

Studie:

Ressourceneffizienz und Kreislauffähigkeit von Verkehrsflächen für zukunftsfähige Quartiere

Durchgeführt im Rahmen des Forschungsvorhabens **ReBAU**.

Bearbeitung:



Bimolab gGmbH
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Harald Kurkowski
Am Kuhfuß 21
D-59494 Soest

in Abstimmung und Mitarbeit des **ReBAU-Teams**:



Greta Baum, B.Sc. RWTH Architektur
Janika Ketzler, M.Sc. RWTH Architektur
Magdalena Zabek, M.Sc. RWTH Architektur

Untersuchungszeitraum: 01.01.2021 bis 08.08.2022

Datum des Berichtes: August 2022

Studie Nr.: ReBau-001-08-2022 (134 Seiten mit Anhang)

gefördert durch:



Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Zusammenfassung

ReBAU steht für einen Paradigmenwechsel: weg vom reinen Energiesparen, hin zu einem umfassenden Ressourcen- und Klimaschutz im Bauwesen. Statt sich nur auf die Betriebsphase von Gebäuden zu konzentrieren, wird die gesamte Wertschöpfungskette im Bauwesen in den Blick genommen. Denn durch intelligenten Ressourceneinsatz und Prinzipien der "Circular Economy" lassen sich CO₂-Emissionen, Rohstoffverbrauch und Primärenergiebedarf auf ein Minimum reduzieren. Durch die Umsetzung dieser Prinzipien leistet ReBAU einen wesentlichen Beitrag zu einer neuen Baukultur.

ReBAU entwickelt eine ressourceneffiziente und kreislaufgerechte Siedlung im Rheinischen Revier in Kooperation mit der Gemeinde Inden. In Schophoven, an der voraussichtlichen Uferkante des Indesees, wird ein prototypisches Quartier entstehen (ca. 2,5 ha), das als Modell für andere Siedlungen dienen soll. Hier werden an einer baulichen Realisierung des Quartiers und einer Übertragbarkeit der Planungsprinzipien auf andere Standorte im Rheinischen Revier gearbeitet. Im Rahmen dieser zukunftsweisenden Quartiersplanung wurde die vorliegende Studie:

Ressourceneffektivität und Kreislauffähigkeit von Verkehrsflächen für zukunftsfähige Quartiere

erarbeitet und bildet für die Erstellung eines allgemeinen Leitfadens im ReBAU-Projekt für die multifunktionale Quartiersplanung eine Grundlage.

Durch die Studie wird gezeigt, wie eine ressourceneffiziente und kreislaufgerechte Quartiersplanung auf allen Ebenen funktionieren kann. Hierbei werden neben dem Hochbau, dem Städtebau auch die Erschließung, die Freiflächen in die Überlegungen mit einbezogen und Planungsprinzipien ausgearbeitet. So wird später aufbauend ein Leitfaden für eine ganzheitliche Quartiersplanung entstehen.

Für den Einsatz von mineralischen RC-Baustoffen gibt es ein umfangreiches, geschlossenes straßenbautechnisches Regelwerk, welches die Bemessung der Schichten, die Güteüberwachung und deren Anforderungen an die zu verwendenden Gesteinskörnungen/Gesteinskörnungsgemische und den Einbau regelt. Zum Einsatz können natürliche, künstliche oder rezyklierte Gesteinskörnungen gleichwertig kommen.

Die derzeitigen geltenden Regelwerke der FGSV für den Bau von Verkehrsflächen, die auch für den Bau von Verkehrsflächen für Quartiere angewandt werden können, lassen heute schon die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen/RC-Baustoffe in großen Mengen zu. Das dient für den Bau von zukunftsfähigen Verkehrsflächen der Ressourcenschonung, der Ressourceneffektivität und der Kreislauffähigkeit der verwendeten Baustoffe und Bauweisen.

Diese Studie kann aufgrund des Umfangs und der Komplexität der Aufgabenstellung Hinweise liefern für den Bau von zukunftsfähigen Quartieren liefern, die durch weitere Analysen im Planungsprozess eines jeden neuen Quartiers jeweils kontrovers analysiert und diskutiert werden müssen, um möglichst alle Einflussfaktoren für das jeweilige zu planende Quartier mit zu berücksichtigen. Des Weiteren ist für eine Validierung noch eine umfangreiche Forschungs- und Entwicklungstätigkeit notwendig, um dieser multifunktionalen Aufgabenstellung gerecht zu werden.

Die Studie nimmt dabei Bezug auf das umfangreiche Regelwerk für den Straßenbau, welches vielfältige verschiedene Baustoffe in anforderungsgerechten Schichtstärken im Oberbau von Verkehrsflächen unterschiedlich nutzt. In der Studie werden die analysierten Bauweisen in konventionelle, mit Verwendung einer Asphaltfundationsschicht - um eine möglichst hohe

Asphaltgranulatzugabe zu ermöglichen und versickerungsfähiger (wasserdurchlässigen) Bauweisen gegliedert. Diese im Regelwerk enthaltenen Bauweisen werden in der Praxis sehr unterschiedlich genutzt, wobei bisher meist die Wirtschaftlichkeit den Ausschlag für deren Anwendung gab. Diese Fokussierung auf eine Eigenschaft gehört der Vergangenheit an, weitere kreislaufrelevante Einflussfaktoren werden die Wahl der Bauweise zukünftig komplexer machen. Hierfür sind für die Praxis neue umfangreiche Erfahrungen zu sammeln.

