße	Derzeitiger Verbrauch	L/EW/d	28	15	6*	1	3	36	1**	7	5	102
	Zukünftiger Bedarf	L/EW/d	20	11	6	1	2	24	1	6	5	76
	Zukünftiger Bedarf mit BW-N.	L/EW/d	0	0	0	0	2	24	1	6	5	38
	Zukünftige Einsparung	%	29	27	0	0	33	33	0	14	0	25
	Zukünftige Einsparung mit BW-N.	%	100	100	100	100	33	33	0	14	0	63

* Annahme möglichst vollständiger Wasserbedarfsdeckung (keine Annahme derzeitigen Verhaltens für die Zukunft)

** Annahme einer Badewannenausstattung im Neubaugebiet von 5 %

In Deutschland ist gemäß Tab. 6.14 mittelfristig ein Trinkwassereinsparpotential von 26 % möglich. Langfristig liegt dieses sogar bei 34 %, was einem Pro-Kopf-Wasserverbrauch von 72 L/(EW×d) entsprechen würde. Werden sämtliche Potentiale wassersparender Technologien ausgenutzt und dazu noch die Verwendungszwecke WC, Wäsche waschen, Bewässerung und Reinigung vollständig durch Betriebswassernutzung substituiert, wäre ein langfristiges Einsparpotential von bis zu 64 % möglich. Dies würde einem Pro-Kopf-Trinkwasserverbrauch von lediglich 39 L/(EW×d) entsprechen. Der zu substituierende Wasserverbrauch betrüge in diesem Fall 33 L/(EW×d). Allein durch Nutzung schwach belasteten Grauwassers, welches in diesem Fall in Mengen von 30 L/(EW×d) anfallen würde (Waschbecken, Bad und Dusche; Annahme eines 5%igen Grauwasseraufbereitungsverlusts), könnte dieser Bedarf nahezu vollständig gedeckt werden. Es ist somit davon auszugehen, dass mit zusätzlicher Nutzung von Niederschlag und im Bedarfsfall auch stark belasteten Grauwassers (Waschmaschinenablauf und Küchenablauf) eine vollständige Abdeckung des Betriebswasserbedarfs möglich wäre.

Je nach Betrachtungsgebiet können mittelfristige und langfristige Ziele unterschiedlich schnell umgesetzt werden. Im Quartier Bolzstraße könnte beispielsweise eine maximaleffiziente wassersparende Umsetzung fürs Wäschewaschen durch gemeinsame Waschküchen erfolgen, in denen stets die effizientesten Waschmaschinen für die Mieter zur Verfügung gestellt werden. Somit würde kurzfristig ein durchschnittlicher Wasserverbrauch je Waschgang von ca. 37 L erreicht. Das bundesweit langfristige Ziel könnte somit für das Quartier Bolzstraße bereits sofort umgesetzt werden. Bundesweit würde die Erreichung dieses langfristigen Ziels jedoch mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Ähnlich verhält es sich mit Toiletten-, Waschtisch- und Duscharmaturen, deren mittelfristig wassersparende Varianten bereits bei der Errichtung

der Neubauten berücksichtigt werden könnten (die langfristig vorzusehenden Wassersparpülkästen für WCs sind derzeit noch nicht auf dem Markt erhältlich).

Das Wassereinsparpotential hinsichtlich Geschirrspüler wird für das Quartier Bolzstraße nur gering eingeschätzt (s. auch Überlegungen dazu in Abschnitt 6.4.1.5), da eine zentralisierte Nutzung wassersparender Geschirrspüler unrealistisch ist. Ziel wird es in jedem Fall sein müssen, das Bewusstsein der Bewohner dahingehend zu stärken, dass allein schon durch Nutzung von Spülmaschinen der Wasserverbrauch stark reduziert werden kann; es ist also eine nahezu vollständige Ausstattung aller privater Haushalte mit Geschirrspülern anzustreben. Hinsichtlich Wassersparpotential wird angelehnt an Roth et al. (2011a) daher von einem mittelfristigen Wert von 24 L je Spülvorgang (= 6 L/(EW×d) / 0,25 Spülvorgänge/(EW×d)) ausgegangen. Langfristig sind 20 L je Spülvorgang (= 5 L/(EW×d) / 0,25 Spülvorgänge/(EW×d)) möglich (dieser Wert wird für Wassersparszenarien des Quartiers Bolzstraße jedoch nicht berücksichtigt).

Wie bereits in Abschnitt 6.4.1.6 erläutert, wird davon ausgegangen, dass der veranschlagte Bewässerungsbedarf von 1 m³/m²/a für Gartenflächen derzeit nicht eingehalten wird, weshalb basierend auf den tatsächlichen Gesamtwasserverbrauchswerten lediglich ein Pro-Kopf-Wasserverbrauch für Gärten von 2 L/(EW×d) geschätzt wurde. Um das Wassersparpotential jedoch nicht zu überschätzen, muss davon ausgegangen werden, dass in Zukunft der Wasserbedarf von 1 m³/m²/a vollständig abgedeckt werden wird. Mittels ESB-Modell errechnet sich bei einer zu bewässernden Fläche von etwa 1660 m² sowie unter Berücksichtigung des Niederschlags der Jahre 2010–2019 (um den Bewässerungsbedarf nicht zu überschätzen, ist es ausreichend für diesen Fall noch keine Niederschlagsrückgangprognosen zu berücksichtigen) ein Wasserbedarf von 0,7 m³/m²/a. Bei einer zukünftigen Einwohnerzahl von ca. 500 entspricht dies einem Pro-Kopf-Wasserverbrauch für Grünflächen von 6 L/(EW×d). Dieser Wert ist in Tab. 6.14 wiedergegeben (nicht die sehr niedrig veranschlagten 2 L/(EW×d)). Aufgrund dessen und weil davon ausgegangen wird, dass der zukünftige Anteil an Wohnungen mit Bädewannen geringer ausfallen wird als dies derzeit der Fall ist, weicht der in Tab. 6.14 wiedergegebene durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch von 102 L/(EW×d) um 3 L/(EW×d) von den tatsächlich im Quartier Bolzstraße gemessenen 99 L/(EW×d) ab.

Für die sonstigen Verwendungszwecke ist kein wesentliches Einsparpotential zu erwarten, da hier keine wassersparenden Technologien eingesetzt werden können.

Insgesamt ist folglich ein Einsparpotential von 25 % im Falle der konsequenten Ausnutzung wassersparender Technologien zu erwarten, was einem Pro-Kopf-Verbrauch von 76 L/(EW×d) entsprechen würde. Dieser Wert liegt bereits sehr nahe am bundesweit langfristig zu erwartenden Durchschnitt von 72 L/(EW×d). Durch die zusätzliche Betriebswassernutzung für die Verwendungszwecke WC, Wäsche waschen, Bewässerung und Reinigung ist sogar ein zusätzliches Trinkwassereinsparpotential von weiteren 38 Prozentpunkten, also ein Pro-Kopf-Trinkwasserverbrauch von 38 L/(EW×d), möglich. Die zu erwartende Substitutionsmenge von 38 L/(EW×d) könnte konstant zu 26 L/(EW×d) durch schwach belastetes Grauwasser gedeckt werden (Annahme eines 5%igen Grauwasseraufbereitungsverlusts). Es wird also die Nutzung von Niederschlag erforderlich, um die restlichen 12 L/(EW×d) abdecken zu können.

6.4.2 Niederschlag

6.4.2.1 Derzeitige Niederschlagssituation in Deutschland

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) verfügt deutschlandweit über etwa 1900 Messstationen, ein großer Teil davon gibt automatisiert Daten an eine zentrale Datenbank weiter (teilweise sogar minütlich). Abb. 6.45 gibt die typischen Niederschlagshöhen eines Jahres in Deutschland, ermittelt aus einem vieljährigen Mittelwert des Zeitraums 1961-1990 dieser Messstationen, wieder. Der durchschnittliche Jahresniederschlag von Deutschland beträgt etwa 800 L/m² (= mm). Wie in Abb. 6.45 zu sehen, gibt es sehr trockene Gebiete mit <500 L/m² (im Lee des Harzes zwischen Erfurt und Magdeburg), trockene Gebiete (Nordosten Deutschlands) sowie (sehr) feuchte Gebiete mit >1000 L/m² an den Alpenrändern, im Schwarzwald sowie bundeslandübergreifend zwischen den Flüssen Ruhr, Rhein und Lahn. Mit rund 750 mm durchschnittlichen Jahresniederschlags (s. Abschnitt 6.4.2.4) liegt das Modellgebiet Heilbronn im Mittelfeld der in Deutschland vorzufindenden Jahresniederschläge.

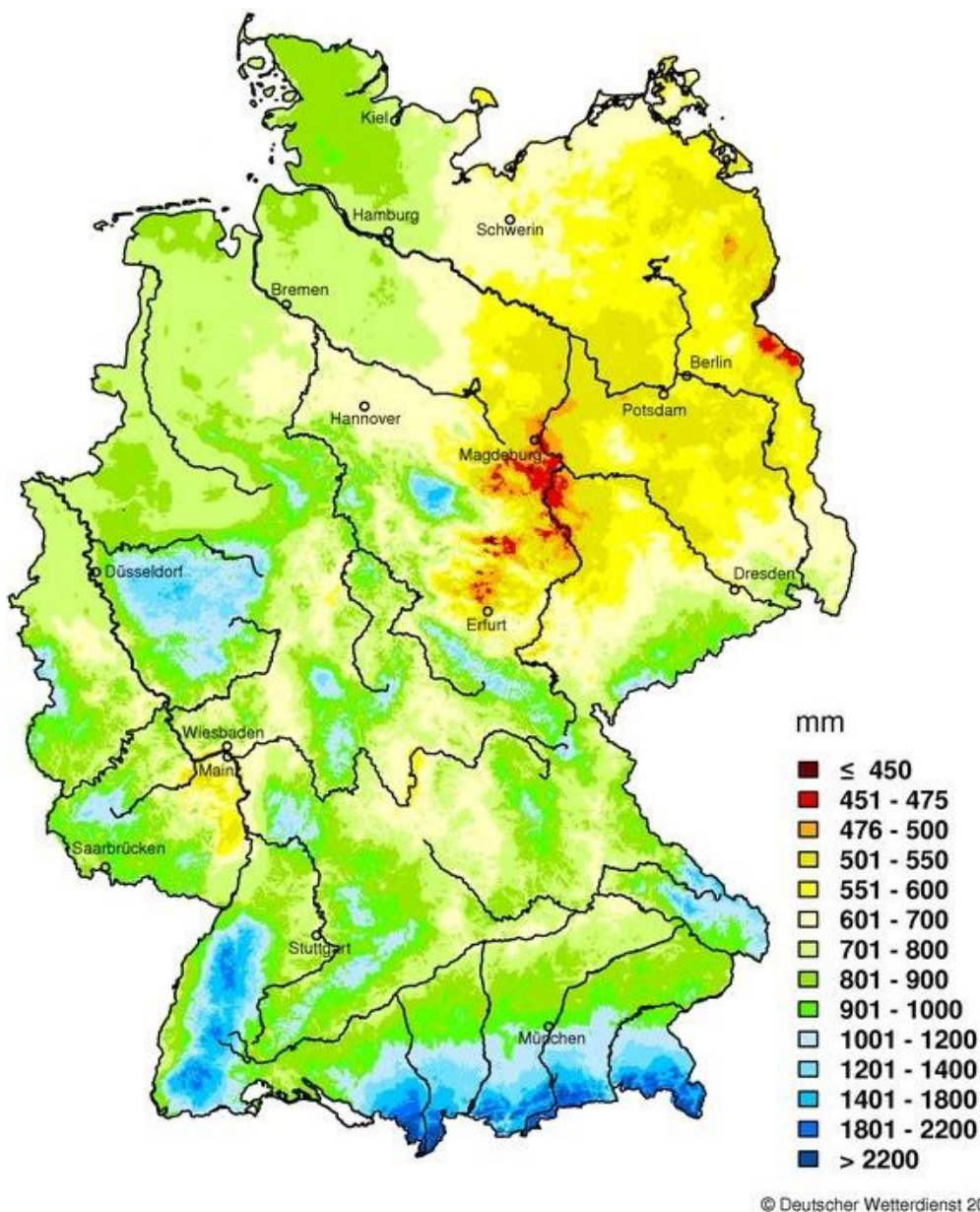


Abb. 6.45: Niederschlagshöhe pro Jahr aus vieljährigem Mittelwert 1961-1990, erstellt mit den Daten aller Stationen aus den Messnetzen des DWD (Quelle: DWD 2018).

6.4.2.2 Niederschlagsentwicklung & -prognosen für Deutschland

Abb. 6.46 gibt die Temperatur- und Niederschlagsanomalie der letzten 140 Jahre in Deutschland bezogen auf den Referenzzeitraum 1961–1990 wieder. Für beide Parameter ist ein schwacher Anstieg zu erkennen: Seit 1881 um 1,6 °C sowie um 62,4 mm (d. h. Anstieg des Jahresniederschlags um 7,9 %). Dies allein deutet bereits darauf hin, dass ein Trend hin zu vermehrt heißen Tagen und stärkeren Niederschlägen zu erwarten ist.

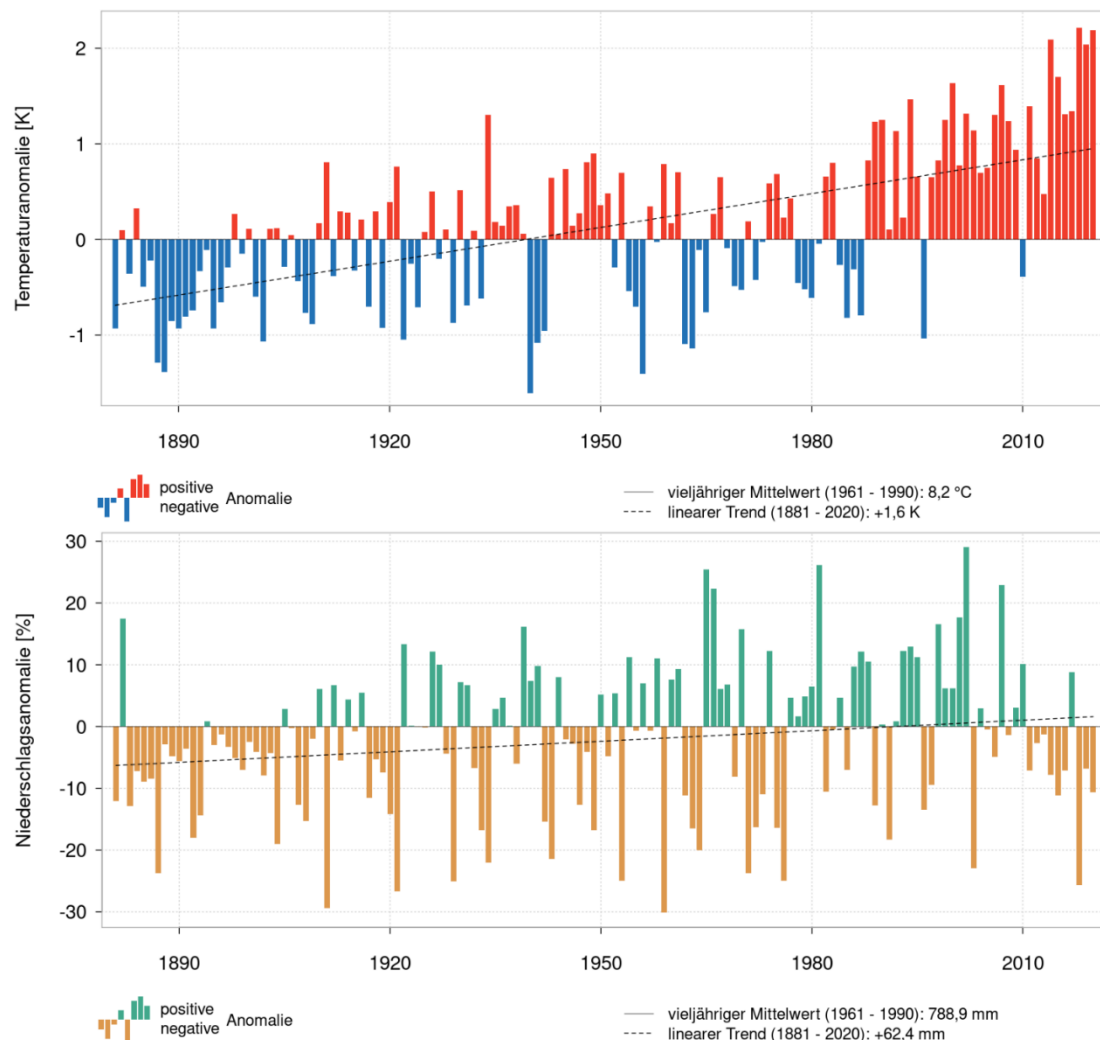


Abb. 6.46: Temperatur- und Niederschlagsanomalie in Deutschland für die Jahre 1881-2020 (Referenzzeitraum: 1961–1990) (DWD 2021d).

Für die Abschätzung von Niederschlägen in der Zukunft werden von verschiedenen Forschungsgruppen weltweit sowie für Deutschland mithilfe von numerischen Modellen *Klimaprojektionen* (Aussagen über sehr langfristige Zeiträume, z. B. bis zum Jahr 2100) bzw. *Klimavorhersagen* (Aussagen über kommende Jahre) ermittelt. „Mit einem numerischen Erdsystemmodell kann der gekoppelte Zustand der Atmosphäre, des Ozeans und der Landoberfläche beschrieben werden. Um mit diesem eine Klimasimulation durchführen zu können, werden Rand- und Anfangsbedingungen möglichst aller Komponenten des Klimasystems benötigt, sowie ein Großrechner, um das Ensemble von rechenzeitintensiven Klimasimulationen durchzuführen. Die Randbedingungen beeinflussen dabei eher mittel- und langfristige Simulationen, wohingegen Anfangsbedingungen eher kurz- und mittelfristige Vorhersagbarkeit liefern.“ (DWD 2021e). Da Klimamodell-Simulationen verschiedenen Unsicherheiten unterliegen (fehlende Kenntnis zu theoretischen Grundlagen, Rechenfehler, Unsicherheit hinsichtlich kleinräumiger

Prozesse, Anfangs- und Randbedingungen etc.), werden mehrere Modellsimulationen (10–50) durchgeführt, um damit die Bandbreite möglicher Entwicklungen des Klimas abschätzen zu können (DWD 2021e).

Dekadische Klimavorhersagen, die in einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojekt MiKlip (mittelfristige Klimaprognosen) erforscht wurden, sind in die operationelle Produktkette beim Deutschen Wetterdienst aufgenommen worden (DWD 2021a). Auf der Homepage des DWD (DWD 2021f) findet man „konsistente Darstellungen der Klimavorhersage und Vorhersagegüte für unterschiedliche Zeit- (Wochen, Jahreszeiten, Jahre) und Raumskalen (Deutsche Regionen, Deutschland, Europa, Welt). Sie stehen in einer Basis- und einer Profiversion zur Verfügung. Diese werden ergänzt durch themenspezifische Klimavorhersagen.“ (DWD 2021f)

Der deutsche Klimaatlas des Deutschen Wetterdienstes präsentiert „mögliche Szenarien unseres zukünftigen Klimas in einer Zusammenschau mit unserem früheren und derzeitigen Klima.“ (DWD 2021b) Es werden Daten wie Lufttemperatur, Frosttage, heiße Tage, Niederschlag etc. in verschiedenen Emissionsszenarien (RCP4.5, RCP2.6, RCP8.5) dargestellt. Hierin wird auch in einzelne Bundesländer Deutschlands unterschieden.

Abb. 6.47 fasst die drei verschiedenen Niederschlagsszenarien für das gesamte Kalenderjahr in Deutschland zusammen. Alle drei Szenarien gehen innerhalb des 15–85 Perzentils des gleitenden Mittels von einer Fortführung des bereits beobachteten Trends des langsam ansteigenden Jahresniederschlags in Deutschland aus, mit der Möglichkeit, dass der Jahresniederschlag sich irgendwann auf einem festen Wert einpendelt. Im Prinzip unterscheidet sich das Bild für Baden-Württemberg davon nicht wesentlich (Abb. 6.49).

Abb. 6.48 gibt das RCP4.5-Szenario für die einzelnen Jahreszeiten Deutschlands bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wieder. Die Spannweite der Ergebnisse ist sehr breit und spiegelt die hohe Unsicherheit der Szenarien wieder. Anhand der 15–85 Perzentil-Werte des gleitenden Mittels ist zu erkennen, dass für das Frühjahr und den Winter von einem weiteren steten Anstieg des Niederschlags ausgegangen wird (rund 10 %), während die Niederschläge im Sommer und Herbst mehr oder weniger stagnieren bzw. zwischen 10 % Rückgang und 10 % Anstieg pendeln. Für Baden-Württemberg wird eine ähnliche Entwicklung angenommen (Abb. 6.50).

6. Wasserkreislaufwirtschaft

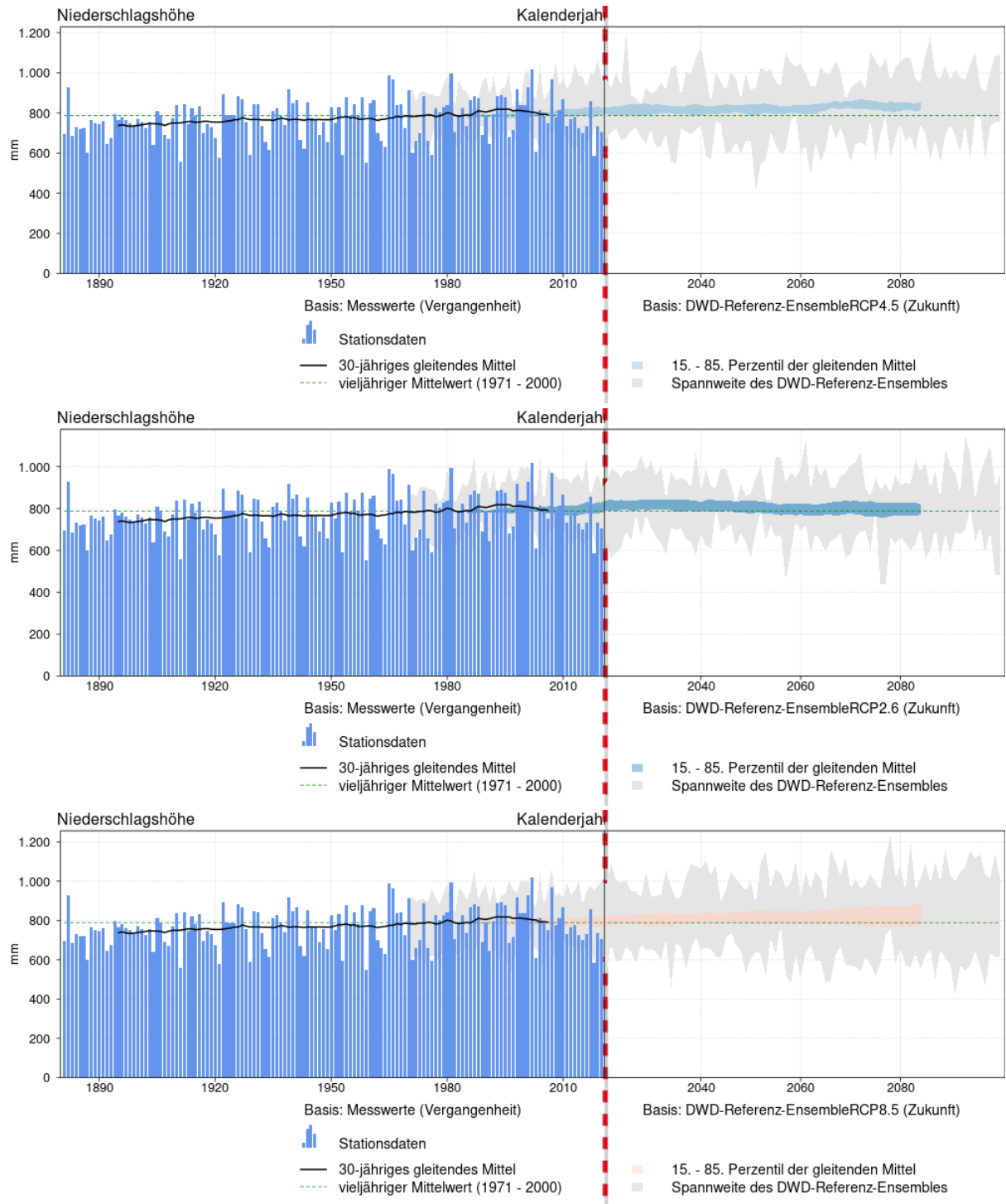


Abb. 6.47: Niederschlagsszenarien für Deutschland (von oben nach unten: RCP4.5, RCP2.6, RCP8.5).

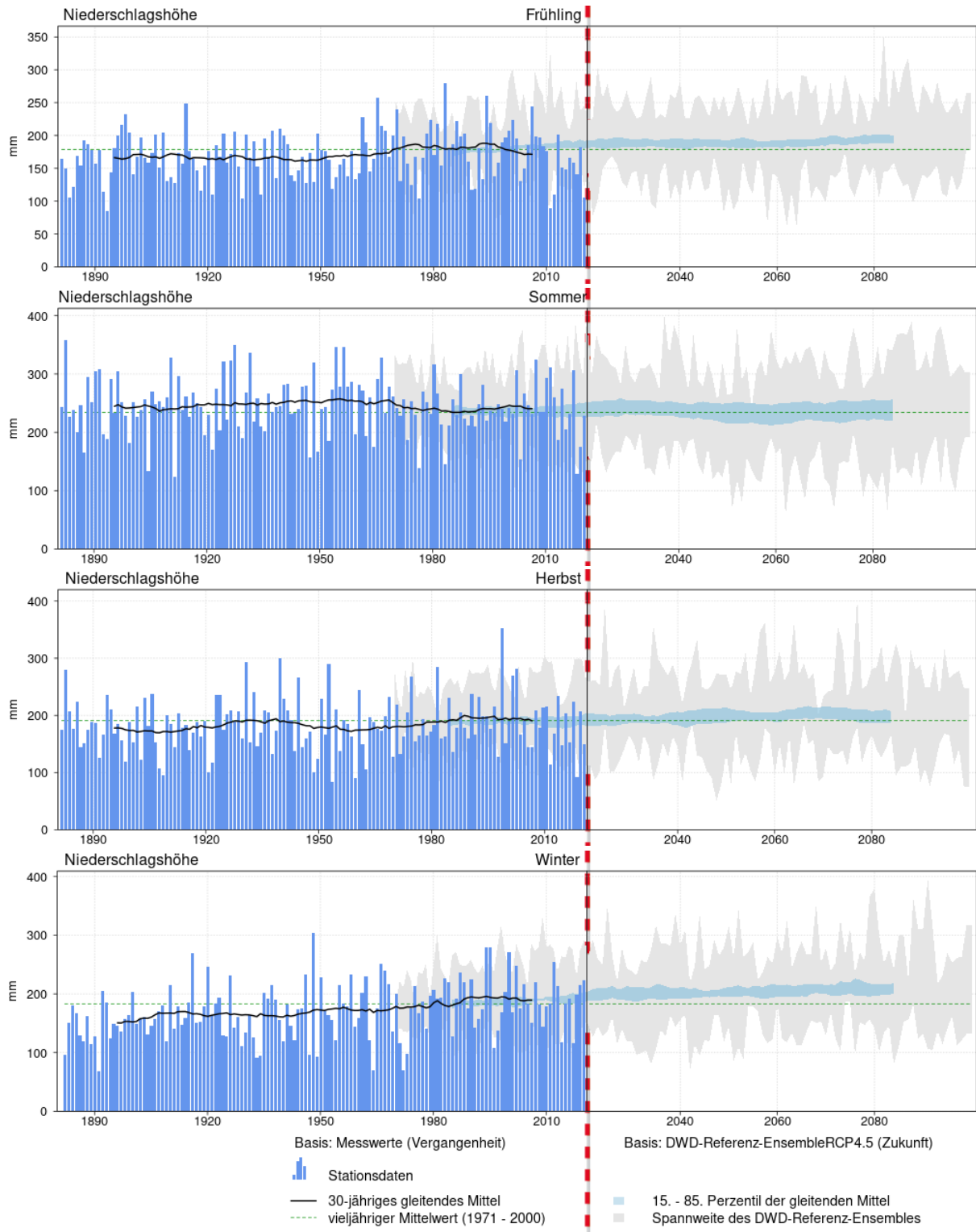


Abb. 6.48: RCP4.5-Niederschlagsszenario für Deutschland.

6. Wasserkreislaufwirtschaft

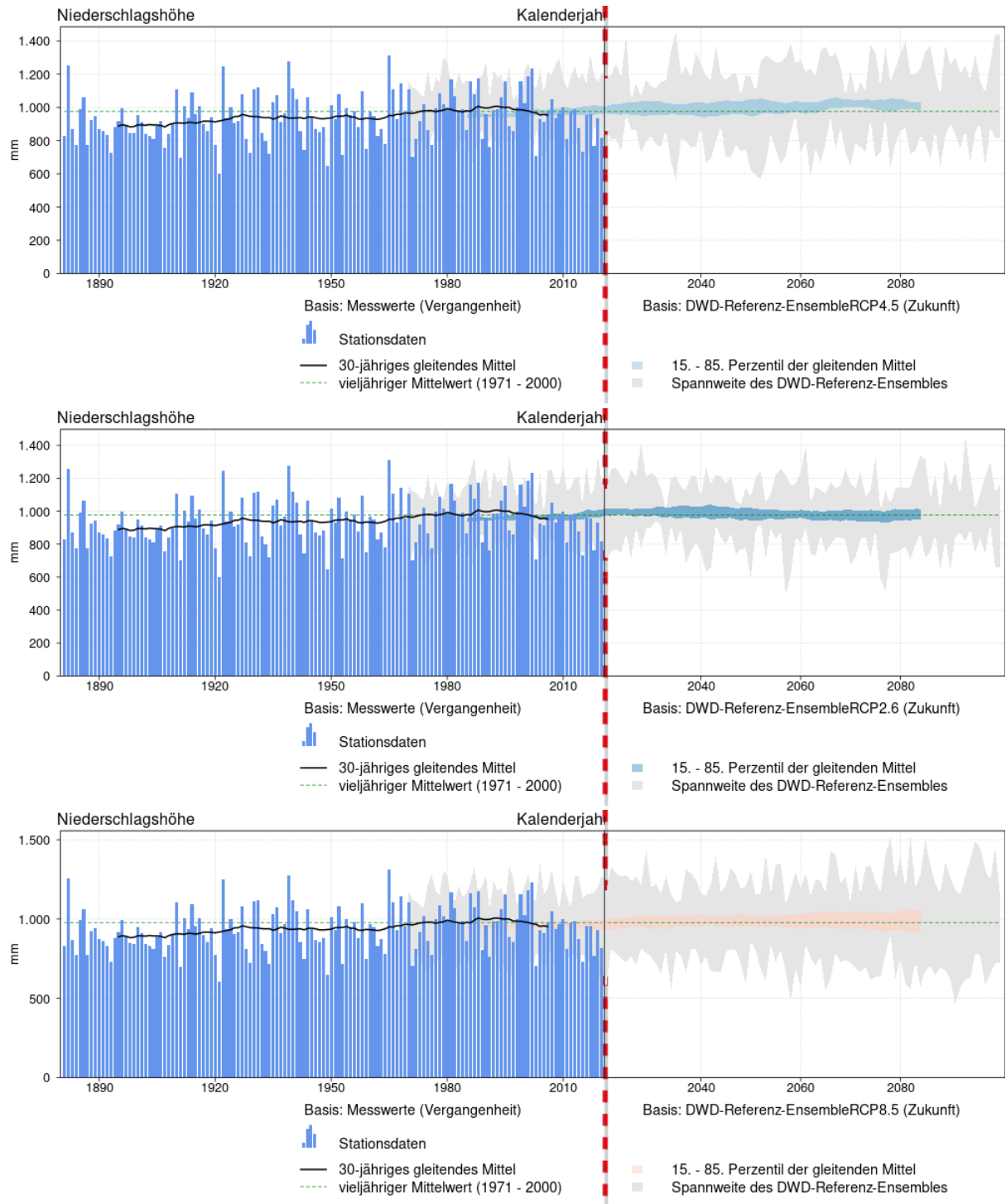


Abb. 6.49: Niederschlagsszenarien für Baden-Württemberg (von oben nach unten: RCP4.5, RCP2.6, RCP8.5).

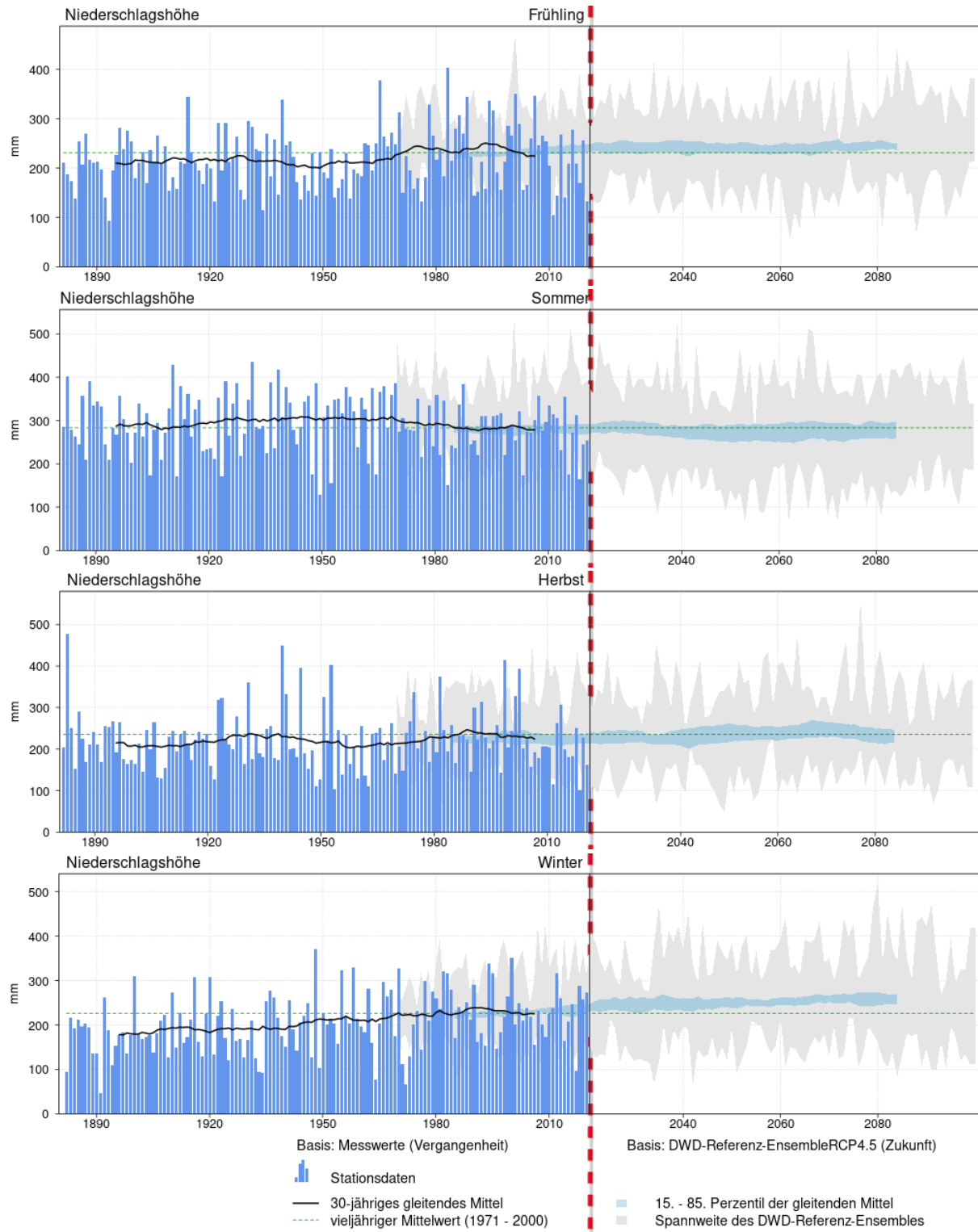


Abb. 6.50: RCP4.5-Niederschlagsszenario für Baden-Württemberg.

Die Aussage eines wahrscheinlichen Anstiegs der Jahresniederschläge für die kommenden Jahrzehnte, die aus Abb. 6.47–Abb. 6.50 entnommen werden kann, muss hinsichtlich der Auslegung von Regenspeichern differenziert betrachtet werden. So bedeutet die Tatsache allein, dass mehr Niederschlag anfällt, nicht zwangsläufig, dass äquivalent dazu mehr Betriebswasser genutzt werden kann. So wäre es möglich, dass lediglich die Starkregenereignisse zunehmen, also der erhöhte Niederschlag in wenigen Regenereignissen abregnet, und so das zusätzliche Wasser vom Speicher gedrosselt abgegeben werden muss oder einfach überläuft.

Ferner ist es möglich, dass in Sommermonaten trotz erhöhten Jahresniederschlags weniger Regen anfällt als früher bzw. jetzt und bei langen Hitzeperioden so dennoch Wasserknappheit eintritt.

Das Deutsche Klima Konsortium (DKK) meint, dass zumindest die Daten der flächendeckenden Regenradare des DWD erste Indizien für die Zunahme von Starkregenereignissen liefern, wenngleich diese Datenreihe noch zu kurz ist und die Zunahme noch nicht statistisch gesichert nachgewiesen werden kann (DKK 2021). „Eine Zunahme entspräche (...) dem physikalischen Grundverständnis, wonach die erhöhte Wasserdampfaufnahme der Atmosphäre durch die globale Erwärmung konvektive Niederschläge verstärken könnte. Es gibt auch Hinweise, dass im Sommer die Zahl aufeinanderfolgender Trockentage zunehmen könnte. Beide Tendenzen hätten zur Folge, dass sich hydroklimatische Gefahren wie Dürren und Überschwemmungen erhöhten (Giorgi et al. 2011). Zumindest der Trend zu intensiveren Starkregenereignissen wird auch für die Zukunft prognostiziert (Giorgi et al. 2019).“ (DKK 2021) Auch die Zunahme von Trockenperioden in Zukunft steht zur Diskussion: „Auch wenn es bislang keinen eindeutigen Nachweis dafür gibt, dass verminderte Niederschläge über Deutschland mit dem anthropogenen Klimawandel zusammenhängen, ist es bemerkenswert, dass die trockenen Jahre 2018, 2019 und 2020 beispiellos für die vergangenen 250 Jahre waren. Seit 1766 hat es in Mitteleuropa keine dreijährige Sommer-Dürre dieses Ausmaßes gegeben; mehr als 50 Prozent des Ackerlandes waren davon betroffen (Hari et al. 2020).“

6.4.2.3 Niederschlagsdaten für Heilbronn

Niederschlagsdaten aus verschiedenen Messstationen werden von verschiedenen Quellen sowohl allgemein zugänglich online als auch auf Nachfrage zur Verfügung gestellt. Erste Anlaufstelle für Niederschlagsdaten ist die Homepage des Deutschen Wetterdienstes, dessen Online-Archiv Monats- und Tageswerte (detailliertere Daten auf Anfrage) anbietet (DWD 2021c). In diesem Archiv sind mit Bezug zu Heilbronn folgende Messstationen vorzufinden:

- Heilbronn (GPS: 49.1448, 9.2333) (Messung von 1947 bis September 2003),
- Heilbronn/Neckar (GPS: 49.1259, 9.1428; Messung seit 2016 bis heute),
- Obersulm-Willsbach (Landkreis Heilbronn) (GPS: 49.1280, 9.3525; Messung seit Oktober 2003 bis heute).

Hierbei fällt auf, dass eine Messstation direkt in Heilbronn zwar über mehrere Jahrzehnte betrieben wurde, sie jedoch im Jahr 2003 abgeschaltet wurde und stattdessen von da ab eine Heilbronn-nahe Messung im Vorort Obersulm-Willsbach, etwa 12 km östlich vom Zentrum Heilbronn, erfolgte. Parallel dazu wurde seit 2016 eine weitere Messstation etwa 6 km westlich vom Zentrum Heilbronn in Betrieb genommen.

Da diese Station für die Modellansprüche eine noch zu geringe Datenmenge aufwies (weniger als 10 Jahre Datenvolumen), wurden *für die Speichermodellierung die aktuellsten Daten aus Obersulm-Willsbach eingepflegt*. Hierbei wurden sowohl *Stunden- als auch Tages-Daten* berücksichtigt.

Die umfangreichen Daten aus der im Jahr 2003 abgeschalteten Messstation konnten somit lediglich für die *Auswertung der Niederschlagsentwicklung in Heilbronn bzw. für Niederschlagsprognosen Heilbronn* herangezogen werden (s. folgenden Abschnitt 6.4.2.4).

Für die Modellierung von *Starkregenereignissen* empfiehlt es sich auf KOSTRA-DWD 2010R zurückzugreifen (itwh 2021). Hierbei werden für verschiedene Orte standardisierte Regenverläufe, Starkniederschlagshöhen und -spenden mit Häufigkeitswahrscheinlichkeit, typischerweise sog. Euler-Regen, angegeben. Die Daten beziehen sich auf tatsächliche Messdaten des

Deutschen Wetterdienstes mit Bezugszeitraum 1951 bis 2010 und gehen mit den Anforderungen der DIN 1986-100 konform. DIN 1986-100 sieht für die Ermittlung von Regenspenden bei Dachflächen zur Bemessung die Verwendung von 5-Jahresregen (Wahrscheinlichkeit, dass dieser Regen eintritt, liegt bei „alle 5 Jahre“) und zur Betrachtung der Notentwässerung 100-Jahresregen, beide bei einer Regendauer von 5 min, vor. Bei Grundstücksflächen sollen zur Bemessung 2-Jahresregen und zur Überflutungsprüfung 30-Jahresregen bei einer Regendauer von 5–15 min herangezogen werden.

Abb. 6.53 gibt solche aus den KOSTRA-DWD-2010R-Daten gewonnenen Regenspendenlinien für verschiedene Jahresniederschläge für Heilbronn wieder (Bezugszeitraum: 1951–2010). Die oft für Bemessungen berücksichtigte Niederschlagshöhe bzw. Regenspende bei 5 min Regendauer liegt zwischen 5,2 mm bzw. 173,3 L/(sxha) bei einem 1-Jahresregen und 14,5 mm bzw. 483,3 L/(sxha) bei einem 100-Jahresregen. Der im Zeitraum 2004–2021 in Heilbronn vorgekommene höchste Stundenniederschlag ereignete sich im Jahr 2009 mit 39,1 mm gefallenem Niederschlags innerhalb einer Stunde. Abb. 6.52 zeigt den Euler-Regen Typ 1 und Typ 2 für Heilbronn beispielhaft für einen 2 Stunden andauernden 2-Jahresregen. Bei dem Euler-Regen Typ 2 wird die höchste Regenspende an ein Drittel der Regendauer gesetzt. Links davon verlaufen in zum Euler-Regen Typ 1 entgegengesetzter Richtung die nächsthöheren Regenspenden, rechts davon absteigend die restlichen Regenspenden.

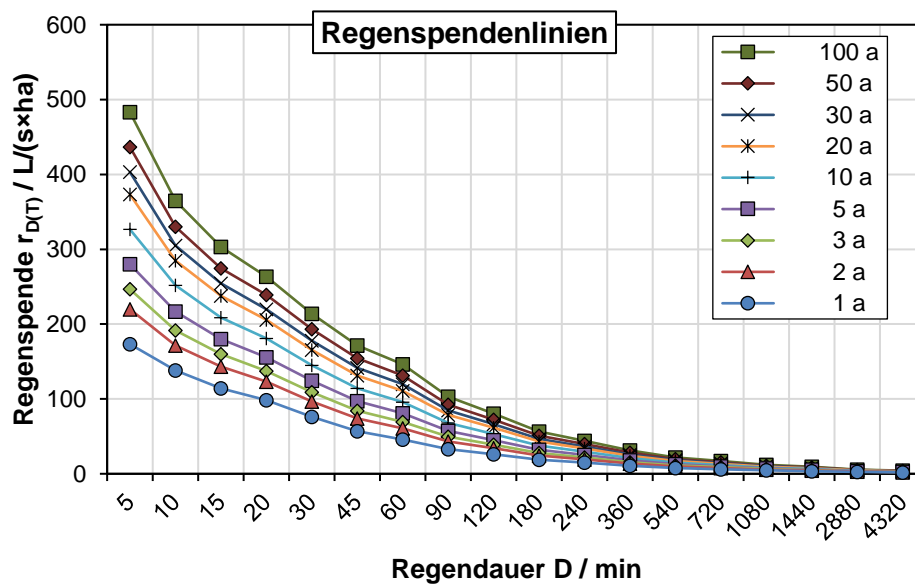


Abb. 6.51: Regenspendenlinien für verschiedene Jahresniederschläge gemäß KOSTRA DWD 2010R für Heilbronn (Datenbasis: 1951–2010).

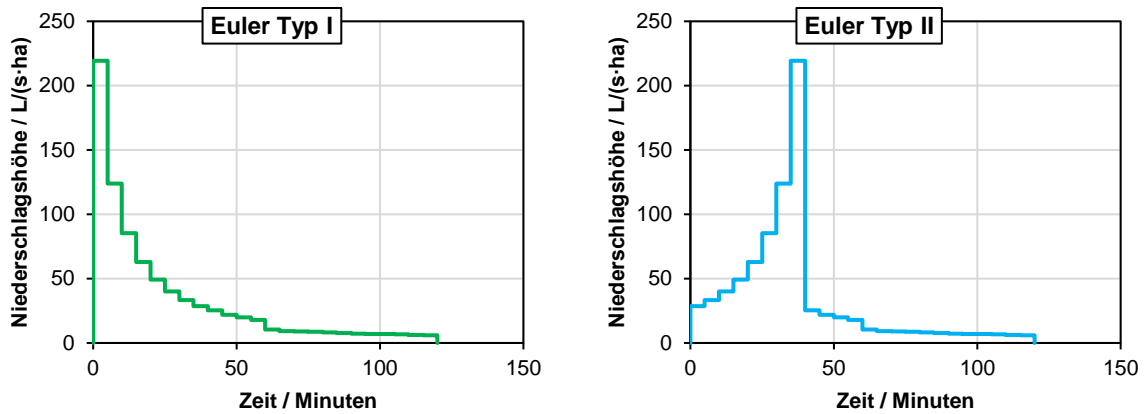


Abb. 6.52: Aus dem KOSTRA-DWD-2010R-Datensatz gewonnene Euler-Regen Typ 1 und Typ 2 für Heilbronn (2-Jahresregen).

6.4.2.4 Niederschlagsituation und -prognosen für Heilbronn

Abb. 6.53 zeigt die anhand der beiden Messstationen „Heilbronn“ (bis September 2003) sowie „Obersulm-Willsbach (Landkreis Heilbronn)“ (ab Oktober 2003) ermittelten Niederschläge in Heilbronn seit 1948. Anhand der linken Abbildung ist zu erkennen, dass die meisten Niederschläge im Sommer auftreten (steilerer Anstieg der Kurve). Insgesamt ergibt sich über sämtliche Jahre hinweg eine Durchschnittsniederschlagsmenge von 754 mm. Damit fällt Heilbronn in den Durchschnittsbereich, der in Deutschland überwiegend vorgefundenen Niederschlagsmengen. Die rechte Abbildung zeigt die sehr starken Schwankungen der Jahresniederschläge der letzten Jahre. So pendelten diese überwiegend zwischen 600 und 900 mm pro Jahr sehr stark. Insgesamt ist bei linearer Korrelation mit 0,6 ‰ pro Jahr ein sehr schwacher Anstieg des Jahresniederschlags zu erkennen, wengleich das sehr geringe Bestimmtheitsmaß zu einer nur sehr vorsichtigen Interpretation rät. Ein schwacher Anstieg des Jahresniederschlags deckt sich allerdings mit dem für ganz Deutschland gefundenen Anstieg der Jahresniederschläge seit 1881 um 7,9 % (DWD 2021d), was umgerechnet ebenfalls einem Anstieg von 0,6 ‰ pro Jahr entspricht (s. Abb. 6.46).

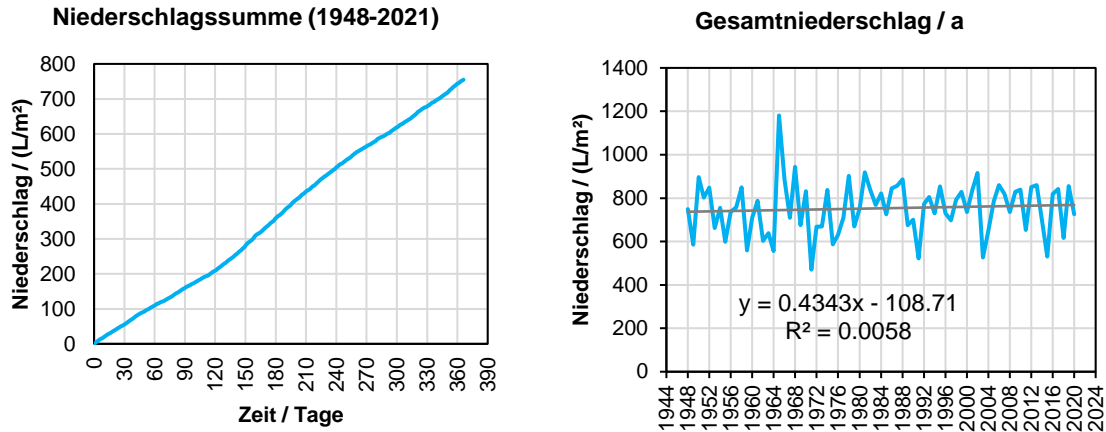


Abb. 6.53: Niederschlagssummenkurve über alle gemittelten Regentagesdaten (links) sowie Zeitreihe des Gesamtniederschlags der einzelnen Jahre in Heilbronn (1948-2021) (Daten bis September 2003 von Messstation Heilbronn, Daten ab Oktober 2003 von Messstation Obersulm-Willsbach, Landkreis Heilbronn).

Abb. 4.12 zeigt, welche höchste Tages- bzw. Stundenniederschlagsmenge pro Jahr (bis September 2003 lagen lediglich Tagesdaten vor) im Zeitraum 1948–2021 erreicht wurde. So lässt sich ein wesentlich stärkerer Anstieg der höchsten Tagesniederschlagsmenge (37 ‰ pro Jahr) im Vergleich zum Anstieg der Gesamtjahresniederschlagsmenge pro Jahr feststellen (0,6 ‰ pro Jahr). Das bedeutet, dass über die Jahre hinweg gesehen, immer mehr Niederschlag in einzelnen Regenereignissen aufgetreten sein muss, also Regenereignisse höherer Intensität zunahm. In dieser Betrachtung wird jedoch nur ein Wert pro Jahr (der Höchstwert) herangezogen, weshalb erst die nachfolgende Betrachtung ein rundes Gesamtbild ergibt. Die Angaben zum höchsten Stundenniederschlag sind lediglich interessehalber mitaufgeführt, erlauben jedoch aufgrund des kurzen Datenzeitraums und der reinen Betrachtung eines Werts pro Jahr keinerlei Aussagekraft.

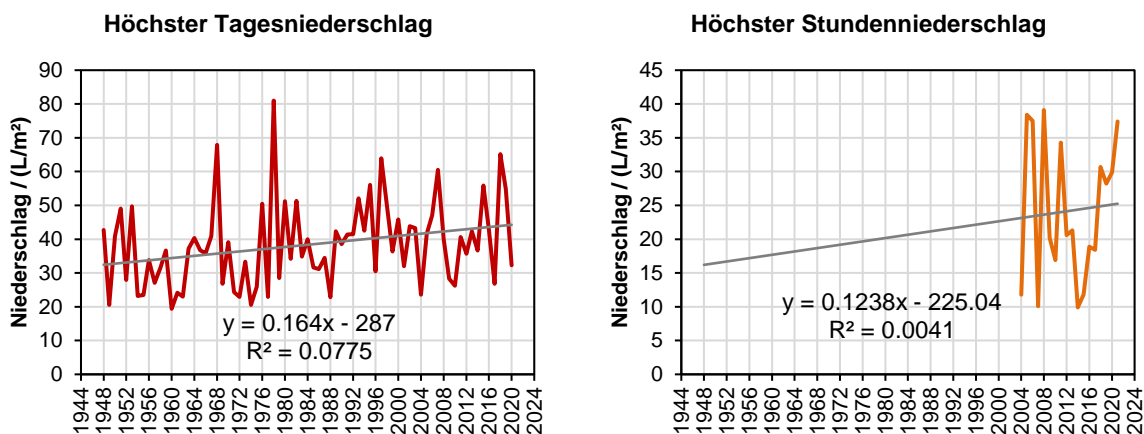


Abb. 6.54: Höchste an einem Tag des Jahres erfolgte Niederschlagsmenge (links) sowie höchste an einem Tag eingetretener Stundenniederschlag (rechts) (1948-2021) (Daten bis September 2003 von Messstation Heilbronn, Daten ab Oktober 2003 von Messstation Obersulm-Willsbach, Landkreis Heilbronn).

Betrachtet man nun zusätzlich zu Abb. 6.54 die aufsummierte Anzahl der Tage eines Jahres mit einer bestimmten Mindestniederschlagsmenge je Tag, so lässt sich feststellen, dass Tage mit Starkregen von >30 mm und sogar >50 mm pro Tag tatsächlich über Jahrzehnte hinweg

leicht zunehmen. Das bedeutet, dass in Heilbronn über die letzten Jahrzehnte zunehmend vermehrt Starkregenereignisse eintraten. Die aufsummierte Anzahl der Stunden eines Jahres mit einer bestimmten Mindestniederschlagsmenge je Stunde erlauben keinen Rückschluss auf eine Entwicklung, da der betrachtete Zeitraum zu kurz ist.

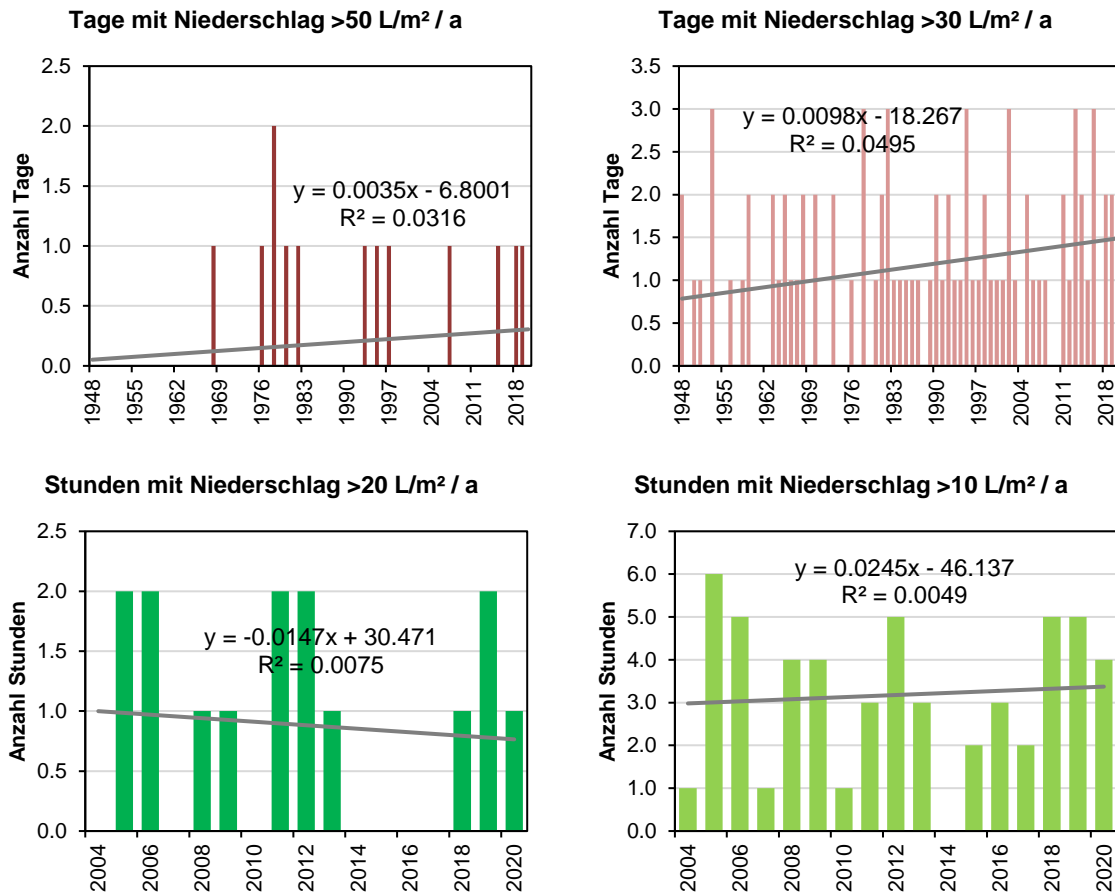


Abb. 6.55: Tage bzw. Stunden mit einer Mindestniederschlagsmenge von >50 mm bzw. >20 mm (links) sowie >30 mm bzw. >10 mm (rechts), die innerhalb eines Jahres auftraten (1948-2021) (Daten bis September 2003 von Messstation Heilbronn, Daten ab Oktober 2003 von Messstation Obersulm-Willsbach, Landkreis Heilbronn).

Abb. 6.56 gibt die Dauer der längsten Trockenperiode (längste Anzahl der Tage hintereinander, in denen kein Regen fiel) pro Jahr an, die leicht rückläufig zu sein scheint. Allerdings ist die Dauer der längsten Trockenperiode, wie sie hier dargestellt wird, nicht aussagekräftig genug, da beispielsweise eine tatsächliche Trockenperiode von 30 Tagen z. B. durch einen sehr leichten Nieselregen unterbrochen sein könnte, sodass dieser in der Statistik durch 2 unwesentliche Trockenperioden wiedergegeben wird und nicht im Diagramm auftaucht. Viel aussagekräftiger ist da die Gesamtzahl aller Tage ohne Niederschlag pro Jahr, wie im rechten Diagramm von Abb. 6.56 dargestellt. Diese scheint ebenfalls mit einer Rate von 0,6 ‰ zuzunehmen. Regnet also der größte Teil des langsam zunehmenden Jahresniederschlags immer öfter in größeren Starkregenereignissen ab, so führt dies zwangsläufig zu einer Zunahme von Tagen ohne Niederschlag, also Trockenperioden, im Jahr.

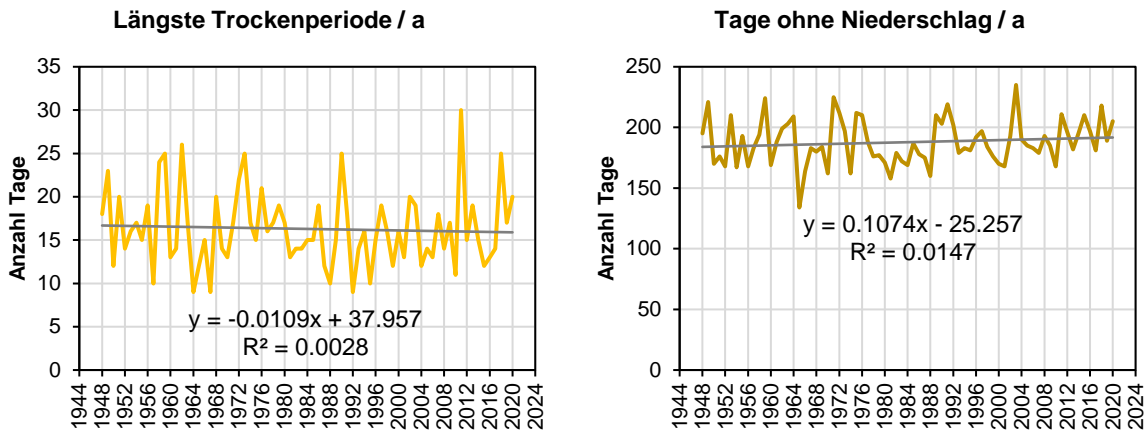


Abb. 6.56: Längste am Stück eingetretene Zeit ohne Niederschlag im Jahr (links) sowie Gesamtzahl aller Tage mit 0 mm Niederschlag im Jahr (rechts) (1948-2021) (Daten bis September 2003 von Messstation Heilbronn, Daten ab Oktober 2003 von Messstation Obersulm-Willsbach, Landkreis Heilbronn).

6.4.2.5 Berücksichtige Regendaten im ESB-Modell

Die Betrachtung bis hier hin zeigt, dass in den letzten Jahrzehnten für Heilbronn eine leichte Zunahme des Jahresniederschlags, von Starkregenereignissen und Trockenperioden erfolgte. Dies deckt sich mit den Beobachtungen und Zukunftsszenarien für Gesamtdeutschland (s. Abschnitt 6.4.2.2). Ob dieser Trend sich tatsächlich in der Zukunft über ebenfalls mehrere Jahrzehnte hinweg fortsetzen wird, kann kaum bis gar nicht vorhergesagt werden. Es ist allerdings sinnvoll für die Dimensionierung von dezentralen Speichern zur Regenwassernutzung als Betriebswasser und/oder Starkregenüberflutungsvorsorge in der Zukunft diesen Trend zu berücksichtigen und entsprechend Puffer in den Kalkulationen einzubauen.

Lange *Trockenperioden* führen bei Speichern dazu, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt die Trinkwassernachspeisung eingeschaltet werden muss, was es zu vermeiden gilt. Ziel eines Speichers ist schließlich die Bereitstellung von Wasser insbesondere in Zeiten starker Dürre und ausbleibenden Regens. Für die Speicherauslegung wird in der DIN 1989-1 empfohlen, zur Modellierung möglichst realitätsnahe Daten der letzten 10 Jahre zu verwenden (s. Abschnitt 6.2.2.7). Allerdings ist es bei Betrachtung der oben thematisierten Trends sehr gut möglich, dass in diesem Zeitraum keine relevanten Trockenperioden vorzufinden sind. Ist dies der Fall, sollte eine solche Trockenperiode von Hand in die Daten eingepflegt werden.

Aus Abb. 6.56 geht hervor, dass die letzten 10 Jahre der Zeitreihe in Heilbronn zu den Jahren mit der höchsten Anzahl an Tagen ohne Niederschlag zählten. Das Jahr mit den mit Abstand meisten Tagen ohne Niederschlag (und zwar 235) war das Jahr 2003. Gleichzeitig gehörte dieses Jahr mit 527 mm Jahresniederschlag zu den Jahren mit dem niedrigsten Niederschlag. Um also ein solches Extremjahr zu berücksichtigen (Worst-Case-Szenario), wurden die Daten des Jahres 2003 anstelle der Daten des Jahres 2012 in der Modell-Zeitreihe 2012–2021 verwendet (im Modell ist das Jahr „2003“ der Einfachheit halber als „2012“ deklariert). Einige Modellberechnungen wurden mit Stundendaten der Niederschläge durchgeführt. Für das Jahr 2003 lagen keine Regendaten in Stundenform vor. Hier wurden die Tagesdaten anhand bekannter ähnlicher Tagesniederschläge mit bekannten Stundenverläufen aufgefüllt.

Den anderen Schwerpunkt, den es mit einem dezentralen Speicher zu berücksichtigen gilt, ist die *Starkregenüberflutungsvorsorge*. Für die Auslegung des Retentionsvolumens ist es nicht entscheidend, ob ein Jahr insgesamt einen hohen Niederschlag hat. Schließlich kann sich

dieser über das gesamte Jahr gleichmäßig verteilen und so unkritisch für das Kanalsystem sein. Ein Starkregenereignis, das letztendlich zur Überflutung des Kanalsystems führen kann, kann auch in regenschwachen Jahren auftreten. Das Retentionsvolumen muss folglich anhand eines Starkregenereignisses mit übermäßig hoher Regenspende, und vor allem fein aufgelöst (z. B. mit 5-Minuten-Regendaten), eruiert werden. Es muss also unabhängig vom 10-Jahreszeitraum z. B. mithilfe eines Euler-Regens, der typisch für das betrachtete Gebiet ist, ermittelt werden. Bei Starkregenereignissen, bei denen der Niederschlag in so großen Mengen anströmt, dass er überläuft bzw. gedrosselt abgegeben wird, wird somit nur ein kleiner Anteil des anfallenden Regens wirklich gespeichert. Nichtsdestotrotz war in der Modell-Zeitreihe „2003, 2013–2021“ mit dem Jahr 2021 ein sehr extremes Niederschlagsjahr enthalten.

In beiden Fällen – Trockenperiode und Starkregenereignis – gilt es eine zu starke Übertreibung der Eingangsdaten, die zu einer möglicherweise zu großen Speicherdimensionierung und somit zu einem unnötig hohen Bauaufwand sowie vermeidbar hohen Kosten führt, zu vermeiden. Das ESB-Modell sieht vor, dass eingepflegte Niederschlagsdaten mit einem *prozentualen Rückgangsfaktor* versehen werden können. So können etwaige Trends sehr grob berücksichtigt werden. Im Falle von Heilbronn ist eher von einem 0,6%igen Anstieg der Jahresniederschläge innerhalb von zehn Jahren auszugehen. Geht man von der Auslegung der Speicher für einen Zeitraum von 30 Jahren in der Zukunft aus, ergäbe dies sogar eine Zunahme von 1,8 %. Jede künstliche Erhöhung der Niederschlagsmengen birgt jedoch das Risiko, dass der Speicher zu klein ausgelegt wird. Es ist sinnvoller bei der Speicherauslegung vom ungünstigen Fall auszugehen, also einem leichten Rückgang des Regens, da hier weniger nutzbares Wasser anfallen würde, was für die Zielerreichung des Speichers (möglichst hohe Bereitstellung von Betriebswasser ohne die Notwendigkeit von Trinkwassernachspeisung) ungünstig ist. Somit ist bei Eintreten des gegenteiligen Falles immer noch genug einkalkuliertes Puffer-Speichervolumen vorhanden. Für die Modellierung verschiedener Szenarien wurden folglich die Regendaten der Modell-Zeitreihe „2003, 2013–2021“ um einen Rückgangsfaktor von 2 % unterlegt.

6.5 Szenarien-Betrachtung (Modellanwendung)

6.5.1 Generelles Vorgehen

Einwohnerzahl: Die den Modellen zugrunde gelegte Einwohnerzahl, Dichte usw. ist in Tab. 5.1 (für derzeitige Situation) und in Tab. 6.8 (für zukünftige Situation) zusammengefasst. Das zu bebauende Gebiet beträgt 1,124 ha. Derzeit befinden sich 143 Einwohner (127 EW/ha) im Gebiet, in Zukunft soll es 532 Einwohner (473 EW/ha) umfassen, was einem Nachverdichtungsfaktor von 3,7 entspricht.

Wasserbedarf: Der Wasserbedarf galt dem Neubaugebiet. Eine Betriebswassernutzung wurde in jedem Szenario für die Verwendungszwecke WC, Wäschewaschen, Reinigung und Bewässerung angenommen. Bzgl. deren Wasserbedarfe siehe Ausführungen bei „Wasserspartechologieszenario“. Für die angesetzten Bewässerungsbedarfe s. Tab. 6.11 (zukünftig: 0,5 m³/m²/a bei Bestand des Quartiers und 1 m³/m²/a bei Neubau des Quartiers) und Tab. 6.13 (derzeitig: 0,1 m³/m²/a). Die im Modell angesetzten Bewässerungsflächen waren 1660 m² für die derzeitige Situation und 3920 m² für das Zukunftsszenario. Der Niederschlag wurde bei den Modellierungen zur Bewässerung stets berücksichtigt (s. Ausführungen zu „Wasserbedarfsverhalten“ in Abschnitt 6.2.5.3). Für die derzeitige Situation wurde ein Badewannenanteil je Einwohner von 50 % und für das Zukunftsszenario von 5 % angenommen.

Grauwasser: Es wurde nur schwach belastetes Grauwasser (Handwaschbecken, Dusche, Badewanne) berücksichtigt. Für die Aufbereitung wurde ein Membranbioreaktor mit 1 % Wasserverlust angenommen. Bzgl. deren Wasserbedarfe/-anfall siehe Ausführungen bei „Wasserspartechologieszenario“. Nur Wohnungen innerhalb des neu zu bebauenden Gebiets wurden hinsichtlich eines Grauwasseranschlusses an den Speicher berücksichtigt, da das Anbringen von Grauwasserleitungen im Bestand (z. B. im Meseno-Haus oder Nordgebiet) zu aufwendig wäre und hohe Kosten mit sich bringen würde.

Wasserspartechologieszenario: Für die Zukunftsszenarien wurde angenommen, dass das Nutzungsverhalten der Einwohner weiterhin unverändert bleibt (s. „Nutzung“-Werte in Tab. 6.13), der Wasserbedarf für die jeweiligen Verwendungszwecke jedoch durch Nutzung von Wasserspartechologien verringert wird (Wasserbedarfe für Wasserspartechologien können Tab. 6.11 entnommen werden). Es wurden folgende Werte für die jeweiligen Wasserverwendungszwecke angesetzt: Mittelfristig sparsam für WC, Handwaschbecken, Dusche, Badewanne und Geschirrspülen sowie langfristig sparsam für Waschmaschine. Für jedes Szenario mit einem Wasserspeicher wurde ebenfalls die Nutzung von Wasserspartechologien angenommen.

Referenzszenario: Als Referenzszenario wurde ein durchschnittliches Nutzerverhalten sowie die weitere Verwendung durchschnittlicher Technologie angesetzt (s. Tab. 6.11 und Tab. 6.13).

Niederschlagsdaten: Niederschlagsdaten lagen sowohl als 1-Tages- als auch als 1-Stunden-Werte vor (s. Abschnitt 6.4.2.5), mit denen modelliert wurde. Es wurde ferner für die Ermittlung des Nutzvolumens ein Niederschlagsrückgang von 2 % angenommen (Worst-Case-Betrachtung). Für die Ermittlung des Retentionsvolumens wurde dieser Niederschlagsrückgang nicht berücksichtigt (Worst-Case-Betrachtung). Wie in Abschnitt 6.4.2.5 beschrieben, enthielt die 10-jährliche Simulation ein sehr niederschlagsreiches Jahr (2021) und ein sehr trockenes Jahr (2003, im ESB-Modell ausgegeben als „2012“).

Auffangfläche: Jedes Szenario wurde grundsätzlich zuerst mit der im zu bebauenden Gebiet vorhandenen Dachfläche modelliert. In der derzeitigen Situation sind es 2280 m² (Doppelhäuser und Geschosswohnungsbauten) bei einem Ertragsbeiwert von 0,75 (Steildach Ziegel). Für die Zukunftsszenarien wurden 4140 m² Dachfläche angesetzt. Das finale Konzept des Neubaugebiets war hinsichtlich der Dachform offen, weshalb jedes Zukunftsszenario zunächst mit der ertragsreichsten Dachform des unbekiesten Flachdachs modelliert wurde (Ertragsbeiwert: 0,8, s. Tab. 6.3). Der Wassernutzung wurde folglich gegenüber der Wasserretention eine höhere Priorität eingeräumt, wenngleich die Speicherauslegung beide Aspekte vollständig berücksichtigte (s. Punkt „Zielsetzung“). Für weitere Betrachtungen wurden auch Dachflächen umliegender Gebäude miteinbezogen (s. Tab. 5.1 und Tab. 6.8). Es wurde davon ausgegangen, dass Niederschläge von Dächern nicht aufbereitet werden mussten (kein Wasserverlust aus Aufbereitung) und auch der dem Speicher vorgeschaltete Filter einen 100%igen Wirkungsgrad aufweist.

Zielsetzung: Folgende Zielsetzungen wurden für die Zukunftsszenarien gesetzt:

- Vollständige Substitution der Wasserverwendungszwecke WC, Wäschewaschen, Reinigung und Bewässerung durch Betriebswasser und maximaler Anteil der Trinkwassernachspeisung am Gesamtförderbedarf von 10 %.
- Gänzlicher Rückhalt eines 5-Jahresregens (Euler Typ 2, 2 h Regendauer) durch Retentionsvolumen und nachgeschaltete Muldenversickerung (Versickerung von Drosselablauf und Tanküberlauf).

War nur eine sehr geringe Trinkwassereinsparung im Szenario möglich, wurden alternative Wasserressourcen außerhalb des neu zu bebauenden Gebiets herangezogen, um aufzuzeigen, welche Maßnahmen nötig wären, um das umliegende Wasserversorgungssystem möglichst gering zusätzlich zu beanspruchen.

Szenarien:

Szenario ohne Nachverdichtung: Für den Fall einer ausbleibenden Nachverdichtung bei Implementierung eines Speichers wurde dessen Auslegung sowohl ohne als auch mit Grauwassernutzung modelliert. Die in beiden Varianten berücksichtigte Dachfläche war die Dachfläche der bestehenden Gebäude im neu zu bebauenden Gebiet (Doppelhäuser und Geschosswohnungsbauten). Weitere Auffangflächen erwiesen sich für das Erreichen der Zielsetzung als nicht erforderlich.

Szenario mit Nachverdichtung: Für den Fall einer 3,7-fachen Nachverdichtung wurden folgende vier Varianten untersucht und die erforderlichen Speichermaße dafür ermittelt:

- Nutzung von Niederschlag innerhalb des Neubaugebiets ($e = 0,8$),
- Nutzung von Niederschlag innerhalb des Neubaugebiets ($e = 0,8$) + Grauwassernutzung,
- Nutzung von Niederschlag innerhalb des Neubaugebiets mit Dachbegrünung ($e = 0,5$) + Grauwassernutzung (zur Ermittlung des Einflusses von extensiver Dachbegrünung),
- Nutzung von Niederschlag innerhalb des Neubaugebiets ($e = 0,8$) + Grauwassernutzung + Nutzung von Niederschlag der Dachflächen des Meseno-Hauses, der Kita und des Nordgebiets.

Vorgehen zur Speicherauslegung: Für jede Variante wurde ein Speicher möglichst effizient mit Nutz- und Retentionsvolumen ausgelegt. Es wurde ein Speicher angenommen, der sowohl Niederschlag als auch aufbereitetes Grauwasser gemischt sammeln kann. Die Versorgung des Quartiers erfolgt über eine Drucksteigerungsanlage, in die im Bedarfsfall das Trinkwasser nachgespeist wird (Einspeisungsvariante: „Mischtank mit Drucksteigerung“). Das Mindestabsenzziel des Speichers betrug in jeder Modellierung 15 cm (bei einer Tankfläche von 64 m² (8 m Länge × 8 m Breite), also 9,5 m³). Zum Startzeitpunkt jeder Modellierung wurde ein Tankfüllstand von 30 m³ angenommen. Es wurde zunächst anhand der ESB-Version mit 1-h-Rechen schritten ohne Berücksichtigung eines Retentionsvolumens das Nutzvolumen in einem Simulationszeitraum von 10 Jahren bestimmt. Hierzu wurde das Nutzvolumen variiert und per Zielwertsuche das Nutzvolumen mit dem möglichst effizientesten Trinkwassereinsparpotentials ermittelt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde das Nutzvolumen an der Stelle der negativen Steigung aus Trinkwassernachspeisung und Nutzvolumen von -15 m³/m³ (Szenario ohne Nachverdichtung) und -50 m³/m³ (Szenario mit Nachverdichtung) festgelegt. Mittels der Starkregen-Version des ESB-Modells wurde anschließend das Retentionsvolumen ermittelt. Hierzu wurde das Retentionsvolumen variiert und der Anfangsfüllstand auf die Höhe des Drosselablaufs gesetzt. Die Drosselung wurde auf 1 L/s sowie die Fläche der dem Speicher nachgeschalteten Muldenversickerung auf 100 m² und 30 cm Tiefe festgelegt ($k_f = 5 \times 10^{-5}$ m/s). Mit den ermittelten Nutz- und Retentionsvolumen für die jeweiligen Szenarien (mit oder ohne Grauwasser bzw. mit zusätzlichen Auffangflächen für Niederschlag) wurde eine erneute 10-Jahres-Simulation durchgeführt.

6.5.2 Szenario ohne Nachverdichtung

6.5.2.1 Ermittlung der Nutz- und Retentionsvolumen

Für das Szenario ohne Nachverdichtung wurde angenommen, dass der Bewässerungsbedarf von ursprünglich $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{a}$ durch Zunahme der Grünflächenrelevanz zukünftig auf $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{a}$ (auch im Referenzszenario) ansteigt. Ferner wurde angenommen, dass der Wasserbedarf im Referenzszenario zur Reinigung 10 L je Reinigung beträgt (gleichbleibender Trend), während er im Speicherszenario 20 L je Reinigung annimmt (Worst-Case-Betrachtung). Für sämtliche andere Wasserverwendungszwecke wurde durch Wasserspartechnologienutzung ein verringerter Wasserbedarf angesetzt.

Abb. 6.57 gibt die im ersten Schritt ermittelten Nutzvolumen für die beiden Varianten (mit und ohne Grauwassernutzung bei derselben Nutzung von Niederschlagswasser) wieder. Bedingt durch die begrenzte Dachmenge (trotz eines relativ hohen Ertragsbeiwerts von $0,75$) wäre in der Variante ohne Grauwassernutzung lediglich ein minimaler Anteil von Trinkwassernachspeisung am Gesamtwasserbedarf von 48% möglich. Zur Einhaltung dieses Nachspeisungsziels wäre ein Nutzvolumen von 82 m^3 nötig. Erst durch die zusätzliche Nutzung von Grauwasser könnte der Anteil von Trinkwassernachspeisung auf sehr niedrige 5% gesenkt werden. Durch die konstante Zufuhr von Grauwasser ergäbe sich hierfür sogar ein geringeres erforderliches Nutzvolumen von 73 m^3 .

Die Zielsetzung einer möglichst niedrigen Trinkwassernachspeisung und der damit verbundenen minimalst möglichen Belastung des übergeordneten Trinkwasserversorgungssystems könnte im Szenario ohne Nachverdichtung folglich durch die Nutzung der vorhandenen Dachflächen und die Nutzung von schwach belastetem Grauwasser erreicht werden.

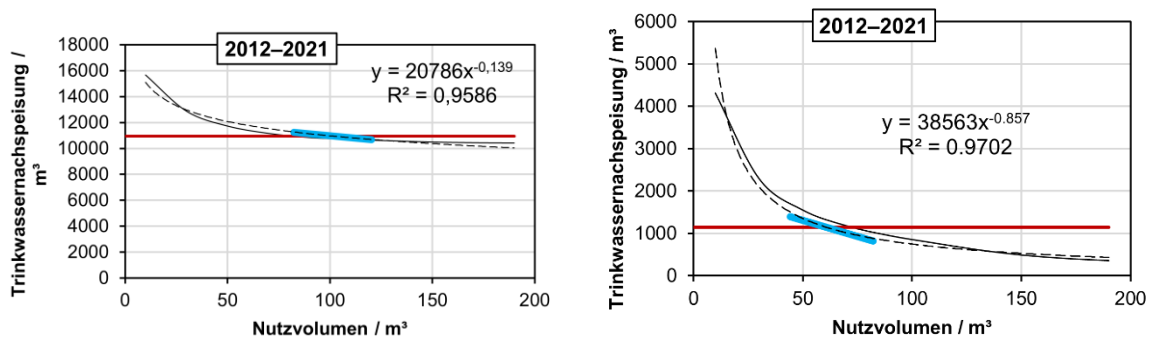


Abb. 6.57: Erforderliche Trinkwassernachspeisung in Abhängigkeit vom **Speichernutzvolumen** (Ermittlung noch ohne Retentionsvolumen, Simulationszeitraum: 10 Jahre). Links: Das Szenario ohne Nachverdichtung ohne Grauwassernutzung, rechts: das Szenario ohne Nachverdichtung mit Grauwassernutzung. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde das Nutzvolumen für dieselbe Steigung von $-15 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (Trinkwassernachspeisung/Nutzvolumen) ermittelt. Der maximal mögliche Anteil von Trinkwassernachspeisung am Gesamtwasserbedarf erwies sich somit zu 48% (ohne Grauwassernutzung) und 5% (mit Grauwassernutzung). Dies entspricht den Nutzvolumen: 82 m^3 (ohne GW) und 73 m^3 (mit GW). Gestrichelte Linie: Regression an Modelldaten (durchgezogene Linie).

Abb. 6.58 stellt die für beide Varianten ermittelten Retentionsvolumen dar. Da für beide Fälle dieselben Dachflächen angenommen wurden und das Retentionsvolumen unabhängig vom

Nutzvolumen ermittelt wurde, ist es auch logisch, dass für beide Varianten dasselbe Retentionsvolumen von 18 m³ bestimmt wurde. Dieses wäre größer, wenn keine Muldenversickerung von 100 m² Fläche auf Einstauhöhe dem Speicher nachgeschaltet wäre.

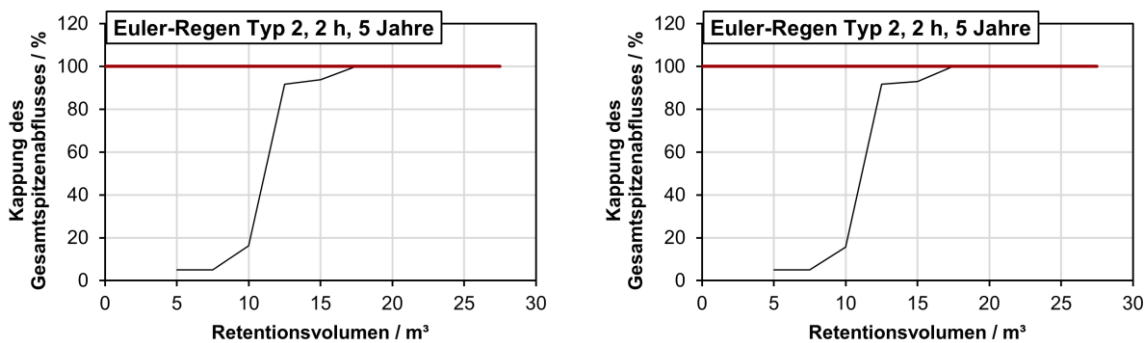


Abb. 6.58: Kappung des Gesamtspitzenabflusses (durch Speicher und nachgeschaltete Versickerung) in Abhängigkeit vom **Retentionsvolumen** (Euler-Regen Typ 2). Links: Das Szenario ohne Nachverdichtung ohne Grauwassernutzung, rechts: das Szenario ohne Nachverdichtung mit Grauwassernutzung. Für eine vollständige Abflussspitzenkappung waren für beide Varianten ein Retentionsvolumen von 18 m³ erforderlich.

6.5.2.2 Deckung des Betriebswasserbedarfs

Aus Abb. 6.61 wird ersichtlich, dass, wenn keine Grauwassernutzung erfolgt, ein großer Anteil des Betriebswasserbedarfs durch Trinkwassernachspeisung gedeckt werden muss, da keine ausreichend große Dachfläche zur Verfügung steht. Wird Grauwasser verwendet, kann der Trinkwasserbedarf auf ein Minimalmaß gesenkt werden.

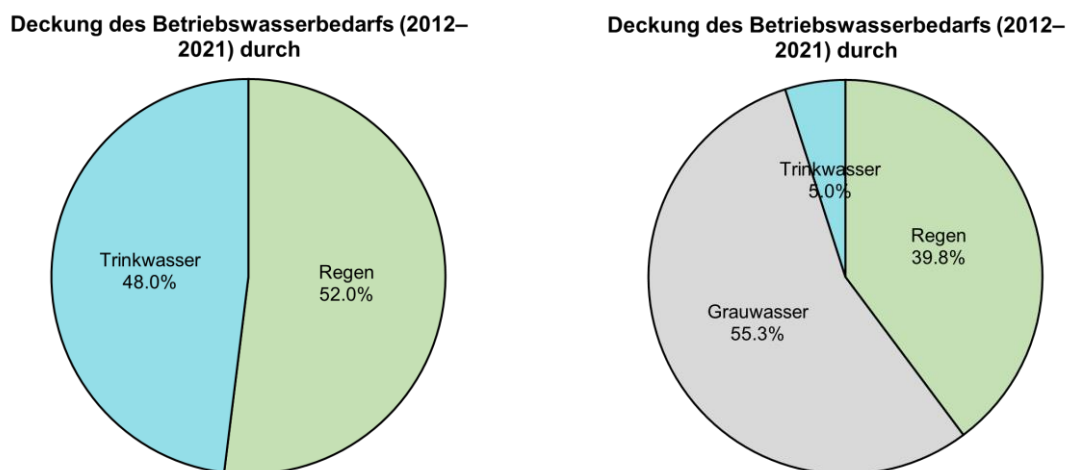


Abb. 6.59: Deckung des Betriebswasserbedarfs durch Niederschlagsabflüsse, Grauwasser und Trinkwasser im Szenario ohne Nachverdichtung (links: ohne Grauwassernutzung, rechts: mit Grauwassernutzung).

Für den Simulationszeitraum 2012–2021 ergibt sich insgesamt eine potentielle Niederschlagsmenge von 16.515 m³, von der 12.387 m³ in den Tank abfließen ($e = 0,75$). Mit 14.494 m³ läge das potentiell vorhandene Grauwasser in einer ähnlichen Größenordnung. Zu Fördern wären (unter Berücksichtigung von Wasserspartetechnologien) 22.772 m³. 8300 m³ wäre der Bewässerungsbedarf, unter Berücksichtigung des Niederschlags, müssten jedoch nur 5645 m³ davon aus dem Speicher zur Verfügung gestellt werden. Die maximale Leerstandsdauer des

Speichers, also der Zeitraum, in dem das Mindestfüllziel bei dauerhafter Trinkwassernachspeisung am Stück vorliegt, betrüge 29 Tage (ohne Grauwassernutzung) bzw. 14 Tage (mit Grauwassernutzung). Insgesamt müssten ohne Grauwassernutzung 10.953 m³ und mit Grauwassernutzung lediglich 1134 m³ Trinkwasser nachgespeist werden.

6.5.2.3 Trinkwassereinsparpotential

Abb. 6.60 gibt die Wasserbedarfe für das Referenzszenario, im Falle der Nutzung von Wasserspartechnologien und für den Fall der Nutzung eines Speichers (inkl. Wasserspartechnologienutzung) wieder. Bei gleichbleibendem Wasserverbrauchsverhalten (Referenzszenario: kein Speicher, keine Wasserspartechnologien) würde der spezifische Wasserbedarf bei etwa 111 L/(EW×d) liegen. Das Wassereinsparpotential durch Wasserspartechnologien läge unabhängig von der Grauwassernutzung bei 27 % (spezifischer Wasserbedarf: 81 L/(EW×d)). Der Aufwand eines Speichers würde sich erst bei Wiederverwendung von Grauwasser lohnen (obwohl der Grauwasseranfall selbst durch Nutzung von Wasserspartechnologien verringert ist), da hierdurch – bedingt durch die nahezu vollständige Substitution von Trinkwasser für WC, Wäschewaschen, Reinigungszwecke und Bewässerung – weitere 37 Prozentpunkte eingespart werden könnten (ohne Grauwasser nur weitere 20 Prozentpunkte). Insgesamt wäre im Optimalfall also eine Gesamtwassereinsparung von 64 % möglich bei Erreichen eines spezifischen Trinkwasserbedarfs von 39 L/(EW×d) – ohne Grauwassernutzung nur 47 Prozent und 53 L/(EW×d).

Den größten Anteil an Trinkwasser würde trotz aller Maßnahmen weiterhin das Duschen erfordern. Dieser Verwendungszweck kann wie das in der Küche erforderliche Wasser zur Ernährung sowie zum Spülen von Geschirr hygienisch bedingt nur durch Trinkwasser gedeckt werden.

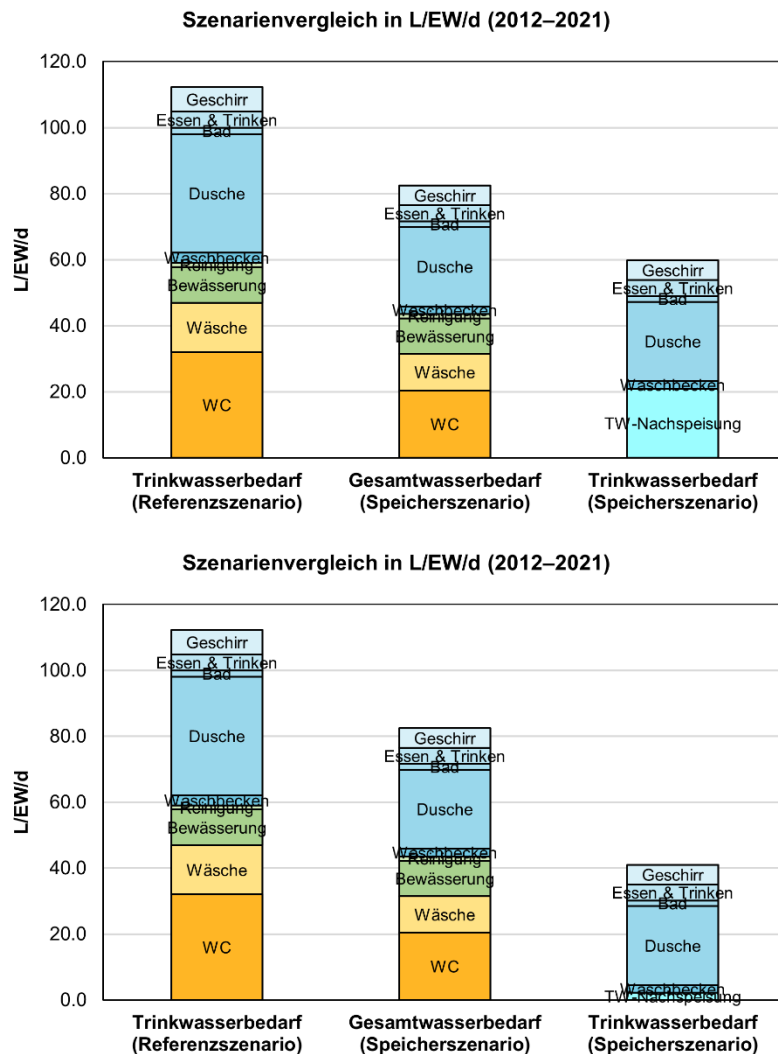


Abb. 6.60: Spezifischer Wasserbedarf im Referenzszenario, infolge von Wasserspartechnologienutzung sowie im Speicherszenario (inkl. Wasserspartechnologien). Oben: Ohne Grauwassernutzung, unten: mit Grauwassernutzung.

6.5.2.4 Füllstände und Überläufe

Abb. 6.61 (oben) zeigt für das Szenario ohne Nachverdichtung und ohne Grauwassernutzung, dass innerhalb von 10 Jahren nur selten die Retentionshöhe überschritten wird. Insgesamt läuft der Speicher in 10 Jahren nur viermal über in die Versickerung, wo der kleine Anteil des übergelaufenen Wassers schnell wieder versickert. Abb. 6.61 (unten) zeigt im Wesentlichen, dass der Versickerung stets Wasser zufließt, dass nicht zwangsläufig vom Speicher kommt, da die Versickerungsmulde nach oben hin offen ist. Zu keinem Zeitpunkt in 10 Jahren wird die maximale Einstauhöhe von 30 cm überschritten.

Im Simulationszeitraum von 10 Jahren laufen von den 536 m³, die der Speicher an die Versickerungsanlage weitergibt, 502 m³ gedrosselt und 34 m³ über den Überlauf über.

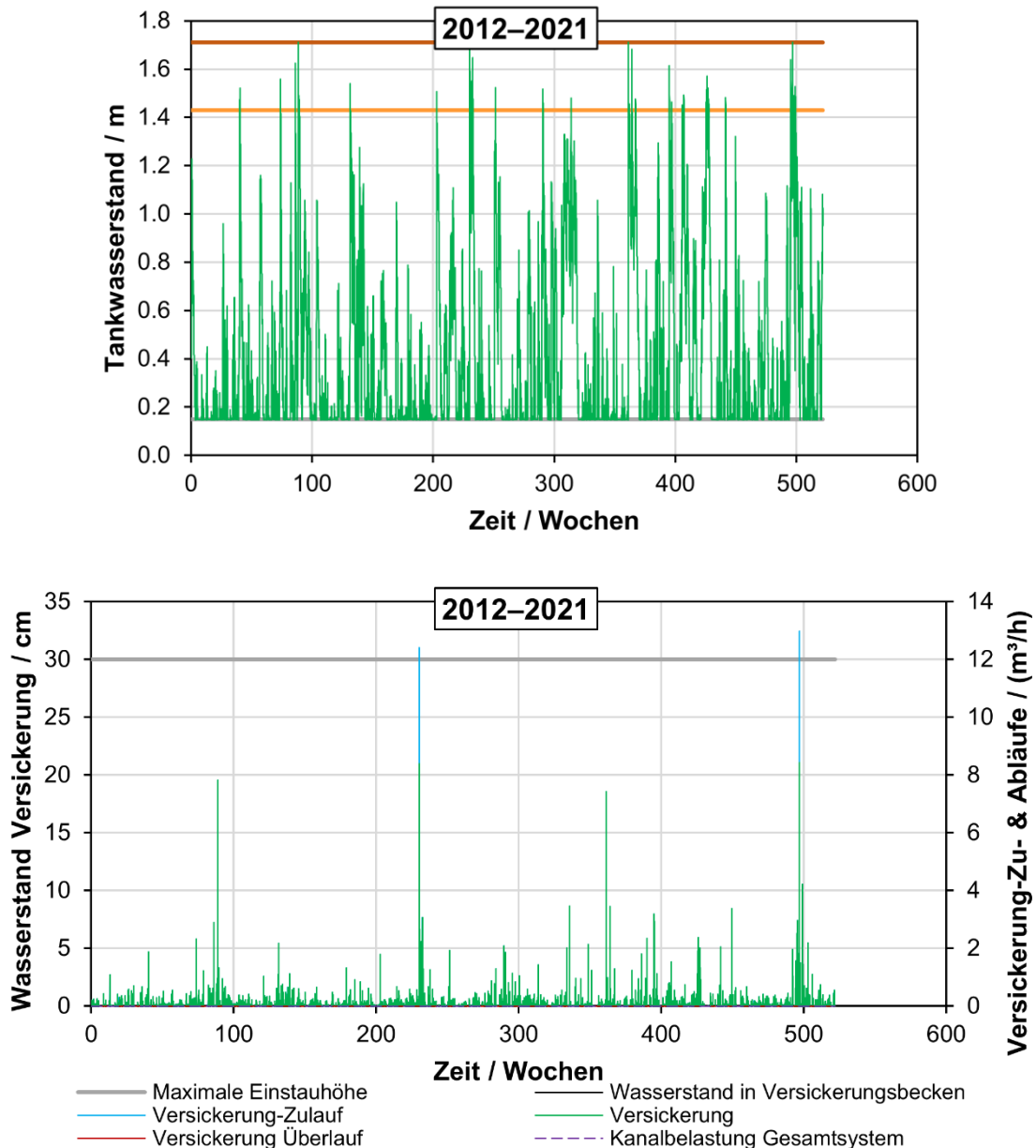


Abb. 6.61: Speicherfüllstand (graue Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario ohne Nachverdichtung ohne Grauwassernutzung.

Gemäß der Speicherdimensionierung im Falle der zusätzlichen Verwendung von Grauwasser (Abb. 6.62) ließe sich ein zweimaliger Überstau innerhalb von 10 Jahren feststellen, was bei einer Dimensionierung des Retentionsvolumens für einen 5-Jahresregen auch konsequent erscheint. Der Überstau wäre in diesem Fall jedoch schadlos, da mit 1 m^3 in 10 Jahren (Variante ohne GW-Nutzung) bzw. 17 m^3 in 10 Jahren (Variante mit GW-Nutzung) nur sehr geringe Mengen überfließen würden (und theoretisch auch mittels eines Überlaufs in die öffentliche Abwasserentsorgung abgefangen werden könnten).

Aufgrund des etwas geringeren Nutzvolumens im Falle der Nutzung von Grauwasser (das Nutzvolumen wird in erster Linie mit dem Ziel einer möglichst niedrigen Trinkwassernachspeisung dimensioniert), ließ sich für einen Simulationszeitraum von 10 Jahren mit 5190 m^3 für

diesen Fall die fast zehnfache Ablaufmenge des Speichers feststellen (ohne Grauwassernutzung: 536 m³ Drossel- und Überlauf). Davon fließen 4943 m³ gedrosselt und 247 m³ über den Überlauf ab.

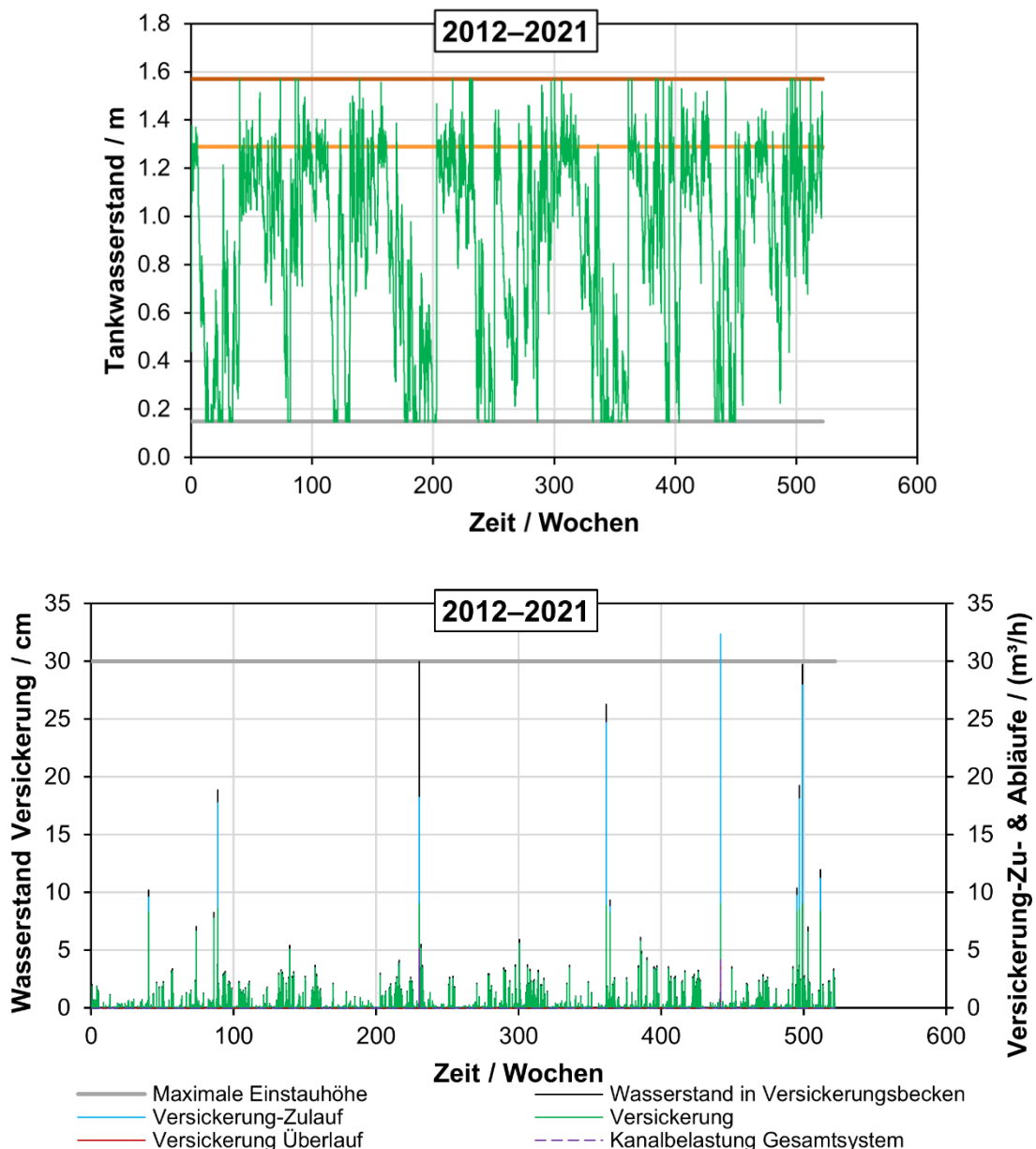


Abb. 6.62: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario ohne Nachverdichtung mit Grauwassernutzung.

6.5.2.5 Wasserbilanzen

Das sehr große Trinkwassereinsparpotential bei gleichzeitiger guter Starkregenpufferung mittels Speicher und Wasserspartechnologienutzung lässt sich anhand der Wasserbilanzen für die jeweiligen Varianten in Abb. 6.63 sehr gut verdeutlichen. Die Trinkwassernachspeisung verringert sich signifikant, sobald Grauwasser wiederverwendet wird. Aber auch der Schmutzwasseranfall wird durch die Wasserspartechnologien signifikant gesenkt.

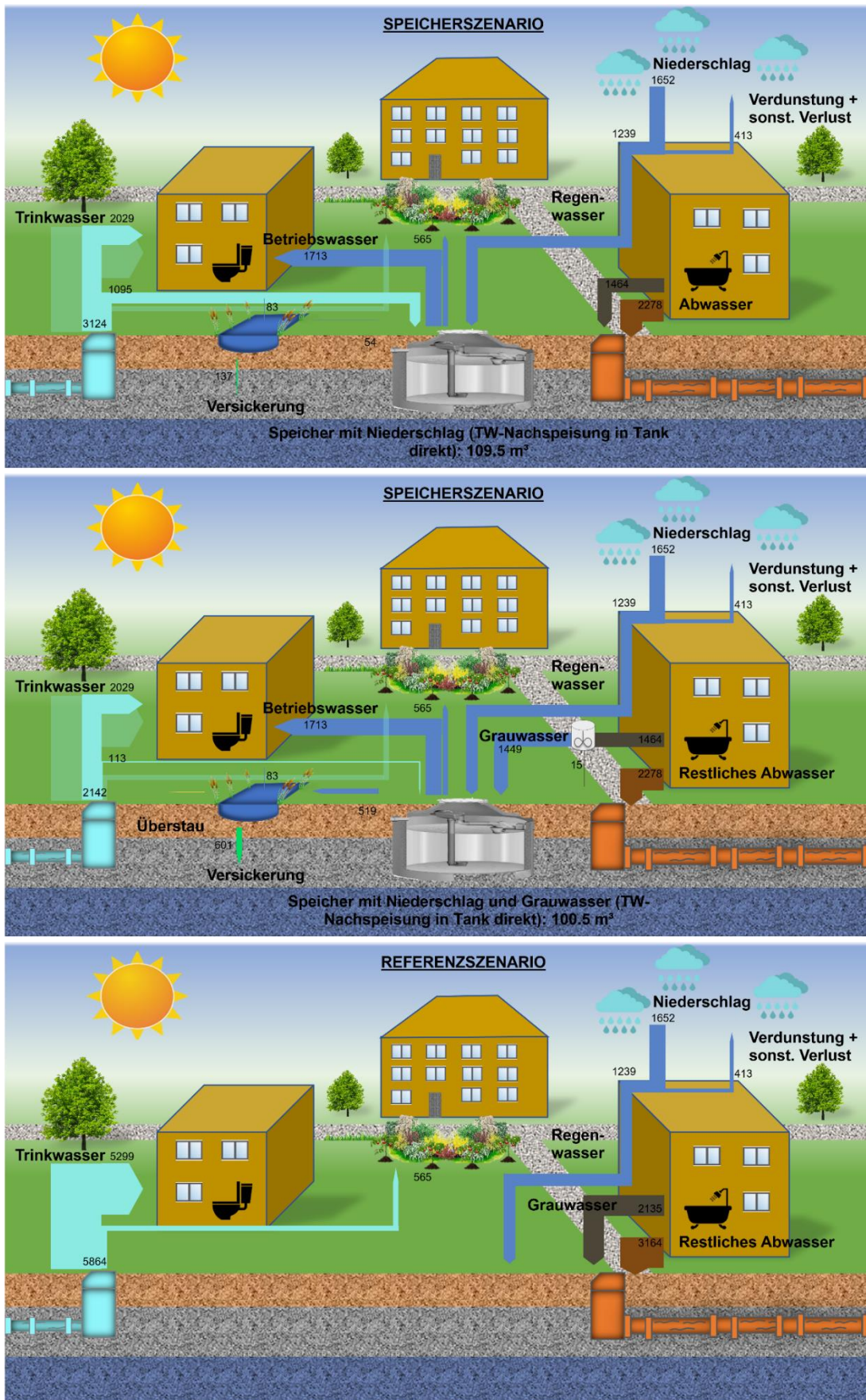


Abb. 6.63: Wasserbilanzen (m³/a) für die Speichervariante ohne GW-Nutzung (oben), Speichervariante mit GW-Nutzung (Mitte) (jeweils inkl. Wasserspartechnologien) und das Referenzszenario (kein Speicher, keine Wasserspartechnologien) (unten).

6.5.3 Szenario mit Nachverdichtung

6.5.3.1 Ermittlung der Nutz- und Retentionsvolumen

Abb. 6.64 gibt die im ersten Schritt ermittelten Nutzvolumen für die vier Varianten (ohne GW-Nutzung, mit GW-Nutzung, mit GW-Nutzung und zusätzliche Dachflächen sowie mit GW-Nutzung und extensive Dachbegrünung) wieder. Der maximal mögliche Anteil von Trinkwassernachspeisung am Gesamtwasserbedarf bzw. das erforderliche Nutzvolumen erwiesen sich zu 77 %/58 m³ (ohne GW), 25 %/82 m³ (mit GW), 15 %/116 m³ (mit GW und Extradachflächen) (jeweils unbekiestes Flachdach) und 32 %/43 m³ (mit GW und extensiver Dachbegrünung). Es ist zu erkennen, dass trotz des relativ hohen Anteils an bebauter Wohnfläche von 37 % an der gesamten Quartiersfläche aufgrund der hohen Einwohnerdichte die Dachflächen nur dazu ausreichen den Betriebswasserbedarf zu 23 % durch Niederschlag zu decken. Durch die Verwendung von Grauwasser erhöht sich zwar das erforderliche Nutzvolumen von 58 m³ (nur Niederschlagnutzung ohne GW-Nutzung) auf 82 m³, die mögliche Trinkwassereinsparung in der Betriebswasserdeckung vergrößert sich durch diesen Schritt jedoch um weitere 52 Prozentpunkte auf 75 %. Würden weitere Auffangflächen zur GW-Variante hinzugezogen, könnten weitere 10 Prozentpunkte an Trinkwassernachspeisung eingespart werden, dies jedoch unter Notwendigkeit eines relativ großen Nutzvolumens von 116 m³.

Vergleicht man die Varianten mit GW-Nutzung und Dachflächennutzung lediglich innerhalb des Quartiers einmal mit unbekiestem Flachdach (25 % Trinkwassernachspeisung und 82 m³ Nutzvolumen) und einmal mit extensiver Dachbegrünung (32 % Trinkwassernachspeisung und 43 m³ Nutzvolumen), zeigen sich zumindest, was das Speichervolumen angeht, sehr große Unterschiede. Die extensive Dachbegrünung erhöht in diesem Vergleich die erforderlichlich Trinkwassernachspeisung um 7 %. Dieser Unterschied mag vielleicht gering erscheinen, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass Dachbegrünung auch potentiell zu Qualitätseinbußen führen kann. Bei Gründächern können Färbungen des Wassers und erhöhte Sauerstoffzehrung im Wasser auftreten, was eventuell eine Aufbereitung erforderlich macht.

Abb. 6.65 stellt die für die vier Varianten ermittelten Retentionsvolumen dar, die für die Kapung des Spitzenabflusses eines zweistündigen 5-Jahresregens notwendig werden. Für eine vollständige Abflussspitzenkappung wären für die Varianten ein Retentionsvolumen von 66 m³ (jeweils mit und ohne GW), 207 m³ (mit GW und Extradachflächen) und 28 m³ (mit GW und extensiver Dachbegrünung) erforderlich. Grauwasser-Nutzung hat logischerweise keinen Einfluss auf die Auslegung des Retentionsvolumens (vergleiche dazu beide oberen Diagramme). Es ist auffällig, dass ein um 0,3 verringerter Ertragsbeiwert zu einer 57%igen Verringerung des notwendigen Retentionsvolumens beiträgt (66 m³ mit unbekiestem Flachdach vs. 28 m³ bei extensiver Dachbegrünung). Werden zusätzliche Dachflächen außerhalb des Neubaugebiets genutzt, zieht dies ein sehr hohes Retentionsvolumen von 207 m³ nach sich. Dieses wäre sogar größer als das Nutzvolumen (116 m³). Sofern mit Nutzung zusätzlicher Dachflächen auch der Anspruch besteht, das anfallende Wasser möglichst vollständig aufzufangen, ist zu hinterfragen, ob in diesem Fall der Nutzen den Aufwand überwiegt.

Begrünte Flachdächer finden immer mehr Eingang in die Planung und Umsetzung von Neubauvorhaben. Dem Nachteil des verringerten Umsatzes und der Qualitätseinbußen steht der Vorteil des viel höheren Potentials von Regenrückhalt und Verdunstung gegenüber. Die Gestaltung der Dächer hängt also sehr stark vom übergeordneten Planungsziel ab. Ist das primäre wasserwirtschaftliche Ziel das Ersetzen von Trinkwasser durch Niederschlag, ist das Gründach also nicht immer die beste Lösung.

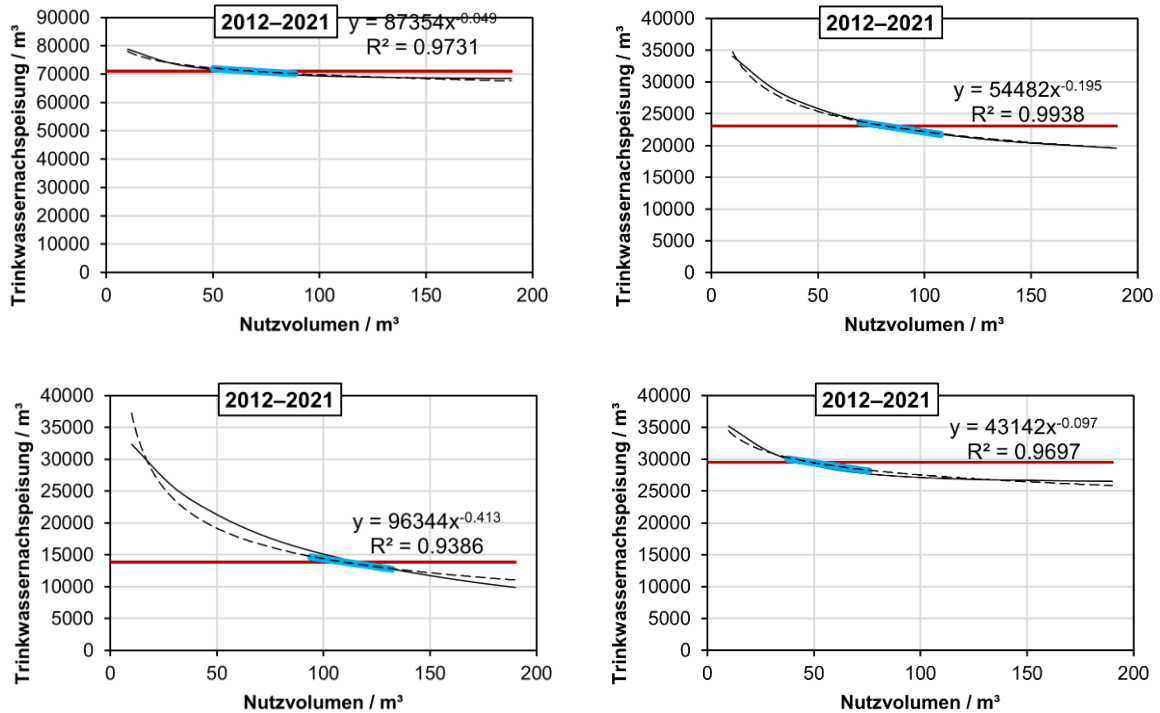


Abb. 6.64: Erforderliche Trinkwassernachspeisung in Abhängigkeit vom **Speichernutzvolumen** (Ermittlung noch ohne Retentionsvolumen, Simulationszeitraum: 10 Jahre) für das Szenario mit Nachverdichtung. Links oben: ohne Grauwassernutzung, rechts oben: mit Grauwassernutzung, links unten: mit Grauwassernutzung und zusätzlichen Dachflächen, rechts unten: mit Grauwassernutzung bei extensiver Dachbegrünung (sonst unbekiestes Flachdach). Zur besseren Vergleichbarkeit wurde das Nutzvolumen für dieselbe Steigung von $-50 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (Trinkwassernachspeisung/Nutzvolumen) ermittelt. Gestrichelte Linie: Regression an Modelldaten (durchgezogene Linie).

Die Einleitung von Grauwasser in eine Versickerungsanlage ist genehmigungspflichtig und könnte auch durch die Nutzung eines großen Speichers für den Niederschlag und eines kleinen Speichers für das Grauwasser, dessen Abläufe in den Kanal entlasten, umgangen werden. Da jedoch von einer sehr effizienten Aufbereitung ausgegangen wird, sollte eine getrennte Sammlung von Niederschlag und Grauwasser im Falle des Quartiers Bolzstraße nicht erforderlich werden.

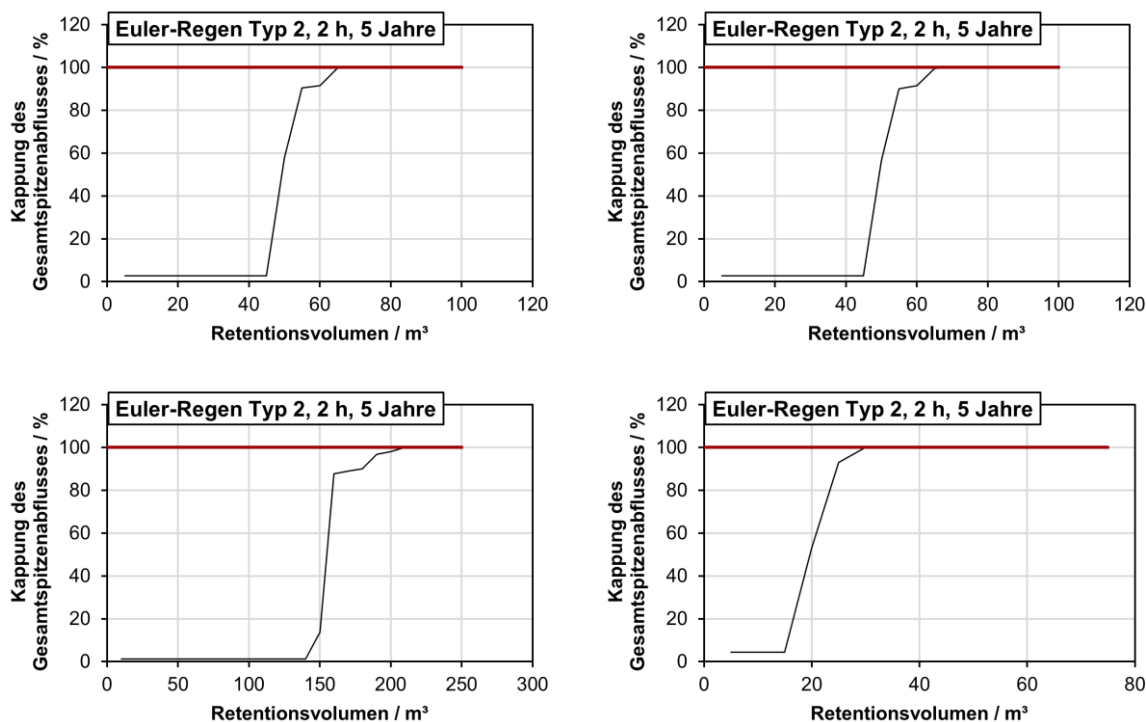


Abb. 6.65: Kappung des Gesamtspitzenabflusses (durch Speicher und nachgeschaltete Versickerung) in Abhängigkeit vom **Retentionsvolumen** (Euler-Regen Typ 2) für das Szenario mit Nachverdichtung. Links oben: ohne Grauwassernutzung, rechts oben: mit Grauwassernutzung, links unten: mit Grauwassernutzung und zusätzlichen Dachflächen, rechts unten: mit Grauwassernutzung bei extensiver Dachbegrünung (sonst unbekiestes Flachdach).

6.5.3.2 Deckung des Betriebswasserbedarfs

Die Anteile von Niederschlag, Grauwasser und Trinkwasser zur Deckung des Betriebswasserbedarfs für die jeweiligen Varianten im Nachverdichtungsszenario können Abb. 6.66 entnommen werden. Wie bereits in Abb. 6.64 zu sehen, liegt in der Variante ohne GW-Nutzung ein sehr hoher Trinkwassernachspeisungsbedarf (76 %) vor. Durch die Hinzunahme von GW-Nutzung kann der Trinkwasserbedarf zur Deckung des Betriebswasserbedarfs auf 25 % gesenkt werden. Mit 53 % deckt in dieser Variante das Grauwasser den wesentlich größeren Teil als Niederschlag (22 %) den Betriebswasserbedarf ab. Durch die Hinzunahme von weiteren Auffangflächen steigt der Anteil von Niederschlag auf 38 % und der Trinkwasseranteil sinkt noch weiter auf 14 %, allerdings wird der Betriebswasserbedarf mit 48 % weiterhin überwiegend durch Grauwasser gedeckt, obwohl die Auffangfläche in dieser Variante sehr groß ist und über das Versorgungsgebiet selbst hinausgeht. Vergleicht man die Variante mit GW-Nutzung und extensiver Dachbegrünung mit der Variante mit GW-Nutzung und unbekiestem Flachdach, stellt man auch hier wie bereits in Abb. 6.64 fest, dass durch extensive Dachbegrünung der Trinkwasseranteil um ca. 7 % steigt.

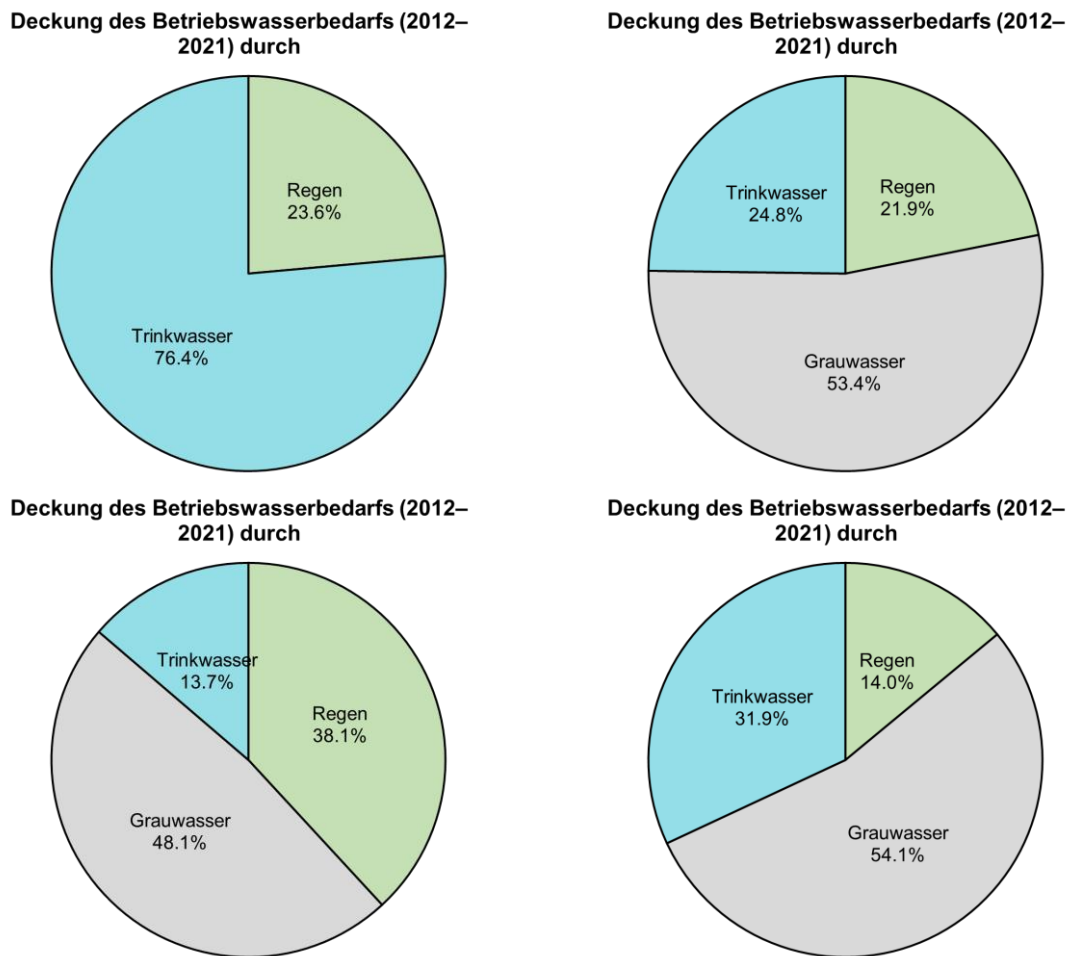


Abb. 6.66: Deckung des Betriebswasserbedarfs durch Niederschlagsabflüsse, Grauwasser und Trinkwasser im Szenario mit Nachverdichtung (links oben: ohne GW, rechts oben: mit GW, links unten: mit GW und Extradachflächen, rechts unten: mit GW bei extensiver Dachbegrünung).