Für das geplante Quartier in Inden Schophoven, Bartholomäus Pfädchen wird empfohlen folgende Bauweisen vergleichend in der Praxis anzuwenden und wissenschaftlich zu begleiten, um weitere Planungserkenntnisse zu sammeln.

Grundsätzlich sollte bei der Gestaltung der Flächen als Referenz eine konventionelle Bauweise nach RStO [RStO 12] zur Anwendung kommen. Z.B.:

3. Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschutzschicht

(siehe Tabelle 11). Falls eine fugenlose Bauweise zur Anwendung kommen soll, eignet sich auch die Bauweise 1. oder 2. mit Asphaltdecke.

Als besonders ressourcenschonende Bauweise würden sich die Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau

6. Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum

10. Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum

anbieten. Das wäre ebenfalls eine fugenlose und wasserdichte Bauweise. Als wasserdurchlässige Bauweise eignen sich insbesondere für eine Anwendung bei der Belastungsklasse $B_k < 0,3$ die Bauweisen:

14. Asphaltdecke für $B_k 0,3$, auf Schottertragschicht oder

15. Asphaltdecke für $B_k 0,3$ und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht

zur Anwendung.

Gerade aber bei Quartieren sollten wasserdurchlässige Bauweisen auch bis zur Belastungsklasse $B_k 1,8$ angewendet werden, um weitere Erfahrung mit diesen Bauweisen zu sammeln. Grundsätzlich gilt bei diesen Empfehlungen, dass die zu wählenden Schichtdicken auch abweichend von den Regelwerken bei regionaler Bewährung zu den Bauweisen festgelegt werden können.

Inhalt

Zusammenfassung	2
Inhalt	4
1. Einführung	5
1.1 Hintergrund zur Studie	5
1.1.1 Situation	5
1.1.2 Das ReBAU Projekt: Regionale Ressourcenwende in der Bauwirtschaft	7
1.1.3 Rheinisches Revier	7
1.1.4 Das Zukunftsquartier	7
1.2 Regelwerke bei der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV ..	11
1.2.1 Abfallwirtschaftliche und politische Bedeutung	11
1.2.2 Regelwerke der FGSV im Überblick	14
1.2.3 Beispiel: Tragschichten ohne Bindemittel	15
1.2.4 Güteüberwachung bei Annahme, Aufbereitung, Lagerung und Verwendung von RC-	
Baustoffen	17
1.2.5 Umweltechnische Eigenschaften	18
1.3 Definition: Ressourceneffektivität und Kreislauffähigkeit von Verkehrsflächen für	
zukunftsfähige Quartiere	19
1.4 Vorgehensweise: Ressourceneffizienz auf Quartiersebene planen und umsetzen	20
2. Bauweisen für ein Quartier gemäß FGSV-Regelwerken	21
2.1 Konventionelle Bauweisen gemäß RStO	21
2.2 Bauweisen gemäß M AFS-H – mit Asphaltfundationsschicht	27
2.3 Bauweisen gemäß M VV – versickerungsfähige Bauweisen	29
3. Analyse der gewählten FGSV-Bauweisen	33
3.1 Wahl der analysierten Bauweisen und ihre Vergleichbarkeit	36
3.2 Bauweise, Ressourceneffektivität und Kreislauffähigkeit	38
3.3 Analyse der Kreislauffähigkeit – Input und Output, Raumdichte und Stoffkosten	39
3.4 Analyse der gewählten Bauweisen	47
5.1 Konventionelle Bauweisen gemäß RStO 12 [RStO 2012]	52
5.2 Bauweisen mit Asphaltfundationsschicht gemäß M AFS-H [M AFS-H 2020]	52
5.3 Versickerungsfähige Bauweisen gemäß M VV [M VV 2013]	53
6.1 Zusammenfassende Bewertung nach den ReBAU-Kriterien	92
6.2 Erfolgversprechende Verkehrsflächenaufbauten für Quartiere	94
7.1 Inhalte des Forschungs- und Entwicklungsprojektes	97
7.2 Anwendung der BGS-Toolbox für die Planung eines Quartiers	97
7.3 Anwendung der Toolboxes für das Zukunftsquartier im Plangebiet Inden, Bartholomäus	
Pfädchen	99
8. Forschung und Entwicklung/Real Labor für Quartiere	103
8.1 Forschungs- und Entwicklungsprojekte für Verkehrsflächenaufbauten	103
8.2 Forschungs- und Entwicklungsprojekte für Baumstandorte mit Regenwassernutzung	
von Verkehrsflächen und Gebäuden	103
8.3 Forschungs- und Entwicklungsprojekt PU-Beton als wasserdurchlässige	
Verkehrsflächenbauweise	104
9. Empfehlungen für die Ausschreibung Schophoven, Bartholomäuspädchen	105
9.1 Hinweise und Anregungen für den recyclinggerechten Bau der Verkehrsflächen und der	
Regenwassernutzung/ Entwässerungsplanung	105
9.2 Hinweise und Anregungen für Grünflächen und zur Regenwassernutzung	106
LITERATURVERZEICHNIS	108
BILDVERZEICHNIS	111
TAFELVERZEICHNIS	113