6.5.3.3 Trinkwassereinsparpotential

Abb. 6.67 gibt die Wasserbedarfe für das Referenzszenario, im Falle der Nutzung von Wasserspartechnologien und für den Fall der Nutzung eines Speichers (inkl. Wasserspartechnologienutzung) für die 4 verschiedenen Varianten wieder. Bei gleichbleibendem Wasserverbrauchsverhalten (Referenzszenario: kein Speicher, keine Wasserspartechnologien) würde der spezifische Wasserbedarf bei etwa 111 L/(EW×d) liegen. Das Wassereinsparpotential durch Wasserspartechnologien läge für alle Varianten unabhängig von der Grauwassernutzung bei 23 % (spezifischer Wasserbedarf: 85 L/(EW×d)). Ohne GW-Nutzung bei lediglicher Nutzung von Niederschlag aus dem Versorgungsgebiet könnte das Trinkwassereinsparpotential nur um weitere 11 Prozentpunkte gesteigert werden, sodass der Wasserbedarf mit Speicher und Wasserspartechnologienutzung insgesamt bei 74 L/(EW×d) liegen würde. Ein Speicher würde sich im Nachverdichtungsszenario erst durch eine zusätzliche Grauwassernutzung lohnen, da hier allein durch die Betriebswasserbereitstellung 33 % an Trinkwasser eingespart werden könnten. Insgesamt könnte mit Grauwassernutzung der Trinkwasserbedarf also auf 50 L/(EW×d) fallen, wenn zusätzlich Wasserspartechnologien eingesetzt werden. Zusätzliche Dachflächen außerhalb des Versorgungsgebiets könnten zu einer Trinkwassereinsparung von 37 % beitragen (insgesamter Wasserbedarf mit Grauwassernutzung und Wasserspartechnologien: 44 L/(EW×d)). Es ist fraglich, ob solch ein hoher Aufwand im konkreten Fall für einen

solch geringen Mehrwert sinnvoll erscheint. Extensive Dachbegrünung würde dazu beitragen, dass die Trinkwassereinsparung durch den Speicher 29 % beträgt, die insgesamte Trinkwassereinsparung betrüge folglich 52 % (insgesamter Wasserbedarf mit Grauwassernutzung und Wasserspartechnologien bei extensiver Dachbegrünung: 53 L/(EW×d)).

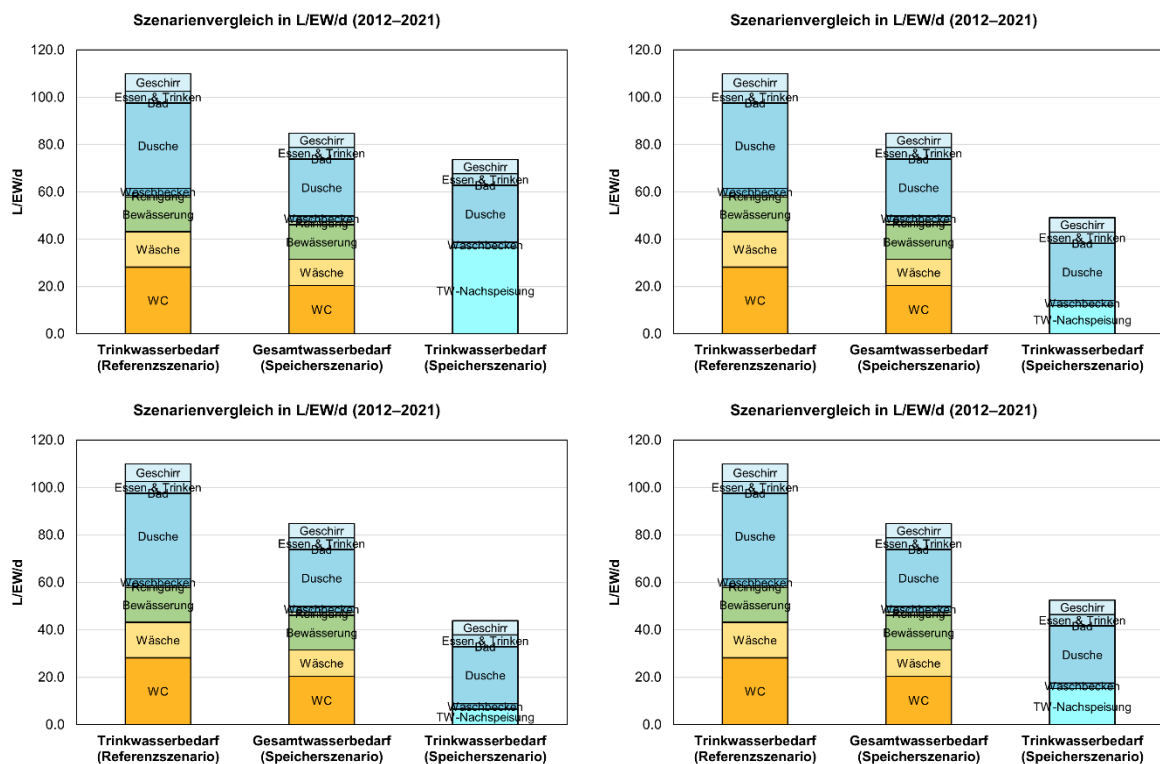


Abb. 6.67: Spezifischer Wasserbedarf im Referenzszenario, infolge von Wasserspartechnologienutzung sowie im Speicherszenario (inkl. Wasserspartechnologien). Links oben: ohne GW, rechts oben: mit GW, links unten: mit GW und Extradachflächen, rechts unten: mit GW bei extensiver Dachbegrünung.

6.5.3.4 Füllstände und Überläufe

Abb. 6.68 bis Abb. 6.71 fasst die Füllstände des Speichers sowie die Zu- und Abläufe und Füllstände der dem Speicher nachgeschalteten Muldenversickerung aller vier Varianten zusammen. Für alle drei Varianten, bei denen Niederschlagswasser innerhalb des Versorgungsgebiets bezogen wird, werden die 1–2-jährlichen Tanküberläufe von der Versickerung sehr gut abgepuffert. Ein Überstau der Versickerungsanlage erfolgt nur sehr selten, da die Versickerungsanlage gemäß eines statistischen 5-Jahresregens für Heilbronn ausgelegt wurde (der Simulationszeitraum beträgt 10 Jahre). Am kritischsten ist die Variante mit zusätzlicher Dachfläche, bei der nahezu jedes Jahr ein Überstau erfolgt. Dies zeigt, dass bei der großen Auffangfläche eine Dimensionierung anhand eines statistischen 5-Jahresregens nach Euler Typ 2 nicht ausreichend ist, um die Anlage ausreichend zu dimensionieren. Zwar ermöglicht diese Variante eine leicht erhöhte Nutzung und Trinkwassereinsparung, doch erfordert sie bei Betrachtung von Naturregen ein sehr hohes Retentionsvolumen, das diese Variante sehr teuer und raumfordernd macht.

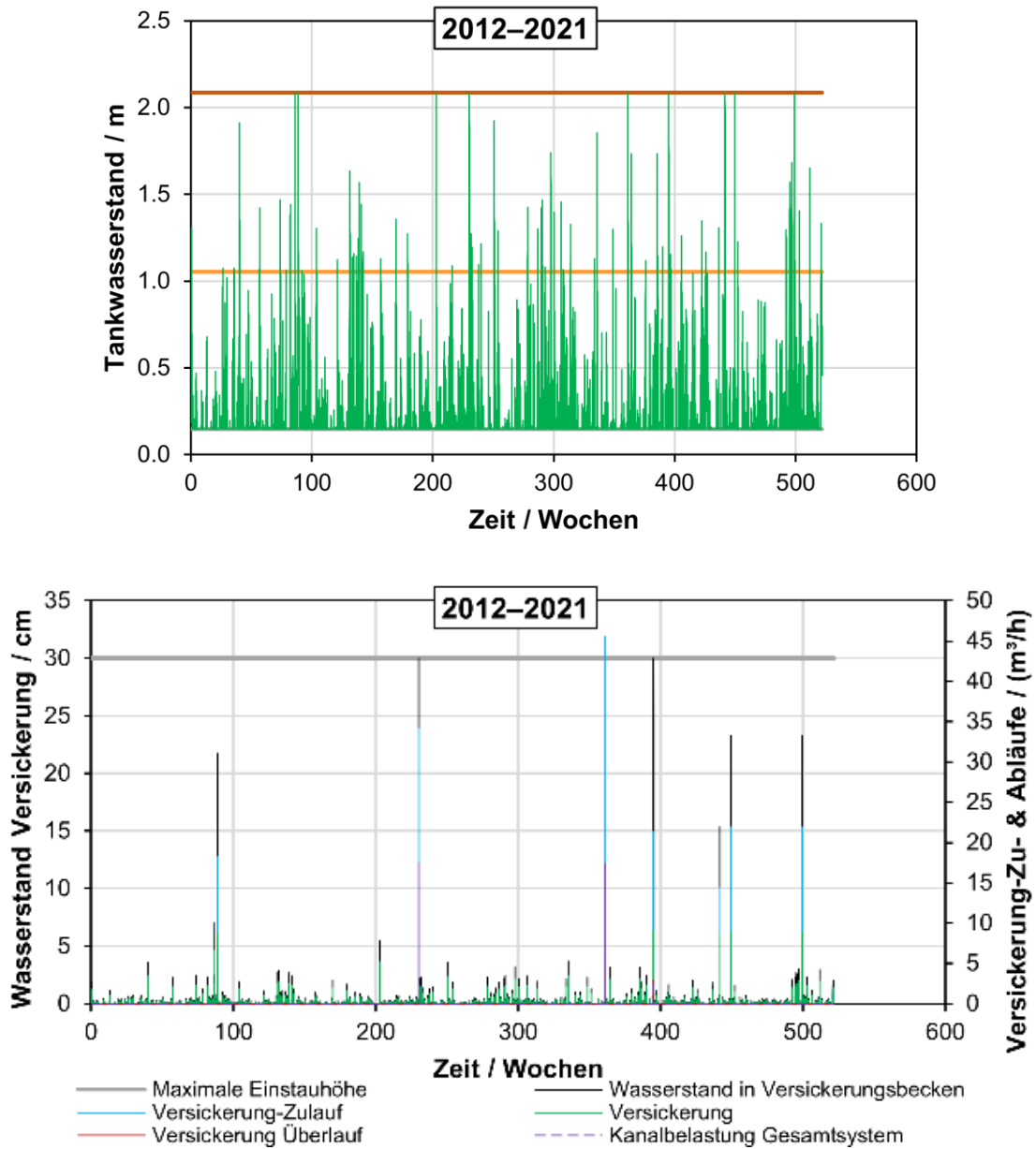


Abb. 6.68: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario mit Nachverdichtung ohne Grauwas- sernutzung.

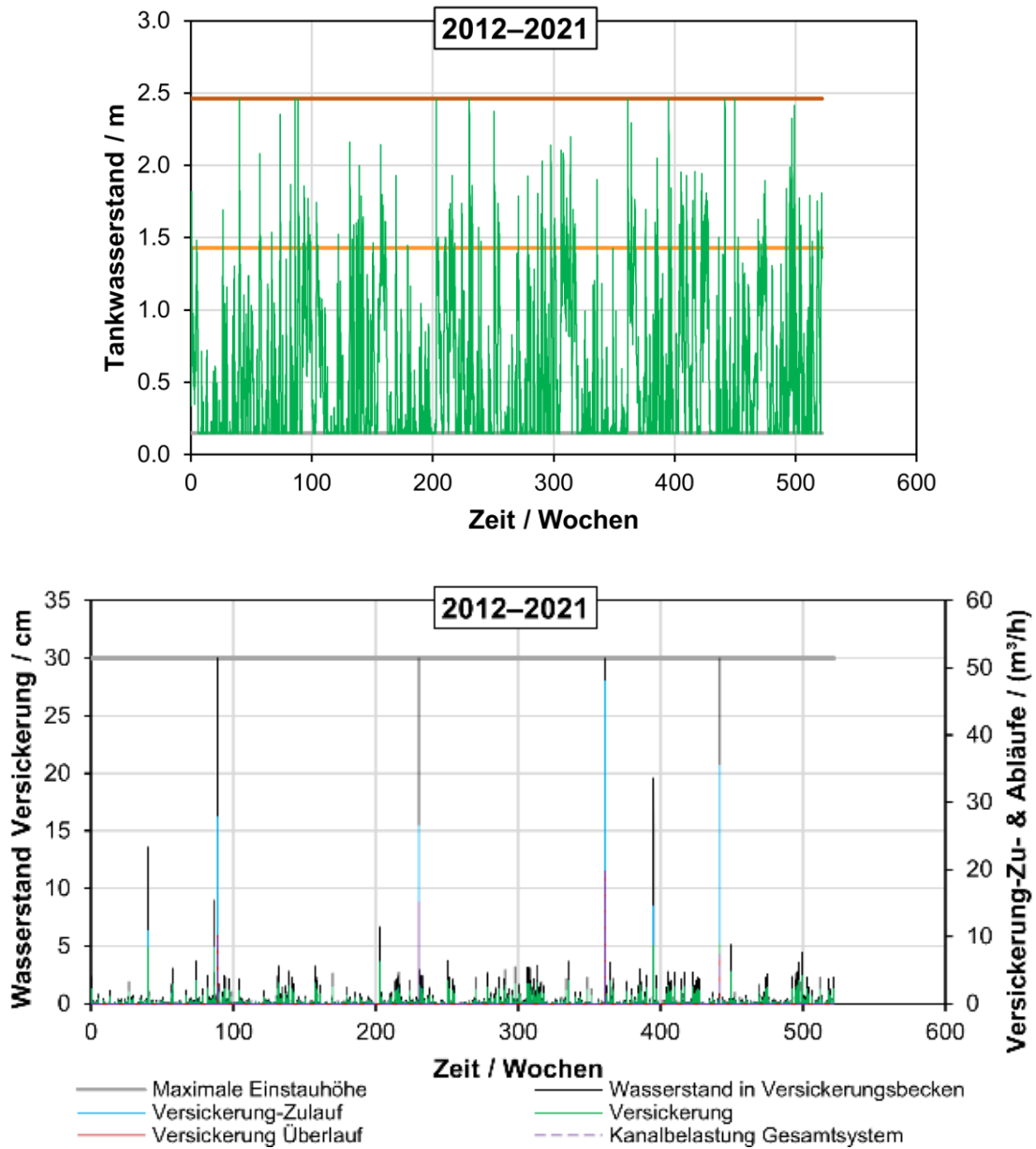


Abb. 6.69: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario mit Nachverdichtung mit Grauwassernutzung.

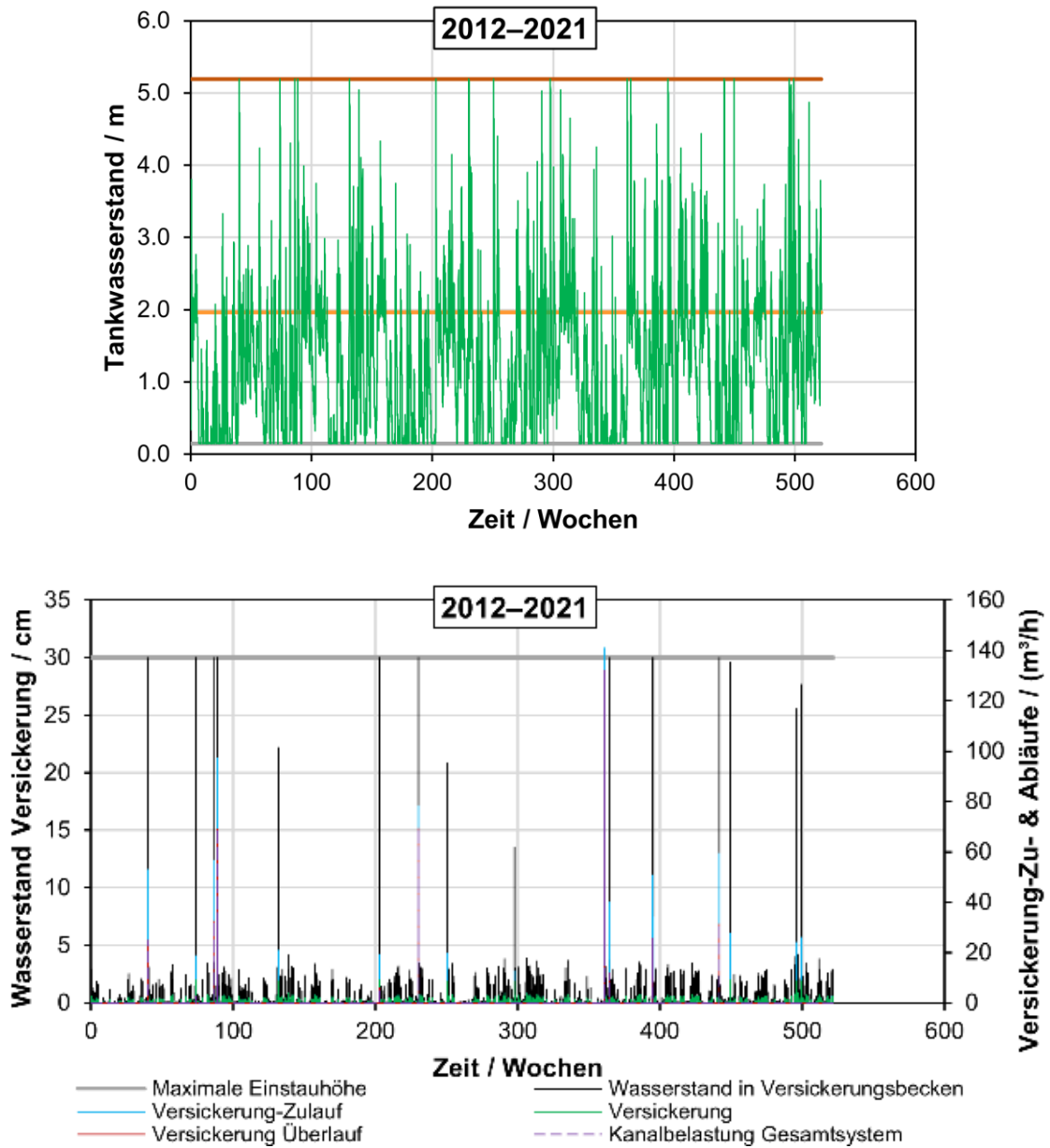


Abb. 6.70: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario mit Nachverdichtung mit Grauwassernutzung und Extradachflächen.

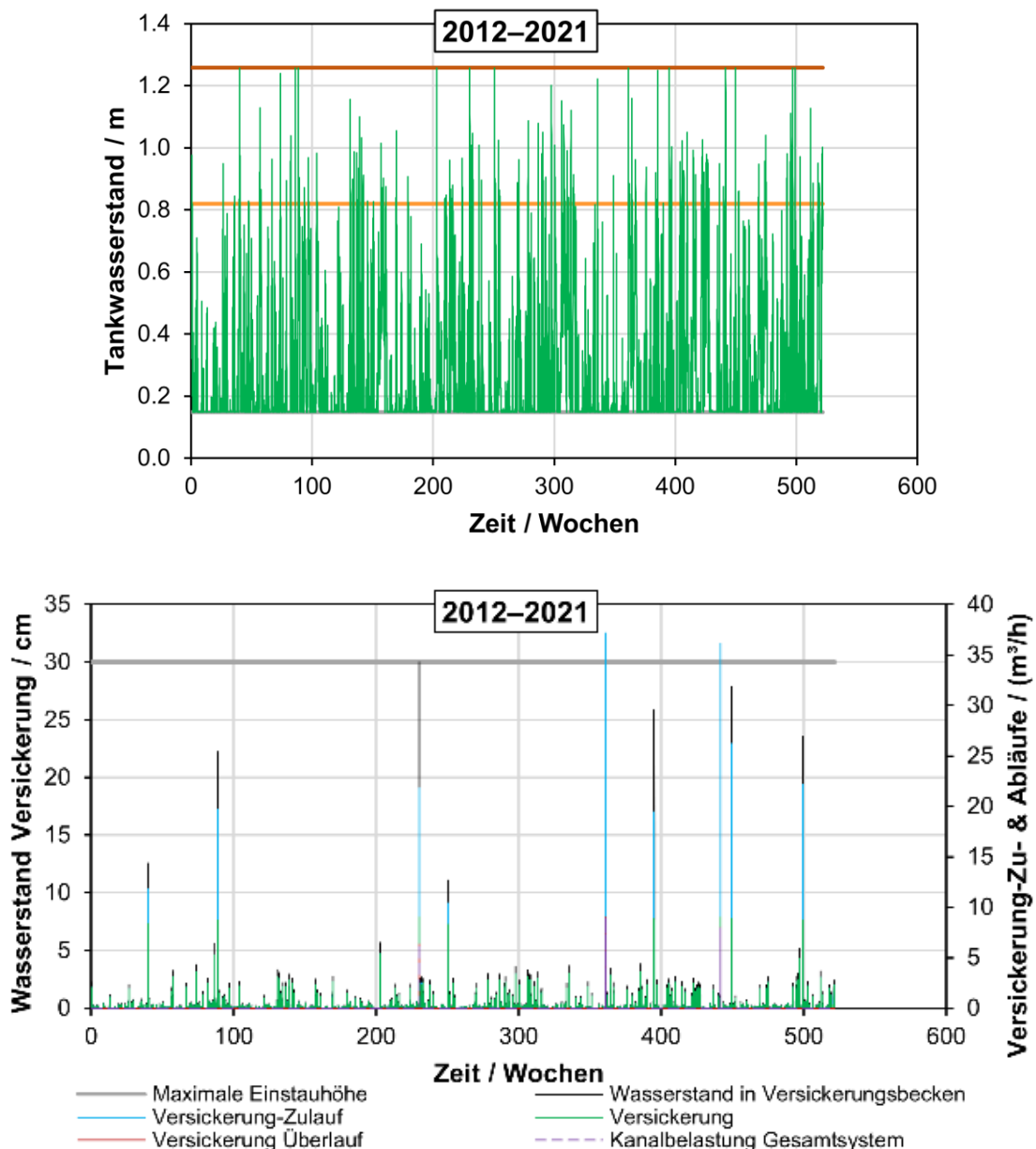
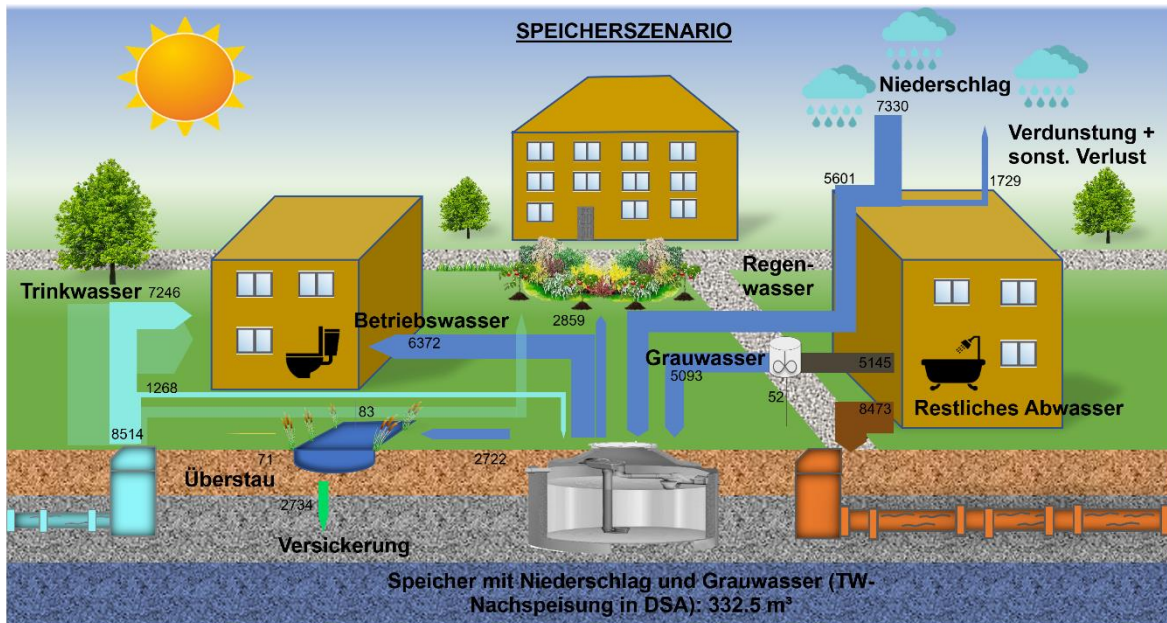
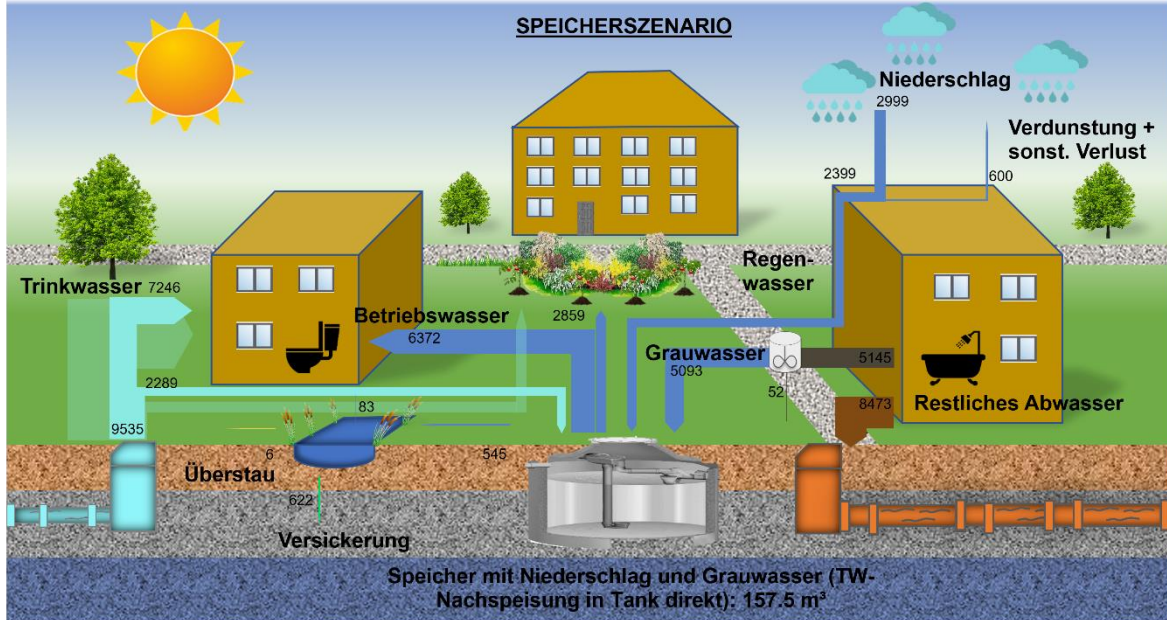
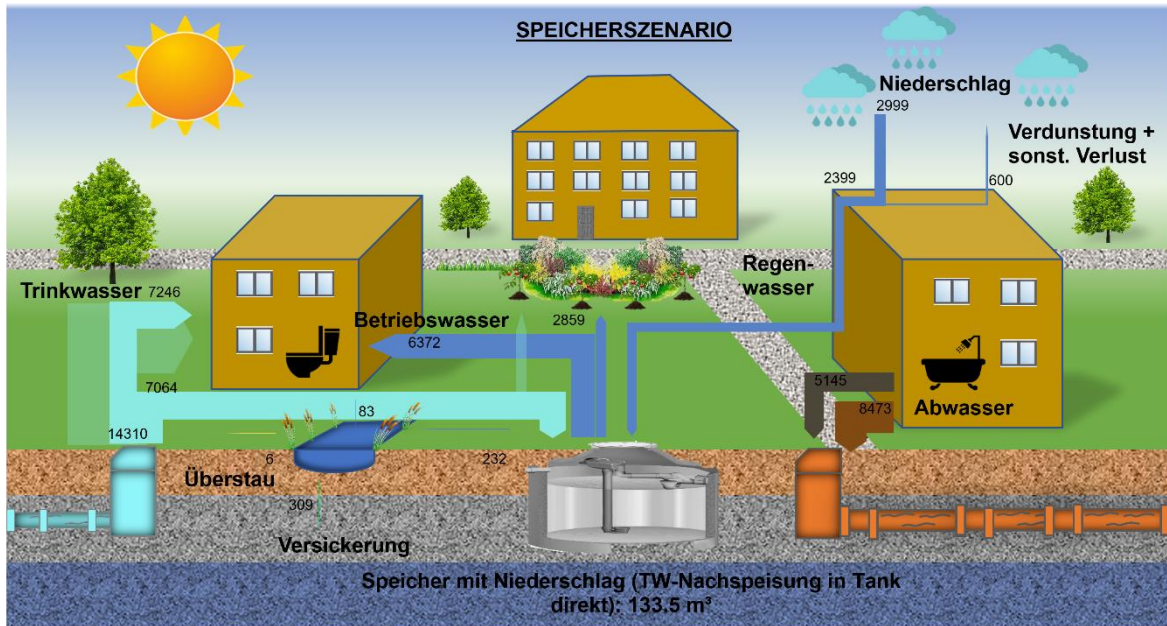


Abb. 6.71: Speicherfüllstand (orange Linie: Höhe des Drosselablaufs, rote Linie: Höhe des Überlaufs) und Wasserstand in der Muldenversickerung sowie Ströme zur und von der Muldenversickerung für das Szenario mit Nachverdichtung mit Grauwassernutzung und extensiver Dachbegrünung.

6.5.3.5 Wasserbilanzen

Die Wasserbilanzen der vier Varianten in Abb. 6.72 zeigen das Wassereinsparpotential, die erforderliche Trinkwassernachspeisung sowie mögliche ungenutzte Potentiale auf. Wird für das Neubaugebiet die Zielsetzung einer möglichst hohen Wassereinsparung gesetzt, wird deutlich, dass die alleinige Nutzung von Niederschlagsabflüssen von Dächern bei einer Einwohnerzahl von 532 nicht ausreicht. Das Erweitern der Auffangfläche über das Neubaugebiet hinaus führt zu sehr hohen Retentionsvolumen, das Nutzungspotential von Niederschlagswasser ist somit bei solch hohen Einwohnerzahl begrenzt. Eine wirklich effiziente Trinkwassereinsparung kann also bei einer solch einer hohen Einwohnerdichte nur unter Verwendung von Grauwasser erfolgen. Eine extensive Dachbegrünung verringert dieses Einsparpotential leicht.



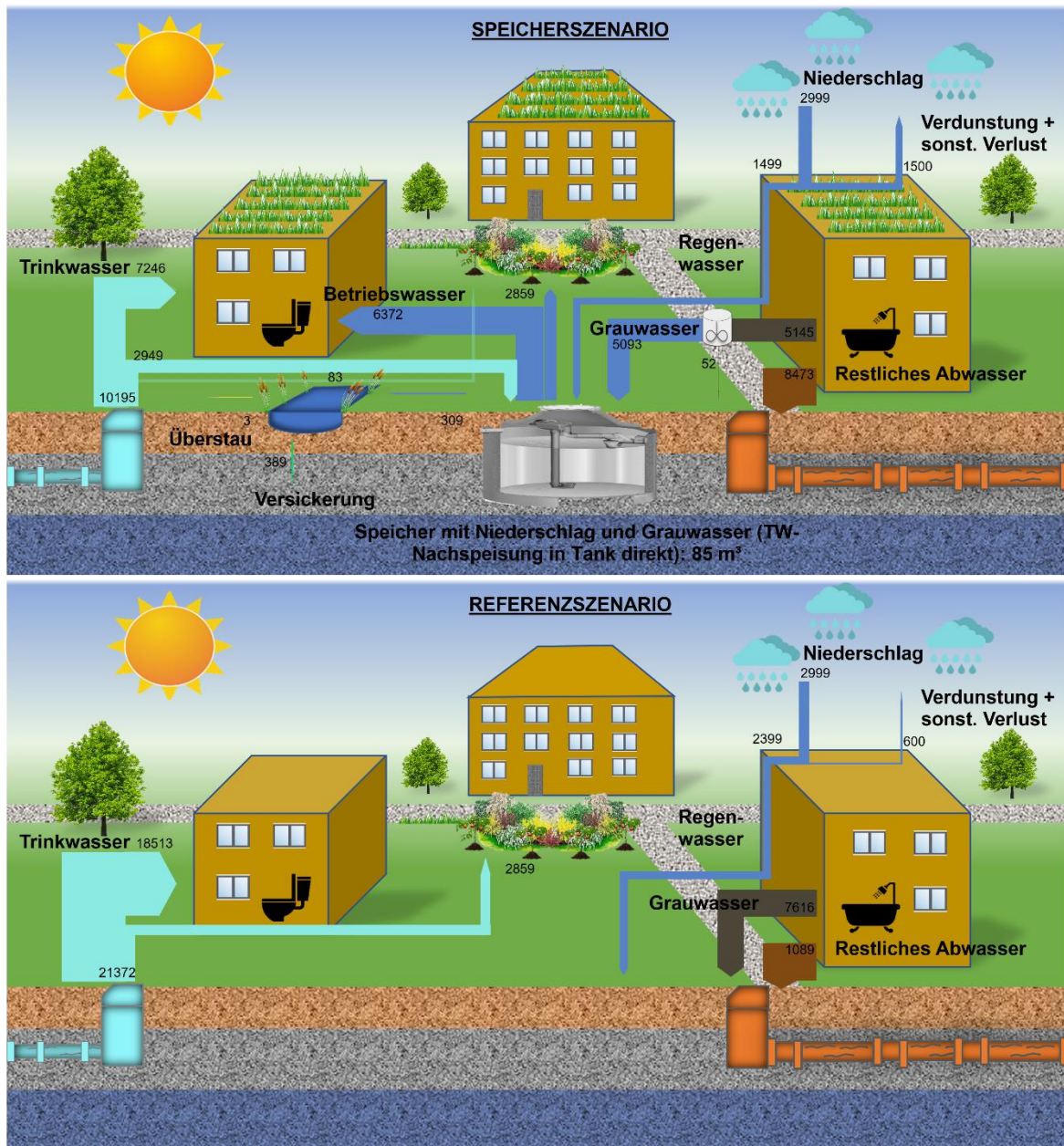


Abb. 6.72: Wasserbilanzen (m³/a) für die Speichervariante ohne GW-Nutzung (1. Grafik), Speichervariante mit GW-Nutzung (2. Grafik), Speichervariante mit GW-Nutzung und Extradachflächen (3. Grafik) und Speichervariante mit GW-Nutzung bei extensiver Dachbegrünung (4. Grafik) (jeweils inkl. Wasserspartechnologien) und das Referenzszenario (kein Speicher, keine Wasserspartechnologien) (5. Grafik).

6.5.4 Wechselwirkungen mit Städtebau

Für den Einbau eines Speichers in ein Quartier muss berücksichtigt werden, dass dieser am möglichst tiefsten Punkt liegt, damit er über das natürliche Gefälle befüllt werden kann. Vom Speicher führt parallel zur Trinkwasserleitung eine Betriebswasserleitung in die Wohnungen, sodass die nachträgliche Unterbringung eines Speichers im Bestand wesentlich höhere Kosten verursacht. Für die nachträgliche Auftrennung von Abwasserströmen zur Grauwassernutzung können Doppelrohrinliner verwendet werden. Ebenfalls gilt es durch Einhaltung von Mindestabständen den Einfluss von Versickerungsanlagen auf den Baubestand miteinzukalkulieren. Auch muss berücksichtigt werden, dass dem Speicher und der Grauwasseraufbereitungsanlage eine Stromleitung zugeordnet wird und die Legung der Leitungen mit den sonstigen

Leitungen im Quartier abgesprochen wird. Neben all diesen und weiteren Aspekten, sind zwei wesentliche Punkte für die Konzeptionierung eines Speichers zur Regenwasserbewirtschaftung und Betriebswassernutzung im Quartiersplanungsprozess jedoch sehr entscheidend: die verfügbare Dachfläche bzw. die bebauten Wohnfläche und die Dachform. Auf diese beiden Punkte wird im Folgenden gesondert eingegangen.

Liegt für das Quartier das vorrangige Ziel der Trinkwassereinsparung vor, wird die Nutzung von Regenwasserabflüssen von Dächern erforderlich. Somit ergibt sich im planerischen Prozess eine Spannung zwischen dem Wunsch einer möglichst hohen Dichte verbunden mit einer möglichst geringen bebauten Wohnfläche und einer möglichst hohen Dachfläche, um so viel Niederschlagsabflüsse wie möglich in den Speicher zu generieren. In Abb. 6.73 ist für das Nachverdichtungsszenario für vier verschiedene Nutzvolumen (50, 100, 150 und 200 m³) die erforderliche Trinkwassernachspeisung in Abhängigkeit des Anteils der bebauten Wohnfläche am Gesamtquartier wiedergegeben (kein Retentionsvolumen angenommen). Die finale Version des Neubaugebiets sähe einen Anteil von 37 % vor bei 1,124 ha Gesamtneubaugebiet. Mit zunehmender Wohnfläche, also Dachfläche, sinkt auch die erforderliche Trinkwassernachspeisung quasilinear. Die diesbezügliche Steigung entspricht in unserem konkreten Untersuchungsgebiet ohne Grauwassernutzung 40 (m³/a)/% (eingespartes Trinkwasser in m³/a je % bebauter Wohnfläche) bei extensiver Dachbegrünung und 60 (m³/a)/% bei unbekiestem Flachdach. Nutzvolumen über 50 m³ hinaus haben hier keine wesentliche Steigerung der Effizienz zur Folge. Bei Miteinbezug von Grauwassernutzung verringert sich die erforderliche Trinkwassernachspeisung wesentlich. Der Einfluss einer Dachbegrünung ist bei Nutzung von Grauwasser nicht sehr wesentlich. Im konkreten Fall mit prognostizierten 532 Einwohnern würde sich eine Regenwassernutzung also erst ab einer bebauten Wohnfläche von mindestens 30 % lohnen. Werden noch Dachflächen außerhalb des Neubaugebiets hinzugezogen bei Nutzung von Grauwasser aus dem Neubaugebiet, läge das potentiell vorhandene Niederschlagswasser in solch hohen Mengen vor, dass der Einfluss der bebauten Wohnfläche marginal wird.

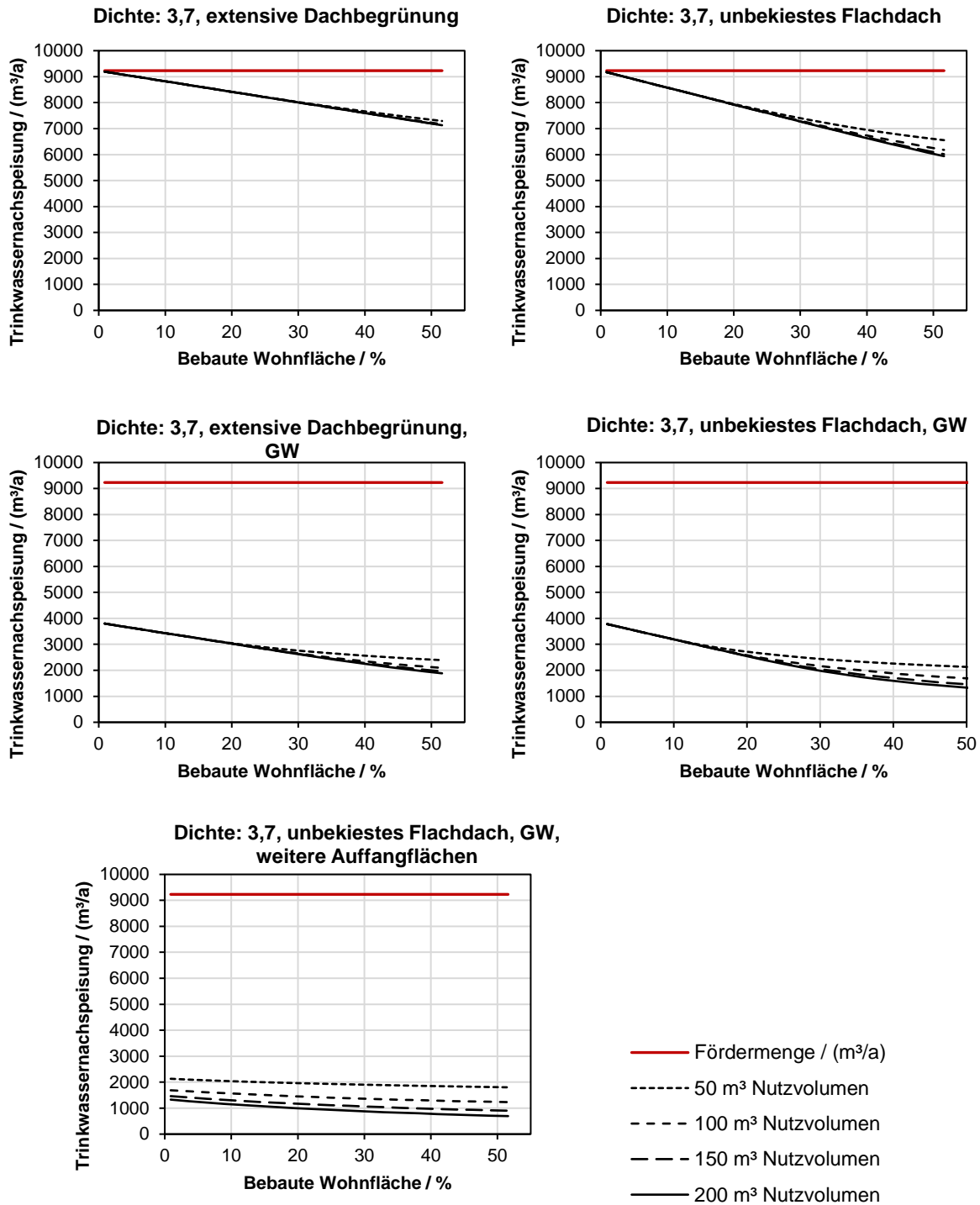


Abb. 6.73: Erforderliche Trinkwassernachspeisung in Abhängigkeit von der bebauten Wohnfläche mit Nachverdichtung (die finale Version des Neubaugebiets sähe einen Anteil von 37 % vor bei 1,124 ha Gesamtneubaugebiet). Oben: Vergleich ohne GW-Nutzung bei Ertragsbeiwerten 0,5 (extensive Dachbegrünung) und 0,8 (unbekiestes Flachdach), Mitte: Vergleich mit GW-Nutzung bei Ertragsbeiwerten 0,5 (extensive Dachbegrünung) und 0,8 (unbekiestes Flachdach), unten: unbekiestes Flachdach, mit GW-Nutzung und weiteren Auffangflächen (für optimale Ausnutzung).

Eine hohe bebaute Wohnfläche bzw. Dachfläche ermöglicht nicht nur ein höheres Trinkwassereinsparpotential, sie bewirkt auch einen höheren Anfall von Regenwasser im Starkregenfall. Für die soeben betrachteten Varianten (mit und ohne extensive Dachbegrünung) wurde

daher auch die Kappung des Spitzenabflusses eines zweistündigen 5-Jahresregens durch den Speicher und eine nachgeschaltete Muldenversickerung (100 m² Fläche und 30 cm Einstauhöhe) in Abhängigkeit der bebauten Wohnfläche bei vier verschiedenen Retentionsvolumen (30, 60, 90 und 120 m³) ermittelt. Für die Starkregenbetrachtung spielt es keine Rolle, ob eine Grauwassernutzung vorliegt, weshalb diese in Abb. 6.74 nicht berücksichtigt ist. Die beiden oberen Diagramme zeigen, dass die bebaute Wohnfläche einen wesentlichen Einfluss auf das erforderliche Retentionsvolumen hat, wenn dieses einen zweistündigen 5-Jahresregen zurückhalten soll. Bei extensiver Dachbegrünung (Abflussbeiwert: 0,5) reicht im konkreten Nachverdichtungsfall bis zu einem Wohnflächenanteil von ca. 35 % noch ein Retentionsvolumen von 30 m³ zur vollständigen Abflussspitzenkappung aus. Bei einem erhöhten Abflussbeiwert von 0,8 (unbekiestes Flachdach) reichen 30 m³ nur noch für einen Wohnflächenanteil von maximal ca. 23 %. Diese Veränderung des Abflussbeiwerts bewirkt gar eine Verdoppelung des erforderlichen Retentionsvolumens für einen bebauten Wohnanteil von 35 %. Ganz wesentlich ist die Auswirkung bei Nutzung zusätzlicher Auffangflächen außerhalb des Neubaugebiets. Das hohe Trinkwassereinsparpotential wird hier durch sehr hohe, über 120 m³ erforderliche Retentionsvolumen bezahlt.

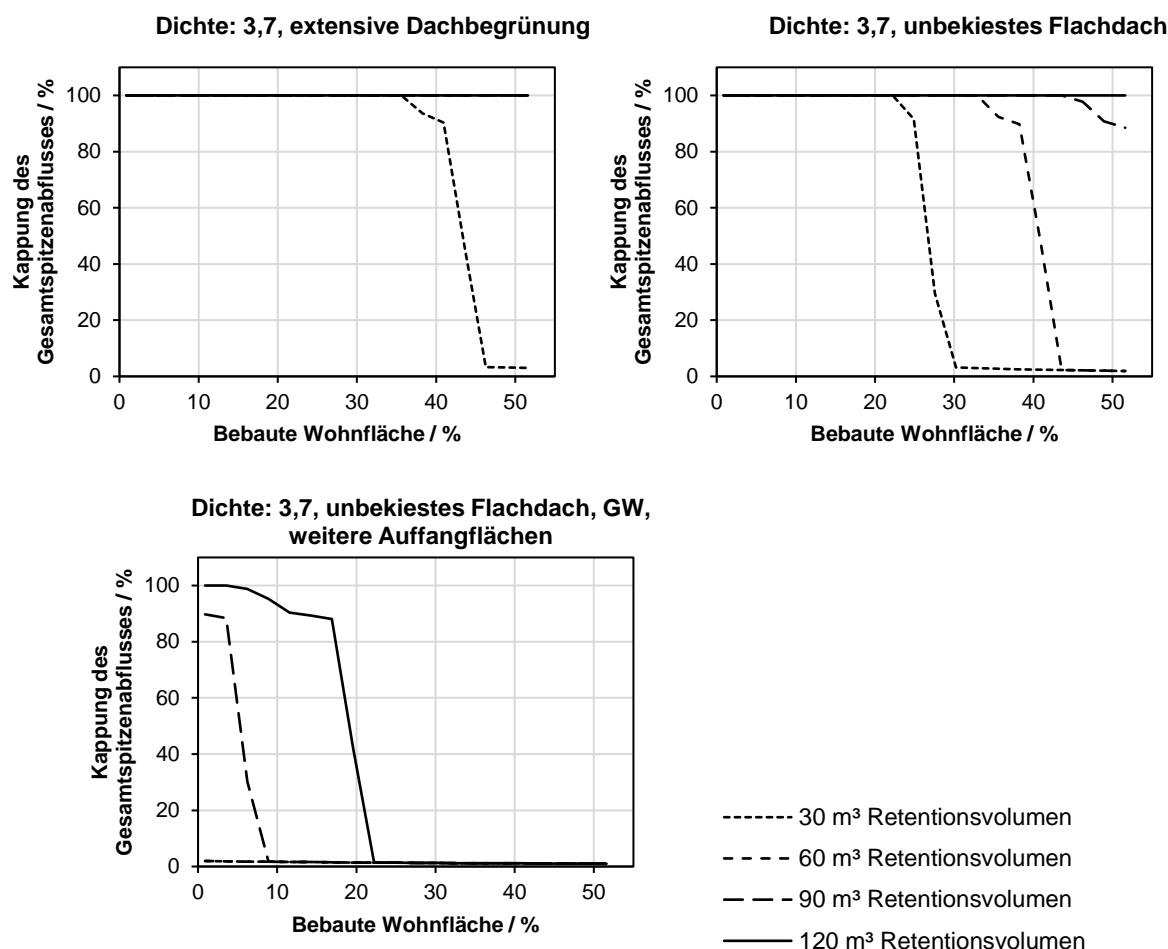


Abb. 6.74: Mögliche Kappung des Gesamtspitzenabflusses eines 2-stündigen 5-Jahresregens (durch Speicher und nachgeschaltete Muldenversickerung) in Abhängigkeit von der bebauten Wohnfläche mit Nachverdichtung (die finale Version des Neubaugebiets sähe einen Anteil von 37 % vor bei 1,124 ha Gesamtneubaugebiet). Oben: Vergleich bei Ertragsbeiwerten 0,5 (extensive Dachbegrünung) und 0,8 (unbekiestes Flachdach) (Ergebnisse bei GW-Nutzung und ohne GW-Nutzung gleich), unten: unbekiestes Flachdach, mit GW-Nutzung und weiteren Auffangflächen (für optimale Ausnutzung).

Abb. 6.75 zeigt den Einfluss der Dachbeschaffenheit, also des Ertragsbeiwerts (=Abflussbeiwerts), auf die erforderliche Trinkwassernachspeisung für verschiedene Nutzvolumen für das Nachverdichtungsszenario. Eine intensive Dachbegrünung entspricht einem Ertragsbeiwert von 0,3, eine extensive Dachbegrünung 0,5 und ein unbekiestes Flachdach 0,8. Wesentlich höhere Ertragsbeiwert sind kaum erzielbar. Oberhalb eines Nutzvolumens von 50 m³ lässt sich bis zu einem Ertragsbeiwert von 0,4, wenn lediglich Dachflächen aus dem Neubaugebiet verwendet werden, kein Einfluss des Nutzvolumens auf die Trinkwassernachspeisung erkennen. Dies liegt daran, dass für dieses konkrete Nachverdichtungsszenario Nutzvolumen von unter 50 m³ nötig wären, wo der Ertragsbeiwert auch eine Rolle spielt. Einen wesentlich höheren Einfluss auf die Trinkwassernachspeisung hat die Tatsache, ob Grauwasser verwendet wird oder nicht. Werden zusätzliche Dachflächen verwendet, könnte selbst bei einem Ertragsbeiwert von 0,05 Trinkwasser möglichst effizient eingespart werden.

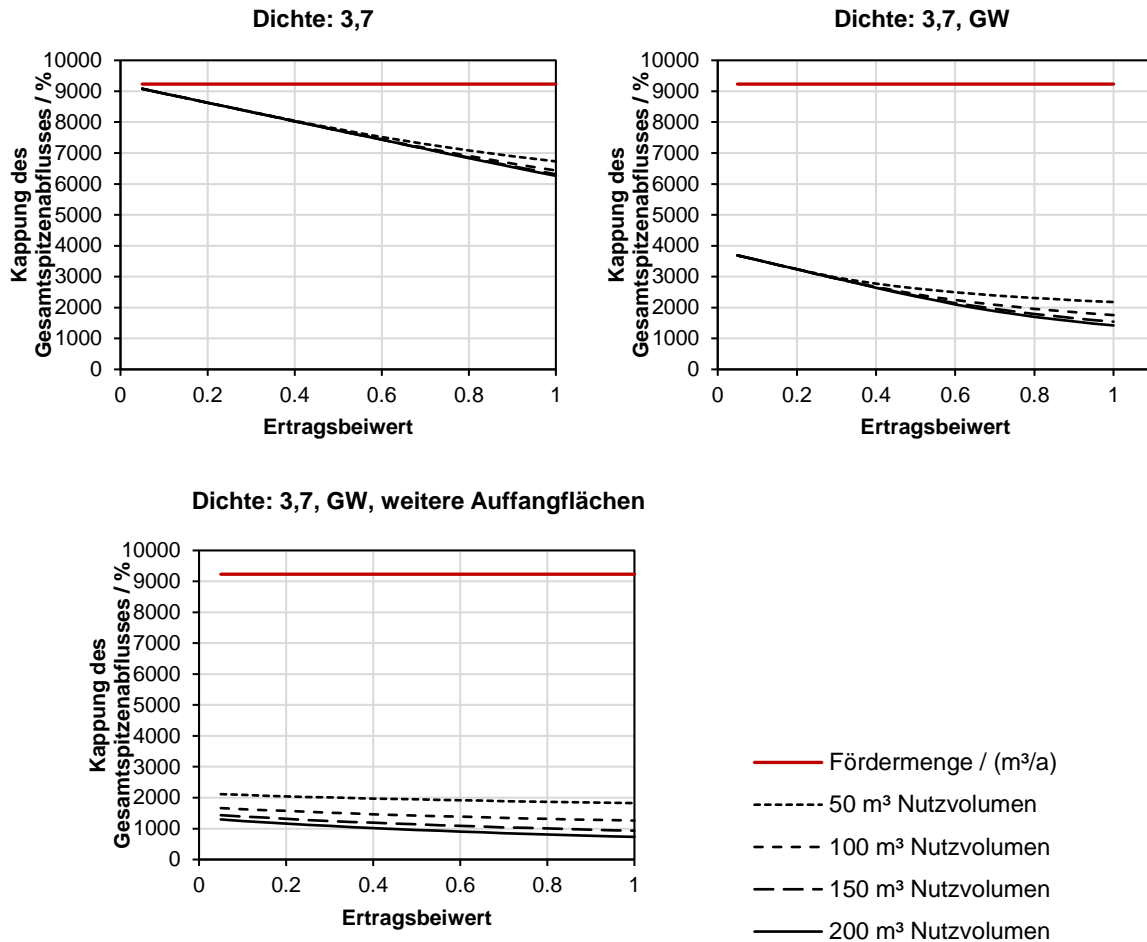


Abb. 6.75: Erforderliche Trinkwassernachspeisung in Abhängigkeit vom Ertragsbeiwert (intensive Dachbegrünung entspricht 0,3, extensive Dachbegrünung 0,5 und unbekiestes Flachdach 0,8) mit Nachverdichtung. Oben: Vergleich zwischen ohne GW-Nutzung und mit GW-Nutzung, unten: mit GW-Nutzung und weiteren Auffangflächen (für optimale Ausnutzung).

Abb. 6.76 gibt für das Nachverdichtungsszenario die mögliche Kappung des Spitzenabflusses eines zweistündigen 5-Jahresregens (Euler Typ 2) durch den Speicher und eine nachgeschaltete Muldenversickerung (100 m² Fläche und 30 cm Einstauhöhe) in Abhängigkeit der bebauten Wohnfläche bei 4 verschiedenen Retentionsvolumen (30, 60, 90 und 120 m³) wieder. Unabhängig davon, ob eine Grauwassernutzung vorliegt oder nicht, ermöglicht ein Retentionsvolumen von 30 m³ selbst bei extensiver Dachbegrünung (Ertragsbeiwert: 0,5) noch eine vollständige Abflussspitzenkappung. Zusätzliche Dachflächen verringern die Effizienz drastisch.

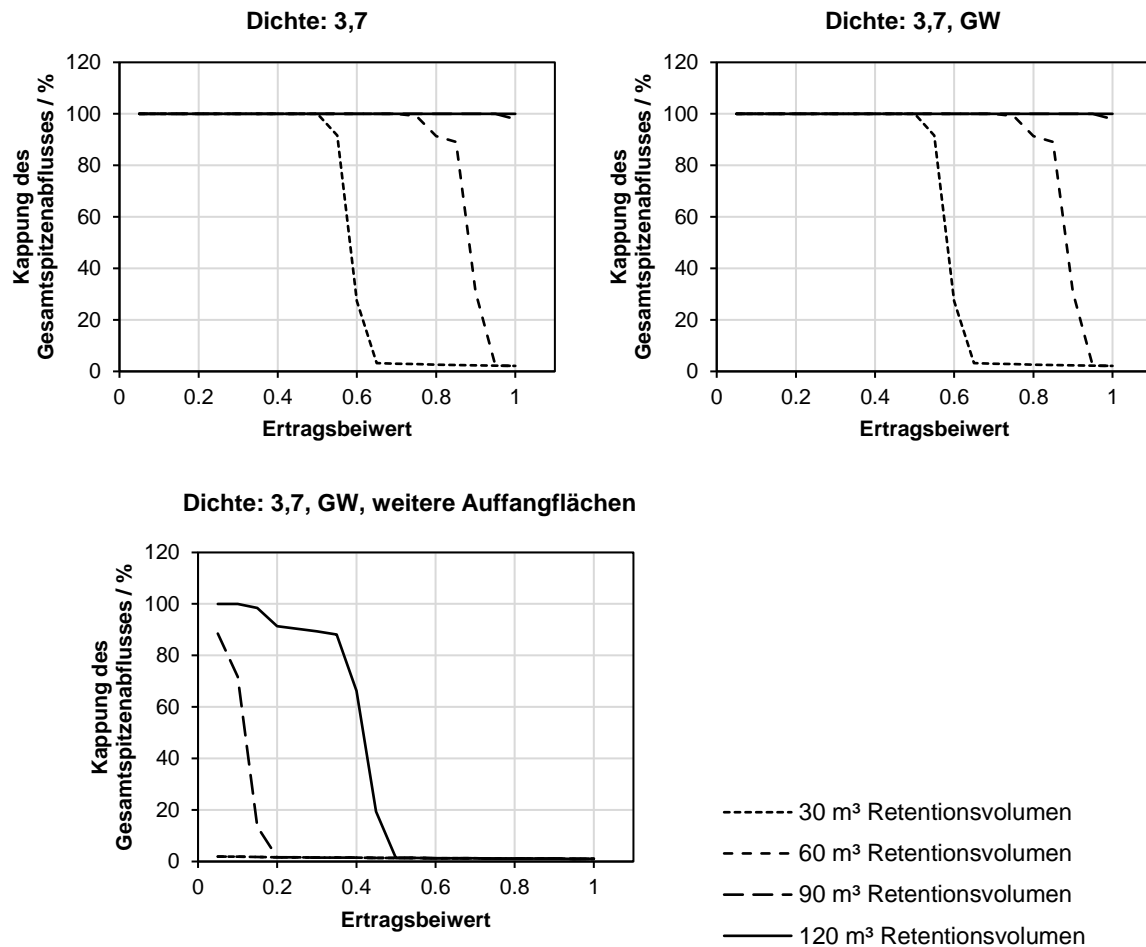


Abb. 6.76: Mögliche Kappung des Gesamtsitzenabflusses eines 2-stündigen 5-Jahresregens (durch Speicher und nachgeschaltete Muldenversickerung) in Abhängigkeit vom Ertragsbeiwert (intensive Dachbegrünung entspricht 0,3, extensive Dachbegrünung 0,5 und unbekiestes Flachdach 0,8) mit Nachverdichtung. Oben: Vergleich zwischen ohne GW-Nutzung und mit GW-Nutzung, unten: mit GW-Nutzung und weiteren Auffangflächen (für optimale Ausnutzung).

Grundsätzlich lässt sich also feststellen, dass in unserem konkreten Fall eine Variation des Ertragsbeiwerts den wesentlich größeren Einfluss auf die Kappung des Spitzenabflusses aufweist im Vergleich zur Trinkwassereinsparung. Der Anteil der bebauten Wohnfläche sollte bei 532 Einwohnern für ein möglichst hohes Nutzpotalential mindestens 30 % betragen.

6.6 Zusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens wurde ein ESB-Modell (Erfassungs-, Speicherungs- und Bereitstellungs-Modell) erstellt, mit dessen Hilfe aufgrund der vereinfachten Bedienung Machbarkeitsüberprüfungen hinsichtlich der Implementierung eines Speichers samt Muldenversickerung auf Quartiersebene „mit wenigen Mausklicks“ realisierbar werden. Um zukünftigen Entwicklungen gerecht zu werden, wurde besonders darauf Wert gelegt, dass es auf gründlicher Recherche basierende Nutzungs- (Wohnen, Schule, Büro etc.) und Wasserbedarfsoptionen mit optionaler Auswahl von Wasserspartechnologien enthält. Ferner besitzt es eine GIS-Schnittstelle für den Import aus städtischen Katasterkarten. Neben der Ermittlung von Daten zur Betriebswasserversorgung über eine Langzeitsimulation (inkl. Grauwassernutzung, Ermittlung der Betriebswasserbedarfsdeckung, der Trinkwassereinsparung etc.) erlaubt es auch

Aussagen zur Starkregenüberflutungsvorsorge (z. B. Kappung der Abflussspitzen). Automatisierte Schnittstellen ermöglichen ferner den einfachen und schnellen Transport der Speicher-Modell-Daten in das Modellsystem EPANET 2, mit dem Wasserversorgungsnetze modelliert werden können. Eine ähnliche Schnittstelle ist in Zukunft auch für eine Niederschlag-Abfluss-Software vorgesehen. Mit all diesen Optionen ist es unter anderem möglich, die Auswirkungen eines Speichers im Quartier auf überliegende Versorgungs- und Entwässerungssysteme zu betrachten, den Speicher gemäß Nutz- und Rückhaltevolumen zu dimensionieren, das Trinkwassereinsparpotential zu ermitteln und die Abpufferung starker Regenereignisse einzuschätzen.

In der Quartiersplanung gilt es zu berücksichtigen, dass zur Betriebswasserbedarfsdeckung einer hohen Einwohnerzahl auch eine vergleichsweise hohe Auffangfläche vorliegen muss. Für den konkreten Fall des Quartiers Bolzstraße stellte sich hierfür ein Mindestanteil an bebauter Wohnfläche am Gesamtquartier von 30 % heraus. Das finale Konzept berücksichtigt dies und sieht eine bebaute Wohnfläche von 4140 m², also einen Anteil von 37 %, vor.

Das Modell wurde für das zu untersuchende Quartier Bolzstraße angewendet und verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Varianten modelliert. Es zeigte sich, dass allein durch die konsequente Nutzung von Wasserspartechnologien der Trinkwasserbedarf von derzeit ca. 111 L/(EW×d) um etwa 23 % auf 85 L/(EW×d) gesenkt werden könnte. Hierfür wird die Nutzung von teilweise bereits heute vorhandenen und mittelfristig verfügbaren Haustechniken vorausgesetzt wie wassersparende Waschtischarmaturen, Duschköpfe, WC-Spülkästen, Wasch- und Spülmaschinen. Insbesondere in Quartieren könnte durch von der Wohnungsbaugesellschaft gestellten Waschküchen so das Trinkwassereinsparpotential gezielt gefördert werden.

Die Modellierung des Nachverdichtungsszenarios verdeutlichte ferner, dass bei einem Nachverdichtungsfaktor von 3,7 von ursprünglich 143 Einwohnern auf 532 Einwohner selbst bei einer großzügigen Auslegung von bebauter Wohnfläche (4140 m², also 37 % bebauter Anteil) die Niederschlagsnutzung nicht ausreicht, um Trinkwasser effizient einzusparen. Der Trinkwasserbedarf läge in diesem Fall noch vergleichsweise hoch bei 74 L/(EW×d). Erst durch die parallele Nutzung von Grauwasser könnte der Trinkwasserbedarf auf bis zu 50 L/(EW×d) fallen (bei unbekiestem Flachdach mit maximaler Ertragsausbeute). Ein höheres Einsparpotential läge vor, wenn die Nachverdichtung niedriger ausfallen würde. Eine extensive Dachbegrünung führt in unserem konkreten Fall zu einem leicht höheren Trinkwasserbedarf von 53 L/(EW×d), kann aber Qualitätseinbußen mit sich bringen, was eine Vorbehandlung erfordert. Der Einfluss der extensiven Dachbegrünung auf den Regenrückhalt ist enorm und ermöglicht ein relativ kleines Retentionsvolumen von 28 m³, verglichen mit 66 m³ bei einem unbekiesten Flachdach. Die Planung muss folglich abwägen, welches übergeordnete Ziel, ob überwiegend Nutzen oder Regenrückhalt, Priorität hat.

7 Flächenmanagement

7.1 Vorbemerkungen

7.1.1 Das städtische Quartier

Die Entwicklung von Quartieren, insbesondere die Entwicklung von Bestandsquartieren ist eine hochaktuelle Aufgabe und Herausforderung für die damit befassten Akteure.

Mit dem Forschungsprojekt „BOHEI - Ein Quartier stellt sich neu auf“ setzen die Verbundpartner neue Schwerpunkte für die Herangehensweise und den Anspruch bei der Entwicklung von Bestandsquartieren. Aspekte wie das Einbinden der Bewohner in das Vorhaben, über Informations- und Beteiligungsformate, ressourcenschonendes und ressourcensparendes Bauen, Wasserkreislaufmanagement im Quartier und klimaresiliente Strukturen werden im Rahmen des Forschungsprojektes betrachtet. Über diese sozioökologischen Aspekte hinaus werden grundlegende planerische Aufgaben in den Prozess integriert. Es werden bauliche und stadträumliche Analysen des Bestandes und dessen räumliche Qualität und Funktionalität und Recherchen zur Stadt- und Quartiersgeschichte durchgeführt. Die umgebende Bebauung und deren Einfluss auf den zu bearbeitenden Stadtbaustein wird bewertet und die Frage untersucht, in welchem Umfang das Bau- und Planungsrecht gestaltet wird. Damit wird die Grundlage für die Entwicklung eines identitätsstiftenden, nachhaltig verdichteten Quartiers gelegt.

7.1.2 Aufgabe des Flächenmanagements im Projekt BOHEI

Das Arbeitspaket Flächenmanagement arbeitet flankierend zu den Kernthemen Beteiligung, Kreislaufwirtschaft und Wasserkreislaufwirtschaft des Forschungsprojektes. Aufgabe ist es, in Abstimmung mit dem Aufgabengebiet Projektmanagement die Grundlagen für die diversen Forschungsansätze zu schaffen und den Prozess des Forschungsprojektes planerisch und städtebaulich abzubilden. Zusätzliche Themengebiete der Quartiersentwicklung werden implementiert. Dabei können im Rahmen des Forschungsprojektes nicht alle nachfolgend aufgeführten Bausteine einer Quartiersentwicklung umfänglich Gegenstand des Forschungsprojektes sein. Die Themenbausteine wurden jedoch bei der Entwicklung des städtebaulichen Rahmenplans und der Kontur und Kubatur des Quartiers berücksichtigt.

Bestandsaufnahme

Die Südstadt von Heilbronn ist geprägt von Wohnbaustrukturen. Die Bestandsuntersuchung zeigt, dass die Anbindung des Quartiers Bolzstraße an den öffentlichen Nahverkehr über Busverbindungen gewährleistet ist. Die nächste Straßenbahnhaltestelle ist fußläufig ungünstig weit entfernt. Einrichtungen der Nahversorgung sind nur bedingt fußläufig erreichbar (Entfernung >1,0 km). Die Versorgung bezogen auf Kindertageseinrichtungen und Schulen ist als gut anzusehen.

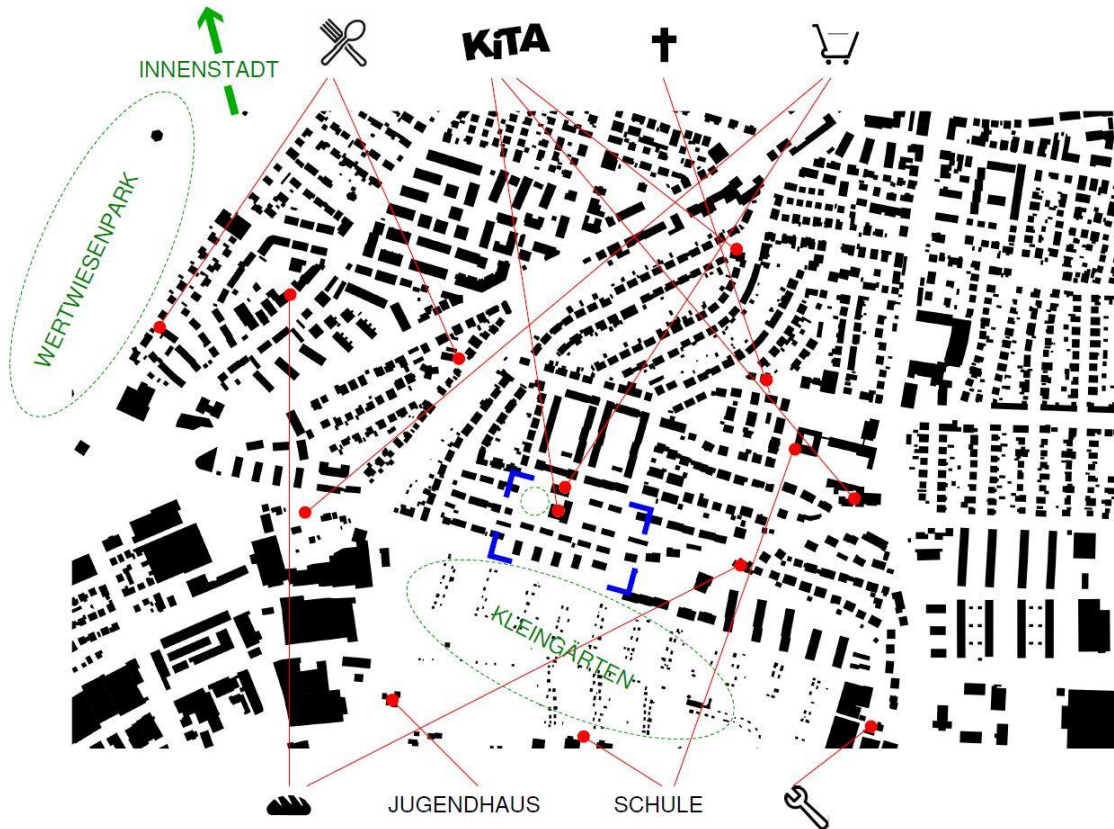


Abb. 7.1: Analyse Stadtbausteine (Quelle: aag).

Die bauliche Zusammensetzung des Quartiers ist im Rahmen des Forschungsprojektes von besonderer Bedeutung. Die Aufnahme und Untersuchung des Bestandes ist die Grundlage für jede Weiterentwicklung. Der Quartiersbestand wird über Digitalisierung der Topografie, der bestehenden Bebauung und der Infrastruktur in einem vektorisierten 3D Modell erfasst. Dieses gibt den präzisen Überblick über den Bestand und dessen Qualitäten. Der Einsatz von CAD Systemen mit den gängigen Schnittstellen (bevorzugt IFC) ermöglicht allen Beteiligten den umfassenden Zugriff auf die erhobenen Daten. Das Anlegen eines Materialkatasters gibt den Akteuren die Möglichkeit Rückbau und Geländeänderungen im Sinne der Ressourceneffizienz und der Kreislaufwirtschaft zu planen. Die Ergebnisse von Schadstoffuntersuchungen bei Gebäuden und Gelände werden, genauso wie die Untersuchung des Areals auf Kampfmittel in das 3D Modell eingepflegt.



Abb. 7.2: Links: Historischer Bebauungsplan, rechts: Bestand 3D digitalisiert (Quelle: aag).

Die Betrachtung der umgebenden Bebauung zeigt, eine drei- und viergeschossige Bebauung nördlich der Zeppelinstraße. Die westlich und östlich gelegenen Wohngebäude sind ein- bis zweigeschossig. Südlich der Sontheimer Landwehr liegt ein weitläufiges gut akzeptiertes Schrebergartengebiet. Die untersuchten Gebäude nördlich der Sontheimer Landwehr bilden mit ihren vier Geschossen, eine in der Höhe schlüssigen südlichen Abschluss für das Quartier, wobei die offene Bauweise den Quartierscharakter schwächt. Die zweigeschossige Reihenhausbauung zwischen Bolzstraße und Zeppelinstraße ist in Struktur und Kubatur nicht geeignet, den Anspruch an eine hohen Wohn- und Aufenthaltsqualität, mit regem sozialem Austausch im Quartier zu erzeugen.

Bauliche Dichte des Bestandes

Die Wohn- und Aufenthaltsqualität in einem Quartier wird zu einem großen Teil von der baulichen Dichte bestimmt. Die Vorstellung, dass mit Verringerung der Dichte in einem Quartier die Lebens- und Aufenthaltsqualität in einem Quartier steigt, verfängt nicht. Tatsächlich ist die Dichte lediglich ein Teilaspekt, der im Zusammenspiel mit weiteren harten und weichen Faktoren zu qualitätvollen Angeboten für das Wohnumfeld führt.

Wichtig ist, zunächst die Frage zu klären, wie dicht die bestehende Bebauung ist. Wieviel Menschen leben in dem zu untersuchenden Bereich, welcher Anteil der betrachteten Fläche ist überbaut und wie hoch sind die Gebäude. Aus Gründen des Datenschutzes wurde auf die Erhebung von Anwohnerdaten und damit die Feststellung der tatsächlichen Anzahl der Bewohner verzichtet. Grundlage für die Ermittlung der Bewohnerzahl war die Kenntnis der Wohnungsgrößen und des Wohnungsgemenges im Bestand. Im Rahmen einer Maximalbetrachtung wurden den Wohnungen des Bestandes, je nach Wohnungsgröße / Zimmeranzahl eine maximale Bewohnerzahl zugeordnet.

2 Zimmerwohnung	2 Bewohner
3 Zimmerwohnung	3 Bewohner
4 Zimmerwohnung	4 Bewohner
5 Zimmerwohnung	5 Bewohner

Damit ergibt sich für die Bestandsbebauung eine maximal mögliche Bewohnerzahl von 182 Personen. In Kenntnis der Leerstandsquote, und der Tatsache, dass ein Teil der Wohnungen bedingt durch den Generationswechsel nicht voll belegt ist, wurde eine Bestandszahl von 143 Bewohnern als Basiszahl für die weiteren Betrachtungen festgelegt. Bezogen auf die betrachtete Quartiersfläche von 11.240m² bedeutet das einen Flächenbedarf pro Anwohner von 78.6m². Die überbaute Fläche des Bestandes (GRZ = Grundflächenzahl) ist mit einem Faktor von 0,21 vergleichsweise niedrig. Für ein innerstädtisches allgemeines Wohngebiet ist ein Faktor von 0,4 oder dichter, üblich und angemessen.



Abb. 7.3: Bestandsbebauung mit Straßenraum und Freiraumstrukturen (Quelle: BOHEI).

Das Gebiet Bolzstraße zeigt sehr gut, dass der Faktor ‚geringe Dichte‘ allein, in keiner Weise zu einer ausreichend guten innerstädtischen Wohn- und Aufenthaltsqualität führt.

Wohnen und Wohnformen

Im Bereich der Südstadt Heilbronn sind Blockstrukturen, Linienstrukturen und Ansätze von Gartenstadtstrukturen zu finden. Dabei unterteilen sich die Gebäude im Bereich des Quartiers um die Bolzstraße in 4-geschossige Mehrfamilienhäuser entlang der Sontheimer Landwehr und 2-geschossige Doppelhäuser zwischen Bolzstraße und Zeppelinstraße. Alle Gebäude sind in einem konstruktionsbedingt schlechten Zustand. Eine Instandsetzung, einhergehend mit einer energetischen Sanierung ist nicht zielführend und wirtschaftlich nicht darstellbar. Die Nord-Süd ausgerichteten Doppelhäuser bieten bei großem Grundstücksflächenverbrauch 4 bis 5,5 Zimmerwohnungen an, die Mehrfamilienhäuser ein Wohnungsspektrum von 2 und 3 Zimmerwohnungen. Die Wohnungen sind in Ost-Westrichtung orientiert. Das Quartier ist geprägt von gemeinschaftlichen Frei- und Grünflächen, die vom Gebäudeeigentümer unterhalten werden. Eine gemeinschaftliche Nutzung dieser Flächen durch die Anwohner findet nur in geringem Umfang statt.



Abb. 7.4: Analyse bestehende städtische Strukturen (Quelle: aag).

7.1.3 Aspekte des Flächenmanagements

Neben den Arbeitspaketen innerhalb des Verbundforschungsvorhabens sind im Rahmen einer Quartiersentwicklung zahlreiche begleitende städtebauliche und planerische Faktoren zu berücksichtigen. Damit, mit Bearbeitung der drei Schwerpunkte des Forschungsprojektes, ein umfassendes Konzept für eine nachhaltige Quartiersneuordnung entsteht, muss der Einfluss zahlreicher Teilaspekte auf das Projekt diskutiert und berücksichtigt werden.

Energie, energetisches Bauen

Modelle und Forschungsinhalte zu Energieerzeugung, energetischer Sanierung oder zur Energieeinsparung waren nicht Gegenstand des Forschungsprojektes. Bei der Entwicklung einer Quartiersbebauung können jedoch energetische Aspekte nicht völlig außer Betracht gelassen werden. Aus diesem Grund wurden umfangreiche passive energetische Maßnahmen betrachtet. Und in die Planung integriert. So bietet ein kompakter Städtebau die Möglichkeit das A/V Verhältnis (Oberfläche zu Volumen der Gebäude) zu reduzieren, wodurch eine energiesparende Bauweise begünstigt wird.

Mit dem Prinzip des Solaren Bauens können Transmissionswärmeverluste der Gebäude über solare Gewinne kompensiert werden. Die Orientierung der Wohnungen nach Süd / Süd-West führt zu einer verlängerten Besonnungsdauer. Mit der entsprechenden Anpassung der Fensterflächen bringt dies besonders im Winterhalbjahr den optimalen solaren Ertrag. Die Energieerzeugung vor Ort, wird über Photovoltaikanlagen auf dem Dach und ggf. in der Fassade gewährleistet.

Innerhalb der Gebäude gibt es ebenfalls ein vielfältiges passives energetisches Potential. Neben Maßnahmen gegen den Transmissionswärmeverlust werden Möglichkeiten zur natürlichen Lüftung genutzt. Damit wird der sommerliche Komfort in der Wohnung, bei gleichzeitigem

Verzicht auf eine Klimatisierung verbessert. Die Aktivierung der Gebäudestruktur, des Gebäudetragwerks als thermischer Speicher verbessert ebenfalls die energetische Bilanz der Gebäude.

Mobilität

Die Bedeutung der Mobilität, und hier gerade die der innerstädtischen Mobilität ist für die zukünftige Entwicklung von Stadtbausteinen mittlerweile unbestritten. Der Einfluss der Fortbewegungsbedürfnisse der Bewohner auf ein Quartier ist erheblich. Der standardmäßig anzusetzende Stellplatzschlüssel für den ruhenden Verkehr (Autos und Fahrräder) ist kritikwürdig. Es ist anzuraten, diesen für jedes Quartier individuell zu betrachten. Dabei darf ein Punkt nicht außer Acht gelassen werden. Die Diskussion, ob es in Zukunft mehr oder weniger Fahrzeuge und damit einen höheren oder geringeren Stellplatzbedarf geben wird, ist noch nicht zu Ende geführt. Klar ist, dass neu entwickelte Quartiere flexible, innovative und effiziente Antworten geben müssen. Ein zu hoher Stellplatzschlüssel führt zu einer Verschwendung der Ressource Fläche und verbraucht bei der Herstellung von Bauwerken in nicht vertretbarem Umfang graue Energie. Ober- und unterirdische Bauwerke für den ruhenden Verkehr müssen auf ein Mindestmaß reduziert werden. Dabei unterstützen Angebote zu Car- und Bike-Sharing, aber auch die Verbesserung der Anbindung an den öffentlichen Nahverkehr ist Pflichtaufgabe bei jeder Quartiersentwicklung. Gebäude und Wegeinfrastruktur müssen fußgänger- und fahrradgerecht hergestellt werden. Der mit der Verdichtung von Quartieren einhergehenden Bevölkerungszunahme muss mit Maßnahmen zur Verbesserung der öffentlichen Verkehrsanbindung begegnet werden.

Innerhalb des Quartiers bietet eine Verkehrsmischung und die flexible, gemeinschaftliche Nutzung des Verkehrsraums die Möglichkeit Verkehrsflächenanteile zu reduzieren und damit die Oberflächenversiegelung minimieren.

Emissionen

Lärm, Luftschadstoffe und Licht sind innerstädtisch die wesentlichen Emissionsfaktoren. Dabei muss dem Themenbereich Lärm die größte Bedeutung zugemessen werden, da dieser die Wohn- und Lebensqualität wesentlich beeinträchtigen kann.

Ausgehend von der Sontheimer Landwehr ist die wesentliche Lärmemission über den Straßenverkehr zu erwarten. Hier kann ein umfangreiches Maßnahmenpaket dargestellt werden. Zum einen ist die Bebauung entlang der Sontheimer Landwehr als schallschutztechnisch wirksame Bebauung zu bewerten. Das führt dazu, dass die Gebäude entlang der Bolzstraße und der Zeppelinstraße gut geschützt sind. Für die Bebauung entlang der Sontheimer Landwehr sind die Maßnahmen, wie Schallschutzfenster, Prallplatten an Balkonen oder Lüftungsanlagen zu planen. Eine sehr wirksame Maßnahme, die Reduzierung der Höchstgeschwindigkeit auf 40km/h tags und 30km/h nachts, ist in der Regel politisch nicht durchsetzbar, obwohl dies gesamtgesellschaftlich die direkteste und wirksamste Maßnahme wäre.

Licht ist für die Quartiersentwicklung sowohl als Emission, als auch als Immission anzusehen. Im bestehenden Gebiet sind die künstlichen Lichtquellen nur bedingt relevant. Ein starkes Augenmerk ist auf die Beleuchtung des Quartiers nach innen und nach außen zu legen.

Freiraumqualitäten

Zwischenräume sind die Lebensräume des neuen Quartiers. Die Aufenthaltsqualität des Freiraumes ist bestimmend für die Akzeptanz dieser Bereiche durch die Bewohner. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde hier ein Schwerpunkt gesetzt. Im Austausch mit den Bewohnern wurden Mitmachgärten, Hochbeete und gemeinschaftliche Freiflächen geschaffen. Die

Zugänglichkeit, die Belichtung und die Durchlüftung der Bereiche werden durch die Stellung der Gebäudevolumen bestimmt. Die ost-west orientierten Innenhöfe mit der differenzierten Geschossigkeit der Bebauung im Innenbereich des Quartiers ermöglicht führt zu einer sehr guten Aufenthaltsqualität. Die Erschließung der Gebäude über die Innenhöfe bringt Bewegung und Begegnung in das Quartier. Öffentliche Fußwege in Nord-Süd Richtung sind Kurzschluss zur Sontheimer Landwehr für die Bewohner nördlich von Bolz- und Zeppelinstraße.

Städtisches Leben entsteht durch gemeinschaftliches urbanes Handeln. Die zur Verfügung stehenden Freiräume im Quartier werden als Mitmachgärten der Gemeinschaft oder einzelnen Bewohnern zur Verfügung gestellt. Öffentliche und halböffentliche Freiflächen stehen den Anwohnern zu Gestaltung und Nutzung zur Verfügung.

7.2 Inhalte Teilbereich

Inhaltlich übernimmt das Arbeitspaket Flächenmanagement innerhalb des Forschungsprojektes schwerpunktmäßig drei Aufgabenbereiche. Es werden die planerischen Grundlagen geschaffen, die Forschungsergebnisse in planerische und städtebauliche Strukturen übersetzt und die Belange des Bau- und Bauordnungsrechts, der Funktionalität und der Nachhaltigkeit berücksichtigt.

7.2.1 Städtebauliche Varianten

Bei der Entwicklung eines Stadtgrundrisses steht das Arbeiten in Varianten, als Grundlage für vielfältige Lösungsansätze im Vordergrund. Diese werden in den unterschiedlichen Expert*inenteams diskutiert und weiterentwickelt.

Die am häufigsten eingesetzte Methode, um eine Vielzahl unterschiedlicher Lösungsansätze für eine Quartiersentwicklung zu erhalten ist die Durchführung von städtebaulichen Architektenwettbewerben. Dabei werden, auf Grundlage vorgegebener Rahmenbedingungen von Architekten*innen und Stadtplaner*innen differenzierte und oft überraschende Lösungen für städtebauliche Fragestellungen entwickelt. Diese Vorgehensweise ist allerdings dann kritisch zu sehen, wenn in den Grundlagen zum Wettbewerb sozioökologische Ansätze nicht ausreichend gewürdigt werden. Die Beiträge zum Wettbewerb können dann keinen Mehrwert für die Fragestellung einer nachhaltig ökologischen Entwicklung erbringen.

Innerhalb des Forschungsprojektes wurde die Chance genutzt, die wesentlichen Aspekte der Ressourceneffizienz, der Kreislaufwirtschaft und der Wasserkreislaufwirtschaft in den Vordergrund zu stellen und zum frühestmöglichen Zeitpunkt in die Entwicklung und Untersuchungen des Quartiers einzubringen. Auf der Grundlage der Erkenntnisse der Bestandsanalyse wurden unter Berücksichtigung der Berichte und Beiträge der Forschungsbeteiligten erste städtebauliche Konzeptideen entwickelt. Zur Verbesserung der Nachhaltigkeitsqualität wurden diese in Workshops bezogen auf Umsetzbarkeit, Außenraumwirkung und Einbindung in das Stadtfeld fortlaufen überprüft und angepasst.

Städtebauliche Bilder

Es ist das Ziel, bei der Entwicklung eines Quartiers die Anwohner und die lokalen Stakeholder über Beteiligungsprozesse in die notwendigen Entscheidungen einzubinden. Hierzu wurden die Anwohner bei regelmäßig stattfindenden Informationsveranstaltungen über Zwischenergebnisse der Forschungsteilbereiche informiert. Bei gemeinschaftlichen Terminen wurde Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch genutzt. Darüber hinaus fanden Termine zur Abstimmung von Planungs- und Konzeptinhalten mit der städtischen Bauverwaltung statt.

7.2.2 Ideenworkshop

Anfang 2020 fand der erste projektinterne Workshop zum Thema Städtebau, als Ideenworkshop statt. Ziel war es eine Grundlage für die Fortführung des Forschungsprojektes zu schaffen. Dazu wurde eine Vielfalt an städtebaulichen Strukturen entwickelt und diese unter den Gesichtspunkten der Arbeitspakete des Forschungsprojektes und unter städtebaulichen und sozioökologischen Aspekten betrachtet.

Ausgehend von dem Rückbau der bestehenden Bebauung wurden unterschiedlichste städtebauliche Leitbilder entwickelt. Diese wurden anschließend innerhalb des Teams anhand von Plänen und Arbeitsmodellen analysiert. Die Stellung der Baukörper, die Kontur der Quartierskanten, die Qualität der Frei- und Zwischenräume, die graphische Dichte und Höhe der Bebauung wurden evaluiert. Durch die Arbeit an Arbeitsmodellen konnten die differenzierten Ansätze der Varianten in kurzer Zeit dreidimensional visualisiert werden. So wurden Freiräume, Blickachsen, Raumzusammenhänge und Gebäudetotographie für die Beteiligten begreifbar gemacht.

Zum Abschluss des Ideenworkshops wurde die Vielzahl an unterschiedlichen Ansätzen nach städtebaulichen Merkmalen kategorisiert. Es konnten final acht Varianten zusammengefasst werden, von denen hier sechs exemplarisch dargestellt sind.

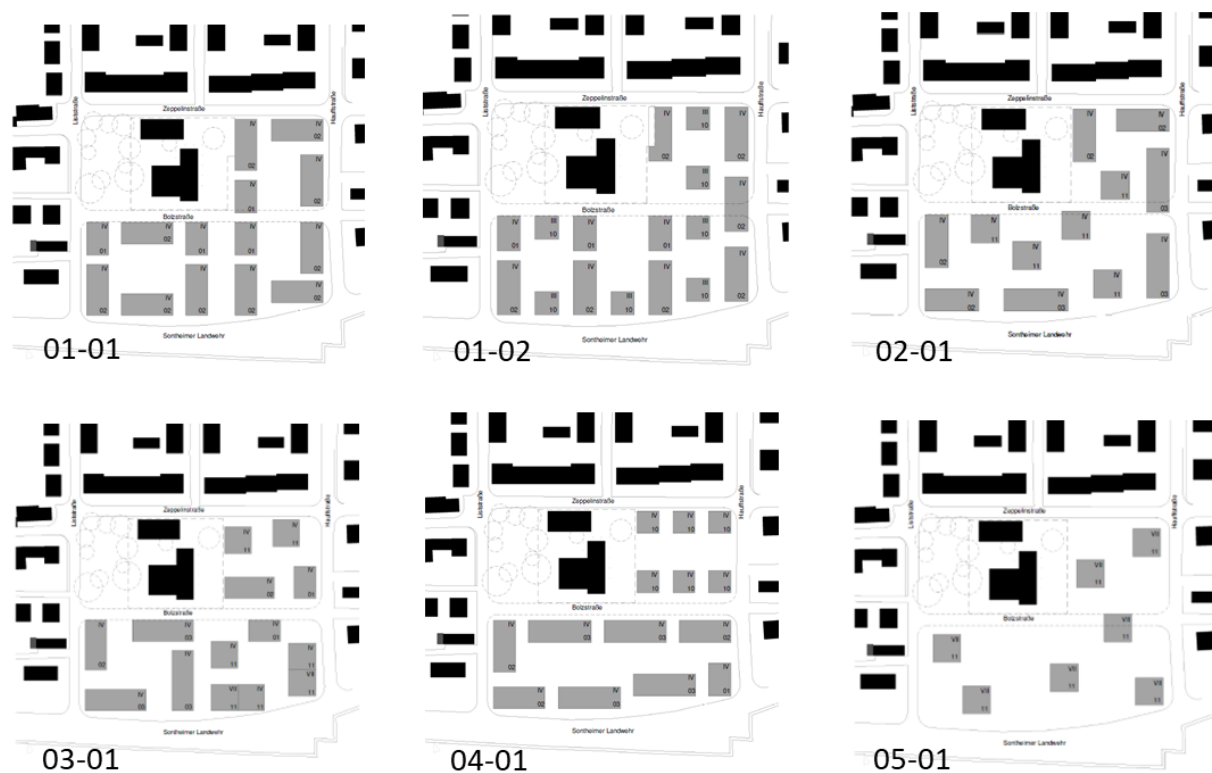


Abb. 7.5: Städtebauliche Varianten Ideenworkshop (Quelle: aag).

Für die o. g. acht Planungskonzepte wurden im Anschluss die wesentlichen städtebaulichen Kennzahlen ermittelt.

- Versiegelte Fläche,
- Art und Anzahl Gebäudetypen,
- Geschossigkeit,
- Anzahl Wohnungen,
- Anzahl Bewohner.

BoHel

VAR 01-01

Geschossfläche	GF	WE/G	Geb. Gesch	Summe GF	Summe WE
Typ 01 (12mx18m)	216m ²	3	4	3.456,0m ²	48
Typ 02 (12mx28m)	336m ²	5	10	13.440,0m ²	200
Typ 03 (12mx34m)	408m ²	7	0	0	0
Typ 10 (12mx12m)	144m ²	2	0	0	0
Typ 11 (15mx15m)	225m ²	3	0	0	0
				16.896,0m ²	248



Abb. 7.6: Analyseblatt städtebauliche Variante (Quelle: aag).

Die Analyse der städtebaulichen Kennzahlen der untersuchten Konzepte zeigt vergleichbare Werte bei Flächenverbrauch, Geschossfläche und Wohneinheiten der Varianten 01-01, 01-02 – 02-01, 03-01, 04-01. Die Differenz liegt hier im Bereich von 10 %. Lediglich die Variante 05-01 hat, bedingt durch die offene Bauweise deutlich geringere (ca. 30 %) Ausnutzungszahlen gegenüber dem Mittel der anderen Varianten.

7.2.3 Workshop Städtebau und Beteiligung

Für die weiteren Workshops und den Beteiligungsprozess wurden, auf Basis der Ergebnisse des Ideenworkshops, die Qualitäten für die Arbeitsmodelle, Pläne und die Projektgrafik festgelegt. Zur Unterstützung des Beteiligungsformats wurde entschieden, großmaßstäbliche Pläne und Modelle zu verwenden. Die Materialwahl erfolgte anhand von beispielhaften Gebäudemodellen in unterschiedlichen Maßstäben und Materialien. Es wurde entschieden, geschossweise, in Schichten aufgebaute Gebäudemodelle aus weißem Styrodur zu verwenden, die die Planungsabsicht abstrakt, aber klar ablesbar, darstellen. Die gemeinsame Diskussion und Arbeit an dem Modell und in den Plänen wurde dadurch gefördert. Die Volumenmodelle der Gebäude zeigen in den Geschossen die Konturen von Erschließung und Wohneinheiten. Die Modelle sind geschossweise in Schichten aufgebaut. Die Schichten sind mittels Steckverbindungen untereinander befestigt. Damit ist der Umbau der Gebäudemodelle in Höhe und Kontur möglich. In einem Beteiligungsverfahren konnten die Workshopteilnehmer so niederschwellig zur aktiven Mitarbeit eingeladen werden. Der vorgeschlagene Stadtgrundriss wurde in den unterschiedlichen Workshops gemeinschaftlich umgebaut und weiterentwickelt. Die Dichte der Bebauung und der Freiräume und deren Veränderung im Umbauprozess wurde für die Workshopteilnehmer erlebbar gemacht.



Abb. 7.7: Arbeitsmodell Beteiligungsworkshop (Quelle: aag).

Variantenvergleich

Für die Varianten 02-01, 03-01, 04-01 wurde, über die Erhebung der städtebaulichen Kennzahlen hinaus, die planerische Untersuchung fortgeführt. So wurden Aspekte der inneren Erschließung (aus den Innenhöfen) oder äußeren Erschließung (von den Blockrändern) der Wohngebäude, die Gebäudehöhen mit Abstandflächen und die Ausführung von Staffelgeschossen zur Einbindung der Kubaturen in die umgebende Bebauung untersucht. Die Planung von Feuerwehraufstellflächen wurde zur Sicherstellung der Umsetzbarkeit der Bebauung bezogen auf die wesentlichen Brandschutzrichtlinien durchgeführt.

Ausarbeitung Variante

Im Austausch innerhalb des BOHEI-Teams und mit der Stadtsiedlung Heilbronn wurde entschieden, die in Abbildung 7.8 dargestellte Variante 02.01 zu vertiefen. Diese Variante zeigt, durch die klar besetzten stadträumlichen Kanten und die sich nach innen öffnende Punktbebauung ein großes Potential für die Vertiefung der Arbeitspakete des Forschungsprojektes und für die positive Ausgestaltung des Themas Dichte im Quartier.

Wasserkreislaufwirtschaft: Die offenen Gebäudestrukturen ermöglichen Flächen für die oberirdische Wasserführung, Retention und Speicherung von Regenwasser.

Kreislaufwirtschaft: Durch Boden- /Aushubmanagement in Anlehnung an die Quartiersblöcke können ressourcenschonende Konzepte entwickelt werden. Die Konturen des ein- bis zweigeschossigen Untergeschosses können individuell, in Anlehnung an die Geländetopografie optimiert werden

Beteiligung: Die räumliche Komposition der Gebäude lässt großen Spielraum für die Anpassungen der Freiraumqualitäten.

Gebäude: Die Topografie der Gebäude kann auf die umliegenden Strukturen reagieren. Die Flachdächer sind für die Themen Kommunikation, Freizeit, Energiegewinnung und Wasserkreislaufwirtschaft sehr gut geeignet.

Freiraum: Die Wahrnehmung der Dichte im Quartier wird wesentlich von der Qualität der Freiräume bestimmt. Die zum Quartierszentrum aufgelösten Kubaturen ermöglicht eine differenzierte Ausarbeitung der unterschiedlichen Plätze und Höfe.

BoHei

VAR 02-01

Geschossfläche	GF	WE/G	Geb. Gesch	Summe GF	Summe WE
Typ 01 (12mx18m)	216m ²	3	0	0	0
Typ 02 (12mx28m)	336m ²	5	4	4	5.376,0m ²
Typ 03 (12mx34m)	408m ²	7	3	4	4.896,0m ²
Typ 10 (12mx12m)	144m ²	2	0	0	0,0m ²
Typ 11 (15mx15m)	225m ²	3	5	4	4.500,0m ²
				14.772,0m²	224



Abb. 7.8: Analyseblatt städtebauliche Variante 02-01 (Quelle: aag).

7.2.4 Vertiefungsworkshop Städtebau und Beteiligung

Die Vertiefung erfolgte zum einen innerhalb des Forschungsprojektes durch den Austausch in Planungsmeetings und vertiefenden Workshops, und zum anderen über den Austausch mit Stakeholdern. In Gesprächen mit der Bauverwaltung der Stadt Heilbronn fand ein Informationsaustausch zu Quartiersentwicklungen und den Erfahrungen bei der Organisation und der Umsetzung des Neckarbogens im Rahmen der Bundesgartenschau 2019 statt. Mit der DGNB (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen) wurden die Aspekte der Nachhaltigkeit von Quartieren und die Möglichkeiten der Messbarkeit / Bewertbarkeit von Maßnahmen besprochen.

Planerisch wurden schrittweise die Belange des Baurechts, des Planungsrechts und des Brandschutzes (z. B. Feuerwehraufstellflächen) integriert. Im 3D Model wurde eine Sonnenstands simulation durchgeführt, um die Qualität der Belichtung zu überprüfen

BoHel

Planstand 03/2021



Abb. 7.9: Simulation Sonnenstand im 3D-Modell (Quelle: aag).

Finaler Stand Quartierskonzept

In der abschließenden Überarbeitungsrunde wurden die Erkenntnisse des Entwicklungsprozesses und der Arbeitspakete zusammengestellt. Zur Verbesserung der städtebaulichen und der energetischen Qualität wurden in einem weiteren Entwicklungsschritt die Quartiersecken baulich geschlossen. Die Bebauung im Innenbereich des Quartiers wurde kompakter aufgestellt. Diese Maßnahme stärkt die städtebauliche Blockstruktur. Das Quartier wird klarer ausformuliert was zur Identitäts- und Adressbildung beiträgt. Gleichzeitig wird die gestalterische Anbindung an die nördlich gelegene Bebauung gestärkt. Die Durchwegung mit den angelegten Quartiersplätzen erfolgt in Nord-Südrichtung. Die Quartiersplätze bieten unterschiedliche Aufenthaltsqualitäten. Spielbereiche für Kinder und Aufenthaltsbereiche für Familien wechseln sich ab. Das untergeordnete, interne Wegenetz erlaubt fußläufige Kurzschlüsse zwischen den Innenhöfen und kurze Wege zu den umgebenden Straßen.

BoHel

Aussenbereiche



Abb. 7.10: Planstand mit Freiraumgestaltung und innerer Erschließung (Quelle: aag).

Typologisch sind die Eckgebäude sehr gut für eine Wohnnutzung geeignet, da sie die Erschließung über die Innenhöfe ermöglichen und die Wohnungen zweiseitig, zum Straßenraum und zum Innenhof ausgerichtet werden können. Energetisch und bezogen auf die Ressourceneffizienz haben die kompakten Gebäude den Vorteil des geringeren Volumens und der geringeren Oberfläche. Gerade die Reduzierung der Gebäudeoberfläche ist eine wirksame Maßnahme. Die Fläche, an der Transmissionswärmeverluste auftreten, wird reduziert und die Gesamtfläche der Außenwände, einschließlich des dämmenden Aufbaus wird verringert.

Die Öffnung der Bebauung im Blockinnenraum wird beibehalten. Damit sind die gemeinsam entwickelten differenzierten Freiraumqualitäten in und zwischen den Innenhöfen weiterhin vorhanden.

7.3 Ergebnisse Teilbereich

7.3.1 Übersetzung der Forschungsergebnisse in bauliche Strukturen

Durch die Interaktion innerhalb des Forschungsprojektes und Umsetzung der Prozesse wurde eine städtebauliche Figur entwickelt, die als Modell für ein städtisches Quartier in vielen Teilbereichen beispielhaft ist. So wurden die Ergebnisse der Beteiligungsprozesse, der Untersuchungen zu Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft und der Wasserkreislaufwirtschaft bei der Entwicklung integriert. Die Kubaturen der Gebäude wurden in Abstimmung mit allen Beteiligten auf das Grundstück optimiert. Eine Besonnungsstudie zeigt, dass die Ausrichtung und Höhe der Gebäude solare Gewinne ermöglicht. Gleichzeitig bietet sie eine hohe Aufenthaltsqualität in den Freibereichen.

Gebäude

Auf die architektonische und gestalterische Ausformulierung der Bebauung wurde bewusst verzichtet. Dies wäre die Aufgabe in einer Verstetigungsphase gewesen, die auch zur Realisierung dieses modellhaften Quartiers hätte führen sollen. Der Teilbereich Flächenmanagement steckt die städtebaulichen Rahmenbedingungen für die Quartiersentwicklung ab und führt die Ergebnisse der Forschungsbereiche in baulichen Strukturen zusammen. Die Entscheidung für Gebäude mit Flachdach ermöglicht deren vielfältige Nutzung. Als Bereicherung für die Gemeinschaft im Quartier entstehen in Teilbereichen privat und gemeinschaftlich genutzte Dachterrassen. Für die Energieerzeugung vor Ort werden Photovoltaikanlagen installiert, die über Mieterstrommodelle den Bewohnern einen direkten energetischen Mehrwert bieten. Der Umfang einer thermischen Nutzung der Sonnenenergie über Solaranlagen wird in einem zukünftigen energetischen Gesamtkonzept zur Gebäudeenergie untersucht, da diese in ein wassergebundenes Wärmeversorgungskonzept einzubinden ist.

Die Photovoltaikanlagen auf Flachdächern sind sehr gut mit unterschiedlichen Ausführungen der Flachdachoberfläche zu kombinieren. So wird die Entscheidung der Materialität der Dachflächen über die Rückkopplung der Erkenntnisse der Wasserkreislaufwirtschaft eingesteuert. Eine Dachbegrünung ist dabei nicht zwingend das Mittel der Wahl. Die großflächige Rückhaltung von Regenwasser bei begrünten Dachflächen steht oft im Widerspruch zur Notwendigkeit Wasser für Trockenperioden zu speichern. Um einen kontinuierlichen Zufluss von Regenwasser in die Speichersysteme zu gewährleisten, werden Teilbereiche der Dachflächen bekiest ausgeführt. Auch Terrassenflächen sind für einen linearen Abfluss geeignet. Die ausgewogene Gestaltung von Dachflächen unterschiedlicher Qualität, mit unterschiedlichen Abflussbeiwerten erzielt das optimale Ergebnis.

Inhaltlich müssen Wohnungen geplant werden, die ein hohes Maß an Barrierefreiheit, über die gesetzlichen Regelungen der Landesbauordnungen hinaus, bieten. Die Wohnungsgrößen werden an die Förderkriterien Landeswohnraumförderungsprogramm Baden-Württemberg angepasst.

Die Wohnungen müssen nicht nur den Wunsch bei Wohnungssuchenden erzeugen einzuziehen. Vielmehr ist auch wichtig, dass die Bewohner, abhängig von ihren, sich ändernden Lebensumständen, auch gerne die Wohnung wechseln und damit Wohnraum dem Wohnungsmarkt wieder zur Verfügung stellen. Der Wohnflächenverbrauch pro Kopf lag 2020 in Deutschland bei 47,2m² (Quelle: Statistisches Bundesamt 2021) konstant steigend und damit wesentlich zu hoch. Der Bedeutung des Auszugs, des Wohnungswechsels, wird in den meisten Planungen zu wenig Beachtung geschenkt. Bewohner müssen, wenn die Wohnung für ihre Bedürfnisse nicht mehr passt, ausziehen. Diese Forderung kann aber nur innerhalb eines funktionierenden Wohngebietes erhoben werden, mit ausreichendem Angebot an Wohnungen mit unterschiedlicher Größe und Wohnformen. Zusätzlich müssen Anreizsysteme und Wohnungsbörsen entstehen.

Freibereiche

Die Freibereiche sind öffentliche und halböffentliche Lebensbereiche im Quartier. Die Qualitäten dieser Bereiche werden von der umgebenden Bebauung bestimmt. Der Innenhof, über den die Erschließung der Gebäude erfolgt, ist geschützter Raum und bietet auch für private Frei- und Spielflächen Raum. Der Quartiersplatz öffnet das innere des Quartiers und ist gemeinschaftlicher Aufenthaltsbereich. Die öffentliche Durchwegung in Nord-Süd und Nord-Ost Richtung bindet die Bebauung in die umgebenden Wohngebiete ein. Der bewusste Verzicht auf geschlossene städtische Blöcke ermöglicht eine optimale Belüftung und Besonnung.

Flächen für Retention und Versickerung von Oberflächenwasser werden angeboten.

7.4 Wechselwirkung zu anderen Themenbereichen

Das Flächenmanagement liefert mit der Bestandsaufnahme und Analyse des städtebaulichen Kontexts die planerischen Grundlagen für die Fachdisziplinen. Im intensiven Austausch während der Projektphase entstand der Entwurf für das verdichtete Quartier mit Wechselwirkungen zu allen bearbeiteten Themenbereichen.

Projektmanagement. Der enge Austausch über Art und Ablauf der Umsetzung des städtebaulichen Projektes hat direkten Einfluss auf die Ablaufplanung der Projektsteuerung.

Beteiligung. Die Ergebnisse der Mieter*innenbefragung und der Mitmachgärten fanden über die Ausgestaltung des Städtebaus und der Freiräume Eingang in die Planung des Quartiers. Während der Projektphase bestimmte der Austausch über die Beteiligungsformate und deren Gestaltung die Haptik und die Grafik der Modelle und der Arbeitsunterlagen.

Kreislaufwirtschaft. Eine ressourceneffiziente Planung entsteht durch den Dialog der Fachdisziplinen Kreislaufwirtschaft / Ressourceneffizienz und dem Flächenmanagement. Beispielhaft sind hier die Untersuchungen zum Bodenmanagement zu nennen.

Wasserkreislaufwirtschaft. Über die Ausgestaltung von Gebäudeformen (Flachdächern), die Oberflächen von Freianlagen und Dächern und die Ausgestaltung von Flächen für die Retention und Speicherung von Oberflächenwasser steht die Wasserkreislaufwirtschaft in intensivem Austausch mit dem Flächenmanagement und hat großen Einfluss auf die Gestaltung des Quartiers.

8 Systemische Wechselwirkungen der Teilbereiche

Die Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben BOHEI haben ergeben, dass eine zielgerichtete Transformation eines Bestandsquartiers nur dann zielführend gelingen kann, wenn systembedingte Wechselwirkungen zwischen den Bereichen Kreislaufwirtschaft, der Wasserkreislaufwirtschaft und dem Flächenmanagement berücksichtigt und die verschiedenen Aspekte aus den verschiedenen Teilbereichen gegeneinander abgewogen werden.

So kann es z. B. aus stadtklimatischen Aspekten sinnvoll sein, die Dachflächen zu begrünen. Aus Aspekten der Wasser-, Energiewirtschaft und des sozialen Miteinanders (gemeinsame Dachterrasse) könnte es unter Umständen sinnvoller sein, die Dachfläche zu befestigen. Hier sind frühzeitig die Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen und die Entwicklungsziele zu definieren, die im Rahmenplan und anschließend im Bebauungsplan festgesetzt werden sollen.

Voraussetzung hierfür ist, dass zu Beginn des Planungsprozesses die Entwicklungsziele anhand von Kriterien definiert und hinsichtlich ihrer qualitativen Ausprägung festgelegt werden. Hierbei sind die jeweiligen Rahmenbedingungen des Quartiers zu berücksichtigen.

Der sogenannte Qualitätsstufenplan (QSP) fasst hierzu die Kriterien zusammen, die im Forschungsvorhaben „BOHEI“ bei der Erarbeitung des Rahmenplans in einem integrativen und iterativen Planungsprozess diskutiert und abgewogen wurden und die Ressourceneffizienz fokussiert haben. Die Kriterien des QSP gliedern sich in die Themenfelder des „DGNB-Kriterienkatalogs Quartiere“ ein und können durch diese jederzeit ergänzt werden, z. B. durch Kriterien zur Mobilität oder zu energetischen Themen.

Der Qualitätsstufenplan stellt sicher, dass wesentliche Aspekte bereits bei der Definition der Entwicklungsziele berücksichtigt werden, und kann bei der Entwicklung vergleichbarer Quartiere über den gesamten Planungsprozess bis hin zur Realisierung als Qualitätsmanagementwerkzeug genutzt werden.

Zu Beginn werden auf Basis des Qualitätsstufenplans die Entwicklungsziele anhand der Kriterien definiert und auch hinsichtlich ihrer qualitativen Ausprägung festgelegt. Hierzu wurden für jedes einzelne Kriterium das Ziel und drei Qualitätsstufen festgelegt: Standard, Ambition und Leuchtturm. Dies ist beispielhaft auf den nachfolgenden Seiten dargestellt. Der gesamte Qualitätsstufenplan ist im Anhang abgebildet.

Projektspezifisch lassen sich so in einem Abwägungsprozess die Ziele festlegen, die bei der Quartiersentwicklung unter den gegebenen Rahmenbedingungen sinnvoll realisiert werden können.

Beispiel-Kriterium aus dem Qualitätsstufenplan:

Kriterium 5 | Rohstoffeffizienz



Baustoffe aus dem Materialkreislauf

Ziel des Kriteriums

Rückgriff auf Baustoffe für den Hochbau und den Straßen- und Wegebau / Erdbau, die ihren Rohstoffbedarf aus dem Materialkreislauf beziehen

Erläuterung

Werden Baustoffe aus dem Materialkreislauf verwendet, werden natürliche Ressourcen geschont und mit dem Abbau einhergehende Eingriffe in die Umwelt vermieden.

In diesem Kriterium erfolgt eine Unterteilung des Quartiers in die Kategorien Gebäude, Verkehrswegebau sowie Erdbau.

Da sowohl im Verkehrswegebau als auch im Erdbau aktuell bereits vermehrt auf Baustoffe aus dem Materialkreislauf zurückgegriffen wird, sind die anzustrebenden Werte deutlich höher angesetzt als im Hochbau.

Der Verkehrswegebau bezeichnet in diesem Fall ausschließlich die Straße sowie die erforderlichen Schottertrag- und Frostschutzschichten. Baukörper und Aufschüttungen sind dem Erdbau zuzuordnen

Bei den dargestellten Prozentzahlen handelt es sich um Massenprozent.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

> 50 % Gebäude | > 80 % Verkehrswegebau | > 90 % Erdbau

Ambition

> 35 % Gebäude | > 60 % Verkehrswegebau | > 80 % Erdbau

Standard

> 25 % Gebäude | > 50 % Verkehrswegebau | > 70 % Erdbau

Methodik zur Bestimmung

Die Ermittlung der jeweiligen Quoten erfolgt über die verbauten Massen von Baustoffen aus dem Materialkreislauf. Bei der Quotenermittlung des Gebäudes wird in die Baustofftypen mineralisch, synthetisch, und nachwachsend unterschieden und ein Mittelwert gebildet. Dies ist erforderlich, da synthetische Baustoffe und diejenigen aus nachwachsenden Rohstoffen deutlich leichter sind als mineralische und bei einer übergreifenden Auswertung keine Relevanz hätten.

Bezug zur DGNB

Der Einsatz von Baustoffen aus dem Materialkreislauf wird in der Bewertung der DGNB indirekt über die Ökobilanzierung berücksichtigt (ENV 1.1). Ein Einzelkriterium, das die Einsatzmengen klar adressiert liegt aktuell nicht vor.

Literatur

- Ackermann, Kathrin (2010): Brauchwasser (Grauwasser) - Recycling mit ingenieurökologischen und technischen Verfahren in Europa und Entwicklungsländern. Unter Mitarbeit von Prof. Dr. Heinz Eckhardt, Dr. Gramel und Dipl.-Ing. Paul Guckelsberger. UmweltManagement und Infrastrukturplanung im Ballungsraum, Hochschule RheinMain, Wiesbaden - Rüsselsheim - Geisenheim.
- Albert-Seifried, Sebastian (2019): Besonders sparsame Haushaltsgeräte 2019/20. Eine Verbraucherinformation. Hg. v. Amt für Umweltschutz Stuttgart. Büro Ö-quadrat GmbH, Freiburg.
- Alewell, Christine; Huang, Jen-How; McLaren, Timothy I.; Huber, Lea; Bünemann, Else K. (2021): Phosphorus retention in constructed wetlands enhanced by zeolite- and clinopyroxene-dominated lava sand. In: Hydrological Processes 35 (2). DOI: 10.1002/hyp.14040.
- Antranikian, Garabed (2006): Angewandte Mikrobiologie. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.
- Architects for Future (2021): Klimaneutrales bzw. klimapositives Bauen: Vorschläge für eine Muster(um)bauordnung, https://www.competitionline.com/files/jou/210702_4AF_vorschlaege_fuer_eine_muster_um_bauordnung.pdf, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz - Arbeitshilfe Rückbau: Erkundung, Planung, Ausführung.
- BDEW (2021a): Entwicklung des personenbezogenen Wassergebrauches - in Litern pro Einwohner und Tag, Deutschland. Hg. v. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/Entwicklung_des_personenbezogenen_Wassergebrauches_ab_1990_jaehrlich_o_online__OOsYWth.pdf, zuletzt geprüft am 17.01.2022.
- BDEW (2021b): Trinkwasserverwendung im Haushalt 2021 Durchschnittswerte bezogen auf die Wasserabgabe an Haushalte und Kleingewerbe - Anteile. Hg. v. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/Trinkwasserverwendung_im_HH_2021_jaehrlich_o_online_Hk_30032022.pdf, zuletzt geprüft am 17.01.2022.
- Bruch, Ingo; Fritsche, Johannes; Bänninger, Dominik; Alewell, Ulrike; Sendelov, Michael; Hürlimann, Heinz et al. (2011): Improving the treatment efficiency of constructed wetlands with zeolite-containing filter sands. In: Bioresource technology 102 (2), S. 937–941. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.09.041.
- Bullermann, Martin (Hg.) (2001): Grau- und Regenwassernutzung Kassel-Hasenhecke. Hygienische und betriebstechnische Begleituntersuchungen. Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (fbr). Darmstadt: fbr (Schriftenreihe fbr, 7).
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie BV Ziegel (2022): <https://www.ziegel.de/recycling#karte>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- Cecconet, Daniele; Callegari, Arianna; Hlavínek, Petr; Capodaglio, Andrea G. (2019): Membrane bioreactors for sustainable, fit-for-purpose greywater treatment: a critical review. In: Clean Techn Environ Policy 21 (4), S. 745–762. DOI: 10.1007/s10098-019-01679-z.

- DEHOGA (2016): Nachhaltiges Wirtschaften in Hotellerie und Gastronomie. Tipps und Handlungsempfehlungen. Hg. v. Deutscher Hotel- und Gaststättenverband e.V (DEHOGA Bundesverband). Berlin. Online verfügbar unter https://www.dehoga-bundesverband.de/fileadmin/Startseite/05_Themen/Energie/DEHOGA_Umweltbroschu__re_Oktober_2016.pdf.
- Dena (2017): Büroimmobilien. Energetischer Zustand und Anreize zur Steigerung der Energieeffizienz. Hg. v. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Berlin. Online verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/342693/Studie_IW_Koeln_dena_Bueroimmobilien_Energieeffizienz.pdf.
- Destatis (2018): Wirtschaftsrechnungen. Einkommens- und Verbrauchsstichprobe Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten Gebrauchsgütern und Versicherungen. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden (Fachserie 15, Heft 1).
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (2022b): Übersicht aller Kriterien für Gebäude Rückbau, <https://www.dgnb-system.de/de/gebaeude/rueckbau/kriterien/>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- Deutscher Abbruchverband e.V. (2015): Abbrucharbeiten – Grundlagen, Planung, Durchführung, aktualisierte und erweiterte Auflage.
- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton DAfStb (2009): DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 (2010-09).
- DGNB Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (2022), DGNB System für den Gebäuderückbau, <https://www.dgnb-system.de/de/gebaeude/rueckbau/index.php>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- DIN 19650: DIN 19650:1999-02, Bewässerung_ - Hygienische Belange von Bewässerungswasser.
- DIN 1986-100: DIN 1986-100:2016-12, Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke_ - Teil_100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN_EN_752 und DIN_EN_12056.
- DIN 1988-100: DIN 1988-100:2011-08, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen_ - Teil_100: Schutz des Trinkwassers, Erhaltung der Trinkwassergüte; Technische Regel des DVGW.
- DIN 1988-300: DIN 1988-300:2012-05, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen_ - Teil_300: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW.
- DIN 1989-1: DIN 1989-1:2002-04, Regenwassernutzungsanlagen_ - Teil_1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung.
- DIN 1989-2: DIN 1989-2:2004-08, Regenwassernutzungsanlagen_ - Teil_2: Filter.
- DIN 2001-1: DIN 2001-1:2019-01, Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen_ - Teil_1: Kleinanlagen_ - Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen.
- DIN 2403: DIN 2403:2018-10, Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflusstoff.
- DIN 4046: DIN 4046:1983-09, Wasserversorgung; Begriffe; Technische Regel des DVGW.
- DIN 4226-101:2017-08: Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 - Teil 101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen.
- DIN 4226-102:2017-08: Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 - Teil 102: Typprüfung und Werkseigene Produktionskontrolle.

- DIN 4261-1: DIN 4261-1:2010-10, Kleinkläranlagen_- Teil_1: Anlagen zur Schmutzwasservorbehandlung.
- DIN 4844-1: DIN 4844-1:2012-06, Graphische Symbole_- Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen_- Teil_1: Erkennungsweiten und farb- und photometrische Anforderungen.
- DIN 4844-2: DIN 4844-2:2012-12, Graphische Symbole_- Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen_- Teil_2: Registrierte Sicherheitszeichen.
- DIN 1045-2:2022-07: Entwurf, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton.
- DIN 18915: 2017-06, Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten.
- DIN EN 12056-1: DIN EN 12056-1:2001-01, Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN_12056-1:2000.
- DIN EN 13564-1: DIN EN 13564-1:2002-10, Rückstauverschlüsse für Gebäude_- Teil_1: Anforderungen; Deutsche Fassung EN_13564-1:2002.
- DIN EN 1717: DIN EN 1717:2011-08, Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen; Deutsche Fassung EN_1717:2000; Technische Regel des DVGW.
- DKK (2021): Was wir heute übers Klima wissen. Basisfakten zum Klimawandel, die in der Wissenschaft unumstritten sind. Hg. v. Deutsches Klima-Konsortium. Online verfügbar unter https://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Publikationen_DKK/basisfakten-klimawandel.pdf.
- DVGW W 410 (2008): Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen (Arbeitsblatt).
- DVGW W 555 (2002): Nutzung von Regenwasser (Dachablaufwasser) im häuslichen Bereich (Arbeitsblatt).
- DWA (Hg.) (2015): Neuartige Sanitärsysteme. Begriffe, Stoffströme, Behandlung von Schwarz-, Braun-, Gelb-, Grau-, und Regenwasser, Stoffliche Nutzung. Weiterbildender Studiengang Wasser und Umwelt; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. 2. Auflage. Weimar, Kromsdorf: Bauhaus-Universitätsverlag als Imprint von VDG Weimar.
- DWA-A 117, Dezember 2013: Bemessung von Regenrückhalteräumen (Regelwerk).
- DWA-A 138, April 2005: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser (Regelwerk).
- DWA-A 262, November 2017: Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers (Regelwerk).
- DWA-M 165-1, August 2020: Niederschlag-Abfluss- und Schmutzfrachtmodelle in der Siedlungsentwässerung – Teil 1: Anforderungen (Merkblatt).
- DWA-M 227, Oktober 2014: Membran-Bioreaktor-Verfahren (MBR-Verfahren) (Regelwerk).
- DWD (2018): Klimakarten Deutschland. Niederschlagshöhe Jahr vieljähriger Mittelwert 1961-1990. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. KU21a - Klimaanalyse. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimakartendeutschland/klimakartendeutschland.html>.

- DWD (2021a): Dekadische Klimavorhersage. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Zentrales Klimabüro Offenbach. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimavhs/dekadvhs/dekadvhs_node.html.
- DWD (2021b): Deutscher Klimaatlas. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/leistungen/deutscherklimaatlas/deutscherklimaatlas.html>.
- DWD (2021c): Klimadaten Deutschland - Monats- und Tageswerte (Archiv). Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Zentraler Vertrieb Klima und Umwelt. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchivtagmonat.html?nn=16102>.
- DWD (2021d): Klimastatusbericht Deutschland. Jahr 2020. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Bildungszentrum. Langen. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- DWD (2021e): Klimavorhersagen - Hintergrundinformationen - Klimavorhersagemodelle. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimavorhersagen/hilfe/klimamodelle/start/_node.html.
- DWD (2021f): Klimavorhersagen der nächsten Wochen bis Jahre. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Klima- und Umweltberatung. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimavorhersagen/start.html?nn=350448>.
- EPA (2000): EPANET 2 Users Manual. Cincinnati, OH, USA.
- EU (2010): Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1061/2010 der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswaschmaschinen in Bezug auf den Energieverbrauch. 1061/2010.
- ewuaqua (2011): Grauwassernutzung. iWater Wassertechnik GmbH & Co. KG. Troisdorf.
- fbr (2005): Grauwasser-Recycling Planungsgrundlagen und Betriebshinweise, Hinweisblatt.
- fbr (2009): Kombination von Regenwassernutzung und Dachbegrünung.
- Feeß (2022): Nassklassierung, Gewaschene Qualitäts-Baustoffe, <https://www.feess.de/nassklassierungsanlage.html>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- Feurich, Hugo (2003): Mit dem 2-Liter-WC: Wasser- und Betriebskosten einsparen. In: IKZ-Haustechnik 11, 24 ff. Online verfügbar unter <https://www.ikz.de/ikz-archiv/2003/11/0311024.php>, zuletzt geprüft am 07.05.2020.
- GEP Umwelttechnik (2010): Grauwasseranlage auf Basis eines Membranbioreaktors. Hg. v. Haustechnik Dialog. Online verfügbar unter <https://www.haustechnikdialog.de/SHKwissen/959/Grauwasseranlage-auf-Basis-eines-Membranbioreaktors>.
- Ghaitidak, Dilip M.; Yadav, Kunwar D. (2013): Characteristics and treatment of greywater--a review. In: Environmental Science and Pollution Research International 20 (5), S. 2795–2809. DOI: 10.1007/s11356-013-1533-0.
- Giorgi, F.; Im, E.-S.; Coppola, E.; Diffenbaugh, N. S.; Gao, X. J.; Mariotti, L.; Shi, Y. (2011): Higher Hydroclimatic Intensity with Global Warming. In: Journal of Climate 24 (20), S. 5309–5324. DOI: 10.1175/2011JCLI3979.1.

- Giorgi, Filippo; Raffaele, Francesca; Coppola, Erika (2019): The response of precipitation characteristics to global warming from climate projections. In: *Earth Syst. Dynam.* 10 (1), S. 73–89. DOI: 10.5194/esd-10-73-2019.
- Grohe (2020): Europlus Einhand-Waschtischbatterie, DN 15 S-Size. Online verfügbar unter https://www.grohe.de/de_de/europlus-einhand-waschtischbatterie-dn-15-s-size-33155002.html, zuletzt geprüft am 07.05.2020.
- Gujer, Willi (2007): *Siedlungswasserwirtschaft*: Springer Berlin Heidelberg.
- Hari, Vittal; Rakovec, Oldrich; Markonis, Yannis; Hanel, Martin; Kumar, Rohini (2020): Increased future occurrences of the exceptional 2018-2019 Central European drought under global warming. In: *Scientific reports* 10 (1), S. 12207. DOI: 10.1038/s41598-020-68872-9.
- HaustechnikDialog (2009): *Grauwasser - Wassermengen*. Klassische Tagesgangkurven für den Grauwasserzufluss in Privathäusern, Wohnheimen sowie für Hotelanlagen. Online verfügbar unter <https://www.haustechnikdialog.de/SHKwissen/Showimage.aspx?ID=1460>, zuletzt geprüft am 20.05.2020.
- Helix: Lärmschutzwand 'Helix® Compacta'. Grundlage zur Abschätzung des Wasserverbrauchs im Jahresverlauf. Hg. v. Helix Pflanzensysteme GmbH.
- HMUEJFG (1996): *Breitflächige Versickerung von häuslichem Abwasser aus Kleinkläranlagen*. Anforderungskatalog vom 20. Nov. 1996. StAnz 50/1996. Hg. v. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit. Hessen (Zitiert von fbr (2005)).
- IAB Institut für angewandte Bauforschung (2022): *Aufbaukörnung, Steigerung der Ressourceneffizienz im Bauwesen durch die Entwicklung innovativer Technologien für die Herstellung hochwertiger Aufbaukörnungen aus sekundären Rohstoffen auf der Basis von heterogenen Bau- und Abbruchabfällen*, <https://www.r-plus-impuls.de/r2-de/verbundprojekte/cluster5/aufbaukoernung.php>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- ifeu Heidelberg (2021): *Der Gebäudebestand steht vor einer Sanierungswelle – Dämmstoffe müssen sich den Materialkreislauf erschließen*, Forschungsprojekt gefördert von der Deutschen Bundestiftung Umwelt und dem Umweltministerium Baden-Württemberg.
- INTEWA Wiki (2014): *Wasseraufbereitung und Grauwassernutzung*. Hg. v. INTEWA Wiki. Online verfügbar unter https://wiki.intewa.net/index.php/Wasseraufbereitung_und_Grauwassernutzung.
- itwh (2021): *KOSTRA-DWD 2010R. KOordinierte STarkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen*. Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH. Online verfügbar unter <https://itwh.de/de/softwareprodukte/desktop/kostra-dwd-2010r/>.
- Jefferson, B.; Palmer, A.; Jeffrey, P.; Stuetz, R.; Judd, S. (2004): Grey water characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. In: *Water Science and Technology* 50 (2), S. 157–164.
- JuWö (2020): *Annahme von sortenreinem Ton-/Erdaushub im Werk Wöllstein für Tiefbauer und Baggerbetriebe*, <https://www.juwoe.de/de/news-terminen/2020/04/Recycling.php>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- Kommission der niedersächsischen Landesregierung (2021): *Nachhaltige Umweltpolitik und Digitaler Wandel, Kriterien zur Beurteilung der wirtschaftlichen Zumutbarkeit im Sinne der Gewerbeabfallverordnung, Empfehlung_Kriterien_zur_Beurteilung_der_wirtschaftlichen_Zumutbarkeit_iSd_GewAbfVO-2.pdf*.

- König, Klaus W. (1996): Regenwasser in der Architektur. Ökologische Konzepte. 1. Auflage. Staufen bei Freiburg: Ökobuch.
- König, Klaus W. (2001): Das Handbuch der Regenwassertechnik. Was Profis wissen ; [Grundlagen, Praxis, Perspektiven ; mit Arbeitsmaterialien für Planung und Auslegung]/ von Klaus W. König. 1. Aufl. Dortmund: WILO (International).
- König, Klaus Werner (Hg.) (2002): Regenwassernutzung von A - Z. Ein Anwender-Handbuch für den Planer, den Handwerker und den Bauherren. 6. Aufl. Donaueschingen-Pföhren: Mallbeton-Verl. (Ökologie aktuell).
- König, Klaus Werner (2013): Grauwassernutzung. Ökologisch notwendig - ökonomisch sinnvoll. 1. Aufl. Troisdorf: iWater Wassertechnik.
- KrWG (2022): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen, <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/> zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA (2019): Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 34 „Vollzugshinweise zur Gewerbeabfallverordnung“, Anforderungen an Erzeuger und Besitzer von gewerblichen Siedlungsabfällen, sowie bestimmten Bau- und Abbruchabfällen, an Betreiber von Vorbehandlungs- und Aufbereitungsanlagen.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2001): Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden, Handlungshilfe.
- Landesanstalt für Umweltschutz (2020): Handlungshilfe Deponieverordnung, <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10188>.
- Lange, Jörg; Otterpohl, Ralf; Steger-Hartmann, Thomas (Hg.) (2000): Abwasser. Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft. 2. überarb. Aufl. Donaueschingen-Pföhren: Mall-Beton-Verl. (Ökologie aktuell).
- Leibniz Institut für ökologische Raumentwicklung iör (2022): Bauwerksdatenbank - Gebäude, Infrastruktur, bauliche Anlagen, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- Li, Fangyue; Wichmann, Knut; Otterpohl, Ralf (2009): Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. In: The Science of the Total Environment 407 (11), S. 3439–3449. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2009.02.004.
- Li, Zifu (2004): Grauwasserbehandlung und -wiederverwendung. Untersuchungen zur höherwertigen Wiederverwendung von Grauwasser in Verbindung mit teilstromorientierten ökologischen Sanitärkonzepten. Zugl.: Hamburg-Harburg, Techn. Univ., Arbeitsbereich Abwasserwirtschaft, Diss., 2004. Hamburg: Ges. zur Förderung der Forschung und Entwicklung der Umwelttechnologien an der Technischen Univ. Hamburg-Harburg (Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, 47).
- LWG (2017): Berichte der Bayerischen Gartenakademie. Bewässerung im Haus- und Kleingarten. Hg. v. Bayerische Gartenakademie an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG).
- Mall GmbH (12.09.2012): Pressemitteilung Mall-Studie Regenwassernutzung 2012. Garten- und Landschaftsbau setzt auf Regenwassernutzung. Donaueschingen.
- Mangrove (2020): Tagesgangline Grauwasser. Online verfügbar unter <https://www.mangro.net/de/Grauwasserrecycling/?site=2>, zuletzt geprüft am 19.05.2020.

- Mayer, Peter W.; DeOreo, William B.; Opitz, Eva M.; Kiefer, Jack C.; Davis, William Y.; Dziegielewski, Benedykt; Nelson, John Olaf (1998): Residential End Uses of Water. Hg. v. AWWA Research Foundation & American Water Works Association. USA.
- Melin, T.; Jefferson, B.; Bixio, D.; Thoeye, C.; Wilde, W. de; Koning, J. de et al. (2006): Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse. In: *Desalination* 187 (1-3), S. 271–282. DOI: 10.1016/j.desal.2005.04.086.
- Melin, Thomas; Rautenbach, Robert (2007): Membranverfahren. Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (VDI-Buch). Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10189330>.
- MGH Münchner Gewerbehöfe (2022), <https://www.mgh-muc.de/>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- MLUK Brandenburg (2015): Brandenburger Leitfaden für den Rückbau von Gebäuden, Steigerung der Ressourceneffizienz des Recyclings von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen.
- Mönninghoff, Hans (Hg.) (1993): Wege zur ökologischen Wasserversorgung. Wassersparteknik, doppelte Wassernetze, Regenwassernutzung, Grauwasserreinigung, politische Handlungsmöglichkeiten. 1. Aufl. Staufen bei Freiburg/Br.: Ökobuch-Verl.
- Morandi, Carlo; Schreiner, Gerhard; Moosmann, Patrizia; Steinmetz, Heidrun (2021): Elevated Vertical-Flow Constructed Wetlands for Light Greywater Treatment. In: *Water* 13 (18), S. 2510. DOI: 10.3390/w13182510.
- Neunteufel, Roman; Richard, Laurent; Perfler, Reinhard (2010): Studie Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Teil 1: Literaturstudie zum Wasserverbrauch – Einflussfaktoren, Entwicklung und Prognosen. Hg. v. Lebensministerium Österreich. Wien.
- Nolde, Erwin (2000): Grauwasserrecycling. Ökologische, technische und wirtschaftliche Aspekte mit Beispielen aus der Praxis. Ingenieurbüro Nolde & Partner.
- Press, Heinrich; Schröder, Ralph (1966): Hydromechanik im Wasserbau. Von Heinrich Press und Ralph Schröder. Berlin, München: Ernst.
- RAL Gütegemeinschaft Abbrucharbeiten e.V. (2022): <https://www.ral-abbruch.de/>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- REFINA: Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA), <https://refina-info.de/de/produkte/index0efc.html?productid=55>, zuletzt abgerufen am 29.05.2020.
- Roth, Ulrich; Hermann; Mikar; Wagner, Holger (2011a): Der Einfluss moderner Haushaltsgeräte auf den Trinkwasserbedarf der Haushalte. Wasserversorgung, Wasserverbrauch, Wasserbedarf, Prognose, Haushaltsgeräte. In: *gwf Wasser Abwasser* Juli/August, 736–744.
- Roth, Ulrich; Hermann; Mikar; Wagner, Holger (2011b): Der Einfluss moderner Toilettenspülungen auf den Trinkwasserbedarf der Haushalte. Wasserversorgung, Wasserverbrauch, Wasserbedarf, Prognose, Toilettenspülung. In: *gwf Wasser Abwasser* März, 254–260.
- Roth-Kleyer (2018): Recyclingziegel für Vegetationssubstrate im GaLaBau in: *Neue Landschaft*, Februar 2018 S.31-38.

- SenS (2007): Innovative Wasserkonzepte. Betriebswassernutzung in Gebäuden. Hg. v. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Berlin.
- Standardleistungsbuch Bau STLB (2022): 084 Abbruch-, Rückbau- und Schadstoffsanierungsarbeiten – Ausschreibungstexte, https://www.stlb-bau-online.de/Public/sbo_Tree.aspx?nodeld=9578, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- Stat. Landesamt Baden-Württemberg (2010), Siedlungs- und Verkehrsflächen in Baden-Württemberg 1996 bis 2009 und Politikziele bis 2021.
- Stat. Landesamt Baden-Württemberg (2022), <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/GebietFlaeche/GB-FV-LR.jsp>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- TL Gestein (2007): Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung von RC-Baustoffen nach Tabelle B 1, TL Gestein-StB 04 („Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau“ Ausgabe 2004/Fassung 2007).
- TrinkwV (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV). TrinkwV.
- TU Berlin (2022): Lehrstuhl für Baustoffkunde und Baustoffprüfung Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Hillemeier BT, Alkali-Richtlinie des DAfStb <http://www.baustoffe.tu-berlin.de/uploads/media/Alkali-Richtlinie---AKR.pdf>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- UBA (2014): Wassersparen in Privathaushalten: sinnvoll, ausgereizt, übertrieben? Fakten, Hintergründe, Empfehlungen. Hg. v. Umweltbundesamt. Umweltbundesamt.
- UBA (2021): Technische Potenzialanalyse zur Steigerung des Kunststoffrecyclings und des Rezyklateinsatzes, UBA-Texte 92/2021.
- UBA (2022): Kartierung des anthropogenen Lagers IV: Erarbeitung eines Gebäudepass- und Gebäudekatasterkonzepts zur regionalisierten Erfassung des Materialhaushaltes mit dem Ziel der Optimierung des Recyclings; Konzepte für Materialinventare und -kataster, UBA-Texte 05/2022.
- Umweltministerium Baden-Württemberg (2017): Leitfaden zum Einsatz von R-Beton https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Leitfaden_R-Beton.pdf.
- Universität Bremen (2012): Vom Abbruch zum neuen Mauerstein: Porenbeton wird recycelt, <https://www.uni-bremen.de/biquam/news/detailansicht/vom-abbruch-zum-neuen-mauerstein-porenbeton-wird-recycelt>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- VDI/GVSS 6202 Blatt 1 (2013): Schadstoffbelastete bauliche und technische Anlagen - Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten.
- VDZ (2021): Innovationen zur Kreislaufwirtschaft: R-ZieMENT erforscht Ziegelrecycling im Zement, <https://www.vdz-online.de/aktuelles/innovationen-zur-kreislaufwirtschaft-r-ziement-erforscht-ziegelrecycling-im-zement>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.
- WILO AG (2007): Regenwassernutzungstechnik. Planungshandbuch. Dortmund.
- Wolf Aqua-Manufaktur (2020): Bubble Rain. Die wohl genialste Duschbrause der Welt. Online verfügbar unter <https://www.wolf-aqua-manufaktur.de/html/bubblerain.html>, zuletzt geprüft am 07.05.2020.

Ytong-Silka (2022): https://www.ytong-sil-ka.de/presse_2363.php?PRESSRELEASEID=670&PRESSCONTENTID=773&page=1&year=&category=, zuletzt abgerufen 04.08.2022.

Zwisler (2022): Wichtigste Rohstoffquelle Up- und Recycling, <https://www.zwisler-tettnang.de/unternehmen/umwelt>, zuletzt abgerufen 04.08.2022.

Anhang

Leitfaden:

BOHEI - ein Quartier stellt sich neu auf

Wie kann der Weg zum ressourceneffizienten Quartier gelingen?

Qualitätsstufenplan:

BOHEI - ein Quartier stellt sich neu auf

Qualitätsstufenplan mit relevanten Kriterien zur Erhöhung der Ressourceneffizienz.



BOHEI - ein Quartier stellt sich neu auf

Wie kann der Weg zum ressourceneffizienten Quartier gelingen?

Aufbau und Inhalt des Leitfadens

Am Ende der Entwicklung soll ein (Bestands-)Quartier mit bezahlbarem Wohnraum und hoher Lebensqualität entstehen. Gleichzeitig soll die Ressourceneffizienz in den Bereichen Flächenmanagement, urbane Stoffströme und Siedlungswasserwirtschaft erhöht werden.

Hierzu wurden in einem integrativen und iterativen Planungsprozess Abhängigkeiten und Lösungsvorschläge erarbeitet.

Themenfelder:

Projektmanagement	Seite 6
Beteiligung	Seite 10
Kreislaufwirtschaft	Seite 16
Wasserwirtschaft	Seite 22
Städtebau	Seite 30
Qualitätsstufenplan	Seite 34

BOHEI – ein Quartier stellt sich neu auf – integrierte ressourceneffiziente Stadtentwicklung

Motivation und Ausgangssituation

Das Stadtquartier rund um die Bolzstraße im Heilbronner Süden ist typisch für die Bebauung der Vor- und unmittelbaren Nachkriegszeit. Die Untersuchung der vorhandenen Bausubstanz hat ergeben, dass ein längerfristiger Erhalt und die Sanierung in Verbindung mit Aufstockung, Erweiterung und Nachverdichtung nicht möglich sind und eine Neuordnung erfolgen muss. Als kommunales Wohnungsunternehmen legt die Stadsiedlung Heilbronn GmbH bei der anstehenden Entwicklung des Bestandsquartiers besonderen Wert auf eine aktive und angemessene Beteiligung, die Realisierung von bezahlbarem Wohnraum und die Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten.

Ziele und Vorgehen

Ziel ist es, ein (Bestands-) Quartier mit bezahlbarem Wohnraum und hoher Lebensqualität zu realisieren. Hierzu wurden in einem integrativen und iterativen Planungsprozess die Abhängigkeiten zwischen urbanen Stoffströmen, Flächenmanagement, Siedlungswasserwirtschaft und städtebaulichen Konzepten analysiert und Lösungsvorschläge erarbeitet, die zu einer Erhöhung der Ressourceneffizienz führen.

Ergebnisse und Transfer

Am Ende des Forschungsprojekts steht ein städtebaulicher Rahmenplan für das Modellquartier, der die Grundlage für einen Bebauungsplan darstellt. Im vorliegenden Leitfaden und in einem Qualitätsstufenplan werden die wichtigsten Ergebnisse und Handlungsempfehlungen zusammengefasst und anderen Kommunen deutschlandweit zur Verfügung gestellt.



Bolzstraße mit Bestandsgebäude

1

Für wen ist der Leitfaden und was leistet er?

Projekttitle: BOHEI

Das Quartier rund um die Bolzstraße stellt sich neu auf – integrierte ressourceneffiziente Stadtentwicklung im Heilbronner Süden



Der Leitfaden richtet sich an alle Entscheidungsträger, die an der Entwicklung von Bestandsquartieren mitwirken. Vordergründig sind das Kommunen, Wohnbaugesellschaften und Genossenschaften, aber auch Bauträger und private Investoren.

Der Leitfaden gibt erste Hinweise auf die relevanten Fragestellungen, die sich bei der Entwicklung von Bestandsquartieren ergeben. Neben dem städtebaulichen Entwurf werden die Themen Siedlungswasserwirtschaft, Ressourcenkreisläufe und -effizienz sowie Beteiligungsprozesse fokussiert, da diese im Rahmen des Forschungsvorhabens untersucht wurden.

Weitere Nachhaltigkeitsthemen, z.B. Mobilität und Energiekonzepte, können jederzeit ergänzt werden. Hierbei sind Kriterienkataloge, z.B. der DGNB, hilfreiche Werkzeuge.

2

Welche Fragen stellen sich für eine Nachverdichtung in Quartieren? Was steht am Anfang?

Die erste Kernfrage einer Quartiersentwicklung ist die Frage nach dem Umgang mit den vorhandenen Bestandsgebäuden - Erhalt mit Sanierung und Nachverdichtung oder Rückbau und Neuordnung, evtl. auch eine Mischform. Eine fundierte Beurteilung kann nur durch eine umfassende Analyse erfolgen, die sowohl die technischen als auch die objektbezogenen und städtebaulichen Aspekte berücksichtigt.

Grundsätzlich sind bei einem Transformationsprozess für ein Bestandsquartier auch immer Überlegungen über die Zukunft der Bewohner*innen anzustellen. Können sie in „ihrem“ Quartier wohnen bleiben? Ist die Miete nach Abschluss des Transformationsprozesses noch bezahlbar?

Eng damit verbunden ist immer auch die Frage nach der Ausgestaltung des städtebaulichen Entwurfs, der abschnittswisen Realisierung und der baulichen Dichten, aber auch der Wohnqualität, die bei einer Nachverdichtung erreicht werden kann und zu einer „lebenswerte Dichte“ führt.



Bestandsgebäude mit einfach gestalteten Freiflächen, die typisch für die Quartiere aus der Vor- und unmittelbaren Nachkriegszeit sind.



Zepplinstraße

Bolzstraße

Sontheimer
LandwehrSüdstadt/
Gesamtstadt

Lage des Quartiers

Im Forschungsvorhaben wurden im Wesentlichen die Bereiche nördlich und südlich der Bolzstraße untersucht, die im Heilbronner Süden liegt. Teilweise (z.B. bei der Betrachtung der Wasserinfrastruktur) wurden auch die nördliche gelegenen Gebäude im Bereich der Zepplinstraße in die Untersuchungen einbezogen.

3

Welche Möglichkeiten bietet die Entwicklung von Bestandsquartieren hinsichtlich Ressourceneffizienz?

Natürliche Ressourcen sind zentrale Lebensgrundlage und umfassen neben abiotischen und biotischen Rohstoffen Wasser, Boden und Luft unter anderem die biologische Vielfalt und der Flächen. Sie sind endlich bzw. stehen nur begrenzt zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund kann ein Stadtquartier dann als ressourceneffizient beschrieben werden, wenn zu seiner Errichtung und Nutzung der spezifische Ressourceneinsatz möglichst klein gehalten werden kann.

Rohstoffe sollten möglichst umfassend aus einem Materialkreislauf stammen, Abfallmassen sollten hochwertig aufbereitet diesem wieder zugeführt werden. Gleiches gilt für die Siedlungswasserwirtschaft. Die Befriedigung der Bedürfnisse Wohnen, Arbeiten und Freizeit ist mit einem geringen Flächeneingriff verbunden und hat trotz hoher Nutzungsdichte eine hohe Sozialfunktion. Gleichzeitig bleibt die ökologische und klimatische Funktion der verbliebenen Freiräume erhalten. Mit dem Projekt BOHEI wurde dies im engen Austausch mit den derzeitigen und zukünftigen Bewohnern idealtypisch erarbeitet.

Projektmanagement



Was ist ein idealtypischer Quartiersentwicklungs-Prozess und welche Meilensteine gibt es?

Ein idealtypischer Quartiersentwicklungs-Prozess beginnt mit einer ersten Idee zur Transformation eines Quartiers. Die Idee definiert dabei das übergeordnete Ziel und gewünschte Ergebnis des Quartiersentwicklungs-Prozesses. Bei Bestandsquartieren kommt der Analysephase eine besondere Bedeutung zu. Neben den rein technischen Kriterien (Bausubstanz, technische Ausstattung, Kennzahlen, etc.) sind die Analyse der Eigentums- und Bewohnerstrukturen sowie die Bedürfnisse und Zielvorstellungen der Bewohner*innen wichtige Gesichtspunkte.

Idealerweise sind bereits in dieser ersten Phase Projektbeteiligte aus verschiedenen Fachdisziplinen (Architektur, Stadtplanung, Wasserinfrastruktur, Beteiligung, Stoffkreislauf, Bestandsmanagement, etc.) eingebunden, um die Informationen zu sammeln und auszutarieren, die für die Konzepterarbeitung benötigt werden.

Kriterienkataloge (z.B. Qualitätsstufenplan, DGNB-Kriterienkatalog) stellen sinnvolle Werkzeuge dar, um die „Leitplanken“ für die Quartiersentwicklung näher zu definieren. Nur durch eine frühzeitige Einbindung aller Beteiligten kann sichergestellt werden, dass bereits bei der Erarbeitung des ersten Konzepts alle Aspekte sinnvoll miteinander und gegeneinander abgewogen werden und zu einem bestmöglichen Ergebnis führen.

In einem iterativen und intergraler Planungsprozess erfolgt die Umsetzung der konzeptionellen Überlegungen im Entwurf. Die gewählten Kriterien sind hier ebenfalls wichtige Werkzeuge, die zu einer zielgerichteten Umsetzung der vorgegebenen Ziele im Planungsprozess führen.

Der Entwurfsprozess mündet im Rahmenplan, der die Vorgabe für die verbindliche Bauleitplanung, den Bebauungsplan, darstellt. Sowohl im Bebauungsplanverfahren als auch in den anschließenden Planungs- und Umsetzungsphasen dienen die festgelegten Kriterien mit ihren Qualitätsstufen als Maßstab. Bei Bestandsquartieren sollte immer ein Umsetzungskonzept erarbeitet werden, das eine abschnittsweise Realisierung vorsieht und somit den Bewohnern ermöglicht, im Quartier wohnen zu verbleiben.



© Lina Bühr, Fotomanufaktur Lauffen

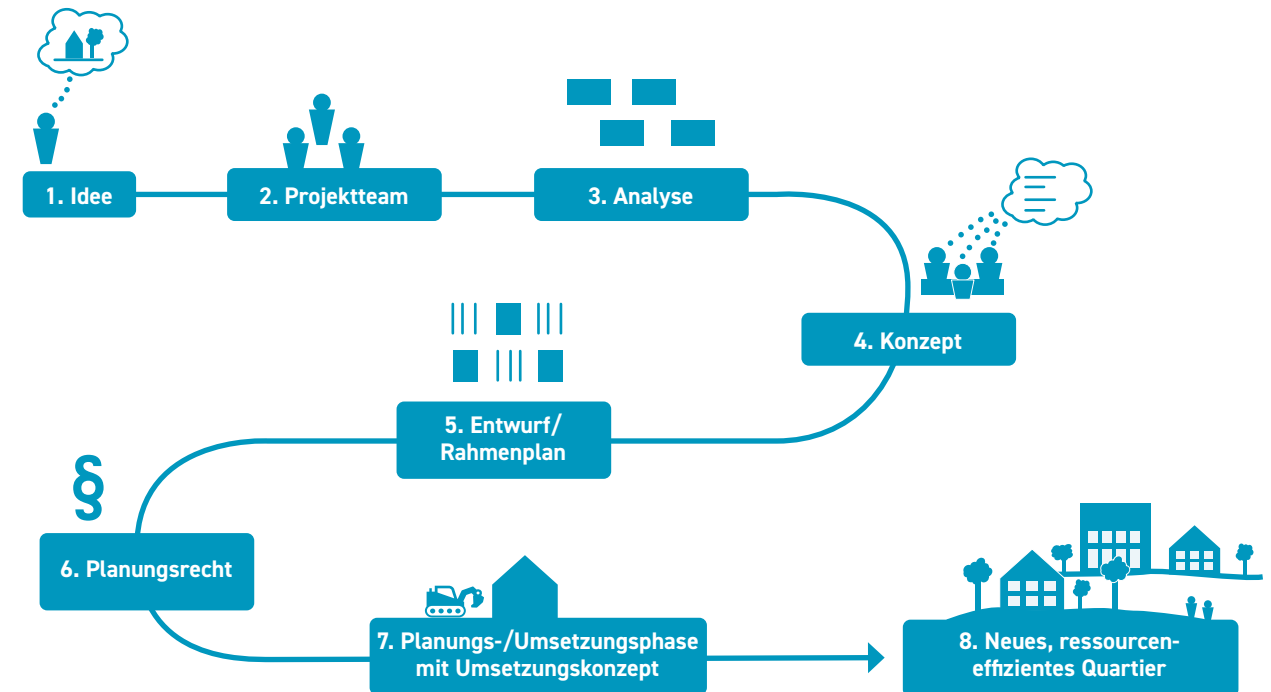
„Bei der ressourceneffizienten Entwicklung eines Bestandsquartiers ist ein iterativer und integraler Planungsprozess besonders wichtig. Die Vielzahl der komplexen Projektebenen technischer, gesellschaftlicher und politischer Art erfordert einen strukturierten und integrierenden Prozess mit einer möglichst frühzeitigen Einbindung aller Fachdisziplinen. Nur so kann ein bestmögliches Ergebnis erzielt werden.“

Wilfried Hajek

Baubürgermeister, Heilbronn

Fragen und Antworten zum Projektmanagement

Meilensteine der Quartiersentwicklung



1

Wie werden Planungsbeteiligte und die unterschiedlichen Planungsaspekte eingebunden?

Hinweis

Im Austausch mit dem BOHEI-Team konnte immer wieder festgestellt werden, dass mit zusätzlichem Wissenstransfer die Akzeptanz gegenüber neuen Herangehensweisen und auch die Bereitschaft, „neue Dinge auszuprobieren“ gesteigert werden konnte. Es bedarf eines kontinuierlichen Quartiersmanagements, um dies dauerhaft zu etablieren.

Die Entwicklung eines Quartiers und vor allem die eines Bestandsquartiers umfasst eine Vielzahl komplexer Projektebenen technischer, gesellschaftlicher und politischer Art. Ein integriertes und iteratives Projektmanagement trägt entscheidend zu einem strukturierten und zielführenden Projektprozess bei.

Integrierte Planung ist vor allem aus der Gebäudeplanung bekannt. Planungsqualität bezieht sich hierbei nicht nur auf die Gestaltung, sondern berücksichtigt auch ökologische, ökonomische, technische, funktionale und soziale Aspekte.

Im Vergleich zur reinen Gebäudeplanung gibt es bei der Quartiersentwicklung deutlich mehr Möglichkeiten, die Ressourceneffizienz zu steigern, vor allem im Bereich des Flächen-, Boden- und Wassermanagements. Voraussetzung hierfür ist eine Beteiligung aller relevanten Fachdisziplinen im Rahmen eines strukturierten und integrierten Prozesses.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die kontinuierliche Beteiligung der bereits im Quartier lebenden und der künftigen Bewohner*innen mit verschiedenen Beteiligungsformaten. Zu Beginn des Projekts beschränkt sich die Beteiligung auf die im Quartier lebenden Bewohner*innen, um diesen die Möglichkeit zu geben, „ihr“ neues Quartier mitzugestalten. Hierbei findet gleichzeitig ein wichtiger Wissenstransfer statt, der zur späteren Umsetzung „neuer Ansätze“ (z.B. neue Wohnformen) beiträgt.

2

Welchen Einfluss haben gesetzliche, gesellschaftliche und organisatorische Rahmenbedingungen auf die Entwicklung ressourceneffizienter Stadtquartiere?

Stellplatzschlüssel

Der Stellplatzschlüssel gibt an, wie viele Stellplätze für Kraftfahrzeuge und Fahrräder bei der Errichtung eines Gebäudes in Abhängigkeit von der jeweiligen Nutzung nachzuweisen sind. Regelungen finden sich in Landesbauordnungen bzw. in Stellplatzverordnungen und Stellplatzsätzen der Kommunen.

Gesetzliche, gesellschaftliche und organisatorische Rahmenbedingungen beeinflussen die Entwicklung ressourceneffizienter Quartiere in vielfältiger Weise. Dies soll exemplarisch an drei Beispielen erläutert werden.

Mobilität: Stellplatzschlüssel und Vorgaben zur Parkierung begrenzen die Dichte und beeinflussen den Wohnungsmix sehr häufig hin zu großen Wohnungen. Tiefgaragen, die einem hohen Stellplatzschlüssel geschuldet sind, stehen im Widerspruch zu einem nachhaltigen Flächen-, Boden- und Baustoffmanagement. Stellplatzschlüssel sollten sinnvollerweise aus einem quartiersbezogenen Nachhaltigkeitskonzept abgeleitet werden und das Bebauungskonzept berücksichtigen.

Bezahlbarer Wohnraum: Vorgaben aus den Landeswohnraumförderungsprogrammen, z. B. feste Wohnungsgrößen in Abhängigkeit von der Personenzahl, unterbinden sehr häufig die Möglichkeiten, einen zielgruppenorientierten Wohnungsmix in Verbindung mit innovativen Wohnansätzen zu realisieren. Zielführend könnte hier die Festlegung anderer Kenngrößen sein, die flexibler sind und neue Planungsansätze, z.B. gemeinschaftlich genutzte Räume, ermöglichen.

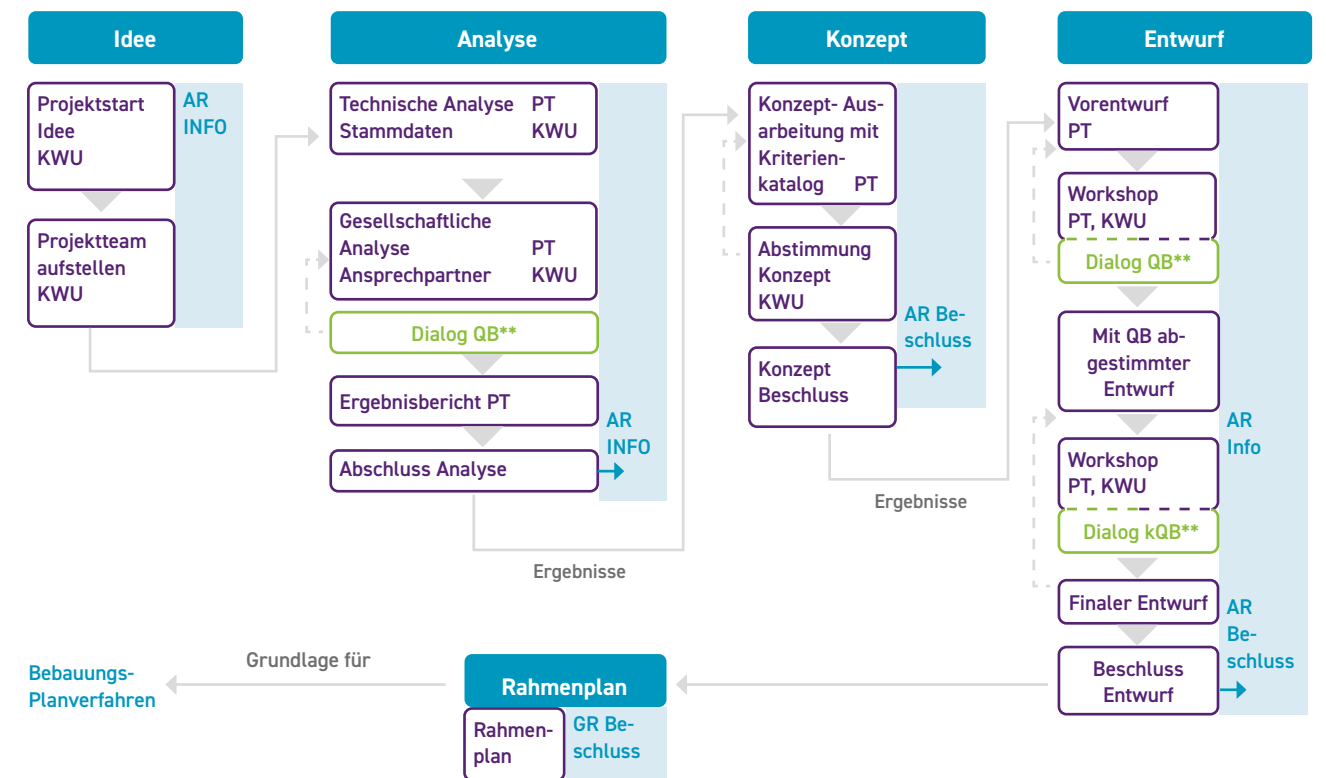
Organisatorische Vorgaben und bestehende Eigentumsstrukturen verhindern häufig die Umsetzung von ressourceneffizienten Maßnahmen. Neue Betreibermodelle (z.B. im Bereich der Wasserinfrastruktur) könnten dazu beitragen, eine von den Grundstücksgrenzen und den organisatorischen Rahmenbedingungen losgelöste Umsetzung zu ermöglichen, die sich wirtschaftlicher darstellen lässt und einen höheren gesamtgesellschaftlichen Impact hinsichtlich der Ressourceneffizienz hat.

Beispiel Stellplatzschlüssel

Anzahl Geschosse	Wohneinheiten	Wohnungsgröße im Durchschnitt	Notwendige Stellplätze bei einem Stellplatzschlüssel von	Bei 23 vorhandenen Stellplätzen	Zusätzlich benötigte Fläche für die Herstellung der fehlenden notwendigen Stellplätze	Notwendige Stellplätze bei einem Stellplatzschlüssel von	Zusätzlich benötigte Fläche für die Herstellung der fehlenden notwendigen Stellplätze
			1,00		25 m ² je Stellplatz	0,5	25 m ² je Stellplatz
1	9	46,67 m ²	9	Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	4,5	0 m ²
2	18		18	Stellplatzschlüssel erfüllt	0 m ²	9	
3	27		27	fehlen 4 Stellplätze	100 m ²	13,5	
4	36		36	fehlen 13 Stellplätze	325 m ²	18	
5	45		45	fehlen 22 Stellplätze	550 m ²	22,5	

Prozessablauf

Beispielhafter Prozessablauf für eine ressourceneffiziente Quartiersentwicklung eines kommunalen Wohnungsunternehmens.



Legende

KWU: kommunales Wohnungsunternehmen
 PT: festes Projektteam der Fachdisziplinen Architektur, Stadtplanung, Beteiligung, Stoffkreislauf, Wasserinfrastruktur, etc. In Abhängigkeit von einzelnen Fragestellungen können weitere Beteiligte hinzugezogen werden, z.B. Stabstelle Partizipation der Kommune
 QB: Bewohner des Quartiers
 kQB: künftige Bewohner des Quartiers
 AR/GR: Gremien (Aufsichtsrat, Gemeinderat)

 Akteure im Prozess (KWU, PT, QB, kQB)
 Entscheidungsgremien im Prozess (AR/GR)
 ** verschiedene Dialog-/Beteiligungsformate

Das Beispiel zeigt die Abhängigkeit zwischen Stellplatzschlüssel, Geschossigkeit, Anzahl der Wohneinheiten und der Flächeneffizienz.

Sofern die baurechtlich notwendigen Stellplätze nicht überwiegend unter dem Gebäude nachgewiesen werden können, geht ein Nachweis zu Lasten der Ressource Fläche. Es wird zusätzliche bebaute Fläche benötigt, um die Stellplätze zu realisieren, oder die Anzahl der Wohneinheiten wird bei gleichbleibender Gesamtwohnfläche reduziert. Dies führt i.d.R. zu einer höheren Wohnfläche pro Kopf bei gleichzeitig steigenden Gesamtmieten.

Hinweis: ergibt sich in der Realität ein von den Annahmen abweichendes Mobilitätsverhalten (mehr PKWs) könnte dies durch eine Reservefläche für eine Quartiersgarage kompensiert werden.

Beteiligung



Im Dialog aller beteiligten Akteure wurde ein Rahmenplan entwickelt, der die Bedürfnisse der Bewohner*innen mit den Anforderungen eines ressourceneffizienten Quartiers bestmöglich verbindet. Gleichzeitig skizziert er das städtebauliche Gerüst, um der Vorgabe Rechnung zu tragen, bezahlbaren Wohnraum zu schaffen.

Die Beteiligung der Bewohner*innen sowie der Öffentlichkeit wird als zwingender Bestandteil eines nachhaltigen urbanen Flächenmanagements betrachtet. Vor diesem Hintergrund wurde eine Prozessstruktur entwickelt, die zunächst die Bewohner*innen bei der Erarbeitung des Rahmenplans aktiv einbezieht und gleichsam eine Sensibilisierung für die Themen einer ressourceneffizienten Quartiersentwicklung verfolgt.

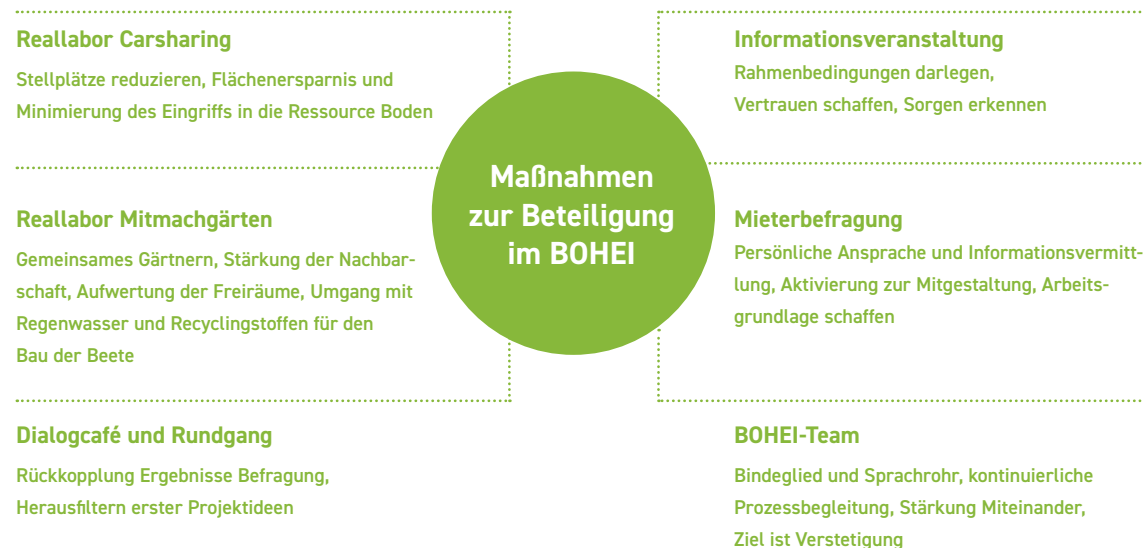
Ein wesentlicher erster Schritt war es, mit einer Informationsveranstaltung und Einzelinterviews den Bewohner*innen die Angst vor einem Verlust des Wohnraums zu nehmen und die Sicherheit zu geben, weiterhin im Quartier wohnen bleiben zu können. Die anfängliche Skepsis und Zurückhaltung gegenüber dem Vorhaben konnte damit abgebaut werden. Ebenso ist es gelungen, Bewohner*innen zu motivieren, sich bei der Mitgestaltung des neuen Quartiers persönlich einzubringen.

Als Bindeglied zwischen Bewohner*innen und Verbundpartnern wurde das BOHEI-Team mit dem Ziel gegründet, den Prozess kontinuierlich zu begleiten, geplante Dialogtermine vor- und nachzubereiten und Raum für Eigeninitiative und Austausch untereinander zu geben. Aus den Interviews heraus konnten sieben Bewohner*innen dafür gewonnen werden, im BOHEI-Team mitzuarbeiten.

Dialog-/Beteiligungsbausteine

- Informationsveranstaltung (Kick-off)
- Initiierung und Sitzung BOHEI-Team
- Befragung der Bewohner*innen/ Mieter*innen
- Dialogcafé mit Quartiersspaziergang
- Reallabor Mitmachgärten
- Reallabor Carsharing
- Aktionstag Mitmachgärten und Carsharing im Quartier
- Planungswerkstätten mit Projektpartnern
- Konzeptworkshop mit Projektpartnern
- Exkursionen mit Projektpartnern
- Verwaltungsgespräche mit Politik

Meilensteine im Beteiligungsprozess



Fragen und Antworten zum Thema Beteiligung

1

Welchen Mehrwert bietet eine Beteiligung der Bewohner*innen und lokalen Akteure für die Gebiets-/Quartiersentwicklung von Beginn an?

Tipp

Frühzeitige Einbindung und aktive Mitgestaltung schafft Vertrauen, ermöglicht Wissenstransfer und fördert die Identifikation mit dem neuen Quartier sowie das Miteinander

Die Quartiers-/Gebietsentwicklung stellt für die Bewohner*innen einen unmittelbaren Eingriff in ihren Lebensalltag dar, auch wenn es das erklärte Ziel ist, die Bewohner*innen mit entsprechenden Wohnraumangeboten vor Ort zu halten. Insbesondere bei Quartieren mit sozialverträglichen Mieten ist die Betroffenheit sehr groß und mit existenziellen Sorgen verbunden.

Einen vertrauten Rahmen für den Dialog zu schaffen, stellt die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Beteiligung dar. Der Dialog sorgt für den erforderlichen Wissenstransfer zwischen Bewohner*innen und Planenden. Er hat zum Ziel, eine breite Zustimmung für das Vorhaben zu schaffen, möglichst von Beginn an. Das Angebot zur aktiven Mitgestaltung des künftigen Quartiers fördert das gemeinschaftliche Miteinander – auch über die Planungsphase hinaus – und sorgt damit für eine gesellschaftliche Sicherheit und Stabilität.

Der Dialog stellt für alle Planenden einen Mehrwert dar. Das Wissen um die alltäglichen Ansprüche der Bewohner*innen an ihr Lebensumfeld schafft die Basis, die Anforderungen an ein lebendiges wie lebenswertes Quartier bestmöglich in Einklang mit der Entwicklung eines ressourceneffizienten Quartiers mit bezahlbarem Wohnraum zu bringen.

2

Welche Hürden gilt es für eine möglichst dauerhafte Einbindung der Bewohner*innen zu nehmen?

Kommentar

Dialog auch als Chance, Nachbarschaft zu beleben und Strukturen und Netzwerke zu entwickeln, die über den Planungsprozess hinauswirken und das Wir-Gefühl stärken

Offenheit und Transparenz sind Voraussetzung für Glaubwürdigkeit und Vertrauen. Dazu ist es elementar, früh über das Vorhaben ins Gespräch zu kommen und immer wieder über den Planungsfortschritt zu informieren. Dem persönlichen Austausch und Gespräch kommt hier eine große Bedeutung zu. Dabei ist es wichtig, auch Ängste und alltägliche Sorgen sowie „Kleinigkeiten“ ernst zu nehmen.

Es empfiehlt sich, eine im Quartier bereits vertraute Person als Ansprechpartner*in für die Bewohner*innen zu benennen. Um vor Ort zu sein, bietet es sich an, ein Raumangebot für einen Treffpunkt im Quartier zu etablieren. Ebenso stellt es einen Mehrwert dar, Multiplikatoren und engagierte Personen als Bindeglied und Sprachrohr aus der Bewohnerschaft kontinuierlich in Form eines Quartiers-Teams in den Planungsprozess einzubinden.

Trotz persönlicher Betroffenheit ist die Beteiligung kein Selbstläufer. Um viele Bewohner*innen anzusprechen, müssen Sprachbarrieren, Lebensumstände sowie Arbeitszeiten berücksichtigt und komplexe Sachverhalte niederschwellig vermittelt werden. Für die Beteiligung eignen sich Formate, die auf die Bewohner*innen zugehen und zur aktiven Teilnahme ermutigen, um die Entwicklung persönlich mitzugestalten. Für eine breite Ansprache sind unterschiedliche Formate vorzusehen. Um kurze Wege zu ermöglichen und Barrieren zu vermeiden, hat es sich bewährt, die Angebote im Quartier durchzuführen.



„Neben den Fragen des Forschungsvorhabens war es uns als kommunalem Wohnungsunternehmen sehr wichtig, die Bewohner*innen in das Projekt einzubeziehen. Die frühzeitige Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse trägt zur vielfältigen Entwicklung des Quartiers bei und gibt den Bewohner*innen ein sicheres Gefühl, auch künftig im Quartier bleiben zu können.“

Dominik Buchta, Geschäftsführer Stadtsiedlung Heilbronn GmbH

Befragung der Bewohner*innen

Im Rahmen der Informationsveranstaltung wurden Zielsetzung und Durchführung der Interviews erläutert und Fragen dazu beantwortet. Im Nachgang wurden alle Haushalte mit Terminvorschlägen angeschrieben und um ein Interview gebeten. Erfolgte auf das Anschreiben keine Rückmeldung, wurde bei den Bewohner*innen telefonisch nachgefragt.

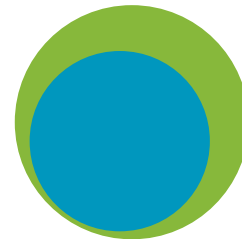
Insgesamt wurden im Zeitraum von ca. zwei Monaten 31 Interviews geführt, was 63 % der Haushalte im Bestandsquartier entspricht. Die Interviews wurden im eingerichteten BOHEI-Treff, einer leerstehenden Wohnung im Quartier, durchgeführt, um die Privatsphäre der Bewohner*innen zu wahren und keine langen Wege zu verursachen. Die Interviews wurden immer zu zweit geführt, jeweils eine Person war den Bewohner*innen persönlich bekannt.

Ziel der Interviews war es, die Sicht der Bewohner*innen auf das heutige Quartier und die persönliche Wohnsituation zu erfassen. Zugleich wurden Anforderungen an den künftigen Wohnraum und Handlungsbedarfe für die anstehende Quartiersentwicklung herausgefiltert. Es wurden aber auch akute Probleme zur aktuellen Wohn- und Lebenssituation in vertrauensvoller Atmosphäre angesprochen und entgegengenommen.

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Dialogcafés mit anschließendem Quartiersrundgang vorgestellt und gemeinsam erörtert.



Mieterbefragung vor Ort im BOHEI-Treff

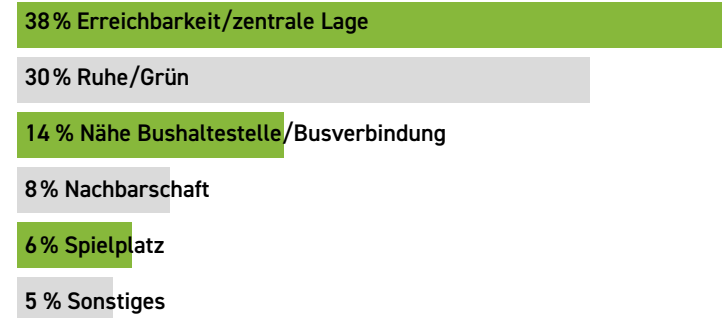


77%
der Bewohner*innen bewerten die Lebensqualität als sehr gut bis gut



90% der Bewohner*innen bewerten den nachbarschaftlichen Zusammenhalt als sehr wichtig bis wichtig

Auszug aus den Befragungsergebnissen



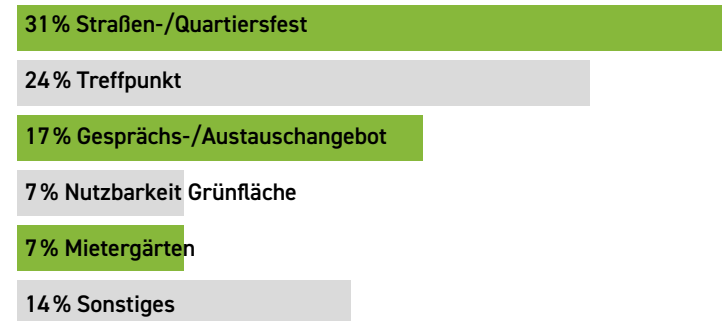
Was schätzen Sie am Quartier Bolzstraße, was macht die Qualität des Standortes aus?

Sonstige Nennungen:
z. B. bezahlbares Wohnen, schönes Eck, Straßenaufteilung gut



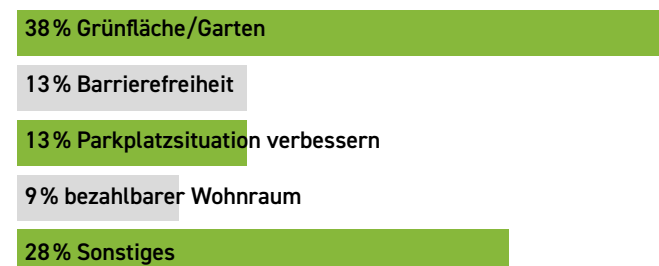
„Es hat mich überrascht und gefreut, dass die Stadtsiedlung persönlich mit uns geredet hat. Unsere Sorgen und Ängste konnten uns genommen werden. Außerdem fühlt man sich wertgeschätzt, wenn man die eigenen Bedürfnisse in die Gestaltung einbringen kann.““

Mine Altun, Bewohnerin in der Bolzstraße



Welche Maßnahmen könnten das Miteinander im Quartier Bolzstraße fördern?

Sonstige Nennungen:
z. B. gemeinschaftliches Gärtnern, Nachbarschaftshilfe, gemischte Altersstruktur anstreben



Gibt es Aspekte, die Ihnen bei der Entwicklung des Gebiets ein persönliches Anliegen sind?

Sonstige Nennungen:
z. B. weiterhin ruhiges Quartier, Spielplätze, größere Bäder, kostenfreier ÖV für Senioren, Bewohnerzusammensetzung, ökologischer Gedanke sinnvoll, Solarenergie mitdenken, autofreies Wohngebiet, Carsharing-Angebot

3

Wie kann es gelingen, Aspekte einer ressourceneffizienten Quartiersentwicklung verständlich zu vermitteln?

Über die Wissensvermittlung im Rahmen der Dialogangebote hinaus bieten sich zeitlich wie räumlich begrenzte Interventionen in einer Art Testphase an. Mit den als Reallaboren bezeichneten Angeboten besteht die Möglichkeit, Themen und Projektideen im alltäglichen Leben der Bewohner*innen auf ihre Wirksamkeit und Akzeptanz hin zu erproben und praktische Erfahrungen für die spätere Umsetzung zu sammeln.

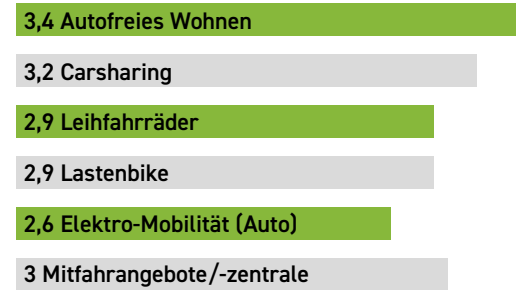
Beispiel

In BOHEI wurden die „Mitmachgärten“ und ein Auto für Carsharing als Reallabor initiiert. Geplant ist darüber hinaus ein Angebot mit Lastenbikes zum Leihen. Mit Blick auf die Mitmachgärten konnte sich eine Gruppe engagierter „Hobbygärtner“ finden, die sich um die selbst gebauten Beete kümmern und das Angebot als Treffpunkt nutzen.

Aufgrund des Projektansatzes versteht es sich von selbst, die Reallabore aus dem Planungsprozess heraus in Abstimmung mit den Beteiligten gemeinsam zu entwickeln. Darüber hinaus hat es sich bewährt, die Bewohner*innen bereits beim „Einrichten“ und Ausgestalten der Reallabore soweit als möglich, aktiv einzubeziehen. Damit wird gleichzeitig ein niederschwelliger wie persönlicher Bezug zum Projekt herbeigeführt.

Wesentlich für den Erfolg ist die Präsenz der Angebote im Quartiersalltag und der praktische Nutzen für die Bewohner*innen. Ergänzend ist es zur Wissensvermittlung und Begleitung der Reallabore erforderlich, Angebote zur Erläuterung und für persönliche Rückfragen und Gespräche vorzusehen.

Wie offen stehen Sie den nachfolgenden Aspekten gegenüber? (Skala von 1 bis 6)



Aktionstag Carsharing und Mitmachgärten im Quartier. Einweihung mit Erläuterung

© Fotos: Lina Bihr



© Sippel | Buff

„Ich finde es toll, dass aus unseren Wünschen, die Grünflächen auch nutzen zu können, die Idee der Mitmachgärten umgesetzt wurde und wir jetzt schon ein erstes Angebot zum Mitmachen und Ausprobieren haben.“

Angelika Zöhner, Bewohnerin in der Bolzstraße



© Lina Bihr, Fotomanufaktur Lauffen



© Lina Bihr, Fotomanufaktur Lauffen



© Lina Bihr, Fotomanufaktur Lauffen

Hintergrundinfo

Das Reallabor „Mitmachgärten“ vermittelt in besonders anschaulicher Weise die Inhalte des Forschungsvorhabens. Anhand der Hochbeete, die aus gebrauchten Europaletten und aus RC-Kunststoff gefertigt wurden, wird das Thema Stoffkreisläufe veranschaulicht. Die zur Bewässerung aufgestellten Regenwasserbehälter zeigen auf einfachste Weise den nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser. Ziel hierbei ist es, den Bezug zu tatsächlich benötigten Wassermengen zu vermitteln. Gleichzeitig sind die Mitmachgärten eine ideale Möglichkeit, die Gemeinschaft zu stärken und Ideen für eine spätere Freiraumgestaltung zu sammeln.

Kreislaufwirtschaft

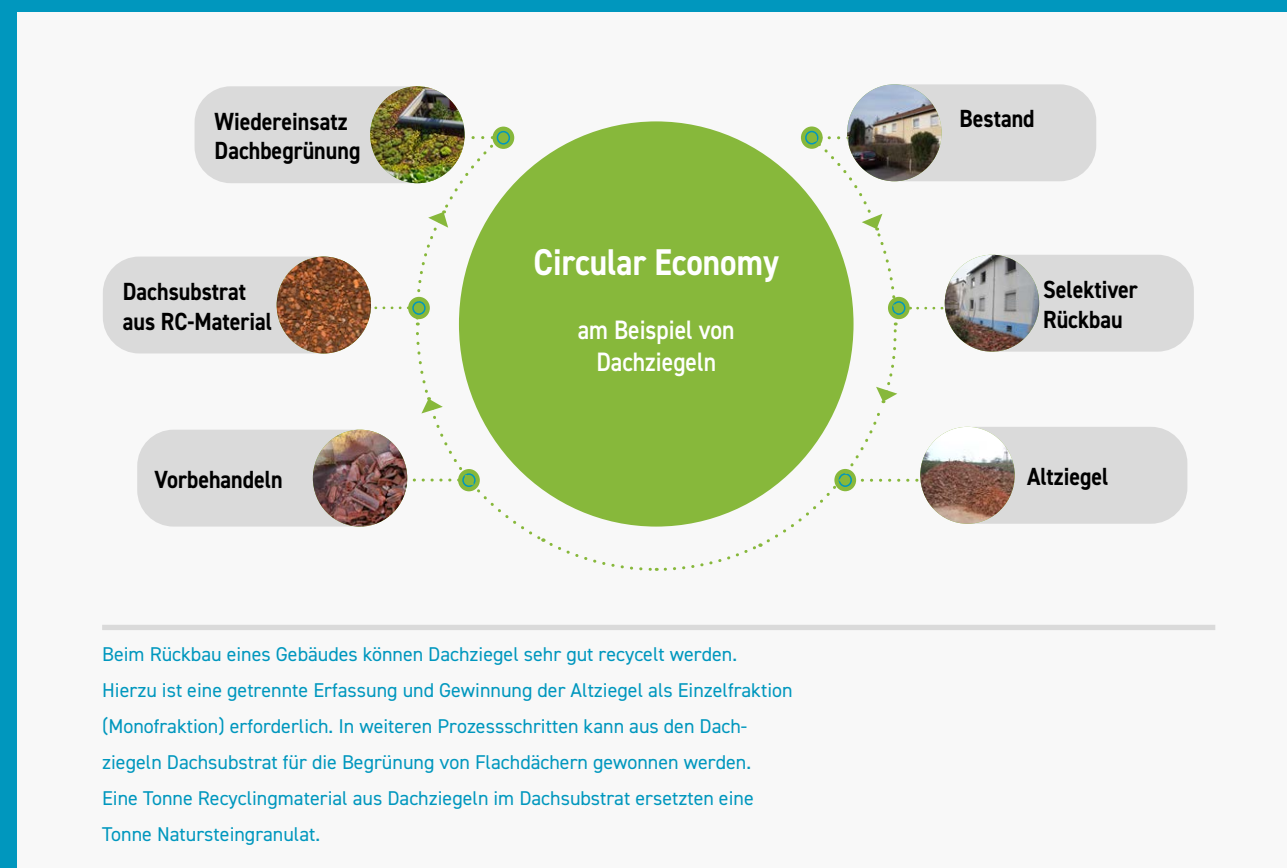


Die Steigerung der Ressourceneffizienz ist eine zentrale ressourcen- bzw. umweltpolitische Aufgabe. Im Rahmen des Projektes wurden daher Strategien zur umfassenden Nutzung des Baukörpers als Materiallager entwickelt. Ferner waren Strategien für eine Neubebauung nötig, die den spezifischen Rohstoffeinsatz senken indem der Rohstoffeinsatz zumindest in Teilen aus dem Materialkreislauf bezogen wird (Cradle to Cradle-Prinzip). Geprüft wurde zudem, inwieweit sich Bauteile aus dem Gebäudealtbestand zur Wiederverwendung eignen.

Hinweis

Cradle to Cradle-Prinzip ist der Ansatz für eine durchgängige und konsequente Kreislaufwirtschaft

Es ist wichtig, sich möglichst frühzeitig über die Möglichkeiten einer hochwertigen Verwertung der anfallenden unterschiedlichen Abfallmassen klar zu werden. Gleiches gilt für die Optionen, ressourceneffizient zu bauen. Zunächst ist eine Ausarbeitung von konkreten Verwertungskonzepten erforderlich, die eine Aufarbeitung der Massen zu hochwertigen Rohstoffen vorsieht. Diese Rohstoffe können anschließend zur Herstellung von Baustoffen für die Errichtung von Gebäuden und Bauwerken dienen. Darüber hinaus sind wichtige Bausteine für die Quartiersentwicklung zu erarbeiten, die von der städtebaulichen Rahmenplanung bis zur Erstellung der Ausschreibungsunterlagen Input liefern können. Werden diese Optionen aus Umwelt- und Ressourcensicht bilanziert und bewertet, lassen sich wichtige Entscheidungen frühzeitig im Planungsprozess treffen und in die Ausgestaltung von Leistungsverzeichnissen für Ausschreibungen sowie für städtebauliche Festlegungen einbeziehen.



Fragen und Antworten zum Thema Kreislaufwirtschaft

1

Second Hand – Herkunft Baustelle?

Bauteilentnahme

Sollen einem Baukörper im Rahmen des Rückbaus Bauteile entnommen werden, bedarf es des Sachverständigen und eines zeitlichen Vorlaufs für die Sichtung und Entnahme.



Die CO₂-Emissionen eines Mittelklasse-PKWs, der ca. **30.000 km** fährt, lassen sich einsparen, wenn bei der Eindeckung eines 150 m² großen Daches wiederverwendete Dachziegel zum Einsatz kommen.

Die Herstellung von Bauprodukten und ganzen Bauteilen ist mit einem großen ökologischen Rucksack verbunden. Das gilt grundsätzlich sowohl für die Gebäudehülle als auch für den Innenausbau. Sollte es nicht gelingen den gesamten Bauzustand zu bewahren dafür aber einzelne Bauteile, ist damit ein hoher ökologischer Nutzen verbunden. Entscheidend ist eine Entnahme ohne Beschädigung, was in der Praxis bspw. durch Klebverbunde nicht immer möglich ist.

Folgende Bauteile lassen sich in der Regel gut entnehmen und finden einen Absatz, wenn es sich um hochwertige Produkte mit einem entsprechend ästhetischen Wert handelt. Das gilt insbesondere für historische Bauteile. Türen mit Zargen, Holzböden und -treppen, Fenster mit Rahmen, Installationen etc. lassen sich rückgewinnen und aufarbeiten. Dies gilt grundsätzlich auch für industriell vorgefertigte Bauteile aus der Gebäudegrundkonstruktion. Zu beachten ist, dass alte Bauteile bspw. in der Abmessung nicht immer heutigen Standards entsprechen. Um diese wieder einbauen zu können, müssen die entsprechenden Maße bereits in der Planung berücksichtigt werden.

2

Warum sollten Rohstoffe aus dem Materialkreislauf genutzt werden?

Der Bausektor ist sehr rohstoffintensiv. Die inländische Rohstoffgewinnung wird wesentlich von der Nachfrage der Bauindustrie bestimmt. Im Bemühen zur Steigerung der Ressourceneffizienz und zur Entkopplung der Wirtschaftsentwicklung von der Rohstoffnachfrage benennt das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) konkrete Maßnahmen vor allem für den Bausektor.

Der Abbau von Rohstoffen ist zudem nicht unproblematisch. Flächenausweisungen zur Rohstoffgewinnung stoßen in aller Regel auf konkurrierende Flächennutzungsansprüche sowie auf Widerstände vor Ort. Mineralische Rohstoffe sind daher ein knappes Gut, was in den vergangenen Jahren durch die hohe Baustoffnachfrage deutlich wurde.

Gelingt es nicht, Bauabfallmassen so aufzubereiten, dass sie möglichst hochwertig dem Materialkreislauf zugeführt werden können, müssen sie im Zweifel über Deponien entsorgt werden. Entsprechende Ablagerungskapazitäten sind bereits heute knapp, eine Neuausweisung von Deponieflächen kaum realisierbar.



Mit dem Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) werden seit 2012 Ziele und Maßnahmen formuliert, die eine möglichst weitgehende Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Ressourceneinsatz sowie die Senkung der damit verbundenen Umweltbelastungen erreichen sollen; ein zentraler Baustein ist die Kreislaufwirtschaft. Foto: © Dietlinde DuPlessis



„Materialkreisläufe schließen ist eine zentrale Aufgabenstellung auf dem Weg zum ressourcenschonenderen Bauen“

Dr. Daniel Laux, Umweltministerium Ba-Wü

© Laux

„Wir brauchen eine neue (Um)Baukultur – ein „Weiter-wie-bisher“ kann es nicht geben“

Claus Asam, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)



© BBSR

3

Gibt es bereits Baustoffe, die auf den Materialkreislauf als Rohstoffquelle zurückgreifen?

Seit einigen Jahren bekommt die Kreislaufwirtschaft im Baubereich eine immer größere Bedeutung. Bei der Errichtung der Gebäude nicht nur auf hohe Energiestandards, sondern auch auf Ressourceneffizienz zu achten, setzt sich in der Praxis immer mehr durch. Entsprechend stellt sich die Baustoffbranche zunehmend darauf ein und erschließt sich den Materialkreislauf als Rohstoffquelle. Bislang gibt es jedoch erst wenige Bauprodukte, die zumindest in Anteilen auf diese Rohstoffe zurückgreifen.

Klassisch gilt dies für Baustahl und bestimmte Kunststoffprodukte, wie beispielsweise Rohre. Im Bereich Transportbeton gibt es seit langem ein entsprechendes Regelwerk, in vielen Regionen ist R-Beton auf dem Markt verfügbar. Auch im Bereich Betonwaren und -fertigteile gibt es erste Produkte. Für Gipsbaustoffe entstehen im Moment erst die hierfür notwendigen Recyclingstrukturen. Bodenaushubmassen stehen als Rohstoffquelle, etwa für die Beton-, Ziegel- oder Lehmabbaustoffproduktion immer mehr im Fokus der Baustoffindustrie.

Ressourcenschonender Beton (R-Beton)

Genau hingeschaut

In diesem Bild sind die verschiedenen Gesteinskörnungen zu erkennen, die im ressourcenschonenden Beton (R-Beton) zum Einsatz kommen. Es handelt sich u.a. um Gesteinskörnung aus Recyclingrohstoffen, durch deren Einsatz Natursteine eingespart und die natürlichen Ressourcen geschont werden können.

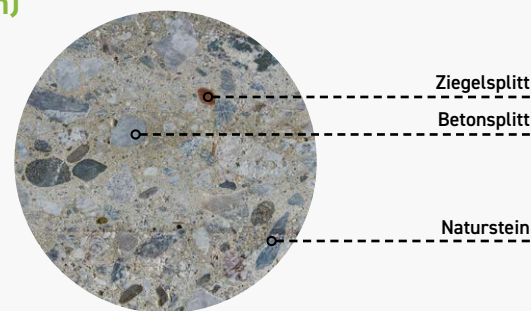
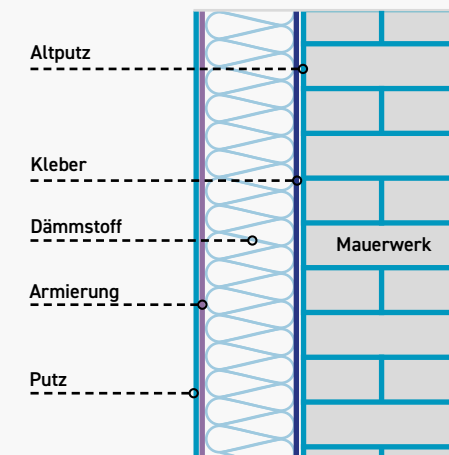
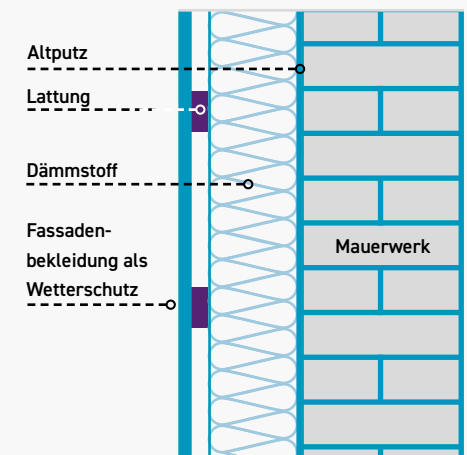


Foto: © Markus Schnessl – stockadobe.com

Alternativen der Fassadendämmung



Wärmedämmverbundsystem: Dämmstoff an der Wand verklebt und wetterseitig verputzt -> kein sauberer Rückbau möglich -> **Recycling aktuell nahezu ausgeschlossen**



Vorgehängte Fassade: Lattungen rein mechanisch befestigt und Dämmstoff lose in Gefach verlegt -> sauberer und sortenreiner Rückbau möglich -> **Recyclingfähig**

4

Warum bereits beim Neubau an den Rückbau denken?

Fachwerkhäuser

Fachwerkhäuser lassen sich quasi beim Umzug mitnehmen. Die tragende Holzkonstruktion lässt sich abschlagen und andernorts wieder aufbauen.

Die Konstruktionsweise der Gebäude und die Auswahl der Baustoffe entscheiden wesentlich darüber, inwieweit die bei Sanierung oder Rückbau anfallenden Abfallmassen hochwertig verwertet werden können. Problematisch sind insbesondere unlösbare Konstruktions- und Materialverbunde, da viele gerade hochwertige Verwertungswege auf eine saubere Trennung nach Materialien angewiesen sind. Verbundbaustoffe sind daher kaum recyclingfähig.

Soll Material aus dem Kreislauf als Rohstoff für die Baustoffindustrie zur Verfügung stehen, müssen die entsprechenden Spezifikationen erfüllt werden können. Dies erfordert eine Materialreinheit in Verbindung mit hohen physikalischen und chemischen Ansprüchen. Sowohl für die mineralischen als auch für die organischen Bauabfälle (Kunststoffe, Holz etc.) sind die Recyclingverfahren auf optimierte Abfallmassen im Input angewiesen. Dies betrifft die Sortenreinheit und die starke Begrenzung von Fremd- und Störstoffen.



© DGNB

„Wir bauen für Jahrhunderte, doch nicht selten erreichen die Bauwerke ein Alter von kaum 50 Jahren. Hier sind die Architekten gefragt. Auch wenn die in 50 Jahren geltenden Nutzeransprüche schwer zu prognostizieren sind: Bauwerke müssen in der Konstruktion möglichst auf alles reagieren können.“

Dr. Anna Braune
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V.

5

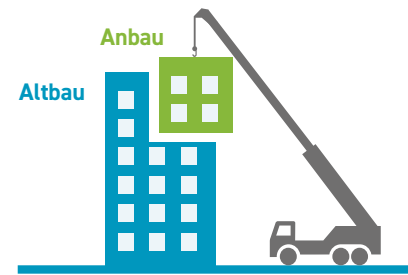
Wie packe ich meinen ökologischen Rucksack am nachhaltigsten?

Es wird immer offensichtlicher, dass sich die für den Bausektor formulierten Ziele im Klima- und Ressourcenschutz nur durch eine deutliche Abkehr von der bis heute geltenden Baupraxis erzielen lassen. Die Bautätigkeit muss deutlich reduziert werden und vor allem Abstand nehmen von der Praxis des weiteren Zuwachses an Bausubstanz in Verbindung mit dem Rückbau alten Gebäudebestandes und der Ersatzneubauung.

Bewahren und Ertüchtigen der Bausubstanz müssen daher immer im Fokus stehen. Eine Verlängerung der Nutzungszeit reduziert den spezifischen Energie- und Ressourceneinsatz der einzelnen Gebäude entsprechend. Wichtige Voraussetzung hierfür ist eine Konstruktionsweise, die eine hohe Nutzungsflexibilität verspricht. Dies erfordert Baukonstruktionen, die sich über die Jahrzehnte zwangsläufig wandelnden Nutzungsansprüchen gerecht werden können. Analoges gelingt mit einer Steigerung der Nutzungsintensität, d.h. mit einer Begrenzung der Wohn- und Arbeitsflächen pro Person bei einer Gebäudenutzung im Modus 24/7.

Nutzeransprüche ändern sich

Nicht zuletzt der durch die Corona-Pandemie ausgelöste Wandel hat deutlich gemacht, wie wichtig es ist, auf sich ändernde Nutzeransprüche reagieren zu können



„Bodenaushubmassen können eine wichtige Rohstoffquelle für die Bauwirtschaft sein. Schon heute gewinnen wir aus Stadtböden über eine Nassklassierung Sande und Körnung für die Betonindustrie.“

Walter Feeß, Fa. Feeß Erdbau Kirchheim/Teck

6

Wie lassen sich Bodenaushubmassen mindern und ihre Entsorgung über Deponien vermeiden?

Baustoffindustrie

Es gibt erste Kieswerke, die Bodenaushubmassen klassieren und die Kiese und Sande an die Betonindustrie vermarkten. Auch Ziegeleien greifen auf geeignete Bodenaushubmassen zurück. Wichtig ist der frühzeitige Kontakt zur Baustoffindustrie der Region.



Bundesweit fallen jährlich mehr als eine Million Tonnen Bodenaushub zur Entsorgung an. Nicht alles findet jedoch in den Statistiken seinen Niederschlag. Generell sind die auf Deponien vorhandenen Restkapazitäten äußerst begrenzt. Erweiterungen bestehender Deponien oder gar Neuausweisungen von Ablagerungsflächen sind sehr umstritten und schwer umsetzbar.

Werden Baugebiete neu erschlossen, lassen sich Aushubmassen vor allem dadurch mindern, dass das Straßenniveau angehoben wird und das Aushubmaterial weitgehend vor Ort verbleiben und / oder zur Geländemodellierung eingesetzt werden kann. Dies kann über einen Bebauungsplan festgesetzt werden. Verzicht auf volle Unterkellerung oder die Ausführung in Hochparterre sind weitere Lösungsansätze. Städtebaulich sind vorrangig vertikale Verdichtung über Aufstockungen und möglichst weitgehende Reduktion des Stellplatzschlüssels die zentralen Hebel. Bodenaushubmassen können aber auch wertvolle Rohstoffquellen sein und zukünftig an die Baustoffindustrie vermarktet werden.

7

Nicht alles hat ein Ende – wie lassen sich Abfallmassen aus dem Bausektor hochwertig verwerten?

Rückbauplanung

Bei der Auswahl der Rückbauunternehmen ist auf entsprechende Zertifizierungen zu achten. In den Leistungsverzeichnissen sind dezidierte Vorgaben zur Selektivität und zum Verbleib der Abfallmassen festzulegen. Bei größeren Vorhaben sollte vorab eine entsprechende Rückbauplanung erfolgen.

Ziel ist es, dass sowohl die Produktion von Rohstoffen für die Baustoffproduktion als auch die Baustoffproduktion selbst entsprechenden Spezifikationen und Produktregelwerken möglichst umfänglich gerecht werden. Dies wird bereits durch gesetzliche Anforderungen und Regelwerke wie beispielsweise das Kreislaufwirtschaftsgesetz oder die Gewerbeabfallverordnung entsprechend eingefordert.

Wichtig sind dabei die Konzeption und Ausführung von Sanierungs- und Rückbaubaustellen. Diese müssen auf Selektivität ausgerichtet werden und das Ziel verfolgen, Bauabfälle ab Baustelle weitgehend nach Materialien und frei von Stör- und Fremdstoffen zur Verwertung zu übergeben. In Kombination mit selektivem Brechen, einer ambitionierten Leichtstoffabscheidung und Sortierstrecken lassen sich z.B. aus Wandbaustoffen Massen produzieren, die den Spezifikationen der Baustoffindustrie entsprechen. Für Baustoffe aus dem Innenausbau oder beispielsweise für Dämmstoffe entwickeln sich derzeit gesonderte Wege eines Materialrecyclings.

Bauschuttzubereitung

Bauschuttzubereitungsanlagen werden sich neu aufstellen müssen. Materialkreisläufe lassen sich nur dann umfänglich schließen, wenn Sortierung und Klassierung optimiert werden.



Wasserwirtschaft

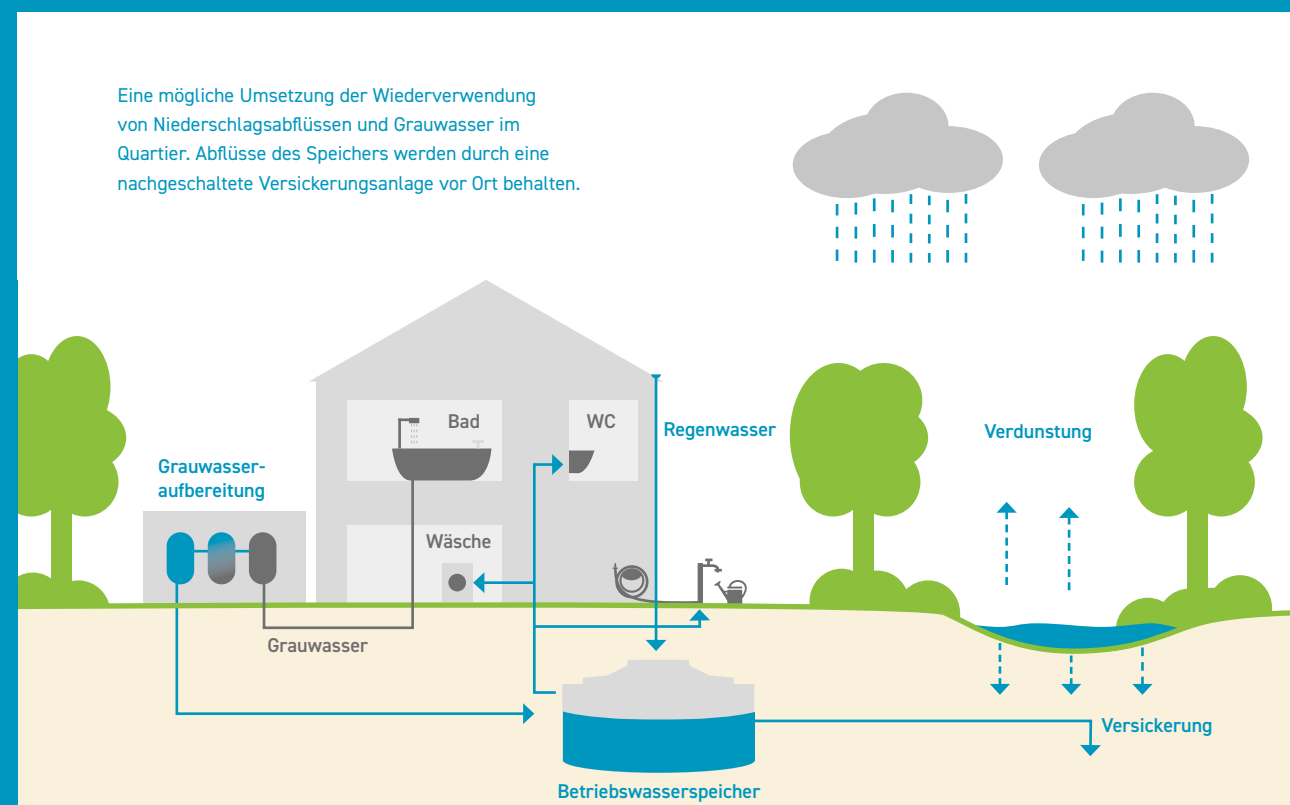


Prof. Dr.-Ing. Heidrun Steinmetz
Fachgebiet Ressourceneffiziente
Abwasserbehandlung (rewa)
Technische Universität
Kaiserlautern

„Vor dem Hintergrund zunehmender Wetterextremereignisse mit Starkregen und anhaltenden Dürreperioden benötigt es im Quartier innovative Ansätze zur Entschärfung dieser Probleme.“

Auf der einen Seite gilt es, den Wasserbedarf z. B. mit Wasserspartechnologien zu senken und Wasser im lokalen Wasserkreislauf zu halten, etwa durch Speicherung und Nutzung von Niederschlagswasser und aufbereitetem Grauwasser als Betriebswasser, Bewässerungswasser oder zur gezielten Versickerung.

Zum anderen ist eine effiziente Starkregenüberflutungsvorsorge erforderlich, indem z. B. Abflüsse durch Grünflächen verzögert und vermindert werden. Das Thema Wasser nimmt demnach eine zentrale Rolle in der Quartiersplanung ein.“



Fragen und Antworten zur Wasserwirtschaft

1

Was ist die Motivation für Wassermanagement im Quartier?

Die Zunahme von Starkregenereignissen und Dürreperioden in Deutschland erfordert eine Optimierung der Ressourceneffizienz im Quartier. Um Trinkwasserverknappung in Dürrephasen zuvorzukommen, wird in Zukunft eine Entlastung des Trinkwasserversorgungssystems durch die Nutzung von Wasserkreisläufen nötig sein.

Dies kann konkret durch die Nutzung von lokalen Niederschlägen sowie die Wiederverwendung von schwach belastetem Grauwasser (Abwasser aus Handwaschbecken, Dusche und Badewanne) zur Bereitstellung von Betriebswasser für Bewässerung, Toilettenspülung, Reinigung, Wäschewaschen und Hitzevorsorge erfolgen. Um nachgeschaltete Kanalsysteme, Kläranlagen und hochwassergefährdete Örtlichkeiten vor der Überflutung zu schützen, wird es nötig sein, verstärkt auf die Abmilderung von starkregeninduzierten Auswirkungen zu setzen. Das bedeutet z. B. urbane Sturzfluten durch Kappung von Spitzenabflüssen mittels geeigneter Puffersysteme wie Speicher oder Versickerungsanlagen abzuschwächen.

2

Was ist das übergeordnete Ziel für Wassermanagement im Quartier?

Im ersten Planungsschritt muss das übergeordnete Planungsziel für das quartiersbezogene Wassermanagement anhand einer übergeordneten Wasser-/Abwasser-/Klima-Bilanz abgeklärt werden. Abhängig von der sich dabei abzeichnenden Zielsetzung müssen entsprechende Maßnahmenbündel beschlossen werden. Für alle Maßnahmenbündel sind dezentrale Wasserspeicher vorteilhaft.

- Bei möglichst hoher Trinkwassereinsparung: möglichst weitgehende Nutzung von Trinkwasserspartechnologien und möglichst hoher Regenwasserertrag (Gründächer sind hier aufgrund der starken Abflussminderung kontraproduktiv, siehe dazu auch Grafik auf Seite 27) sowie Grauwasserwiederverwendung.
- Bei erforderlicher Starkregenüberflutungsvorsorge: möglichst viel Rückhalt von Spitzenabflüssen (Retention), Versickerung und Verdunstung.
- Bei Hitzevorsorge: Nutzung von möglichst vielen Elementen, die Schatten für die Gebäude und Freiflächen und einen möglichst hohen Verdunstungsgrad (Kühlungseffekt durch Verdunstung) in Bodennähe bringen und das Wasser dafür bereitstellen (z. B. offene Wasserflächen).

3

Welche Wassertypen können wiederverwendet werden, ist eine Aufbereitung erforderlich und ist ihre Verwendung gesundheitlich und rechtlich unbedenklich?

Hinweis

Von behördlicher Seite wird die Wiederverwendung alternativer Wasserressourcen grundsätzlich gefördert.

Die Versickerung von aufbereitetem Grauwasser muss von Behörden genehmigt werden.

Das durch den Betrieb einer Regenwassernutzungs- oder Grauwasserrecyclinganlage gewonnene und nutzbare Wasser wird als Betriebswasser bezeichnet. Dieses wird in einem Speichersystem mit Filter, Entnahmesystem, Überlauf und Trinkwassernachspeisung gesammelt. Es wird dort eingesetzt, wo keine Trinkwasserqualität erforderlich ist und somit kein direkter oder indirekter Einfluss auf die Gesundheit entsteht: WC, Bewässerung, Reinigung und Waschmaschine.

Für die Betriebswasserqualität gibt es zwar keine rechtlich formulierten Anforderungen, die in Deutschland etablierten Qualitätsziele für die Toilettenspülung und zum Wäschewaschen gehören jedoch europaweit zu den strengsten und orientieren sich an Badewasserqualitätsansprüchen. Regenwasser von Dächern kann grundsätzlich in allen Anwendungsbereichen genutzt werden, in denen keine Trinkwasserqualität erforderlich ist.

Grauwasser aus Handwaschbecken, Dusche und Badewanne wird beispielsweise mittels Membranbioreaktoren oder bepflanzter Bodenfilter (gestalterische Freiraumintegration möglich) so weit aufbereitet, dass es hygienisch und rechtlich unbedenklich den Qualitätsansprüchen genügt.

Begriffserklärung

Trinkwasser: Wasser, das den strengen Qualitätsanforderungen der Trinkwasserverordnung unterliegt und unbedenklich getrunken werden kann

Betriebswasser: Wasser für häusliche und betriebliche Einsatzzwecke, die keiner Trinkwasserqualität bedürfen

Grauwasser: Fäkalienfreies häusliches und gering belastetes Abwasser, üblicherweise aus Handwaschbecken, Dusche und Badewanne

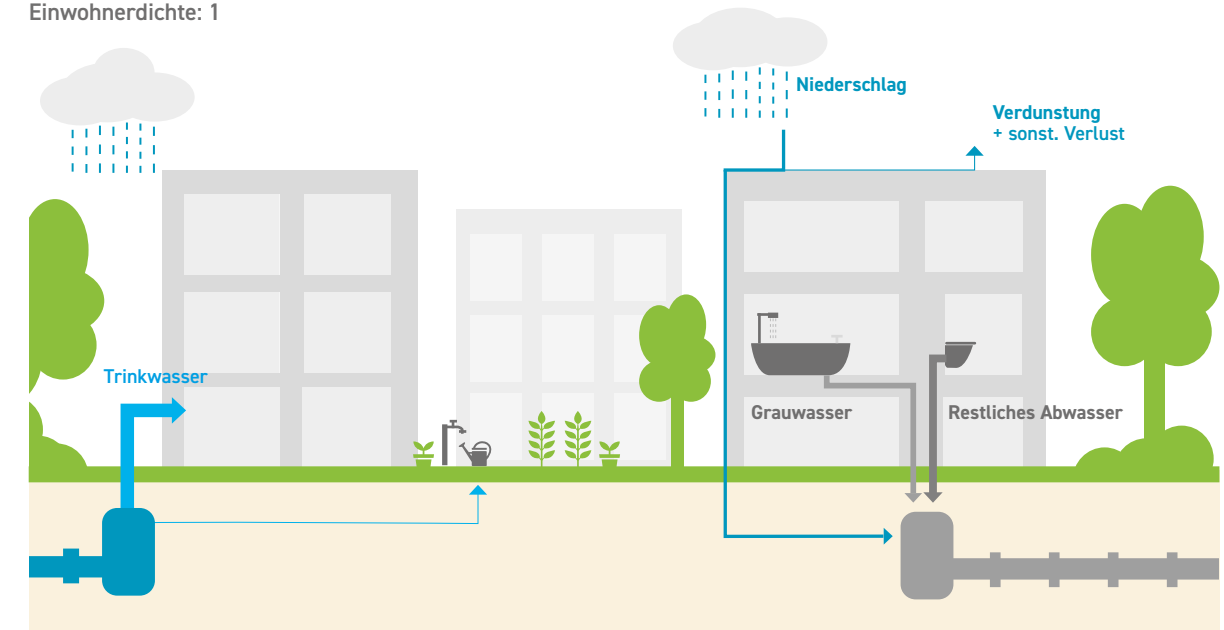
Membranbioreaktor: Wasseraufbereitungsverfahren mit Ausnutzung von biologischen Reinigungsprozessen und Membranfiltration

Bepflanzter Bodenfilter: Naturnahes Wasseraufbereitungsverfahren, bei dem Inhaltsstoffe des Grauwassers bei gleichzeitiger Ausnutzung von Filtration im Boden in Pflanzenbiomasse sowie Mikroorganismen eingebaut werden

Retentionsvolumen: Das Speichervolumen oberhalb des gedrosselten Ablaufs

Aktuelle Situation (Referenzszenario)

Einwohnerdichte: 1

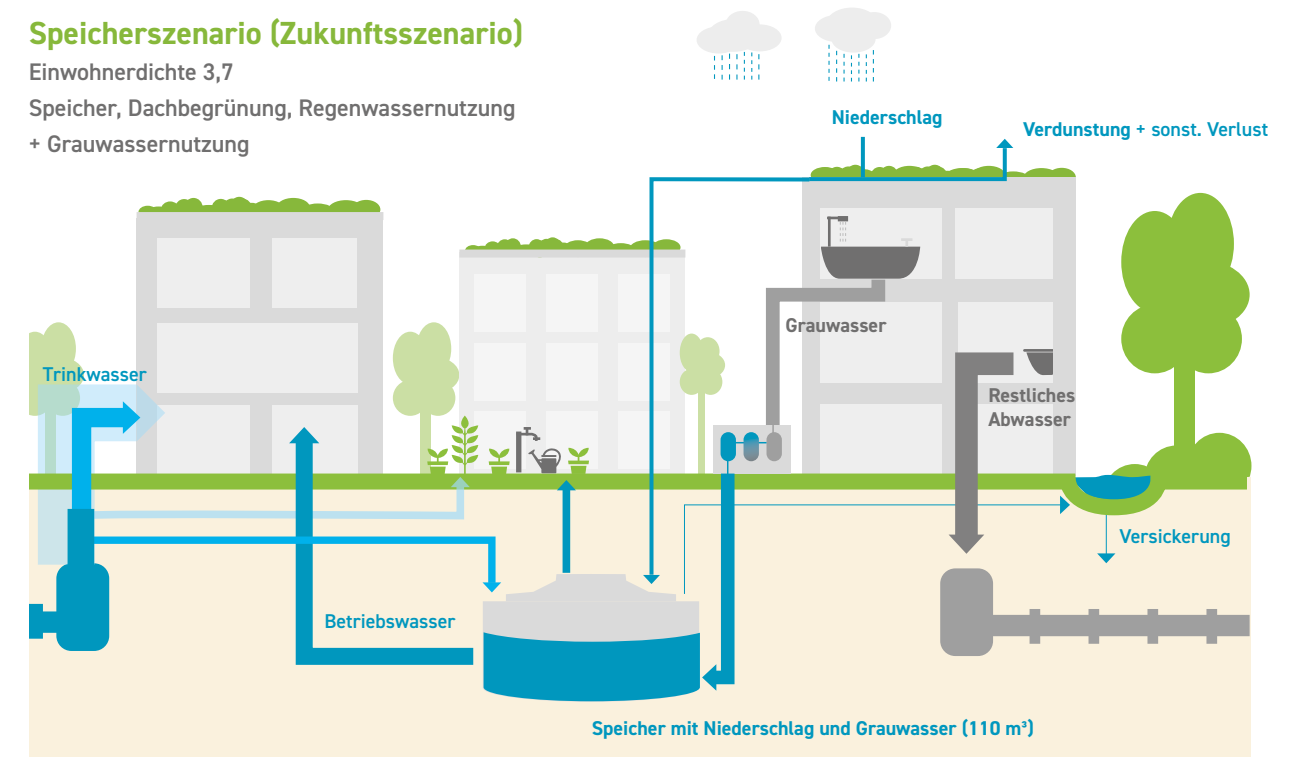


Bildbeschreibung: Im Rahmen des BOHEI-Vorhabens wurden Wasserbilanzen für das Referenzszenario (aktuelle Situation) und das Zukunftsszenario mit Nachverdichtung und konsequenter Ausnutzung von Wasserspartechnologien, Niederschlags- und Grauwassernutzung bei gleichzeitiger extensiver Dachbegrünung modelliert. Die Dicke der Pfeile ist mengenproportional. Aktuell werden pro Jahr etwa 5160 m³ an Trinkwasser benötigt. Auffällig ist, dass trotz des Anstiegs der Einwohnerzahl um das 3,7-Fache der Trinkwasserbedarf im Zukunftsszenario mit 10.005 m³/a (davon sind 2760 m³/a Trinkwassernachspeisung in den Speicher) bei 110 m³ Speichervolumen nicht einmal das Doppelte beträgt. Ohne Maßnahmen würde der Trinkwasserbedarf in Zukunft bei 21.370 m³/a liegen (transparenter Pfeil).

Speicherszenario (Zukunftsszenario)

Einwohnerdichte 3,7

Speicher, Dachbegrünung, Regenwassernutzung + Grauwassernutzung



4

Wie funktioniert Starkregenüberflutungsvorsorge hinsichtlich Retentionsvolumen und Versickerung?

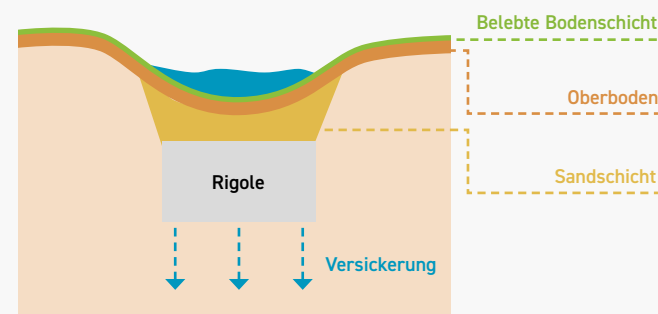
Grundlegendes Ziel ist es, Niederschlag möglichst dem natürlichen, lokalen Wasserkreislauf zuzuführen und nachgeschaltete technische Anlagen vor zu hohen Wassermassen zu schützen. Der Trend geht daher immer mehr in Richtung Vor-Ort-Versickerung von anthropogen beeinflussten Niederschlagsabflüssen.

Einem Speicher kann neben dem Nutzvolumen zur Betriebswasserspeicherung ein Retentionsvolumen zugeordnet werden. Dies kann durch Einsatz eines Drosselablaufs auf einer bestimmten Füllstandshöhe erfolgen. Überschreitet der Wasserstand diese Höhe, wird das überschüssige Wasser gedrosselt entweder in den Kanal oder in eine Versickerungsanlage abgegeben.

Durch Nutzung von Speichern können also selbst Zehnjahresregen gut abgemildert werden. Es gilt, möglichst Versickerungsanlagen mit Bodenpassage vorzuziehen (z. B. Muldenversickerung), da unterirdische Versickerungsanlagen keine Reinigungsleistung aufweisen. Bei Platzmangel können z. B. unterirdische Rigolen aufgrund ihrer Speicherwirkung eingesetzt werden.

Rigolenversickerung

Es wird grundsätzlich in unterirdische (z. B. Rigolenversickerung, vereinfacht gesagt, hohle Körper mit perforierten Wänden) und oberirdische Versickerungsanlagen mit zusätzlicher Reinigungswirkung (Mulden- und Flächenversickerung) unterschieden. Die Abbildung stellt beispielhaft eine Mulden-Rigolen-Kombination dar, die dann Verwendung findet, wenn nicht ausreichend Raum für eine einzelne Muldenversickerung zur Verfügung steht oder das zu versickernde Wasser durch die Bodenzone gereinigt werden muss, bevor es in eine Rigole geleitet wird.



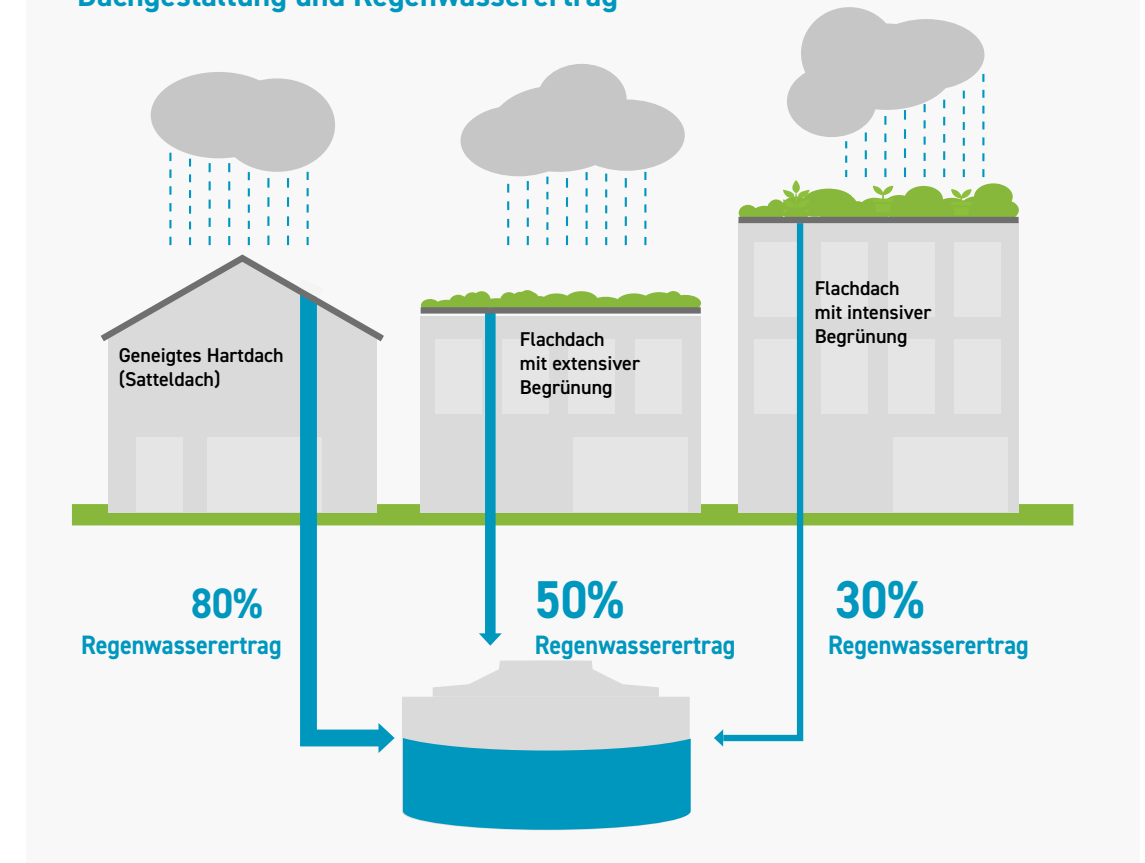
5

Welchen Einfluss haben die vorhandene Wasserinfrastruktur, das umliegende Netz und bauliche Kriterien?

In Deutschland liegen noch überwiegend Mischkanalisationen vor (gemeinsame Ableitung von Schmutzwasser und Niederschlag). Das Wasserhaushaltsgesetz schreibt beim Neubau von Anlagen Trennkanalisationen vor.

Mischsysteme bedingen erhöhte Anforderungen an die Starkregenüberflutungsvorsorge, da Mischwasserentlastungen bei Starkregen zu erhöhten Umweltbelastungen führen. Der Speicherstandort sollte so ausgelegt werden, dass der möglichst unterirdische Speicher einfach über das natürliche Gefälle beschickt werden kann. Vom Speicher führt parallel zur Trinkwasserleitung eine Betriebswasserleitung in die Wohnungen. Die nachträgliche Unterbringung eines Speichers im Bestand verursacht somit wesentlich höhere Kosten. Ferner gilt es, durch Einhaltung von Mindestabständen den Einfluss von Versickerungsanlagen auf den Baubestand mit einzukalkulieren. Zum Beispiel können auch Springbrunnen durch Betriebswasser beschickt werden, wodurch die Freiraumqualität gesteigert werden kann.

Dachgestaltung und Regenwasserertrag



6

Welchen Einfluss haben begrünte Dächer bzw. die Dachgestaltung auf den Regenwasserertrag und die Regenwasserqualität?

Begrünte Flachdächer finden immer mehr Eingang in die Planung und Umsetzung von Neubauvorhaben. Dachbegrünung bewirkt zwar Regenrückhalt und Verdunstung auf dem Dach, verringert aber den Ertrag für die Nutzung und trägt auch potenziell zu Qualitätseinbußen des nutzbaren Wassers bei.

So können bei Gründächern Färbungen des Wassers und erhöhte Sauerstoffzehrung im Wasser auftreten, was eventuell eine Aufbereitung erforderlich macht. Bei geneigten Hartdächern können etwa 80 % des auftretenden Regens zur Speicherung genutzt werden, wohingegen insbesondere aufgrund von Verdunstungseffekten bei extensiv begrünten Flachdächern nur die Hälfte und bei intensiv begrünten Dächern sogar nur ein Drittel des Niederschlags dem Speicher zugeführt wird.

Die Gestaltung der Dächer hängt also sehr stark vom übergeordneten Planungsziel ab. Ist das primäre wasserwirtschaftliche Ziel das Ersetzen von Trinkwasser durch Niederschlag, ist das Gründach also nicht immer die beste Lösung.

7

Welchen Einfluss hat der Einsatz von Wasserspartechniken und die Betriebswassernutzung auf den Wasserbedarf in einem Quartier?

Hinweis

In diesen Überlegungen sind Trenn-toiletten, wasserlose Urinale oder die mögliche Wiederverwendung von stark belastetem Grauwasser aus der Küche und Waschmaschine nicht einmal berücksichtigt.

Gemäß Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. bewegt sich seit 2007 der durchschnittliche Trinkwasserverbrauch je Einwohner (EW) und Tag in Deutschland zwischen 121 und 123 Liter (inkl. Wasserverluste und Kleingewerbe). Der Anteil deutscher Haushalte wird mit 109 L/(EW×d) angenommen.

Die im Rahmen des BOHEI-Vorhabens recherchierte Tabelle bietet eine Übersicht zum Nutzungsverhalten und Wasserbedarf bei verschiedenen Wasserverwendungszwecken. Allein durch den konsequenten Einsatz von mittelfristig verfügbaren Technologien wie wassersparende Waschtischarmaturen, Geschirrspüler und Waschmaschinen sowie durch Sensibilisierung der Bevölkerung könnte der Trinkwasserbedarf auf unter 81 L/(EW×d) reduziert werden. Durch die Nutzung von Niederschlag und Grauwasser als Betriebswasser könnte der Trinkwasserbedarf sogar auf unter 50 L/(EW×d) fallen.



Wasserbedarf je Einwohner

Liter je Einwohner und Tag (L/EW/d)	WC	Wäsche waschen	Bewässerung	Reinigung	Waschbecken	Dusche	Bad	Geschirrspülen	Essen/Trinken	Gesamt
Aktueller Bedarf	32 l	15l	6l	1l	3l	36l	4l	7l	5l	109l
Mittelfristiger Bedarf mit Wasserspartechnologie	20 l	14l	6l	1l	2l	24l	3l	6l	5l	81l
Langfristiger Bedarf mit Wasserspartechnologie	15 l	11l	6l	1l	2l	24l	3l	5l	5l	72l
Langfristiger Bedarf mit WST und BW-Nutzung (Speicher)	0 l	0l	0l	0l	2l	24l	3l	5l	5l	39l*

Den einzelnen Trinkwasser-/Betriebswasserverwendungszwecken zu Grunde liegende typische und zukünftig zu erwartende Trinkwasser-Bedarfsdaten zur Abschätzung des Trinkwassereinsparpotenzials (N: Nutzung, WST: Wasserspartechnologie, BW: Betriebswasser).

*Trinkwassernachspeisung nicht berücksichtigt

Speicherbereitstellungsmodell



8

Welche Mittel stehen für die Machbarkeitsprüfung einer Speicher-/Versickerungsanlage im Quartier zur Verfügung?

Für die Modellierung und Auslegung von Speichersystemen sind diverse Programme verfügbar. Die dazugehörige Ingenieursplanung ist oftmals komplex und aufwendig. An der Universität Stuttgart wird derzeit ein Speicherbereitstellungsmodell auf MS-Excel-Basis erstellt, mit dessen Hilfe aufgrund der vereinfachten Bedienung Machbarkeitsüberprüfungen auf Quartiersebene auch für Laien „mit wenigen Mausklicks“ realisierbar werden. Dabei wird besonders Wert darauf gelegt, dass es diverse Nutzungsoptionen (Wohnen, Schule, Büro etc.) enthält und eine GIS-Schnittstelle für den Import aus städtischen Katasterkarten aufweist.

Ferner soll es sowohl hinsichtlich der Betriebswasserversorgung (inkl. Grauwassernutzung, Ermittlung der Betriebswasserbedarfsdeckung, der Trinkwassereinsparung etc.) als auch für die Starkregenüberflutungsvorsorge (z. B. Kappung der Abflussspitzen) über eine Langzeitsimulation aussagekräftige Ergebnisse liefern können.

Automatisierte Schnittstellen sollen darüber hinaus den einfachen und schnellen Transport der Speicher-Modell-Daten in komplexere Modellsysteme (z. B. EPANET) ermöglichen. Um zukünftigen Entwicklungen gerecht zu werden, wird es zudem auf gründlicher Recherche basierende Nutzungs- und Wasserbedarfsoptionen mit optionaler Auswahl von Wasserspartechnologien enthalten.

Städtebau



Welche Qualitäten, bezogen auf Städtebau und Gebäudetypologie, sind von besonderer Bedeutung?

Jedes Quartier, jeder Stadtteil hat eine eigene Identität und steht in vielschichtiger Beziehung zu seiner Umgebung. Diese Prägung des Ortes gilt es bei einer Quartiersentwicklung im Sinne der städtebaulichen Qualität und der Akzeptanz bei den Bewohnern anzuerkennen und weiterzuentwickeln. Dabei gibt die vorhandene Stadtstruktur Hinweise zu angemessener Höhenentwicklung, Kubatur und stadträumlichen Qualitäten. Die Stadtgestalt zeigt sich in regional und überregional prägenden Einflüssen auf den Ort und sollte beim Umbau des Quartiers nicht außer Acht gelassen werden. Gebäudestellung, Wege- und Freiraumbeziehungen, Materialität und Nachhaltigkeitskonzepte müssen unter Aspekten der Zukunftsfähigkeit, Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz entwickelt werden.

Die Gebäudetypologie muss den Anforderungen des Ortes angemessen sein. Die sozioökonomischen Gegebenheiten im Quartier und der Umgebung bilden dabei die Basis für die Überlegungen. Darauf aufbauend werden Ziele für die Bebauung formuliert. Diese Ziele müssen sorgfältig evaluiert und gewählt werden, da sie maßgeblich für den Erfolg der baulichen Maßnahmen sind. Qualitätsvorgaben können beispielsweise ein vielfältiger Wohnungsmix, angemessene Wohnungs- und Gebäudestandards, Freianlagen, die in Umfang und Qualität zum Aufenthalt einladen und die soziale Interaktion in der Bewohnerschaft fördern, sein.

Die Untersuchung und Diskussion von Planungsvarianten vergrößert die Vielfalt der Ideen und führt zu neuen Ansätzen

Freiräume

Gerade die Qualität von Freiräumen bestimmt den offenen und einladenden Charakter von Quartieren, die zum Verweilen und zum Austausch einladen.



„Die ganzheitliche Betrachtung von Quartiersentwicklungen mit Beteiligung der Bewohner ist von herausragender Bedeutung für eine nachhaltige, zukunftsfähige Stadtplanung.“

Hans Hellmann
Stadtplaner, Architekt Stuttgart

Städtebauliche Varianten BOHEI



Variante 1: Aufnahme vorhandener Blockstrukturen und Wegeachsen. Regelmäßige Gebäudekubaturen.



Variante 3: Aufnahme vorhandener Blockstrukturen und Wegeachsen. Variierende Gebäudehöhen und -kubaturen.



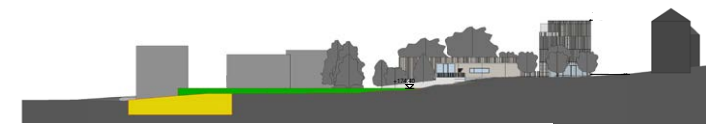
Variante 4: Ausformulierung des städtischen Blockrandes. Fließender Übergang der Freiräume im Quartier. Differenzierte Bebauung.



Variante 9: Minimaler Flächenverbrauch. Auflösen der städtischen Struktur.



Parken im Sockelgeschoss



Massenausgleich Gelände

Städtebau und Umgang mit Ressourcen

Gegenüberstellung von Tiefgaragen in Planungsvarianten und Untersuchung zum Ausgleich der Erdmassenbilanz auf dem Grundstück.

Zwischenstand:

Vertiefung einer städtebaulichen Variante. Untersuchung von Gebäudestellung, Freiräumen, Besonnung / Verschattung.



1

Welche Bedeutung haben Verdichtung und Ressourceneinsatz bei einer Quartiersentwicklung?

Eine Quartiersentwicklung bringt den Willen von Grundstückseigentümern, Kommunen und weiteren Beteiligten zum Ausdruck, ein bebautes oder unbebautes Gebiet zu ordnen. Die Gründe für eine Neuausrichtung sind vielfältig: die Schaffung von Wohnraum, die Notwendigkeit, eine überalterte Bausubstanz instand zu setzen oder zu ersetzen, oder der Wunsch, das soziale Gefüge in einem Gebiet oder Stadtteil nachhaltig zu verändern. Gerade bei der Entwicklung von innerstädtischen Quartieren kommt es zu einer Verknüpfung der unterschiedlichen Interessen.

Mit der Neuordnung soll für ein Gebiet eine bessere, zeitgemäße Stadtstruktur geschaffen werden. Dies erfolgt in baulicher Hinsicht oftmals durch eine geschlossene, dichtere und / oder höhere Bebauung oder durch die Modernisierung und effizientere Nutzung von Bestandsfläche.

Die Gründe für diese Verdichtung, bezogen auf die Bebauung und die Nutzung, sind zum einen wirtschaftlicher Natur. Zum anderen sind gesellschaftlich-ökologische Aspekte wie die Reduzierung des Flächenverbrauchs, die Umsetzung von Mobilitätskonzepten, die Verringerung der Versiegelung von Oberflächen oder die positive Einflussnahme auf Mikro- und Makroklima zu nennen.

Der bewusste Einsatz von Ressourcen ist für ein positives Projektergebnis von herausragender Bedeutung. Maßnahmen hierfür können zum Beispiel die Gewinnung von Materialien und Bauteilen aus der bestehenden Bebauung, der Erhalt von Gebäuden, die nachhaltige Herstellung von Gebäuden oder der effiziente Einsatz regenerativer Energien für den Bau und den Betrieb von Gebäuden sein.

Nur wenn die Ressourcen Fläche, Material und Energie maximal wirtschaftlich, schonend und sinnvoll eingesetzt werden, kann von einer erfolgreichen Quartiersentwicklung gesprochen werden.

Ziel: Reduzierung

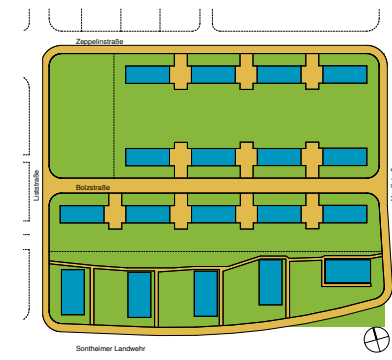
Ziel muss die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs sein. Dabei ist insbesondere auf die Verwendung von vor Ort vorhandenen Materialien und Bauteilen und einen sorgsamem Umgang mit der Fläche zu achten.

Kommentar Schwarzplan

Der Schwarzplan zeigt die Struktur der verdichteten Bebauung.

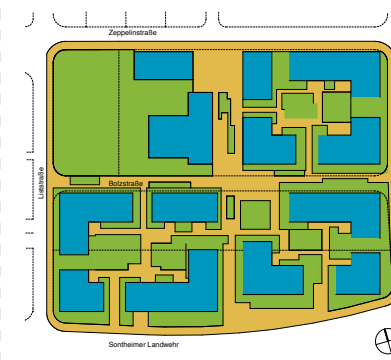


**Bebauung Bestandsgebäude
143 Bewohner*innen**



Gesamt
Erschließungsflächen ca. 3.640 m²
Bebaute Flächen ca. 2.430 m²
Wohnfläche ca. 4.050 m²
Pro Bewohner
Erschließungsflächen ca. 25,4 m²
Bebaute Flächen ca. 16,9 m²
Wohnfläche ca. 28,3 m²

**Bebauung Neubau
532 Bewohner*innen**



Gesamt
Erschließungsfläche ca. 4.670 m²
Bebaute Flächen ca. 4.930 m²
Wohnfläche ca. 11.730 m²
Pro Bewohner
Erschließungsflächen ca. 8,7 m²
Bebaute Flächen ca. 9,3 m²
Wohnfläche ca. 22,0 m²

2

Was versteht man unter lebenswerter / gemeinwohlorientierter Dichte?

Kommentar/Hinweis

Eine weitere Optimierung der Ressourceneffizienz ergibt sich, wenn Teile der vorhandenen Erschließung durch ein sinnvolles städtebauliches Konzept rückgebaut werden können.

GRZ: Die Grundflächenzahl gibt an, wie viel m² (gebaute) Grundfläche je m² Grundstücksfläche zulässig ist

GFZ: Die Geschossflächenzahl gibt an, wie viel m² (gebaute) Geschossfläche je m² Grundstücksfläche zulässig ist.

Die städtebauliche Dichte hat die höchste Relevanz für die Bemessung der Effizienz, mit der die Ressource Fläche genutzt wird. Das „richtige Maß“ der Dichte ist bestimmend für die kontroverse städtebauliche Diskussion und kann nur strukturiert ermittelt werden. Quantität und Qualität der Dichte sind dabei zu unterscheiden.

Die „quantitative Dichte“ (Flächeneffizienz), ausgedrückt in den Kennzahlen aus der Baunutzungsverordnung, Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ) liefert keine Aussage über die erzeugte Qualität im Quartier, die die Lebensbedingungen prägt. Die „qualitative Dichte“ ist ein (subjektiv empfundenes) Raum- und Sozialgefühl, das von verschiedenen Einflussfaktoren abhängt und subjektiv unterschiedlich wahrgenommen wird.

In einem Abwägungsprozess kann anhand von relevanten Kriterien – z.B. DGNB-Kriterienkatalog – mit einer Multifaktorenanalyse die vorhandene Dichte messbar gemacht werden und eine „lebenswerte Dichte“ definiert werden. Exemplarische Kriterien sind z.B. das Umfeld, die Umgebung (soziologisch, gestalterisch, ...), Freizeitangebote, Qualität der Freiflächen, etc.

Im Unterschied zur „lebenswerten Dichte“, die sich auf die Wohn- und Lebensqualität im Quartier bezieht, werden bei der „gemeinwohlorientierten Dichte“ einzelne Einflussfaktoren (bezogen auf das Flächenmanagement) berücksichtigt, die eine über das Quartier hinausgehende Wirkung haben. So kann z.B. eine städtebauliche Neuordnung Erschließungsflächen nachhaltig reduzieren.

Qualitätsstufenplan

HÖCHSTE RELEVANZ

	NR.	NAME DES KRITERIUMS	ZIEL DES KRITERIUMS		
Rohstoffeffizienz	1	Ökobilanz (alle baulichen Anlagen ohne Nutzungsphase)	X	Ökologische Relevanz der Baumaßnahmen mit Hinblick auf ausgewählte Wirkungsverdeutlichen	Indikatoren wie z.B. das Erderwärmungspotenzial mittels einer Ökobilanzierung
	2	Embedded emissions Bewahrung		Bewahren des Gebäudebestandes, um den mit deren Errichtung verbundenen Nutzen entgegen stellen zu können	Umweltlasten über die Verlängerung der Nutzungszeit einen möglichst großen
	3	Recycling Bestand / selektiver Rückbau	X	Hochwertige Verwertung der bei Sanierung und Rückbau anfallenden Abfall (im Hochbau) oder Produktion von RC-Baustoffen für den Straßen- und von einzelnen Materialien ab Baustelle	massen durch Aufbereitung zu Rohstoffen für die Baustoffindustrie (Materialkreis-Wegebau = hohe Selektivität im Rückbau des Bestandes, getrennte Bereitstellung
	4	Recyclingfähigkeit (Konstruktion, Baustoffe)	X	Möglichst hohe Recyclingfähigkeit des Altbestandes durch lösbare Konstruktions-	und Materialverbunde
	5	Baustoffe aus Materialkreislauf		Rückgriff auf Baustoffe für den Hochbau und den Straßen- und Wegebau / Erdbau,	die ihren Rohstoffbedarf aus dem Materialkreislauf beziehen.
	6	Bodenmanagement		Erschließung von Baugebieten und Konzeption einzelner Baumaßnahmen unter der	Maßgabe, Entsorgung von Bodenaushubmassen zu vermeiden
	7	Bodenversiegelung		Erhalt von unversiegelter Fläche im Quartier, Minimierung des spez.	Versiegelungsgrades
	8	Siedlungsflächenentwicklung		Unerschlossene Flächen für Land- und Forstwirtschaft erhalten, keine neue	Erschließung von Siedlungsflächen
	9	Erschließungseffizienz		Optimale Flächennutzung durch möglichst hohe Erschließungseffizienz -	Verhältnis Nettobauland zu Bruttobauland
	10	Baudichte	X	Möglichst effiziente Nutzung des zur Verfügung stehenden Baulandes durch hohes genommenem Bauland	spez. Angebot an Wohn- bzw. Nutzflächen (Bruttogeschossfläche) pro in Anspruch
	11	Vermiedene Infrastrukturbaumaßnahmen		Vermeiden von Infrastrukturmaßnahmen außerhalb des Quartiers als	Folgewirkung für Verkehrswegebau und Ver- und Entsorgung zur Erschließung
	12	Mobilität im Quartier		Schaffen von einem attraktiven Mobilitätsangebot im Quartier und seinem nahen	Umfeld, das den Bedarf zur Nutzung von privaten PKWs mindern hilft
Wasser	13	Retention	X	Schützen von nachgeschalteten technischen Einrichtungen wie Kanalisation, vor Starkregenereignissen	Regenrückhaltung und Kläranlagen sowie der aufnehmenden Gewässer (Vorfluter)
	14	Wasserkreislaufsysteme	X	Erhalten des natürlichen Wasserkreislaufs, Schützen der Trinkwasserressourcen tier	sowie Reduzieren des Trinkwasserverbrauchs und Abwasseraufkommens im Quar-
	15	Intelligente Wasserinfrastruktur		Einsparen von Ressourcen und Kosten sowie Steigern des Nutzerkomforts durch	miteinander vernetzte soziale und technische Systeme
	16	Stadtklima Mesoklima	X	Klimabewusstes Planen des Quartiers sowie Vermeiden von negativen und Klimawandel	Auswirkungen auf das Mesoklima und die Gesundheit durch Quartiersentwicklung
	17	Wasserbedingtes Stadtklima - Mesoklima	X	Klimabewusstes Planen des Quartiers sowie Vermeiden von negativen und Klimawandel mittels Wasserstrategie	Auswirkungen auf das Mesoklima und die Gesundheit durch Quartiersentwicklung
	18	Mikroklima - Thermischer Komfort im Freiraum	X	Steigern der Attraktivität von öffentlichen Räumen, indem mikroklimatische Effekte abwechslungsreichen Klimas über das ganze Jahr, das unterschiedlichen	bei der Planung berücksichtigt werden, dadurch Fördern eines angenehmen und thermischen Bedürfnissen gerecht wird
	19	Mikroklima - Thermischer Komfort im Freiraum (Wasser)	X	Steigern der Attraktivität von öffentlichen Räumen, indem mikroklimatische men und abwechslungsreichen Klimas über das ganze Jahr, das unterschiedlichen	Effekte bei der Planung berücksichtigt werden, dadurch Fördern eines angeneh-thermischen Bedürfnissen gerecht wird mittels Wasserstrategie
	20	Resilienz und Wandlungsfähigkeit		Konzeptionieren eines möglichst flexiblen und widerstandsfähigen Quartiers und	Ermöglichen einer möglichst großen Anpassungsfähigkeit und Robustheit
	21	Resilienz und Wandlungsfähigkeit (Wasser)		Konzeptionieren eines möglichst flexiblen und widerstandsfähigen Quartiers und Wasserstrategie	Ermöglichen einer möglichst großen Anpassungsfähigkeit und Robustheit mittels
	22	Freiraum (Bezug zu Wasser)		Erfüllen des Bedürfnisses nach Erholung, Freizeit, Naturerfahrung sowie Austausch reichbaren Freiräumen	und Interaktion durch Bereitstellen von qualitativ hochwertigen und fußläufig er-
Räumliche Gestaltung	23	Gebäudebezogener Freiraum	X	Austausch und soziale Interaktion von Bewohnern stärken, durch die Bereitstellung	von hochwertigen, funktionalen Freibereichen. Wertstabilität des Quartiers
	24	Nicht gebäudebezogener Freiraum		Befriedigen von Bedürfnissen nach Naturerfahrung, Erholung und Freizeit.	Steigerung des Wohlbefindens
	25	Städtebau	X	Sichern von einer dauerhaften Stadtstruktur und deren qualitätvolle, nachhaltige	Weiterentwicklung, unter Berücksichtigung notwendiger Veränderungsprozesse
Soziale Qualität	26	Bezahlbarer Wohnraum	X	Schaffen eines möglichst hohen Anteils an bezahlbarem Wohnraum	
	27	Soziale und funktionale Mischung	X	Schaffen einer hohen sozialen und funktionalen Mischung im Quartier selbst und	in direkter Umgebung
	28	Soziale und erwerbswirtschaftliche Infrastruktur		Erreichen einer guten, in ein gesamtstädtisches Konzept eingebundene Versorgung	der Nutzer des Quartiers
Prozessqualität	29	Projektmanagement		Sichern von Qualitäten, Kosten und Terminen bei der Entwicklung des Quartiers	
	30	integrale Planung	X	Ganzheitliche Planung unter frühzeitiger Berücksichtigung von Wechselwirkungen Planungsalternativen als Abwägungsgrundlage	möglichst vieler relevanter Fachdisziplinen durch Betrachtung verschiedener
	31	Partizipation	X	Schaffen von Akzeptanz und Verständnis für Planung durch frühzeitige Einbindung, Akteure mit dem Gebiet/Quartier	Transparenz und Wissensaustausch sowie hohe Identifikation der Betroffenen und
	32	Governance		Fördern von bürgerschaftlichem Engagement und Miteinander im Quartier/Gebiet schaftlicher Strukturen	zur Verstetigung von sozialen Netzwerken und langfristige Stärkung nachbar-

Der Qualitätsstufenplan (QSP) fasst die Kriterien zusammen, die im Forschungsvorhaben „BOHEI“ bei der Erarbeitung des Rahmenplans in einem integrativen Planungsprozess diskutiert und abgewogen wurden und die Ressourceneffizienz fokussiert haben.

Bei der Entwicklung vergleichbarer Quartiere kann er über den gesamten Planungsprozess bis hin zur Realisierung als Qualitätsmanagementwerkzeug genutzt werden.

Zu Beginn lassen sich Entwicklungsziele anhand der Kriterien definieren und auch hinsichtlich ihrer qualitativen Ausprägung festlegen. Hierzu wurden für jedes einzelne Kriterium das Ziel und drei Qualitätsstufen festgelegt: Standard, Ambition und Leuchtturm. Dies ist beispielhaft auf den nachfolgenden Seiten dargestellt.

Projektspezifisch lassen sich so in einem Abwägungsprozess die Ziele festlegen, die bei der Quartiersentwicklung unter den gegebenen Rahmenbedingungen sinnvoll realisiert werden können.

Die Kriterien des QSP gliedern sich in die Themenfelder des „DGNB-Kriterienkatalogs Quartiere“ ein und können durch diese jederzeit ergänzt werden, z.B. durch Kriterien zur Mobilität oder zu energetischen Themen.



Den gesamten Qualitätsstufenplan finden Sie hier zum Download

www.bohei-stadtsiedlung.de/ergebnisse/qualitaetstufenplan

Kriterium Nr. 05 – Rohstoffeffizienz – Baustoffe aus Materialkreislauf

Ziel des Kriteriums

Rückgriff auf Baustoffe für den Hochbau und den Straßen- und Wegebau oder Erdbau, die ihren Rohstoffbedarf aus dem Materialkreislauf beziehen

Erläuterung

Werden Baustoffe aus dem Materialkreislauf verwendet, werden natürliche Ressourcen geschont und mit dem Abbau einhergehende Eingriffe in die Umwelt vermieden.

Bei diesem Kriterium erfolgt eine Unterteilung des Quartiers in die Kategorien Gebäude, Verkehrswegebau sowie Erdbau.

Da sowohl im Verkehrswegebau als auch im Erdbau aktuell bereits vermehrt auf Baustoffe aus dem Materialkreislauf zurückgegriffen wird, sind die anzustrebenden Werte deutlich höher angesetzt als im Hochbau.

Der Verkehrswegebau bezeichnet in diesem Fall ausschließlich die Straße sowie die erforderlichen Schottertrag- und Frostschutzschichten.

Baukörper und Aufschüttungen sind dem Erdbau zuzuordnen.

Bei den dargestellten Prozentzahlen handelt es sich um Massenprozent.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

> 50 % Gebäude | > 80 % Verkehrswegebau | > 90 % Erdbau

Ambition

> 35 % Gebäude | > 60 % Verkehrswegebau | > 80 % Erdbau

Standard

> 25 % Gebäude | > 50 % Verkehrswegebau | > 70 % Erdbau

Methodik

Die Ermittlung der jeweiligen Quoten erfolgt über die verbauten Massen von Baustoffen aus dem Materialkreislauf. Bei der Quotenermittlung des Gebäudes wird in die Baustofftypen mineralisch, synthetisch, und nachwachsend unterschieden und ein Mittelwert aus den jeweiligen Anteilen gebildet. Dies ist erforderlich, da synthetische Baustoffe und diejenigen aus nachwachsenden Rohstoffen deutlich leichter sind als mineralische und bei einer übergreifenden Auswertung keine Relevanz hätten.

Bezug zur DGNB

Der Einsatz von Baustoffen aus dem Materialkreislauf wird in der Bewertung der DGNB indirekt über die Ökobilanzierung berücksichtigt (ENV 1.1). Ein Einzelkriterium, das die Einsatzmengen klar adressiert, liegt aktuell nicht vor.

Kriterium Nr. 13 – Retention

Ziel des Kriteriums

Schutz von nachgeschalteten technischen Einrichtungen wie Kanalisation, Regenrückhaltung und Kläranlagen sowie der aufnehmenden Gewässer (Vorfluter) vor Starkregenereignissen

Erläuterung

Vor dem Hintergrund in Deutschland zunehmender Starkregenereignisse bei gleichzeitiger Zunahme von Hitze- und Dürreperioden, kommt dem Wassermanagement in Quartieren eine größere Bedeutung zu. In Mischkanalsystemen führen Starkregenereignisse regelmäßig zur Mischwasserentlastung in Oberflächengewässer. Intensivere und längere Dürreperioden führen im urbanen Umfeld zu Hitzeinseln und vermehrtem Bewässerungsbedarf. Um solche Vorkommnisse möglichst zu vermeiden, können bereits Maßnahmen am Anfallort des Niederschlags getroffen werden mit dem Ziel, möglichst wenig Niederschlag zum Abfluss in die Kanalisation zu bringen und gleichzeitig möglichst viel Niederschlag z. B. für die Bewässerung nutzbar zu machen.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Speicherung, Nutzung und Versickerung überschüssigen Überlaufs, d.h. Anstreben der natürlichen Wasserbilanz mit geringem Abfluss und einer hohen Nutzung: Wird ein Speicher eingesetzt, so sollte auch dessen Überlauf möglichst nicht in die Kanalisation gelangen, sondern versickert oder in (zur Versickerung fähigen) Rückhaltebecken abgefangen werden.

Ambition

Speicherung von Niederschlag und Drosselung des Niederschlagabflusses zur Kappung von Regenabflussspitzen durch Speicher zur späteren Nutzung: Am sinnvollsten werden die Maßnahmen, wenn das zurückgehaltene Wasser auch genutzt wird. Dies kann in Form von Speichern mit Nutz- und Retentionsvolumen geschehen. Gleichzeitig können Regenabflussspitzen gekappt werden.

Standard

Regenwasserretention möglichst innerhalb des Quartiers: Es gibt im Quartier mehrere umgesetzte Maßnahmen: Rückhaltebecken, einstaubare Mulden und/oder Seen bzw. Teiche mit der Möglichkeit zur Wasserspiegelschwankung, vollständig begrünte Dächer oder Stauraumkanäle mit Retentionsvolumen, die den Niederschlag verzögert an die Kanalisation abgeben bzw. als Wasserreservoir für die Nutzung dienen. Sollte die Regenwasserretention im Quartier nicht vollumfänglich möglich sein, können in unmittelbarer Nähe zum Quartier Flächen geschaffen werden, die z. B. temporär schadlos überflutet werden können (z. B. Renaturierung Flüsse/Auen).

Methodik

Prüfung der Einhaltung der relevanten Kriterien.

Bezug zur DGNB

Das Standard-Kriterium ist der DGNB entnommen.

Vor allem mineralische Rohstoffe lassen sich heute schon regional beschaffen. Dadurch werden nicht nur natürliche Ressourcen geschont, sondern auch Transportkilometer gespart

Beispiel Betonrecycling: Aktuell wird Gesteinskörnung aus Altbeton vor allem im Verkehrswegebau eingesetzt. Aus Altbeton hergestellte Gesteinskörnung kann aber auch genutzt werden, um erneut Beton herzustellen (R-Beton) der wiederum im Gebäudebereich zum Einsatz kommt.

Weitere Infos: www.r-beton.de

Klassische synthetische Baustoffe eines Gebäudes sind Fensterrahmen, Türen oder Böden. Auf dem Markt finden sich bereits diverse Anbieter, die bei ihrer Herstellung auf RC-Materialien zurückgreifen.

Projektbeteiligte

	Verbundpartner im Projekt	Bearbeitetes Themenfeld im Projekt
	Stadtsiedlung Heilbronn GmbH	Flächen- und Projektmanagement
	architekturagentur Stuttgart	
	Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft	Wasserwirtschaft
	Ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH	Kreislaufwirtschaft
	Netzwerk für Planung und Kommunikation Bürogemeinschaft Sippel Buff	Dialog und Beteiligung

BOHEI - Bolzstraße Heilbronn, Das Quartier um die Bolzstraße stellt sich neu auf - integrierte ressourceneffiziente Stadtentwicklung im Heilbronner Süden

Das Forschungsvorhaben „BOHEI“ ist eines von insgesamt 12 Verbundforschungsvorhaben, die sich im Rahmen der Förderrichtlinie „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z) mit den Themen Wasserwirtschaft, Flächennutzung und Stoffstrommanagement beschäftigen.

Koordinator:in:

Stadtsiedlung Heilbronn GmbH

Laufzeit:

01.03.2019-31.05.2022

Projektwebsite:

bohei-stadtsiedlung.de



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Bildung und Forschung



Datum der Veröffentlichung

Mai 2022

Gestaltung

Ulrike von Gemmingen – Kommunikationsgestaltung

Druck

Chr. Killinger GmbH





BOHEI - ein Quartier stellt sich neu auf

Qualitätsstufenplan mit
relevanten Kriterien zur
Erhöhung der Ressourceneffizienz.

Qualitätsstufenplan – Einleitung

Die Entwicklung eines in die Jahre gekommenen (Bestands-) Quartiers beginnt in der Regel mit der „ersten Idee“. Diese definiert dabei das übergeordnete Ziel und die gewünschten Ergebnisse des Quartiersentwicklungs-Prozesses.

Die Bandbreite der Ideen ist sehr weitreichend. Zunehmend liegt der Fokus hierbei auch auf der Ressourceneffizienz, d.h. dem Verhältnis eines bestimmten Nutzens zu dem dafür erforderlichen Einsatz an natürlichen Ressourcen. Zu den natürlichen Ressourcen werden Rohstoffe, Umweltmedien (Boden, Luft, Wasser), Fläche, strömende Ressourcen wie Erdwärme oder Wind- und Sonnenenergie sowie Biodiversität einschließlich genetischer Vielfalt gezählt. Natürliche Ressourcen werden oft in erneuerbare und nicht-erneuerbare („erschöpfliche“) Ressourcen eingeteilt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens BOHEI wurden in einem integrativen und iterativen Planungsprozess Abhängigkeiten und Lösungsvorschläge erarbeitet, die zu einer Erhöhung der Ressourceneffizienz in den Bereichen Flächenmanagement, urbane Stoffströme und Siedlungswasserwirtschaft führen und gleichzeitig ein Quartier mit bezahlbarem Wohnraum und hoher Lebensqualität entstehen lassen.

Im Qualitätsstufenplan (QSP) sind die Kriterien aufgeführt, die in einem intensiven Abwägungsprozess zwischen den Verbundpartnern der verschiedenen Fachdisziplinen diskutiert wurden. Entscheidungsträger können diese Kriterien bei der Entwicklung eines ressourceneffizienten Quartiers nutzen, um die erste Idee zu konkretisieren und Teilaspekte hinsichtlich der gewünschten Qualitätsstufe festzulegen.

Der Qualitätsstufenplan orientiert sich am Kriterienkatalog der DGNB für Quartiere und stellt eine Vorstufe dar. So besteht die Möglichkeit, auch zu einem späteren Zeitpunkt eine Zertifizierung durchzuführen. Ebenso können jederzeit weitere Aspekte (Kriterien) bei der Quartiersentwicklung aus dem Kriterienkatalog der DGNB berücksichtigt werden, die im Rahmen des Forschungsvorhabens BOHEI nicht vertiefend untersucht wurden und daher im QSP nicht aufgeführt sind.

INHALT

	Rohstoffeffizienz	Seite 06
	Wasser	Seite 20
	Räumliche Gestaltung	Seite 32
	Soziale Qualität	Seite 36
	Prozessqualität	Seite 40

ÜBERSICHT

HÖCHSTE RELEVANZ

	NR.	NAME DES KRITERIUMS	ZIEL DES KRITERIUMS		
Rohstoffeffizienz	1	Ökobilanz (alle baulichen Anlagen ohne Nutzungsphase)	X	Ökologische Relevanz der Baumaßnahmen mit Hinblick auf ausgewählte Wirkungsverdeutlichen	Indikatoren wie z.B. das Erderwärmungspotenzial mittels einer Ökobilanzierung
	2	Embedded emissions Bewahrung		Bewahren des Gebäudebestandes, um den mit deren Errichtung verbundenen Nutzen entgegen stellen zu können	Umweltlasten über die Verlängerung der Nutzungszeit einen möglichst großen
	3	Recycling Bestand / selektiver Rückbau	X	Hochwertige Verwertung der bei Sanierung und Rückbau anfallenden Abfall (im Hochbau) oder Produktion von RC-Baustoffen für den Straßen- und von einzelnen Materialien ab Baustelle	massen durch Aufbereitung zu Rohstoffen für die Baustoffindustrie (Materialkreis-Wegebau = hohe Selektivität im Rückbau des Bestandes, getrennte Bereitstellung
	4	Recyclingfähigkeit (Konstruktion, Baustoffe)	X	Möglichst hohe Recyclingfähigkeit des Altbestandes durch lösbare Konstruktions-	und Materialverbunde
	5	Baustoffe aus Materialkreislauf		Rückgriff auf Baustoffe für den Hochbau und den Straßen- und Wegebau / Erdbau,	die ihren Rohstoffbedarf aus dem Materialkreislauf beziehen.
	6	Bodenmanagement		Erschließung von Baugebieten und Konzeption einzelner Baumaßnahmen unter der	Maßgabe, Entsorgung von Bodenaushubmassen zu vermeiden
	7	Bodenversiegelung		Erhalt von unversiegelter Fläche im Quartier, Minimierung des spez.	Versiegelungsgrades
	8	Siedlungsflächenentwicklung		Unerschlossene Flächen für Land- und Forstwirtschaft erhalten, keine neue	Erschließung von Siedlungsflächen
	9	Erschließungseffizienz		Optimale Flächennutzung durch möglichst hohe Erschließungseffizienz -	Verhältnis Nettobauland zu Bruttobauland
	10	Baudichte	X	Möglichst effiziente Nutzung des zur Verfügung stehenden Baulandes durch hohes genommenem Bauland	spez. Angebot an Wohn- bzw. Nutzflächen (Bruttogeschossfläche) pro in Anspruch
	11	Vermiedene Infrastrukturbaumaßnahmen		Vermeiden von Infrastrukturmaßnahmen außerhalb des Quartiers als	Folgewirkung für Verkehrswegebau und Ver- und Entsorgung zur Erschließung
	12	Mobilität im Quartier		Schaffen von einem attraktiven Mobilitätsangebot im Quartier und seinem nahen	Umfeld, das den Bedarf zur Nutzung von privaten PKWs mindern hilft
Wasser	13	Retention	X	Schützen von nachgeschalteten technischen Einrichtungen wie Kanalisation, vor Starkregenereignissen	Regenrückhaltung und Kläranlagen sowie der aufnehmenden Gewässer (Vorfluter)
	14	Wasserkreislaufsysteme	X	Erhalten des natürlichen Wasserkreislaufs, Schützen der Trinkwasserressourcen tier	sowie Reduzieren des Trinkwasserverbrauchs und Abwasseraufkommens im Quar-
	15	Intelligente Wasserinfrastruktur		Einsparen von Ressourcen und Kosten sowie Steigern des Nutzerkomforts durch	miteinander vernetzte soziale und technische Systeme
	16	Stadtklima Mesoklima	X	Klimabewusstes Planen des Quartiers sowie Vermeiden von negativen und Klimawandel	Auswirkungen auf das Mesoklima und die Gesundheit durch Quartiersentwicklung
	17	Wasserbedingtes Stadtklima - Mesoklima	X	Klimabewusstes Planen des Quartiers sowie Vermeiden von negativen und Klimawandel mittels Wasserstrategie	Auswirkungen auf das Mesoklima und die Gesundheit durch Quartiersentwicklung
	18	Mikroklima - Thermischer Komfort im Freiraum	X	Steigern der Attraktivität von öffentlichen Räumen, indem mikroklimatische Effekte abwechslungsreichen Klimas über das ganze Jahr, das unterschiedlichen	bei der Planung berücksichtigt werden, dadurch Fördern eines angenehmen und thermischen Bedürfnissen gerecht wird
	19	Mikroklima - Thermischer Komfort im Freiraum (Wasser)	X	Steigern der Attraktivität von öffentlichen Räumen, indem mikroklimatische men und abwechslungsreichen Klimas über das ganze Jahr, das unterschiedlichen	Effekte bei der Planung berücksichtigt werden, dadurch Fördern eines angeneh-thermischen Bedürfnissen gerecht wird, mittels Wasserstrategie
	20	Resilienz und Wandlungsfähigkeit		Konzeptionieren eines möglichst flexiblen und widerstandsfähigen Quartiers und	Ermöglichen einer möglichst großen Anpassungsfähigkeit und Robustheit
	21	Resilienz und Wandlungsfähigkeit (Wasser)		Konzeptionieren eines möglichst flexiblen und widerstandsfähigen Quartiers und Wasserstrategie	Ermöglichen einer möglichst großen Anpassungsfähigkeit und Robustheit mittels
	22	Freiraum (Bezug zu Wasser)		Erfüllen des Bedürfnisses nach Erholung, Freizeit, Naturerfahrung sowie Austausch reichbaren Freiräumen	und Interaktion durch Bereitstellen von qualitativ hochwertigen und fußläufig er-
Räumliche Gestaltung	23	Gebäudebezogener Freiraum	X	Austausch und soziale Interaktion von Bewohnern stärken, durch die Bereitstellung	von hochwertigen, funktionalen Freibereichen. Wertstabilität des Quartiers
	24	Nicht gebäudebezogener Freiraum		Befriedigen von Bedürfnissen nach Naturerfahrung, Erholung und Freizeit.	Steigerung des Wohlbefindens
	25	Städtebau	X	Sichern von einer dauerhaften Stadtstruktur und deren qualitätvolle, nachhaltige	Weiterentwicklung, unter Berücksichtigung notwendiger Veränderungsprozesse
Soziale Qualität	26	Bezahlbarer Wohnraum	X	Schaffen eines möglichst hohen Anteils an bezahlbarem Wohnraum	
	27	Soziale und funktionale Mischung	X	Schaffen einer hohen sozialen und funktionalen Mischung im Quartier selbst und	in direkter Umgebung
	28	Soziale und erwerbswirtschaftliche Infrastruktur		Erreichen einer guten, in ein gesamtstädtisches Konzept eingebundene Versorgung	der Nutzer des Quartiers
Prozessqualität	29	Projektmanagement		Sichern von Qualitäten, Kosten und Terminen bei der Entwicklung des Quartiers	
	30	Integrale Planung	X	Ganzheitliche Planung unter frühzeitiger Berücksichtigung von Wechselwirkungen Planungsalternativen als Abwägungsgrundlage	möglichst vieler relevanter Fachdisziplinen durch Betrachtung verschiedener
	31	Partizipation	X	Schaffen von Akzeptanz und Verständnis für Planung durch frühzeitige Einbindung, Akteure mit dem Gebiet/Quartier	Transparenz und Wissensaustausch sowie hohe Identifikation der Betroffenen und
	32	Governance		Fördern von bürgerschaftlichem Engagement und Miteinander im Quartier/Gebiet schaftlicher Strukturen	zur Verstetigung von sozialen Netzwerken und langfristige Stärkung nachbar-

Der Qualitätsstufenplan (QSP) fasst die Kriterien zusammen, die im Forschungsvorhaben „BOHEI“ bei der Erarbeitung des Rahmenplans in einem integrativen Planungsprozess diskutiert und abgewogen wurden und die Ressourceneffizienz fokussiert haben.

Bei der Entwicklung vergleichbarer Quartiere kann er über den gesamten Planungsprozess bis hin zur Realisierung als Qualitätsmanagementwerkzeug genutzt werden.

Zu Beginn lassen sich Entwicklungsziele anhand der Kriterien definieren und auch hinsichtlich ihrer qualitativen Ausprägung festlegen. Hierzu wurden für jedes einzelne Kriterium das Ziel und drei Qualitätsstufen festgelegt: Standard, Ambition und Leuchtturm. Dies ist beispielhaft auf den nachfolgenden Seiten dargestellt.

Projektspezifisch lassen sich so in einem Abwägungsprozess die Ziele festlegen, die bei der Quartiersentwicklung unter den gegebenen Rahmenbedingungen sinnvoll realisiert werden können.

Die Kriterien des QSP gliedern sich in die Themenfelder des „DGNB-Kriterienkatalogs Quartiere“ ein und können durch diese jederzeit ergänzt werden, z.B. durch Kriterien zur Mobilität oder zu energetischen Themen.



Den gesamten Qualitätsstufenplan finden Sie hier auch zum Download

www.bohei-stadtsiedlung.de/ergebnisse/qualitaetstufenplan

Rohstoffeffizienz



Die Bauwirtschaft trägt einen wesentlichen Anteil zum Treibhauseffekt und zur Ressourcenbeanspruchung bei. Nicht alle Umweltfolgen lassen sich über eine ökologische Bewertung von Handlungsalternativen mittels Ökobilanz abdecken. Zur Bewertung der Rohstoffeffizienz bedarf es daher weiterer für die Konzeption und Entwicklung von nachhaltigen Stadtquartieren bedeutender Kriterien.

Ein zentraler zusätzlicher Aspekt ist das Schließen von Materialkreisläufen. Die bei der Transformation von Stadtquartieren anfallenden Abfallmassen sollten einer möglichst hochwertigen Verwertung zugeführt werden, die verwendeten Baustoffe sollten ihren Rohstoffbedarf möglichst aus dem Materialkreislauf beziehen, wobei auf recyclinggerechte Konstruktions- und Materialverbunde zu achten ist, sofern sich der alte Bauwerksbestand nicht grundsätzlich bewahren, ertüchtigen und gezielt ergänzen lässt.

Der Anteil der Siedlungsflächen hat sich über die letzten Jahrzehnte rapide vergrößert, Böden wurden in großem Umfang versiegelt, Flächen nicht nur aus ökologischer Sicht deutlich entwertet. Eine Orientierung auf den Bestand, eine möglichst effiziente Flächennutzung helfen den spezifischen Flächeneingriff zu mindern, was nicht nur auf den Hochbau selbst zielt, sondern auch die zugehörige Infrastruktur beinhaltet.

NR.	NAME DES KRITERIUMS
1	Ökobilanz (alle baulichen Anlagen ohne Nutzungsphase)
2	Embedded emissions Bewahrung
3	Recycling Bestand / selektiver Rückbau
4	Recyclingfähigkeit (Konstruktion, Baustoffe)
5	Baustoffe aus Materialkreislauf
6	Bodenmanagement
7	Bodenversiegelung
8	Siedlungsflächenentwicklung
9	Erschließungseffizienz
10	Baudichte
11	Vermiedene Infrastrukturbaumaßnahmen
12	Mobilität im Quartier

Kriterium 1 | Rohstoffeffizienz



Ökobilanz

Ziel des Kriteriums

Ökologische Relevanz der Baumaßnahmen mit Hinblick auf ausgewählte Wirkungsindikatoren wie z.B. das Erderwärmungspotenzial mittels einer Ökobilanzierung verdeutlichen

Erläuterung

Die Ökobilanzierung ist ein wichtiges Instrument der Umweltbewertung. Mithilfe von Ökobilanzen ist es möglich, komplexe Stoffströme zu erfassen, die potentiell verursachten Umweltbeeinflussungen abzubilden und auf diese Weise eine Aussage über die Umweltrelevanz des Quartiers über den gesamten Lebensweg zu erhalten.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Gewichtete Umweltwirkungen unterschreiten den gewichteten Zielwert (80+ Punkte)

Ambition

Gewichtete Umweltwirkungen erreichen den gewichteten Zielwert (60-Punkte)

Standard

Gewichtete Umweltwirkungen entsprechen dem gewichteten Referenzwert (40 -60 Punkte)

Methodik zur Bestimmung

Anhand der verbauten Materialien erfolgt für die gesamten Quartiersgebäude eine Ökobilanzierung mit folgenden Wirkungsindikatoren:

- (1) Treibhauspotential (GWP)
- (2) Versauerungspotenzial (AP)
- (3) Überdüngungspotenzial (EP)
- (4) Gesamter kumulierter Energieaufwand (KEAges)
- (5) Kumulierter mineralischer Rohstoffaufwand (KRAmin)

Die Ergebnisse werden mit Referenzwerten verglichen und entsprechend bepunktet. Aus den jeweiligen Punkten erfolgt eine gewichtete Gesamtpunktzahl. In die Bilanzierung fließen sowohl die verbauten Materialien als auch die Nutzungsphase des Gebäudes ein. Die Nutzungsdauer für ein Gebäude wird mit 50 Jahren berechnet. Es erfolgt ausschließlich eine Ökobilanzierung der Gebäude. Eine Bewertung der Infrastruktur erfolgt aufgrund der geringen Relevanz nicht.

Zur Bestimmung der Punktzahl werden die Indikatoren: GWP, AP, EP, KEA(ges) und KRA(min) bestimmt und mit Referenzwerten verglichen. Anschließend erfolgt eine Gewichtung und Addition der gewichteten Punktzahlen.

Bezug zur DGNB

Die Methodik zur Bewertung der Ökobilanzergebnisse wurde von der DGNB übernommen. Die Wirkungskategorien PE erneuerbar und PO4B wurden nicht übernommen, hinzugefügt wurden KRA mineralisch. Die Gewichtungsfaktoren wurden geändert. Die Referenzwerte und dessen Punkteverteilung wurden von der DGNB übernommen

Gewichtungsschlüssel		0 Punkte	40 Punkte	80 Punkte	100 Punkte	Referenzwerte gem. DGNB	
GWP	40	≥ 13,16	≥ 9,40	≥ 6,58	≥ 5,17	GWP	9,4 [kg CO2-Äq./((m ² _{NRF} *a))]
AP	15	≥ 0,063	≥ 0,037	≥ 0,026	≥ 0,020	AP	0,037 [kg SO2 -Äq./((m ² _{NRF} *a))]
EP	15	≥ 0,0094	≥ 0,0047	≥ 0,0033	≥ 0,0026	EP	0,0047 [kg PO43- -Äq./((m ² _{NRF} *a))]
KEA(ges)	15	≥ 211	≥ 151	≥ 106	≥ 83	KEA(ges)	151 [MJ/((m ² _{NRF} *a))]
KRA(min)	15	≥ 1260	≥ 900	≥ 630	≥ 495	KRA(min)	900 [kg/((m ² _{NRF} *a))]



Bewahrung

Ziel des Kriteriums

Bewahren des Gebäudebestandes, um den mit deren Errichtung verbundenen Umweltlasten über die Verlängerung der Nutzungszeit einen möglichst großen Nutzen entgegen stellen zu können

Erläuterung

Materialien aus dem Bestand wurden bereits produziert und haben entsprechende Emissionen verursacht. Können diese Materialien weiter verwendet werden, ist eine Herstellung neuer Materialien nicht erforderlich. Die Nutzungszeit der Gebäude wird verlängert, der spezifische Nutzen damit analog erhöht, die spezifische Last zur Errichtung des Gebäudes verringert.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

100 % des Baubestandes wird erhalten und ergänzt

Ambition

mindestens 75 % des Baubestandes wird erhalten und ergänzt

Standard

mindestens 50 % des Baubestandes wird erhalten und ergänzt

Methodik zur Bestimmung

Die Prozentwerte in den verschiedenen Reglerstufen beziehen sich auf die Nutzfläche der Quartiersgebäude, die zur Nutzung erhalten bleibt. Eine Erhaltung von 100 % ist daher möglich, auch wenn Böden, Innenwände oder Fassaden erneuert werden müssen. Selbst wenn die gesamten Bestandsflächen erhalten bleiben, müssen oberflächliche Baustoffe mit großer Wahrscheinlichkeit entfernt werden, um das Gebäude zu ertüchtigen (z.B. Dämmung).

Bezug zur DGNB

Bei der DGNB erfolgt eine indirekte Bewertung über die Ökobilanzierung ENV 1.1. indem sich diese auf die gesamte Nutzfläche eines Gebäudes bezieht unabhängig davon, ob es sich um „alte“ oder „neue“ Nutzfläche handelt. Die im Bestand eingebetteten Emissionen sind in der Ökobilanz mit null bewertet, die Nutzfläche geht aber dennoch in die Berechnung mit ein. Wird eine bestehendes Gebäude beispielsweise von 100 m² auf 200 m² Nutzfläche erweitert, werden die Lasten, die durch den Anbau entstehen durch die gesamte Nutzfläche geteilt und fallen dadurch nur ca. halb so groß aus als hätte ein Abriss und 200 m² Neubau stattgefunden.



Recycling Bestand / selektiver Rückbau

Ziel des Kriteriums

Hochwertige Verwertung der bei Sanierung und Rückbau anfallenden Abfallmassen durch Aufbereitung zu Rohstoffen für die Baustoffindustrie (Materialkreislauf im Hochbau) oder Produktion von RC-Baustoffen für den Straßen- und Wegebau = hohe Selektivität im Rückbau des Bestandes, getrennte Bereitstellung von einzelnen Materialien ab Baustelle

Erläuterung

Gebäude dienen als anthropogenes Rohstofflager. Mit Hinblick auf den erforderlichen Ressourcenschutz gilt es sich diese Lager zu erschließen und nutzbar zu machen. Dieses Kriterium bewertet, wie gut der Bestand als anthropogenes Lager genutzt wird.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Bauwerksbegehung + Prüfung auf Wiederverwendbarkeit einzelner Bauteile durch qualifizierte Institutionen, Erstellung Rückbauplan durch Fachgutachten, inkl. Wiederverwendung

Ambition

Differenzierung Abfallgruppen über Gewerbeabfallverordnung hinaus, Rückbau erfolgt nach Fachgutachten, das dem LV in Ausschreibung Rückbau/Abriss zugrunde liegt

Standard

Vorgaben und Standards werden eingehalten: GewAbfV und Bereitstellung gemäß Katalog, Rückbau erfolgt durch zertifiziertes Unternehmen (bspw. RAL gemäß Dt. Abbruchverband)

Methodik zur Bestimmung

Der Methodik zur Bewertung dieses Kriteriums liegt auf der Ausgestaltung der Anfallstelle. Es wird unterstellt, dass mit einer guten Bereitstellung der getrennten und sortenreinen Abfallmassen eine entsprechend hochwertige Verwertung einhergeht.



Recyclingfähigkeit (Konstruktion, Baustoffe)

Ziel des Kriteriums

Möglichst hohe Recyclingfähigkeit des Altbestandes durch lösbare Konstruktions- und Materialverbunde

Erläuterung

Die Recyclingfähigkeit eines Gebäudes ist maßgeblich von der Stoffauswahl (Materialverbunde) und der Rückbaubarkeit (Konstruktionsverbunde) abhängig.

Ein Baumaterial, das sich technisch gut recyceln lässt wenn es sortenrein vorliegt, ist nicht von Nutzen, wenn dieses in einem Konstruktionsverbund vorliegt, der den erforderlichen sortenreinen Rückbau verhindert. Andersrum ist es nicht zielführend, wenn sich ein Baumaterial sortenrein zurückbauen lässt, es für diesen aber noch keinen hochwertigen Verwertungsweg gibt.

Eine gute Recyclingfähigkeit ist somit nur dann gegeben, wenn sich Die Konstruktionsverbunde (z.B. WDVS) sowie die Materialverbunde (z.B. Stahlbeton) sortenrein voneinander trennen lassen.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Die im Quartier vorgesehenen Gebäude sind vollständig recyclingfähig (80 -90 Punkte)

Ambition

Die im Quartier vorgesehenen Gebäude sind weitestgehend recyclingfähig (60 -80 Punkte)

Standard

Anteile des Quartiers sind recyclingfähig (40-60 Punkte)

Methodik zur Bestimmung

In dem Kriterium erfolgt eine Bewertung der Bauteile. Je nach Recyclingfähigkeit des Baumaterials sowie Rückbaubarkeit der Konstruktion des jeweiligen Bauteils. Über entsprechende Qualitätsstufen der beiden Indikatoren werden Punkte vergeben. Die genaue Vorgehensweise wurde von der DGNB übernommen und kann dem Kriterium TEC 1.6 entnommen werden.

Bezug zur DGNB

Bei dem Kriterium TEC 1.6 handelt es sich um ein Kriterium der DGNB Gebäudezertifizierung. Die dort angewandte Methodik zur Punktebestimmung wurde vollständig übernommen



Baustoffe aus dem Materialkreislauf

Ziel des Kriteriums

Rückgriff auf Baustoffe für den Hochbau und den Straßen- und Wegebau / Erdbau, die ihren Rohstoffbedarf aus dem Materialkreislauf beziehen

Erläuterung

Werden Baustoffe aus dem Materialkreislauf verwendet, werden natürliche Ressourcen geschont und mit dem Abbau einhergehende Eingriffe in die Umwelt vermieden.

In diesem Kriterium erfolgt eine Unterteilung des Quartiers in die Kategorien Gebäude, Verkehrswegebau sowie Erdbau.

Da sowohl im Verkehrswegebau als auch im Erdbau aktuell bereits vermehrt auf Baustoffe aus dem Materialkreislauf zurückgegriffen wird, sind die anzustrebenden Werte deutlich höher angesetzt als im Hochbau.

Der Verkehrswegebau bezeichnet in diesem Fall ausschließlich die Straße sowie die erforderlichen Schottertrag- und Frostschutzschichten. Baukörper und Aufschüttungen sind dem Erdbau zuzuordnen

Bei den dargestellten Prozentzahlen handelt es sich um Massenprozent.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

> 50 % Gebäude | > 80 % Verkehrswegebau | > 90 % Erdbau

Ambition

> 35 % Gebäude | > 60 % Verkehrswegebau | > 80 % Erdbau

Standard

> 25 % Gebäude | > 50 % Verkehrswegebau | > 70 % Erdbau

Methodik zur Bestimmung

Die Ermittlung der jeweiligen Quoten erfolgt über die verbauten Massen von Baustoffen aus dem Materialkreislauf. Bei der Quotenermittlung des Gebäudes wird in die Baustofftypen mineralisch, synthetisch, und nachwachsend unterschieden und ein Mittelwert gebildet. Dies ist erforderlich, da synthetische Baustoffe und diejenigen aus nachwachsenden Rohstoffen deutlich leichter sind als mineralische und bei einer übergreifenden Auswertung keine Relevanz hätten.

Bezug zur DGNB

Der Einsatz von Baustoffen aus dem Materialkreislauf wird in der Bewertung der DGNB indirekt über die Ökobilanzierung berücksichtigt (ENV 1.1). Ein Einzelkriterium, das die Einsatzmengen klar adressiert liegt aktuell nicht vor.



Bodenmanagement

Ziel des Kriteriums

Erschließung von Baugebieten und Konzeption einzelner Baumaßnahmen unter der Maßgabe, Entsorgung von Bodenaushubmassen zu vermeiden

Erläuterung

Böden fallen in Großem Umfang zur Entsorgung an, wodurch sich je nach Region Entsorgungsengpässe auftun. Die Folge sind weite Transportstrecken, die wiederum mit der Verbrennung fossiler Energieträger und einer Belastung der Infrastruktur einhergehen. Bodenaushubmassen fallen insbesondere im Rahmen von Bautätigkeiten an. Werden die Böden vor Ort wieder eingesetzt oder der erforderliche Aushub durch planerische Lösungen reduziert, kann die Entsorgungswirtschaft entlastet und Rohstoffe geschont werden.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Der Aushub von Boden ist nicht erforderlich, da die Quartiersplanung so erfolgt, dass die Gebäude und Infrastruktur an die Orographie angepasst sind. Das Quartier wurde so geplant, dass Bauwerke wie z.B. Tiefgaragen nicht erforderlich werden oder im EG platziert werden. Bodenaushub, zur Herstellung von Fundamenten oder leichten Begradigungen einer Fläche sind zulässig.

Ambition

Der vor Ort ausgehobene Boden wird auf derselben Baustelle wieder eingesetzt und fällt daher nicht zur Entsorgung an. Bodenaushub kann beispielsweise genutzt werden, um das gesamte Gelände leicht zu erhöhen oder bei Hanglagen einen Ausgleich herzustellen.

Standard

mind. 50 % des Bodenaushubs werden vor Ort eingesetzt (siehe höherer Standard)

Methodik zur Bestimmung

Aufstellen einer Massenbilanz, aus der die Anteile des Bodens zur Entsorgung berechnet werden.



Bodenversiegelung

Ziel des Kriteriums

Erhalt von unversiegelter Fläche im Quartier, Minimierung des spez. Versiegelungsgrades

Erläuterung

Die Versiegelung von Böden sollte wo immer möglich vermieden werden, da es sich um einen Eingriff in die Bodenstruktur handelt, der sowohl den Lebensraum Boden gefährdet, als auch die Retentionseigenschaften der Fläche verschlechtert.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Durch die Errichtung des Quartiers wird kein zusätzlicher Boden versiegelt

Ambition

Durch die Errichtung des Quartiers wird die versiegelte Fläche um max. 10 % erhöht

Standard

Durch die Errichtung des Quartiers wird die versiegelte Fläche um max. 15 % erhöht

Methodik zur Bestimmung

Bei der Ermittlung der Reglerstufe wird ausschließlich die zusätzliche Versiegelung im Verhältnis der bereits bestehenden Versiegelung berücksichtigt. Nicht die anteilig gesamte Versiegelung der Quartiersfläche.

Rechenbeispiel:

Gesamtfläche 1.500 m², davon 1.000 m² bereits versiegelt
 durch Überplanung der Fläche / zukünftige Neubebauung steigt die Versiegelung um 100 m² auf 1100 m², d.h. es wird 10 % der bestehenden versiegelten Fläche zusätzlich versiegelt (100 m² bezogen auf 1000 m²)

Bezug zur DGNB

DGNB Kriterium ENV 2.3. Die DGNB bewertet die gesamte versiegelte Fläche: volle Punktzahl bei 40 %- keine Punkte bei 80 %



Siedlungsflächenentwicklung

Ziel des Kriteriums

Unerschlossene Flächen für Land- und Forstwirtschaft erhalten, keine neue Erschließung von Siedlungsflächen

Erläuterung

Die Flächeninanspruchnahme durch Siedlungen und Verkehr muss aus Nachhaltigkeitsgründen reduziert werden. Die Siedlungsexpansion und der Verlust von landwirtschaftlichen Flächen ist zu vermeiden. Dieses Kriterium belohnt, wenn keine bzw. möglichst wenig Fläche neu als Siedlungsfläche ausgewiesen wird.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Das Stadtquartier greift zu 100 % auf bereits erschlossene Siedlungsfläche im Bestand zurück

Ambition

Das Stadtquartier greift zu 80 % auf bereits erschlossene Siedlungsfläche im Bestand zurück

Standard

Das Stadtquartier greift zu 60 % auf bereits erschlossene Siedlungsfläche im Bestand zurück

Methodik zur Bestimmung

Berücksichtigt wird die Siedlungsfläche nach Flächennutzungsplan (FNP) bezogen auf derzeitige tatsächliche Flächennutzung; d.h. Ackerland, das im FNP als zukünftig mögliches Baugebiet ausgewiesen ist, zählt als Acker d.h. nicht als Siedlungsfläche.



Erschließungseffizienz

Ziel des Kriteriums

Optimale Flächennutzung durch möglichst hohe Erschließungseffizienz - Verhältnis Nettobauland zu Bruttobauland

Erläuterung

Durch eine effiziente Flächeninanspruchnahme kann der Angebotsverknappung von Bauflächen entgegengewirkt und die Lebenszykluskosten gesenkt werden. Die für den Menschen notwendigen Lebensgrundlagen bleiben erhalten. Neben den wirtschaftlichen Vorteilen wird ein Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz geleistet, indem die natürlichen Freiflächen geschont werden.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Erschließungseffizienzzahl (EEZ) $\geq 0,75$

Ambition

Erschließungseffizienzzahl (EEZ) $\geq 0,65$

Standard

Erschließungseffizienzzahl (EEZ) $\geq 0,55$

Methodik zur Bestimmung

Die Erschließungseffizienzzahl wird wie folgt berechnet:

$$EeZ = \text{NBL [m2]} / \text{BBL [m2]}$$

EeZ = Erschließungseffizienzzahl

NBL = Nettobauland

BBL = Bruttobauland

Eine hohe Erschließungseffizienz ist ein wesentlicher Indikator für eine optimale Flächennutzung. Durch eine effektive Erschließung wird die Flächeninanspruchnahme ebenso wie der Herstellungsaufwand reduziert. Als Erschließungsflächen gem. DGNB werden alle der Öffentlichkeit dienenden Verkehrsflächen und Flächen für den ruhenden Verkehr sowie öffentliche Grünflächen und sonstige nichtbebaubare und nicht als private Freifläche nutzbaren Flächen gezählt.

Bezug zur DGNB

DGNB Kriterium ECO2.3. Dieses Kriterium ist ein Teil des DGNB Kriteriums ECO 2.3 Flächeneffizienz und wird von diesem übernommen. Die Texte zu Methodik stammen von der DGNB. In dem DGNB-Kriterium werden volle Punkte (40 bei einer EEZ > 0.75 erreicht und minimale Punkte (5) bei einer EEZ = 0,3



Baudichte

Ziel des Kriteriums

Möglichst effiziente Nutzung des zur Verfügung stehenden Baulandes durch hohes spez. Angebot an Wohn- bzw. Nutzflächen (Bruttogeschossfläche) pro in Anspruch genommenem Bauland

Erläuterung

Dieses Kriterium bewertet wie effizient das Quartier das zur Verfügung stehenden Bauland ausnutzt. Die Baudichte wird neben der Grundflächenzahl (GRZ) vor allem durch die Geschossflächenzahl (GFZ) ausgedrückt. Die Baudichte relativiert die Erschließungseffizienz, da eine wirtschaftliche Erschließung immer von der dazugehörigen Baumasse und deren Wohn- und Nutzfläche geprägt ist

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Geschossflächenzahl (GFZ) 2,5

Ambition

Geschossflächenzahl (GFZ) 2,0

Standard

Geschossflächenzahl (GFZ) 1,5

Methodik zur Bestimmung

Die Baudichte lehnt sich an die GFZ-Berechnung der BauNVO an. Dabei wird das gesamte Nettobauland (NBL) eines Quartiers mit der gesamten Bruttogrundfläche (BGF) eines Quartiers ins Verhältnis gesetzt. Diese Kennzahl drückt die bauliche Ausnutzung der wirtschaftlich (potenziell) nutzbaren Grundstücke aus und trifft damit eine Aussage zur Effizienz der baulichen Ausnutzung. Als Bruttogrundfläche wird die ober- und unterirdische BGF aller Hauptgebäude (inkl. Staffelgeschosse) sowie unterirdischen Hauptnutzflächen (Bsp.: Handel, Einliegerwohnungen) herangezogen. Nebengebäude sind nur im Ausnahmefall bei einer besonderen Größe und Auswirkung auf die Gesamt-BGF zu berücksichtigen (Gartenhäuschen, Carports, private Garagen usw. sind nicht einzurechnen, während z. B. größere Parkhäuser wie Quartiersgaragen hinzuzuzählen sind). Die Vorgaben zur GFZ-Berechnung hinsichtlich Versiegelungsgrad sind außer Acht zu lassen. Die GFZ ist auf der tatsächlichen Bebauung nachzuweisen, rechtliche Festsetzungen reichen hierzu nicht aus. Hinweis: In der Regel wird die hier berechnete gebaute GFZ die max. zulässige GFZ des B-Plans unterschreiten.

Die Geschossflächenzahl wird wie folgt berechnet:

$$GFZ = BGF_{DGNB} [m^2] / NBL [m^2]$$

GFZ Geschossflächenzahl

BGF_{DGNB} = Bruttogeschossfläche nach DGNB (siehe Systemgrundlagen)

NBL = Nettobauland / Standortfläche (nach Definition Anhang 3 in den Systemgrundlagen)

Das genaue Vorgehen ist dem Kriterium ECO 2.3 des DGNB Kriterienkataloges zur Quartiersbewertung zu entnehmen.

Bezug zur DGNB

Dieses Kriterium ist ein Teil des DGNB Kriteriums ECO 2.3 Flächeneffizienz und wird von diesem übernommen. Die Texte zu Methodik und der Erläuterung stammen von der DGNB. In dem DGNB-Kriterium werden volle Punkte (60 bei einer GFZ von 2.5 erreicht und minimale Punkte (5) bei einer GFZ von 0,8.



Vermiedene Infrastrukturbaumaßnahmen

Ziel des Kriteriums

Vermeiden von Infrastrukturmaßnahmen außerhalb des Quartiers als Folgewirkung für Verkehrswegebau und Ver- und Entsorgung zur Erschließung

Erläuterung

Dieses Kriterium bezieht sich auf technische Infrastrukturbaumaßnahmen außerhalb des Quartiers. Dazu gehört der Verkehrswegebau zur Erschließung des Quartiers mittels Zug, PKW, Fahrrad oder zu Fuß sowie die Ver- und Entsorgung, also der Bau von Leitungen und Kanälen.

Dezentral gelegene neu gebaute Quartiere, die neu erschlossen werden müssen, bringen einen großen Aufwand an Infrastrukturbaumaßnahmen mit sich, die aus ökologischer Sicht einen Eingriff in die Natur sowie den Verbrauch an Ressourcen darstellen und wenn möglich vermieden werden sollte.

Bei zentral gelegenen verdichteten Quartieren sollte versucht werden die bestehende Infrastruktur weiterhin zu nutzen, was je nach Bestandslage nur dann möglich ist wenn der Bedarf an Frischwasser sowie die abgegebene Menge an Abwasser entsprechend optimiert wurde.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Lage- und Auslastungsbedingte Baumaßnahmen der Infrastruktur sind nicht erforderlich

Ambition

Lage- und Auslastungsbedingte Baumaßnahmen der Infrastruktur sind in geringem Maße erforderlich (400 €/Bew.)

Standard

Lage- und Auslastungsbedingte Baumaßnahmen der Infrastruktur sind erforderlich (800 €/Bew.)

Methodik zur Bestimmung

Die Erschließungseffizienz wird wie folgt berechnet:

$$EeZ = NBL [m^2] / BBL [m^2]$$

EeZ = Erschließungseffizienz

NBL = Nettobauland

BBL = Bruttobauland

Eine hohe Erschließungseffizienz ist ein wesentlicher Indikator für eine optimale Flächennutzung. Durch eine effektive Erschließung wird die Flächeninanspruchnahme ebenso wie der Herstellungsaufwand reduziert. Als Erschließungsflächen gem. DGNB werden alle der Öffentlichkeit dienenden Verkehrsflächen und Flächen für den ruhenden Verkehr sowie öffentliche Grünflächen und sonstige nichtbebaubare und nicht als private Freifläche nutzbaren Flächen gezählt.

Bezug zur DGNB

Dieses Kriterium ist ein Teil des DGNB Kriteriums ECO 2.3 Flächeneffizienz und wird von diesem übernommen. Die Texte zu Methodik stammen von der DGNB. In dem DGNB-Kriterium werden volle Punkte (40 bei einer EEZ > 0.75 erreicht und minimale Punkte (5) bei einer EEZ = 0,3



Mobilität

Ziel des Kriteriums

Schaffen von einem attraktiven Mobilitätsangebot im Quartier und seinem nahen Umfeld, das den Bedarf zur Nutzung von privaten PKWs mindern hilft

Erläuterung

Dieses Kriterium befasst sich mit der Mobilität innerhalb und im nahen Umfeld des Quartiers. Der Fokus liegt auf dem Mobilitätsangebot, das eine Unabhängigkeit vom privaten PKW ermöglichen soll. Neben dem Angebot an Alternativen besteht durch Verknappung der Stellplätze ebenfalls die Möglichkeit den Betrieb eines privaten PKW unattraktiver zu machen. Dies ist allerdings nur möglich, wenn die angebotenen Alternativen nutzerfreundlich, verlässlich und ökonomisch attraktiv sind.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Stellplatzschlüssel 0,3 | ÖPNV-Anbindung < 5 Gehminuten | Taktung 5 Minuten (mind. 6 Linien) | Car-sharing Stellplatz im Quartier (mind. 1 Fahrzeug pro 100 Bewohner) | Lastenfahrräderverleih (mind. 1 Fahrrad pro 30 Bewohner)

Ambition

Stellplatzschlüssel 0,6 | ÖPNV-Anbindung < 5 Gehminuten | Taktung 5 Minuten (mind. 4 Linien) | Carsharing Stellplatz im Quartier | Lastenfahrräderverleih im Quartier

Standard

Stellplatzschlüssel 0,8 | ÖPNV-Anbindung < 5 Gehminuten | Taktung 10 Minuten (mind. 2 Linien)

Methodik zur Bestimmung

Siehe Erläuterung der jeweiligen Kriterienstufe

Bezug zur DGNB

Bezug zu DGNB Kriterium TEC 3.1 & TEC 3.2. Die DGNB haben Einzelkriterien für den Motorisierten Verkehr (TEC 3.1) und den unmotorisierten Verkehr (TEC 3.2) mit folgenden Unterkriterien:

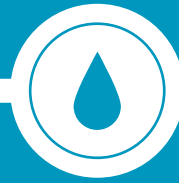
TEC 3.1

Verkehrsmodell
Modal Split
Infrastruktur für alternative Antriebstechnologie
Fahrzeug-Sharing
ÖPNV-Erschließungsqualität
Intermodale Plattformen
Zugang zum nächstgelegenen Bahnhof
Takt des ÖPNV
Besondere Maßnahmen zur Förderung des ÖPN
Konzept Wirtschaftsverkehr

TEC 3.2:

Mobilitätselemente für Rad-/Fußgängerverkehr
Mobilitätsinfrastruktur für den Radverkehr
Qualität der Abstellanlagen für Fahrräder
Wegweisungssysteme für Radverkehr
Fußwegenetz
Lage der Querungsmöglichkeiten für Fußgänger
Wegweisungssysteme für Fußgänger/-innen

Wasser



Die Zunahme von Starkregenereignissen und Dürreperioden in Deutschland erfordert eine Optimierung der Ressourceneffizienz im Quartier. Um Trinkwasserverknappung in Dürrephasen zuvorzukommen, wird in Zukunft eine Entlastung des Trinkwasserversorgungssystems durch die Nutzung von Wasserkreisläufen nötig sein.

Dies kann konkret durch die Nutzung von lokalen Niederschlägen sowie die Wiederverwendung von schwach belastetem Grauwasser (Abwasser aus Handwaschbecken, Dusche und Badewanne) zur Bereitstellung von Betriebswasser für Bewässerung, Toilettenspülung, Reinigung, Wäschewaschen und Hitzevorsorge erfolgen. Um nachgeschaltete Kanalsysteme, Kläranlagen und hochwassergefährdete Örtlichkeiten vor der Überflutung zu schützen, wird es nötig sein, verstärkt auf die Abmilderung von starkregeninduzierten Auswirkungen zu setzen. Das bedeutet z. B. urbane Sturzfluten durch Kappung von Spitzenabflüssen mittels geeigneter Puffersysteme wie Speicher oder Versickerungsanlagen abzuschwächen.

Die wasserwirtschaftliche Strategie im Quartier hängt im Wesentlichen von der dem Quartier übergeordneten Zielsetzung u. a. bezüglich Meso- und Mikroklima ab. Gehört das Quartier zu einem regenreichen Gebiet mit zu erwartender Zunahme von Starkregenereignissen oder wird das umliegende Kanalnetz bereits regelmäßig überlastet, ist die dezentrale Retention von Wasser unerlässlich. Ist in dem Gebiet eine Zunahme von Dürre- und Hitzeperioden und Verknappung von Trinkwasser zu erwarten, müssen vermehrt Wasserspartechnologien und Wasserkreislaufsysteme zur Wiederverwendung von Niederschlags- und evtl. Grauwasser eingesetzt werden. Die Umsetzung beider Maßnahmen ist auch unabhängig von der übergeordneten Zielsetzung vorteilhaft. Diesen Überlegungen nachgeordnet ergeben sich Optimierungspotentiale hinsichtlich intelligenter Wasserinfrastruktur, Resilienz und Wandlungsfähigkeit sowie Freiraumgestaltung des Quartiers.

NR.	NAME DES KRITERIUMS
13	Retention
14	Wasserkreislaufsysteme
15	Intelligente Wasserinfrastruktur
16	Stadtklima Mesoklima
17	Wasserbedingtes Stadtklima - Mesoklima
18	Mikroklima - Thermischer Komfort im Freiraum
19	Mikroklima - Thermischer Komfort im Freiraum (Wasser)
20	Resilienz und Wandlungsfähigkeit
21	Resilienz und Wandlungsfähigkeit (Wasser)
22	Freiraum (Bezug zu Wasser)



Retention

Ziel des Kriteriums

Schutz von nachgeschalteten technischen Einrichtungen wie Kanalisation, Regenrückhaltung und Kläranlagen sowie der aufnehmenden Gewässer (Vorfluter) vor Starkregenereignissen

Erläuterung

Vor dem Hintergrund in Deutschland zunehmender Starkregenereignisse bei gleichzeitiger Zunahme von Hitze- und Dürreperioden, kommt dem Wassermanagement in Quartieren eine größere Bedeutung zu. In Mischkanalsystemen führen Starkregenereignisse regelmäßig zur Mischwasserentlastung in Oberflächengewässer. Intensivere und längere Dürreperioden führen im urbanen Umfeld zu Hitzeinseln und vermehrtem Bewässerungsbedarf. Um solche Vorkommnisse möglichst zu vermeiden, können bereits Maßnahmen am Anfallort des Niederschlags getroffen werden mit dem Ziel, möglichst wenig Niederschlag zum Abfluss in die Kanalisation zu bringen und gleichzeitig möglichst viel Niederschlag z. B. für die Bewässerung nutzbar zu machen.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Speicherung, Nutzung und Versickerung überschüssigen Überlaufs, d.h. Anstreben der natürlichen Wasserbilanz mit geringem Abfluss und einer hohen Nutzung: Wird ein Speicher eingesetzt, so sollte auch dessen Überlauf möglichst nicht in die Kanalisation gelangen, sondern versickert oder in (zur Versickerung fähigen) Rückhaltebecken abgefangen werden.

Ambition

Speicherung von Niederschlag und Drosselung des Niederschlagabflusses zur Kappung von Regenabflussspitzen durch Speicher zur späteren Nutzung: Am sinnvollsten werden die Maßnahmen, wenn das zurückgehaltene Wasser auch genutzt wird. Dies kann in Form von Speichern mit Nutz- und Retentionsvolumen geschehen. Gleichzeitig können Regenabflussspitzen gekappt werden.

Standard

Regenwasserretention möglichst innerhalb des Quartiers: Es gibt im Quartier mehrere umgesetzte Maßnahmen: Rückhaltebecken, einstaubare Mulden und/oder Seen bzw. Teiche mit der Möglichkeit zur Wasserspiegelschwankung, vollständig begrünte Dächer oder Stauraumkanäle mit Retentionsvolumen, die den Niederschlag verzögert an die Kanalisation abgeben bzw. als Wasserreservoir für die Nutzung dienen. Sollte die Regenwasserretention im Quartier nicht vollumfänglich möglich sein, können in unmittelbarer Nähe zum Quartier Flächen geschaffen werden, die z. B. temporär schadlos überflutet werden können (z. B. Renaturierung Flüsse/Auen).

Methodik zur Bestimmung

Prüfung der Einhaltung der relevanten Kriterien.

Bezug zur DGNB

Das Standard-Kriterium ist der DGNB entnommen.



Wasserkreislaufsysteme

Ziel des Kriteriums

Erhalten des natürlichen Wasserkreislaufs, Schützen der Trinkwasserressourcen sowie Reduzieren des Trinkwasserverbrauchs und Abwasseraufkommens im Quartier

Erläuterung

Vor dem Hintergrund voraussichtlich in Deutschland zunehmender Starkregenereignisse bei gleichzeitiger Zunahme von Dürreperioden, kommt dem Wassermanagement in Quartieren eine größere Bedeutung zu. Um die Ressource Wasser zu schonen, ausreichend Bewässerungswasser für grüne Infrastruktur bereitstellen zu können und auch für den Fall längerer Hitzeperioden gewappnet zu sein, wird es erforderlich im Quartier anfallendes Wasser aufzufangen und wiederzuverwenden.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Wassersparttechnologien (in allen WE für alle Nutzungen) + **dezentrale oder zentrale Grauwasseraufbereitung & -wiederverwendung + Regenwassernutzung** (und/oder Nutzung alternativer Wasserressourcen) als Betriebswasser zur Toilettenspülung, Gartenbewässerung, Waschmaschine und untergeordnete Reinigungszwecke (Ziel: TW-Verbrauch < 50 L/(E×d), Abwasseranfall < 60 L/(E×d))

Ambition

Wassersparttechnologien (in allen WE für alle Nutzungen) + **Regenwassernutzung** für Toilettenspülung und Grünbewässerung (Ziel: TW-Verbrauch < 70 L/(E×d), Abwasseranfall < 80 L/(E×d))

Standard

Regelmäßige Information an Nutzer des Quartiers, **Wassersparttechnologien** (Ziel: Absenkung TW-Verbrauch und Abwasseranfall auf < 80 L/(E×d))

Methodik zur Bestimmung

Im Wesentlichen gilt es anhand einer Tabelle, die das Einsparpotential für einzelne Nutzungsformen für jeden Trinkwasserverwendungszweck wiedergibt, darzulegen, wie mittels Kombination von Trinkwassersparttechnologien und Wiederverwendung von Regenwasser, Grauwasser und möglichst systematischer Erfassung und Nutzung alternativer Wasserressourcen die genannten Ziele eingehalten werden können. Die Einhaltung der Trinkwasser-Einsparziele gilt es anhand eines Speicher-Modells, das diese Ressourcen berücksichtigt und die erforderliche Trinkwassernachspeisung errechnet, darzulegen.

Bezug zur DGNB

Zielsetzung ist der DGNB entnommen. Die DGNB sieht „regelmäßige Information an die Nutzer des Quartiers, wie Trinkwasser im Alltag eingespart werden kann“ vor, dies wird im Standard-Kriterium berücksichtigt. Im Gegensatz zur DGNB (max. 20 % des Trinkwasserbedarfs für WC-Spülung, 100%ige Nutzung von Regen- bzw. Betriebswasser für öffentliche Freiflächen) sind konkretere Trinkwassereinspar- und Abwasseranfallziele definiert.

		WC (Uriniere)	WC (Stuhlgang)	Wäsche waschen	Bewässerung	Reinigung	Waschbecken	Dusche	Badewanne	Geschirr spülen	Essen und Trinken
Durchschnittliche Nutzung	N/EW/d	5,3	1	0,30	-	0,07	10,0	0,80	0,03	0,25	-
Nutzung an Werktagen	N/EW/d	4,1	1	0,25	-	0,05	9,2	0,88	0,01	0,23	-
Nutzung an Wochenendtagen	N/EW/d	8,3	1	0,42	-	0,11	12,0	0,60	0,08	0,30	-
Veraltet	L/N	9,0	9,0	60	-	-	0,5	60	175	32	-
Aktuell	L/N	4,74	6,87	50	-	20	0,3	45	125	28	-
Sparsam (mittelfristig)	L/N	3,0	4,5	45	-	-	0,23	30	115	24	-
Sparsam (langfristig)	L/N	2,0	4,5	37	-	-	-	-	100	20	-
Durchschnittlicher Bedarf	L/EW/d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8
Bedarf an Werktagen	L/EW/d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5
Bedarf an Wochenendtagen	L/EW/d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6
Grünflächenbedarf	m ² /(m ² a)	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-



Intelligente Wasserinfrastruktur

Ziel des Kriteriums

Einsparen von Ressourcen und Kosten sowie Steigern des Nutzerkomforts durch miteinander vernetzte soziale und technische Systeme

Erläuterung

Generell ist eine gewünschte Verbesserung der Digitalisierung eher beim Vorhandensein von technischen Anlagen möglich. Im Kontext der Wasserressourceneffizienz können digitale Anzeigen technischer Daten von Wasserzählern, Zu- und Abläufen etc. zum besseren Verständnis bzw. zur höheren Akzeptanz im Quartier führen, schließlich sind Wasserspeicher in der Regel unterirdisch und daher nicht direkt sichtbar.

Ferner ist der digitale Anschluss von technischen Anlagen an abflusseitige Elemente wie Kanalisation und Kläranlagen anzustreben. Bei rechtzeitiger Weiterleitung von Füllständen, Abläufen etc. z. B. eines Speichers kann somit von Seiten der den Ablauf empfangenden Kanalisation und Kläranlagen eine effizientere Vorbereitung auf Starkregenereignisse ermöglicht werden.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Smarter Regenspeicher: z. B. Möglichkeit der gedrosselten (Teil-)Entleerung des Speicherinhalts vor anstehendem Starkregen (intelligente automatisierte Steuerung anhand Wettervorhersagen)

Ambition

Erhöhung der Effizienz des Speicherbetriebs: Ausstattung von Speichern mit fernsteuerbaren Anlagen und/oder Weitermeldung von Füllstand, Zu- und Abläufen von Regenrückhaltebecken bzw. Wasserspeichern

Standard

Digitale Anzeige von Daten/Werten des Speichers bzw. sonstiger Maßnahmen zur Erhöhung der Wasserressourceneffizienz im Quartier zur Sichtbarmachung für die Einwohnerschaft

Methodik zur Bestimmung

Prüfung der Einhaltung der relevanten Kriterien.

Bezug zur DGNB

Zielsetzung ist der DGNB entnommen.



Stadtklima - Mesoklima (Querschnittskriterium)

Ziel des Kriteriums

Klimabewusstes Planen des Quartiers sowie Vermeiden von negativen Auswirkungen auf das Mesoklima und die Gesundheit durch Quartiersentwicklung und Klimawandel

Erläuterung

Für das Wohlbefinden und für eine gesunde Lebensumwelt ist die Mesoklima-Qualität der Außenräume von großer Bedeutung. Nach dem Baugesetzbuch ist durch die Bauleitplanung eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung zu gewährleisten. Das beinhaltet auch, die Klimaanpassung zu fördern sowie gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse zu gewährleisten (BauGB § 1 Abs. 5 u. 6).

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Für das Plangebiet ist eine speziell auf das Quartier bezogene Klimaanpassungsstrategie vorhanden, Stadtklimafaktor ≤ 0 (Eine nachgewiesene Planungsoptimierung mit Belegen des Planungsansatzes und Klimafunktionskarte ist vorhanden. Die kaltluftproduzierenden Flächen und Abflüsse wurden anhand eines digitalen Stadtmodells (DGM) und der Flächennutzung der Stadt identifiziert und der Nachweis erbracht, dass die Belüftung der Stadt/anliegenden Quartiere gewährleistet bleibt.)

Ambition

+ Klimabewusste Planung des Quartiers sowie Vermeidung von negativen Auswirkungen auf das Mesoklima durch die Quartiersplanung, Stadtklimafaktor $\leq 1,5$

(Vermeidung von Hitzestress, Stabilität der Ökosysteme, Reduzierung des Energiebedarfs)

Standard

Qualifizierte stadtklimatische Analyse des Quartiers, Stadtklimafaktor ≤ 3

(Alle relevanten Grundinformationen zum Stadtklima sollen recherchiert und gesammelt werden: Einordnung der Lage des Quartiers bzgl. eines maritimen Einflusses, Nachweis der Hauptwindrichtung und Schwachwindrichtungen anhand von Windrosen, Berücksichtigung von orografisch/topographisch stark gegliederten Bereichen (Hangwinde, Berg- & Talwinde, Kaltluftsysteme), Berücksichtigung der kleinräumigen stadtklimatischen Lage (Parks/Friedhöfe, Fluss-/Bachläufe/Auen etc.))

Methodik zur Bestimmung

Die Bewertung des Stadtklimas durch die DGNB wird weitestgehend übernommen. Die Einstufung erfolgt anhand der nachvollziehbaren objektiven Berechnungsformel zum Stadtklimafaktor und weiteren weichen Kriterien wie „Analyse“ und „Erstellung einer klimabewussten Planung“. Die Stufe „Ambition“ muss auch die Inhalte der Stufe „Standard“ enthalten.

Berechnungsformel

$$F_{\text{GES}} = \frac{((BF_1 \times F_1) + (BF_n \times F_n)) + ((FF_1 \times F_1) + (FF_n \times F_n))}{\text{BBL}}$$

F Faktor Quartiersoberflächen

BF Basisfläche

FF Fassadenfläche

BBL Bruttobauland

Quelle und weitere Informationen:

<https://static.dgnb.de/fileadmin/dgnb-system/de/quartiere/kriterien/>

DGNB-Kriterium-Quartiere_ENV1.5_Stadtklima-Mesoklima.pdf

auf Seite 99

Bezug zur DGNB

Die Zielsetzung, Kriterien, Erläuterungen sowie die Methodik der DGNB sind überwiegend wortwörtlich übernommen, jedoch auf 3 Qualitätsstufen aufgeteilt. Dieses Kriterium wurde um das Thema Wasser entfrachtet.



Wasserbedingtes Stadtklima - Mesoklima

Ziel des Kriteriums

Klimabewusstes Planen des Quartiers sowie Vermeiden von negativen Auswirkungen auf das Mesoklima und die Gesundheit durch Quartiersentwicklung und Klimawandel mittels Wasserstrategie

Erläuterung

Grundsätzlich sollten die Maßnahmen im Quartier von einer übergeordneten Stadtstrategie abhängen:

- Bei möglichst hoher Trinkwassereinsparung: möglichst weitgehende Trinkwasserspartechnologie, möglichst hoher Regenwasserertrag = Regenwassernutzung/keine Gründächer und Grauwasserrecycling sowie Nutzung weiterer alternativer Wasserressourcen aus dem urbanen Umfeld
- Bei Starkregenüberflutungsvorsorge möglichst viel Verdunstung, Retention etc.
- Bei Hitzevorsorge: Alles, was Schatten für die Gebäude und Freiflächen und möglichst hohe Verdunstung in Bodennähe bringt, z. B. auch offene Wasserflächen, und das Wasser dafür bereitstellt

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Klimawirksames Grün (Bäume, Büsche, Fassadenbegrünung) mit klimawirksamer hoher Verdunstungsleistung und Bewässerung mit alternativen Wasserressourcen

Ambition

Klimawirksames Grün (Bäume, Büsche, Fassadenbegrünung) mit klimawirksamer hoher Verdunstungsleistung oder Bewässerung mit alternativen Wasserressourcen

Standard

Stadtklimatische Analyse des Quartiers hins. Wasser & Erstellung einer Wasser-/Abwasser-/Klima (Hitze)-Bilanz

(Für eine qualifizierte stadtklimatische Analyse sollen alle relevanten Grundinformationen zum Stadtklima recherchiert und gesammelt werden. Diese sollen bewertet werden, inwiefern mittels klimawirksamer Begrünung oder Bereitstellung alternativer Wasserressourcen das übergeordnete Stadtklima nicht negativ beeinflusst wird.)

Methodik zur Bestimmung

Prüfung der Einhaltung der relevanten Kriterien.

Bezug zur DGNB

Das ENV 1.5 ist bzgl. Maßnahmen zum Erhalt eines guten Stadtklimas auf Quartiersebene im Bezug zu Wasser nicht sehr konkret. Die Bewertung des Quartiers hins. dessen Einflusses auf das Stadtklima wird hier bzgl. Wasser gesondert betrachtet.



Mikroklima - Thermischer Komfort im Freiraum (Querschnittskriterium)

Ziel des Kriteriums

Steigern der Attraktivität von öffentlichen Räumen, indem mikroklimatische Effekte bei der Planung berücksichtigt werden, dadurch Fördern eines angenehmen und abwechslungsreichen Klimas über das ganze Jahr, das unterschiedlichen thermischen Bedürfnissen gerecht wird

Erläuterung

Ziel ist es, eine hohe Aufenthaltsqualität auch an heißen, stürmischen und/oder Tagen mit hoher Luftfeuchtigkeit zu erreichen. Der öffentliche Raum des Quartiers soll über das ganze Jahr hinweg gute stadtklimatische Bedingungen aufweisen (genug Sonne und Schutz vor kalten Winden und Regen im Winter sowie Sonnenschutz und Schutz vor Überhitzung im Sommer).

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Über das Jahr verteilt angenehmes, abwechslungsreiches Klima, das unterschiedlichen individuellen thermischen Bedürfnissen gerecht wird, [Windkomfort Kategorie A](#), [prozentuale Temperaturreduzierung > 50 %](#)

Ambition

Thermischer Komfort für Nutzungsmöglichkeit öffentlicher Räume von Bedeutung, [Windkomfort Kategorie B](#), [prozentuale Temperaturreduzierung > 30 %](#)

Standard

Thermischer Komfort für Nutzungsmöglichkeit öffentlicher Räume von Bedeutung, [Windkomfort Kategorie B](#), [prozentuale Temperaturreduzierung > 30 %](#)

Methodik zur Bestimmung

Standard-Kriterium: Optimierung des Sonneneinfalls, Reduktion von Überhitzungen und Verringerung oder Verstärkung von Luftbewegungen durch Orientierung der Bebauung und Gestaltung der Freiräume. Aufenthaltsbereiche sollen gute Besonnung und eine gute Verschattung im Sommer erhalten. Durch Windschutzmaßnahmen sollen unangenehm starke und kalte Luftbewegungen minimiert werden. Vor allem durch Grünflächen, offene Wasserflächen, die Auswahl der Materialien (Eigenschaften Absorption und Reflexion) und Verschattungselemente kann der Komfort im Sommer gesteigert werden. Im Winter ist vor allem die Sonneneinstrahlung relevant. Der Windschutz ist vor allem von Herbst bis Frühjahr relevant und soll helfen, hohe Windgeschwindigkeiten in Bodennähe zu reduzieren.

Windkomfort: Der Windkomfort im Quartier ist mittels einer qualifizierten Untersuchung oder einer Simulation nachzuweisen. International haben sich für die Beurteilung von Windkomfortverhältnissen die mittleren Windgrenzgeschwindigkeiten von 5 m/s stundengemittelt etabliert. Die Beurteilung erfolgt dabei anhand der Überschreitungshäufigkeit dieser mittleren Windgeschwindigkeit. Bei Windkomfortuntersuchungen wird geprüft, in wie vielen Stunden pro Jahr Windgrenzgeschwindigkeiten von 5 m/s überschritten werden.

Temperatur: Die Außenkomfortbewertung muss auf eine Hochsommersituation angewandt werden. Zur Berechnung der gefühlten Temperatur ist eine Simulation/Berechnung mithilfe eines geeigneten Programms durchzuführen. Alternativ können auch die in der VDI 3787 Blatt 2 beschriebenen Methoden angewendet werden.

Bezug zur DGNB

Zielsetzung, Erläuterung und Ideen für Qualitätsstufen wurden der DGNB entnommen. Für diese Qualität sieht die DGNB die Prüfung dreier Indikatoren vor: Basiskomfort, Windkomfort und gefühlte Temperatur. Es werden konkrete Indikatorwerte genannt, die eingehalten werden müssen, um eine bestimmte Punktzahl zu erhalten. Diese Werte wurden hier angepasst. Basiskomfortmaßnahmen der DGNB werden hier als Standard vorausgesetzt (Bebauungsstruktur ist stadtklimatisch optimiert, Sonneneinstrahlung wird berücksichtigt, Verschattung zum Sonnenschutz ist eingeplant etc.). Für die Kriterien Windkomfort und gefühlte Temperatur werden von der DGNB Modellierungen vorausgesetzt. Je nach erreichtem Wert aus diesen Modellierungen werden von der DGNB Punkte vergeben. Diese Werte dienen für die obigen Qualitätsstufen als Grundlage.



Mikroklima - Thermischer Komfort im Freiraum (Wasser)

Ziel des Kriteriums

Steigern der Attraktivität von öffentlichen Räumen, indem mikroklimatische Effekte bei der Planung berücksichtigt werden, dadurch Fördern eines angenehmen und abwechslungsreichen Klimas über das ganze Jahr, das unterschiedlichen thermischen Bedürfnissen gerecht wird, mittels Wasserstrategie

Erläuterung

Dem Thema Wasser kommt vor allem mit Hinblick auf die Themen Basiskomfort und gefühlte Temperatur eine besondere Bedeutung zu. Mithilfe von Wasser kann besonders Hitzevorsorge/Dürrevorsorge in einem innerstädtischen Quartier (Hitzeinsel) betrieben werden: Entlastung des Trinkwasserversorgungssystems insbesondere in Dürrephasen und Bereitstellung von Bewässerungswasser für Pflanzen, die zur Evaporation und damit zum Kühlungseffekt beitragen.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

[Klimawirksames Grün mit klimawirksamer hoher Verdunstungsleistung und dessen Bewässerung mit alternativen Wasserressourcen aus dem Quartier](#) (Klimawirksames Grün (Bäume mit Verschattungswirkung, Büsche, Fassadenbegrünung), das Schatten für die Gebäude und Freiflächen und möglichst hohe Verdunstung in Bodennähe bringt, wird durch auf dem Quartier anfallendes Wasser (Niederschlag, aufbereitetes Grauwasser und ggfls. weitere vorhandene alternative Wasserressourcen) nachhaltig bewässert (Speicher von Vorteil, evtl. durch offene Wasserflächen))

Ambition

[Klimawirksames Grün mit klimawirksamer hoher Verdunstungsleistung oder offene Wasserflächen mit hoher Verdunstungsleistung](#) (Verdunstungswirkung durch offene Wasserflächen oder durch klimawirksames Grün (Bäume mit Verschattungswirkung, Büsche, Fassadenbegrünung), das Schatten für die Gebäude und Freiflächen und möglichst hohe Verdunstung in Bodennähe bringt)

Standard

Nutzung des Potenzials notwendiger Entwässerungs- und Regenwasserrückhaltemaßnahmen (z. B. durch Sprengler) (Schaffung einer gestalterischen Qualität und eines bioklimatischen Mehrwerts durch oberflächige und künstlerisch gestaltete Wasserelemente)

Methodik zur Bestimmung

Prüfung der Einhaltung der relevanten Kriterien.

Bezug zur DGNB

Zielsetzung wurde von der DGNB entnommen. SOC 1.1 der DGNB erwähnt nur „offene Wasserflächen“ als mögliche Maßnahme zur Erhöhung des Komforts. Idee für das Standard-Kriterium ist dem SOC 1.1 der DGNB entnommen.



Resilienz und Wandlungsfähigkeit (Querschnittskriterium)

Ziel des Kriteriums

Konzeptionieren eines möglichst flexiblen und widerstandsfähigen Quartiers und Ermöglichen einer möglichst großen Anpassungsfähigkeit und Robustheit

Erläuterung

Unter Resilienz versteht man die Widerstandsfähigkeit von Systemen gegenüber Störungen. Resiliente Systeme bleiben in Krisen grundsätzlich funktionsfähig. Resiliente Städte sind durch Flexibilität oder Redundanz ihrer Systeme widerstandsfähig gegenüber technischen, ökologischen und ökonomischen Teilausfällen oder Störungen und bieten so robuste Voraussetzungen für eine langfristige Besiedlung. Unter Wandlungsfähigkeit versteht man die Fähigkeit eines Systems zur aktiven, schnellen Anpassung der Strukturen auf zeitlich nicht vorhersehbar wechselnde Aufgaben aus eigener Substanz (Anpassungsfähigkeit) in Verbindung mit der Fähigkeit zur evolutionären Entwicklung der Strukturen bei zeitlich konstanten oder längerfristig vorhersehbar wechselnden Anforderungen aus eigener Substanz (Entwicklungsfähigkeit).

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

++ Langfristige Besiedlung durch den Menschen + Rückbaufreundliche Baukonstruktion > 50 % der Gebäude, im Quartier besteht verbindliches Rückbaukonzept (Anteil der in flexibler Bauweise errichteten Gebäude > 70 %, flexible Grundrisse für veränderte Arbeits-/Wohnkultur, das Baurecht lässt Mischnutzung auf Quartiersebene zu, die Planungen und Festsetzungen lassen unterschiedliche Bauweisen, Gebäudetypologien und/oder Trauf- und Geschosshöhen auf den Baufeldern zu)

Ambition

+ Flexibilität und Redundanz des städtischen Systems, Widerstandsfähigkeit gegenüber technischen, ökologischen und ökonomischen Teilausfällen (Produktion von > 10 % des Endenergieverbrauchs für Wärme und Strom im Quartier, regionale Produkte im Quartier, Ausbaureserven und flexible Systeme für die technische Infrastruktur, Im Fall einer Krise/Störung Zufahrtsmöglichkeit sichergestellt)

Standard

Die Kommune hat einen Klimaanpassungsplan mit Trendanalysen (Die Kommune kann einen Klimaanpassungsplan mit Trendanalysen bezüglich Stadtklima, Wasserkreislaufsystemen & Umweltrisiken aufweisen; Trendanalysen (Trendbarometer, Trendforschungen, Szenarien...) werden herangezogen und aufgezeigt, inwiefern das Quartier diesbezüglich anpassungsfähig sein muss. Es müssen Umweltrisiken und das Stadtklima berücksichtigt werden.)

Methodik zur Bestimmung

Die jeweils vorgelagerte Stufe ist auch Inhalt der nächsthöheren Stufe. Die Stufe Leuchtturm muss dementsprechend auch die Inhalte der Stufe „Standard“ und „Ambition“ enthalten.

Ambition:

- Produktion von > 10 % des Endenergieverbrauchs für Wärme und Strom im Quartier und/oder es sind Energiespeicherkapazitäten (Batteriespeicher, Warmwasserspeicher etc.) im Quartier vorhanden.
- Regionale Produkte werden im Quartier angeboten (z. B. Wochenmarkt, Bauernladen), Anbauflächen für die Bewohnerschaft im Quartier sind vorhanden (z. B. Urban Farming (Aquaponik), Dachgärten etc.).
- Ausbaureserven und flexible Systeme für die technische Infrastruktur (z. B. Infrastrukturkanal, reversible Schächte) sind vorhanden oder geplant und/oder es ist vorgesehen, Gebäude (z. B. Parkhäuser) bei geänderten Rahmenbedingungen umzunutzen.
- Im Fall einer Krise/Störung (bei Schadensfall an Straßen/Trassen, Unfällen, witterungsbedingten Sperrungen/Einschränkungen) ist die Zufahrtsmöglichkeit/Zugänglichkeit des Quartiers sichergestellt.

Leuchtturm:

- Das Quartier ist rückbaufreundlich gestaltet (> 50 % der Gebäude im Quartier).
- Anteil der in flexibler Bauweise (z. B. einfacher Wechsel zwischen Wohnung und Gewerbe) errichteten Gebäude, bezogen auf Gesamt-BGF, liegt über 70 %.
- Flexible Grundrisse für veränderte Arbeits-/Wohnkultur (z. B. die Gestaltung des öffentlichen Raums lässt zukünftige Anpassungen der Straßenbreite zu).
- Das Baurecht lässt Mischnutzung auf Quartiersebene zu (das Quartier ist als MI bzw. Urbanes Gebiet (MU) ausgewiesen oder das Quartier ist planungsrechtlich mit mindestens drei verschiedenen Kategorien nach § 1 Abs. 2 BauNVO ausgestattet, wobei jede Kategorie min. 10 % der Gesamt-BGF ausmacht).
- Die Planungen und Festsetzungen lassen unterschiedliche Bauweisen, Gebäudetypologien und/oder Trauf- und Geschosshöhen auf den Baufeldern zu.

Bezug zur DGNB

Auf Basis einer Abfrage vielfältiger Faktoren werden die spezifischen Ausprägungen der Resilienz und Wandlungsfähigkeit der DGNB abgefragt und bewertet. Hierbei werden vor allem standortbedingte, technische und planerische Aspekte betrachtet, da diese die nicht oder nur schwer veränderbare Substanz des Quartiers definieren. Aus diesem Grund fließen einige Ergebnisse von ökologischen und technischen Kriterien darin ein. Soziale und funktionale Aspekte der Resilienz und Wandlungsfähigkeit (z. B. Nutzungsdiversität, Partizipation) werden hingegen nicht, sondern in anderen Kriterien differenziert betrachtet. Die Kriterien der DGNB wurden um das Thema Wasser entfrachtet und in 3 Qualitätsstufen untergliedert. Im Wesentlichen unterscheidet sich dies hier daher nicht von der DGNB. Zielsetzung und Erläuterung wurden von der DGNB entnommen.



Resilienz und Wandlungsfähigkeit

Ziel des Kriteriums

Konzeptionieren eines möglichst flexiblen und widerstandsfähigen Quartiers und Ermöglichen einer möglichst großen Anpassungsfähigkeit und Robustheit mittels Wasserstrategie

Erläuterung

Das Thema Wasser, als wesentlicher Faktor zur Resilienz und Wandlungsfähigkeit eines Quartiers, wurde aus ECO 2.1 entfrachtet und hier gesondert wiedergegeben. Durch günstige stadtklimatische Verhältnisse und Regenwasserbewirtschaftung können die Auswirkungen von Wetterextremen und Klimawandel abgeschwächt werden, z. B. durch geringere Aufheizung der Oberflächen und effektiven Wasserabfluss bei Starkregen.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Wasserkreisläufe werden geschlossen (Nutzung von Wasserspartechnologien und Wiederverwendung von Niederschlag, Grauwasser und evtl. weiterer alternativer Wasserressourcen und Ableitung von Regenabflüssen in Retentionsräume (Kappung von Starkregenspitzen))

Ambition

Ressourcenschonender Umgang mit Trinkwasser & Reduktion von Wasserstress im Starkregenfall durch Ableitung von Regenabflüssen in Retentionsräume (Kappung von Starkregenspitzen)

Standard

Die Kommune hat ein Wasserkonzept mit Niederschlags- und Hitze-Trendanalysen, Regenwasserretentionspotentiale sind durch Fließweganalyse ermittelt

Methodik zur Bestimmung

Standard: Liegt das Quartier in einem von Wasserstress betroffenen Standort, ist ein umfassendes Wasserkonzept besonders wichtig. Für die Beurteilung des Wasserstress ist der Wasserrisikoatlas des World Resources Institute heranzuziehen (www.wri.org). Im Sinne des Kriteriums ist kein signifikanter Wasserstress vorhanden, wenn der „Baseline Water Stress“ $\leq 20\%$ liegt.

Ambition: Im Quartier ist ein ressourcenschonender Umgang mit Trinkwasser umgesetzt und Wasserkreisläufe geschlossen (Nutzung von Wasserspartechnologien und/oder Wiederverwendung von Niederschlag). Durch die Ableitung von Regenwasser in Retentionsräume (Versickerung, Speicher etc.) wird der Wasserstress im Starkregenfall reduziert. Wasser, das nicht im Quartier zurückgehalten und zeitverzögert abgeleitet werden kann, sollte über eine Trennkanalisation abgeleitet werden. Unabhängig von der Art des Klärwerks gilt grundsätzlich, dass eine Trennkanalisation gegenüber der Mischkanalisation die Kontaminationsrisiken im Schadensfall reduziert und flexibler auf Nachrüstung umzustellen ist. Hier wird daher zusammen mit der Art der Regenwasserbewirtschaftung bewertet, ob vor Ort Trennkanalisation besteht.

Leuchtturm: Wasserkreisläufe werden geschlossen (Nutzung von Wasserspartechnologien und Wiederverwendung von Niederschlag, Grauwasser und evtl. weiterer alternativer Wasserressourcen) & effiziente Abminderung von Wasserstress im Starkregenfall (z. B. Speicher + Versickerung).

Bezug zur DGNB

Zielsetzung wurde von der DGNB entnommen. ECO 2.1 der DGNB bezieht sich überwiegend auf Aspekte wie Klima, Städtebau, Nahrungsmittel, Energie etc. Das Thema Wasser wird nur kurz erwähnt. Die DGNB nennt nur einige mögliche Maßnahmen um die Versorgungssicherheit von Trinkwasser und Abwasser sicherzustellen. Diese wurden in 3 Qualitätsstufen aufgegliedert und um weitere Aspekte erweitert.



Freiraum

Ziel des Kriteriums

Erfüllen des Bedürfnisses nach Erholung, Freizeit, Naturerfahrung sowie Austausch und Interaktion durch Bereitstellen von qualitativ hochwertigen und fußläufig erreichbaren Freiräumen

Erläuterung

Das genannte Ziel kann innerhalb eines Quartiers durch sehr unterschiedliche Maßnahmen erreicht werden. Hinsichtlich der Thematik Wasserressourceneffizienz ergeben sich einige Umsetzungsmöglichkeiten, die es ermöglichen, dass Synergien zwischen den Aspekten Nutzen, Spaß und Notwendigkeit entstehen.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

++ Dauerhafte Nutzung von zurückgehaltenem Wasser z. B. für Springbrunnen

Ambition

+ Möglichst natürliche freie Wasserflächen, Sichtbarmachung der Regenwasserinfrastruktur (Sensibilisierung)

(Einbeziehung technisch notwendiger Maßnahmen in das städtebauliche Freiraumkontext des Quartiers in Form von freien Wasserflächen bzw. natürlicher Optik, z. B. bepflanzte Versickerungsmulden, natürlich aussehende Regenabläufe, natürlich wirkende bepflanzte Aufbereitungsanlagen wie bepflanzte Bodenfilter, in sichtbarer Form)

Standard

Gestalterische Integration der Regenwasserinfrastruktur in das Freiraumkonzept, Darstellung der umgesetzten Maßnahmen mittels Informationselementen (Begrünung der Anlage, Nutzung von Farben, die in den Kontext des Quartiers passen etc.)

Methodik zur Bestimmung

Prüfung der Einhaltung der relevanten Kriterien. Die jeweils vorgelagerte Stufe ist auch Inhalt der nächsthöheren Stufe. Die Stufe Leuchtturm muss dementsprechend auch die Inhalte der Stufe „Standard“ und „Ambition“ enthalten.

Bezug zur DGNB

Die Zielsetzung wurde der DGNB entnommen. Die Kriterien der DGNB zu SOC 1.6 sind sehr umfangreich und enthalten viele Indikatoren wie Einbindung in den landschaftlichen Kontext, Berücksichtigung landschaftlicher Aspekte, Einbindung in den städtebaulichen Kontext, Einbindung in die übergeordnete Planung etc. Im Indikator „4.1 Gestalterische Integration“ von ENV 2.2 jedoch wird auf die Integration der Wasserinfrastruktur in das Freiraumkonzept eingegangen, was hier über die Qualitätsstufen hinweg dezidiert übernommen wurde.

Räumliche Gestaltung



Bei der Neuordnung eines Bestandsquartiers mit Nachverdichtung ist die Qualität und der Umfang der gebäude- und quartiersbezogenen Freiräume von besonderer Bedeutung für die Akzeptanz einer Quartiersentwicklung durch die Bewohner. Die städtebaulichen Qualität hat bei einer qualitätvollen, nachhaltigen Weiterentwicklung unter Berücksichtigung notwendiger Veränderungsprozesse eine hohe Relevanz.

NR.	NAME DES KRITERIUMS
23	Gebäudebezogener Freiraum
24	Nicht gebäudebezogener Freiraum
25	Städtebau

Kriterium 23 | Räumliche Gestaltung



Gebäudebezogener Freiraum

Ziel des Kriteriums

Austausch und soziale Interaktion von Bewohnern stärken, durch die Bereitstellung von hochwertigen, funktionalen Freibereichen. Wertstabilität des Quartiers

Erläuterung

Die Herstellung und Sicherung qualitativ hochwertiger öffentlicher Räume ist eine zentrale Forderung der 2007 verabschiedeten „LEIPZIG CHARTA zur nachhaltigen europäischen Stadt“, die auf nationaler Ebene im Rahmen der Stadtentwicklungspolitik fortgesetzt wird. Dieselbe Zielsetzung findet sich im Programm der Vereinten Nationen für menschliche Siedlungen – HABITAT, formuliert in der Habitat-Agenda 1999.

Die Freiräume im Quartier sind Basis für das soziale Miteinander und tragen wesentlich zur Sicherung der Naturerfahrung und Steigerung des Wohlbefindens bei.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Freiraumstruktur mit hoher Lesbarkeit. Gestalterische Vorgaben zur Bepflanzung, Mobiliar und Beleuchtung. Anlegen von Wasserflächen. Private Freiräume Gebäude: 8m²/ Bewohner. Bereitstellen von gemeinschaftlich genutzten, gebäudebezogenen Freiflächen oder Dachterrassen. Öffentliche Freiräume: 0,25m²/ BGF(wohnen)

Ambition

Identitätsstiftende Freiraumelemente mit unterschiedlichen Hierarchien innerhalb des Quartiers. Vorgaben zur Ausbildung unterschiedlicher Freiraumtypen mit gestalterischen Vorgaben. Anlegen von Biotopen. Angebot Urban Farming / Lebensmittelanbauflächen. Einbindung in übergeordnete Landschaftsplanung / Stadtentwicklungsplanung. Private Freiflächen mit individuellen Gestaltungsmöglichkeiten innerhalb einer kohärenten Quartiersgestaltung. Freiraumangebot (öffentlich): 0,15m²/BGF(wohnen)

Standard

Bestandsuntersuchung / Analyse des landschaftlichen Kontextes. Erstellen eines Freiraumkonzeptes mit Nachweis der Einbindung in den landschaftlichen Kontext. Bereitstellung von qualitativ hochwertigen Freiräumen. Anpflanzen heimischer / regionaler Pflanzenarten. Private Freiräume Gebäude: 6m²/Bewohner. Ein Balkon oder Terrasse pro Wohnung / Abgrenzung Wohnen zum Straßenraum durch höhenversetztes Halbgeschoss (Hochparterre).

Methodik zur Bestimmung

Freiräume im Quartier verortet.

Anteil der Freiräume im Quartier: Ermittlung Freiraumangebot = öffentlicher Freiraum / BGF(wohnen)

Bezug zur DGNB

Die Zielsetzungen wurden weitgehend dem DGNB Kriterium SOC 1.6 Freiraum entnommen und um Erkenntnisse aus dem Planungs- / Entwicklungsprozess ergänzt. Dabei wurden diese in die drei Reglerstufen untergliedert.



Nicht gebäudebezogener Freiraum

Ziel des Kriteriums

Befriedigen von Bedürfnissen nach Naturerfahrung, Erholung und Freizeit. Steigerung des Wohlbefindens

Erläuterung

Die Herstellung und Sicherung qualitativ hochwertiger öffentlicher Räume ist eine zentrale Forderung der 2007 verabschiedeten „LEIPZIG CHARTA zur nachhaltigen europäischen Stadt“, die auf nationaler Ebene im Rahmen der Stadtentwicklungspolitik fortgesetzt wird. Dieselbe Zielsetzung findet sich im Programm der Vereinten Nationen für menschliche Siedlungen – HABITAT, formuliert in der Habitat-Agenda 1999. Die umgebenden Frei- und Landschaftsräume tragen wesentlich zur Sicherung der Naturerfahrung und Steigerung des Wohlbefindens bei. Die Anbindung an diese Bereiche ist von besonderer Bedeutung

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Austausch, Freizeit und Naturerfahrung durch fußläufig erreichbare Frei- und Naturräume (<350m²). Freizeit- und Naherholungsgebiete

Ambition

Freizeit und Naturerfahrung durch fußläufig erreichbare Frei- und Naturräume

Standard

Bestandsuntersuchung / Analyse des landschaftlichen Kontextes. Freiraumkonzept mit Nachweis der Einbindung in den landschaftlichen Kontext

Methodik zur Bestimmung

Freiräume direkt dem Quartier zugeordnet. Allgemeine Freiräume und öffentliche Parkflächen fußläufig zu erreichbar. (< 350m)

Bezug zur DGNB

Die Zielsetzungen wurden weitgehend dem DGNB Kriterium SOC 1.6 Freiraum entnommen und um Erkenntnisse aus dem Planungs- / Entwicklungsprozess ergänzt. Dabei wurden diese in die drei Reglerstufen untergliedert.



Städtebau

Ziel des Kriteriums

Sichern von einer dauerhaften Stadtstruktur und deren qualitätvolle, nachhaltige Weiterentwicklung, unter Berücksichtigung notwendiger Veränderungsprozesse

Erläuterung

Die Maßnahmen sollen eine Neubebauung und/oder die Nachverdichtung eines Quartiers in die vorhandenen städtischen Strukturen angemessen einordnen. Gleichzeitig wird die allgemeine Aufenthaltsqualität und Attraktivität gestärkt. Die Ergebnisse von Veränderungsprozesse, wie Einbindung in die Stadtstruktur, Mobilitätskonzepten, Nachverdichtung, Schaffung von qualitätvollen Freiräumen werden umgesetzt.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Integration neuer Nutzungen im Quartier und an den Quartiersrändern (Quartiersplätze, Parkraummanagement). Landschaftliche Einbindung der Neubebauung. Aufnahme von Mobilitätskonzepten. Es entstehen Identitätsstiftende Gebäude und Freiräume. Durchführung von Architektur- / Gestaltungswettbewerben für prägnante Gebäude. Das Quartier fungiert als Innovationsraum / Reallabor für z.B. Freiraumnutzung und -gestaltung, Nachbarschaftsinitiativen oder außergewöhnliche Bauprojekte (Energieplusgebäude, CO₂-neutrale Gebäude, Kreislaufwirtschaft)

Formulierung von Vorgaben für das Wohnungsgemeinde und Wohnformen. Anpassbare Wohnungsgrundrisse / Gemeinschaftsflächen im Gebäude / Anreize Wohnungswechsel bei familiärer Veränderung / Wohnfläche pro Bewohner < 30,0m². Angebote für Generationenwohnen / Angebote gemeinschaftliches Wohnen / Ausgewogener Wohnungsmix. Wohnangebote für Familien

Ambition

Es werden übergeordnete Planungsziele formuliert. In einem Leitfaden Gestaltung Architektur werden Entwurfselemente unter Nachhaltigkeitsbetrachtung (z.B. Zertifizierungssysteme DGBN; BNB; LEED...) definiert. Dabei bleibt ein Gestaltungsspielraum erhalten. Etablieren von Dichtekennwerten (GFZ, GRZ, Abstandsflächen) angepasst auf den Bedarf der weiteren städtischen Entwicklung. Anbindung der internen und externen Durchwegung. Vorgaben an die Materialverwendung / bauliche Strukturen unter Nachhaltigkeitsaspekten.

Formulierung von Vorgaben für das Wohnungsgemeinde. Angebote für Generationenwohnen / Angebote gemeinschaftliches Wohnen / Wohnfläche pro Bewohner <34m². Ausgewogener Wohnungsmix. Ausreichend Wohnangebote für Familien

Standard

Die Bebauung nimmt Sichtachsen, Höhenbezüge und Anknüpfungspunkte der umgebenden Bebauung auf. Es findet eine Abstimmung mit übergeordneten Planungen / Planungszielen statt (Flächennutzungsplan, Stadtentwicklungskonzepte, Verkehrskonzepte usw.) Farb- und Materialkonzepte für die Verwendung von lokalen Materialline / regionalen Besonderheiten.

Methodik zur Bestimmung

Freiräume direkt dem Quartier zugeordnet. Allgemeine Freiräume und öffentliche Parkflächen fußläufig zu erreichbar. (< 350m)

Bezug zur DGNB

Die Zielsetzungen wurden weitgehend dem DGNB Kriterium SOC 1.6 Freiraum entnommen und um Erkenntnisse aus dem Planungs- / Entwicklungsprozess ergänzt. Dabei wurden diese in die drei Reglerstufen untergliedert.

Soziale Qualität



Eine soziale und funktionale Mischung ist für die soziale Qualität eines Quartiers von besonders hoher Relevanz, da hierdurch dauerhaft eine hohe soziale Qualität und Stabilität erreicht wird. Bezahlbaren Wohnraum zur Verfügung zu stellen, ist hierbei ein wichtiger Faktor.

NR.	NAME DES KRITERIUMS
26	Bezahlbarer Wohnraum
27	Soziale und funktionale Mischung
28	Soziale und erwerbswirtschaftliche Infrastruktur

Kriterium 26 | Soziale Qualität



Bezahlbarer Wohnraum

Ziel des Kriteriums

Schaffen eines möglichst hohen Anteils an bezahlbarem Wohnraum

Erläuterung

Die Förderquote bezieht sich auf Wohnungen, die nach dem Landeswohnraumförderungsprogramm gefördert werden. Unter ökonomischen Gesichtspunkten sind zwei Phasen zu unterscheiden:

1. Zeitraum der Zweckbindung: hier wird davon ausgegangen, dass die Mietreduzierung durch die Förderung „gedeckt“ wird.

2. Zeitraum nach Ablauf der Zweckbindung: Aufgrund der mietrechtlichen Vorgaben wird es über die Restlaufzeit gegenüber der marktüblichen Mieten einen Minderertrag geben. Vor allem in den Fällen in denen kein Mieterwechsel erfolgt. Dies ist bei ehemals geförderten Wohnungen sehr häufig der Fall, da die Mieter i.d.R. nur bei beruflichen oder familiären Veränderungen die bestehenden Mietverhältnisse kündigen. Für Investoren ergibt sich vielfach eine dauerhafte Reduzierung der Erträge. Kompensationsmöglichkeiten, z.B. ermäßigte Grundstückspreise wären hier wünschenswert.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Erreichen einer Förderquote von 50% und mehr

Ambition

Erreichen einer Förderquote von 35%

Standard

Erreichen einer Förderquote von 20%. Diese Förderquote entspricht oftmals der von Kommunen geforderten Sozialquote bei neuem Planungsrecht

Methodik zur Bestimmung

Zur Bestimmung der Punktzahl wird der Indikator „geförderte Wohnfläche bestimmt und mit dem Referenzwert (Standard 2023) verglichen.

Bezug zur DGNB

Der DGNB-Kriterienkatalog sieht kein eigenes Bewertungskriterium für geförderten Wohnraum vor.



Soziale und funktionale Mischung

Ziel des Kriteriums

Schaffen einer hohen sozialen und funktionalen Mischung im Quartier selbst und in direkter Umgebung

Erläuterung

Eine hohe soziale und funktionale Mischung ist wesentliche Grundlage für die Anpassungsfähigkeit eines Quartiers an den sozialen Wandel und die Vermeidung von Segregation und Gentrifizierung.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

soziale und funktionale Einbindung: bestehende soziale Strukturen werden in die neue Planung integriert
 Qualifizierung der sozialen Mischung: belebte Erdgeschosszonen (mehr als 50%),
 Möglichkeit neuer innovativer Wohnformen

Nutzungsanteil: prozentualer Anteil der Wohnnutzung zwischen 50 und 70% (anteilig an der BGF)

Ambition

soziale und funktionale Einbindung: bestehende soziale Strukturen im Quartier werden bei der Planung berücksichtigt
 Qualifizierung der sozialen Mischung: belebte Erdgeschosszonen (30-50%), neue Wohnformen (Generationenhäuser, etc.)

Nutzungsanteil: prozentualer Anteil der Wohnnutzung zwischen 30 und 50% (anteilig an der BGF)

Standard

soziale und funktionale Einbindung: bestehende soziale Strukturen im Umfeld werden bei der Planung berücksichtigt
 Qualifizierung der sozialen Mischung: belebte Erdgeschosszonen (10-30%), unterschiedliche Eigentums- und Wohnformen

Nutzungsanteil: prozentualer Anteil der Wohnnutzung zwischen 20 und 30% (anteilig an der BGF)

Methodik zur Bestimmung

Die jeweils vorgelagerte Stufe ist auch Inhalt der nächst höheren Stufe. Die Stufe Leuchtturm muss dementsprechend auch die Inhalte der Stufe „Standard“ und „Ambition“ enthalten. Es wird auf den vorgelagerten Stufen aufgebaut.

Bezug zur DGNB

Die Angaben sind in Anlehnung an das DGNB-Kriterium erfolgt. Im DGNB-Kriterienkatalog sind die Angaben jedoch konkreter benannt. Zu den Kernplanungsteams werden Disziplinen benannt, die im Team als Standard mitarbeiten sollen und auch bei den Planungsszenarien, -Varianten und bei den Verfahren zur Konzeptfindung werden konkrete Beispiele genannt.



Soziale und erwerbswirtschaftliche Infrastruktur

Ziel des Kriteriums

Erreichen einer guten, in ein gesamtstädtisches Konzept eingebundene Versorgung der Nutzer des Quartiers.

Erläuterung

Soziale und erwerbswirtschaftliche Einrichtungen steigern das Wohlbefinden durch kurze Wege und beleben ein Quartier durch eine stärkere Nutzung des öffentlichen Raumes. Gleichzeitig wird durch die Reduzierung und Verlagerung des Verkehrs der Ausstoß der Emissionen reduziert.

Insgesamt wird die Wertstabilität des Quartiers aufgrund der Steigerung der Attraktivität für Nutzer und Bewohner erhöht.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Verfügbarkeit von Angeboten für die Öffentlichkeit, die über die Kernnutzung hinausgehen.

Ambition

soziale Infrastruktur: naheliegende weiterführende oder berufsbildende Schulen;
 erwerbswirtschaftliche Infrastruktur: Handels-/Zentrenkonzept, in welches das Quartier/der Standort eingebunden ist; gastronomische Angebote und sonstige Dienstleistungen (Banken, Post, etc.)

Standard

soziale Infrastruktur: Bildungseinrichtungen (Kundenbetreuung und Grundschule) in kurzer Entfernung (350 m); erwerbswirtschaftliche Infrastruktur: Angebote von Gütern des täglichen Bedarfs vor Ort vorhanden; Dienstleistungsangebote (Paketstation, Friseur, etc.)

Methodik zur Bestimmung

Die jeweils vorgelagerte Stufe ist auch Inhalt der nächst höheren Stufe. Die Stufe Leuchtturm muss dementsprechend auch die Inhalte der Stufe „Standard“ und „Ambition“ enthalten. Es wird auf den vorgelagerten Stufen aufgebaut.

Bezug zur DGNB

Die Angaben sind in Anlehnung an das DGNB-Kriterium erfolgt. Im DGNB-Kriterienkatalog sind die Angaben jedoch konkreter benannt. Zu den Kernplanungsteams werden Disziplinen benannt, die im Team als Standard mitarbeiten sollen und auch bei den Planungsszenarien, -Varianten und bei den Verfahren zur Konzeptfindung werden konkrete Beispiele genannt.

Prozessqualität



Um eine hohe Prozessqualität zu erreichen, müssen verschiedene Kriterien berücksichtigt werden. Neben der Planung und der Bauausführung soll mit Blick auf die Quartiersbewohner*innen v.a. auch die Nutzungsphase optimiert werden.

Die nachfolgend betrachteten Kriterien beziehen sich auf die Einhaltung von Kosten und Terminen bei gleichzeitiger Sicherung der Qualität der Entwicklung, auf den Austausch der unterschiedlichen Fachdisziplinen und deren Wechselwirkungen. Gleichzeitig werden die Einbindung und Beteiligung von Betroffenen und weiteren Akteuren zur Schaffung von Akzeptanz und Verständnis für die Planung fokussiert und auch hinsichtlich einer Verstetigung die Identifikation mit dem Quartier und die Förderung bürgerschaftlichen Engagements sowie nachbarschaftliches Miteinander thematisiert.

NR.	NAME DES KRITERIUMS
29	Projektmanagement
30	integrale Planung
31	Partizipation
32	Governance

Den Kriterien integrale Planung und Partizipation werden im Themenfeld Prozessqualität eine besonders hohe Relevanz beigemessen. Eine erfolgreiche Partizipation schafft weitreichende Voraussetzungen für die unter Gouvernance formulierten Zielsetzungen. Eine ganzheitliche integrale Planung stellt besondere Anforderungen an das Projektmanagement und bildet die Grundlage für eine qualitätsvolle nachhaltige Planung.

Kriterium 29 – Prozessqualität



Projektmanagement

Ziel des Kriteriums

Sicherung von Qualitäten, Kosten und Terminen bei der Entwicklung des Quartiers.

Erläuterung

Ressourceneffizienz ist ein Aspekt, der ebenso wie alle weiteren Aspekte hinsichtlich der gewünschten Qualität zu definieren und im Rahmen der Realisierung und idealerweise der Bewirtschaftung zu prüfen ist. Teil dieser Überprüfung sind die ebenfalls die Kosten.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Informationen und Daten sind in einem gemeinsamen Datenmodell (auch für Bewirtschaftung) hinterlegt (BIM).

Ambition

Es wurde eine Folgekostenberatung bzw. -betrachtung durchgeführt. Es ist eine verbindliche Kostenstruktur festgelegt, die eine nutzungsgerechte Kostenzuordnung und eine Aggregation auf einer übergeordneten Ebene zulässt (z.B. Struktur nach DIN 276 mit zusätzlicher projektbezogener Untergliederung). Qualitäten werden regelmäßig überprüft und dokumentiert.

Standard

Vorhandensein einer Wirtschaftlichkeitsberechnung (Kosten-/Einnahmehbetrachtung) und Überprüfung während der Realisierungsphase. Es wird eine Projektsteuerung durchgeführt. Qualitäten (ökologisch, ökonomisch und sozial (auch Ressourceneffizienz)) werden definiert.

Methodik zur Bestimmung

Die jeweils vorgelagerte Stufe ist auch Inhalt der nächst höheren Stufe. Die Stufe Leuchtturm muss dementsprechend auch die Inhalte der Stufe „Standard“ und „Ambition“ enthalten. Es wird auf den vorgelagerten Stufen aufgebaut.

Bezug zur DGNB

Die Angaben sind in Anlehnung an das DGNB-Kriterium erfolgt. Im DGNB-Kriterienkatalog sind die Angaben jedoch konkreter benannt. Zu den Kernplanungsteams werden Disziplinen benannt, die im Team als Standard mitarbeiten sollen und auch bei den Planungsszenarien, -Varianten und bei den Verfahren zur Konzeptfindung werden konkrete Beispiele genannt.



Integrale Planung

Ziel des Kriteriums

Schaffen einer hohen sozialen und funktionalen Mischung im Quartier selbst und in direkter Umgebung

Erläuterung

Eine hohe soziale und funktionale Mischung ist wesentliche Grundlage für die Anpassungsfähigkeit eines Quartiers an den sozialen Wandel und die Vermeidung von Segregation und Gentrifizierung.

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

soziale und funktionale Einbindung: bestehende soziale Strukturen werden in die neue Planung integriert
Qualifizierung der sozialen Mischung: belebte Erdgeschosszonen (mehr als 50%), Möglichkeit neuer innovativer Wohnformen

Nutzungsanteil: prozentualer Anteil der Wohnnutzung zwischen 50 und 70% (anteilig an der BGF)

Ambition

soziale und funktionale Einbindung: bestehende soziale Strukturen im Quartier werden bei der Planung berücksichtigt
Qualifizierung der sozialen Mischung: belebte Erdgeschosszonen (30-50%), neue Wohnformen (Generationenhäuser, etc.)

Nutzungsanteil: prozentualer Anteil der Wohnnutzung zwischen 30 und 50% (anteilig an der BGF)

Standard

soziale und funktionale Einbindung: bestehende soziale Strukturen im Umfeld werden bei der Planung berücksichtigt
Qualifizierung der sozialen Mischung: belebte Erdgeschosszonen (10-30%), unterschiedliche Eigentums- und Wohnformen

Nutzungsanteil: prozentualer Anteil der Wohnnutzung zwischen 20 und 30% (anteilig an der BGF)

Methodik zur Bestimmung

Die jeweils vorgelagerte Stufe ist auch Inhalt der nächst höheren Stufe. Die Stufe Leuchtturm muss dementsprechend auch die Inhalte der Stufe „Standard“ und „Ambition“ enthalten. Es wird auf den vorgelagerten Stufen aufgebaut.

Bezug zur DGNB

Die Angaben sind in Anlehnung an das DGNB-Kriterium erfolgt. Im DGNB-Kriterienkatalog sind die Angaben jedoch konkreter benannt. Zu den Kernplanungsteams werden Disziplinen benannt, die im Team als Standard mitarbeiten sollen und auch bei den Planungsszenarien, -Varianten und bei den Verfahren zur Konzeptfindung werden konkrete Beispiele genannt.



Partizipation

Ziel des Kriteriums

Schaffen von Akzeptanz und Verständnis für Planung durch frühzeitige Einbindung, Transparenz und Wissensaustausch sowie hohe Identifikation der Betroffenen und Akteure mit dem Gebiet/Quartier.

Erläuterung

Form und Ablauf der Beteiligung sind individuell in Abhängigkeit des Beteiligungsgegenstandes und der zu beteiligenden Akteure/Zielgruppen zu bestimmen

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Verstetigung von Strukturen zum Fördern von sozialen Netzwerken/Nachbarschaften durch: - Kontinuierliche aktive Beteiligung eines festen, möglichst repräsentativen Personenkreises, unter Einbindung unmittelbar Betroffener, bei der Mitgestaltung der Prozessstruktur und/oder von Beteiligungsangeboten/-formaten. Personenkreis fungiert als Multiplikator/Bindeglied zwischen Betroffenen/Öffentlichkeit und Entscheidungsträgern.

Installieren einer festen Anlaufstelle, möglichst vor Ort zum selbstbestimmten Austausch (z.B. Treffpunkt, Quartiersbüro) und/oder - Gemeinschaftliche (Betroffene/Öffentlichkeit und Entscheidungsträger) Umsetzung von temporären Projekten/Maßnahmen mit dem Ziel, diese mit Blick auf ihre künftige Akzeptanz/Tauglichkeit zu testen („Reallabore“ auch zur niederschweligen Vermittlung komplexer Themen mit Fokus auf Nachhaltigkeitsaspekte/-standards) und bewährte Projekte/Maßnahmen dauerhaft zu etablieren

Ambition

Prozessbegleitender Dialog mit Fachplanung auf unterschiedlichen Betrachtungs-/Planungsebenen (Kooperation/Mitgestaltung) zur Stärkung der Identifikation mit dem Quartier/Gebiet. Anwendung differenzierter niederschwelliger sowie aktivierender Beteiligungsformate (z.B. gemeinsame Ortsbegehung/Spaziergang, Quartierscafé, Mitmachaktionen, Arbeitskreis, Foren, Werkstätten) und/oder punktuelle Einbindung von Bürger*innen bei wettbewerblichen Verfahren (z.B. Mitwirkung im Preisgericht). Transparente Darstellung des Einflusses der Anregungen aus Beteiligungsangeboten zur Quartiers-/Gebietsentwicklung

Standard

Frühzeitige Beteiligung unmittelbar betroffener Personenkreise/Akteursgruppen über die reine Information hinaus, zur Klärung und Abstimmung der Entwicklungsziele sowie der Rahmenbedingungen (Konsultation) für eine soziale und ökologische Entwicklung des Quartiers/Gebiets (u.a. Berücksichtigung von Bedürfnissen künftiger Bewohner*innen/Nutzer*innen). Herstellen von Transparenz durch kontinuierliche Information/Dokumentation

Methodik zur Bestimmung

Die jeweils vorgelagerte Stufe ist auch Inhalt der nächst höheren Stufe. Die Stufe Leuchtturm muss dementsprechend auch die Inhalte der Stufe „Standard“ und „Ambition“ enthalten. Es wird auf den vorgelagerten Stufen aufgebaut.

Bezug zur DGNB

Im DGNB-Katalog werden Zielgruppen je nach Projektphase, Betrachtungsebenen und Beteiligungsgrad sowie nach Art des Projektes (u.a. Werksgelände) unterschieden. Zudem werden konkrete Beteiligungsformen benannt. Davon wird im Reglerplan abgewichen. Die Beteiligungsgrade werden nicht detailliert nach Projekttyp und - Phase aufgeschlüsselt. Der Reglerplan hält sich vor konkrete Beteiligungsformate zu benennen, da diese an die jeweilige Struktur der Betroffenen angepasst werden muss. Ein Mix unterschiedlicher Beteiligungsformate über den gesamten Prozess kann erfolgversprechend sein. Beteiligung während Nutzungsphase wird im Reglerplan nicht fokussiert, es wird lediglich die Verstetigung als Ziel festgehalten und Maßnahmen zur Erreichung dieses Ziels formuliert. Eine prozentuale Einstufung, inwiefern Anregungen aus der Partizipation im Verfahren eingebracht wurden, wurde ebenfalls nicht übernommen.



Governance

Ziel des Kriteriums

Fördern von bürgerschaftlichem Engagement und Miteinander im Quartier/Gebiet zur Verstärkung von sozialen Netzwerken und langfristige Stärkung nachbarschaftlicher Strukturen

Erläuterung

Governance beschreibt im weitestgehenden Sinne gemeinschaftliche Steuerungs- und Organisationsstrukturen, die eine nachhaltige Entwicklung des Quartiers langfristig gewährleisten

UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtturm

Finanzielle Anreizsysteme/Unterstützung über staatliche Förderung hinaus zur Umsetzung sozialer und ökologischer Projekte im Quartier/Gebiet (Förderprogramme, vergünstigte Kredite). Ermöglichen selbstverwalteter Strukturen und/oder sozialer Initiativen durch finanzielle und organisatorische Unterstützung (Nutzung/Managen von Gemeinschaftsräumen/Einrichtungen z.B. Werkstatt, Sharingangebote z.B. E-/Lasten-Bikes)

Ambition

Einrichten eines Quartiers- bzw. Gebietsmanagements; Transparente Kriterien zur Grundstücksvergabe mit Fokus auf Nachhaltigkeit und Verteilungsgerechtigkeit (nicht der/die Höchstbietende bekommt Zuschlag, sondern der/die mit nachhaltigstem Konzept) und/oder Umsetzung von ökologisch- und sozialorientierten Projekten im Quartier/Gebiet als Impuls für die Quartiers-/Gebietsentwicklung

Standard

Projektorganisation für Quartiers-/Gebietsentwicklung innerhalb der kommunalen Verwaltung mit kurzen Entscheidungswegen / bei privaten Entwicklungen ist Kommune effektiv an Realisierung und Projektleitung beteiligt, und Beratung von zukünftigen Bewohner*innen/Nutzer*innen

Methodik zur Bestimmung

Die jeweils vorgelagerte Stufe ist auch Inhalt der nächst höheren Stufe. Die Stufe Leuchtturm muss dementsprechend auch die Inhalte der Stufe „Standard“ und „Ambition“ enthalten. Es wird auf den vorgelagerten Stufen aufgebaut.

Bezug zur DGNB

DGNB Kriterium PRO 1.9. Der Indikator 2.1 „Projektorganisation“ wird nicht in unterschiedliche Grade unterteilt.

Projektbeteiligte

	Verbundpartner im Projekt	Bearbeitete Kriterien
 Stadtsiedlung Heilbronn	Stadtsiedlung Heilbronn GmbH	Prozessqualität und Soziale Qualität
 architekturagentur Stuttgart	architekturagentur Stuttgart	Räumliche Gestaltung
 iswa	Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft	Wasser
 ifeu INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG	ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH	Ressourceneffizienz
 Netzwerk für Planung und Kommunikation Bürogemeinschaft Sippel Buff	Netzwerk für Planung und Kommunikation Bürogemeinschaft Sippel Buff	Prozessqualität

BOHEI - Bolzstraße Heilbronn, Das Quartier um die Bolzstraße stellt sich neu auf - integrierte ressourceneffiziente Stadtentwicklung im Heilbronner Süden

Das Forschungsvorhaben „BOHEI“ ist eines von insgesamt 12 Verbundforschungsvorhaben, die sich im Rahmen der Förderrichtlinie „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z) mit den Themen Wasserwirtschaft, Flächennutzung und Stoffstrommanagement beschäftigen.

Koordinator:in:

Stadtsiedlung Heilbronn GmbH

Laufzeit:

01.03.2019-31.05.2022

Projektwebsite:

bohei-stadtsiedlung.de



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Bildung und Forschung



Datum der Veröffentlichung

Mai 2022

Gestaltung

Ulrike von Gemmingen - Kommunikationsgestaltung