1. Einführung

1.1 Hintergrund zur Studie

1.1.1 Situation

Mineralische Recycling-Baustoffe werden in Deutschland schon seit vielen Jahren eingesetzt. Seit 1985 ist für deren Einsatz im Erd- und Straßenbau ein umfangreiches Regelwerk entstanden, welches gemäß dem Stand der Technik immer wieder aktualisiert wird. Damit können rezyklierte Gesteinskörnungen, auch Recycling-Baustoffe (RC-Baustoffe) genannt, gleichwertig zu natürlichen oder künstlichen Gesteinskörnungen (industrielle Nebenprodukte) im Erd- und Straßenbau verwendet werden.

In Deutschland werden jährlich ca. 60 Mio. t RC-Baustoffe (ohne Boden) an ca. 2000 Bauschuttzubereitungsanlagen hergestellt. Ein enormes Potential, welches aus Ressourcensicht noch besser (hochwertiger) genutzt werden könnte. Ein großer Teil des Bauschutts wird zerkleinert und im Rahmen von Baumaßnahmen u.a. für Verfüllungen im Erdbau verwertet. Diese Art der Verwendung wird oft mit dem Begriff „Down Cycling“ umschrieben und entspricht daher sinngemäß keinem „hochwertigen Recycling“. Die „Recycling-Baustoffe“ werden hier in stofflich gemischter Form mittels einfachster Aufbereitungstechnologie lediglich dem Erdbau wieder zugeführt. Ehemals wertvolle Roh- oder Baustoffe werden damit dem hochwertigen, meist sortenreinen Verwertungsmöglichkeiten im Bauwesen, entzogen.

Qualitativ hochwertig aufbereitete Recycling-Baustoffe werden im Straßenoberbau beispielsweise als Tragschicht ohne Bindemittel (Frostschuttschicht) mit definierten Qualitätskriterien und Güteüberwachung produziert und eingesetzt. Seit Bestehen der RC-Industrie hat sich aus Sicht des Verfassers in den letzten drei Jahrzehnten an dieser Ausgangslage in der Praxis aus Qualitäts- und Wirtschaftlichkeitsgründen nur wenig geändert.

Die Anwendung von RC-Baustoffen ist komplex, da neben den bautechnischen Eigenschaften auch die jeweiligen umweltrechtlichen Anforderungen für deren Einsatz beachtet werden müssen. Während es für die bautechnischen Anforderungen schon früh bundesweite Regelungen, auf der Basis unterschiedlicher Regelwerke und später deutscher oder europäischer Normen gab, waren die umwelttechnischen Anforderungen bisher uneinheitlich in Vorschriften der einzelnen Bundesländer in Deutschland enthalten. Sie unterscheiden sich daher bisher, was die Anwendung von RC-Baustoffen in den einzelnen Bundesländern insbesondere an Landesgrenzen von Deutschland schwierig gestaltete. Dieser Nachteil soll nun durch die langjährig erarbeitete „Ersatzbaustoffverordnung“ nach einer Übergangsfrist der Einführung von zwei Jahren gelöst werden.

Dabei ist Umweltrecht Landesrecht, was in den letzten Jahrzehnten zu dieser uneinheitlichen Ausgangslage bei der Verwendung von RC-Baustoffen geführt hat. Mineralische Recycling-Baustoffe werden rechtlich aus Abfällen hergestellt - Abfälle, die im Besten Fall rechtlich wieder zu Produkten werden können.

Der Umgang mit mineralischen Abfällen/RC-Baustoffen ist im Kreislaufwirtschaftsgesetz geregelt. Hier stehen die hochwertige Wiederverwendung von Abfällen und der Schutz von natürlichen Ressourcen (z.B. Kies und Sand aus Kies- und Sandbetrieben oder gebrochene Gesteinskörnungen aus dem Steinbruch), die Ressourceneffektivität und das Einsparen von Deponievolumen im Mittelpunkt des Gesetzes. Bei der Verwertung von RC-Baustoffen im Erd- und Straßenbau sind innerhalb der gesetzlichen Regelungen insbesondere auch die Schutzgüter Boden und Wasser über die jeweiligen umwelttechnischen Regelwerke (Bodenschutzgesetz, Wasserhaushaltsgesetz und zukünftig Ersatzbaustoffverordnung) zur Einhaltung der Umweltverträglichkeit zu beachten.

Die Bestrebungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes mineralische Abfälle der Verwertung zuzuführen und nicht der Deponie, sind spätestens seit Inkrafttreten im Jahr 1996 im vollen Gange. Im Spannungsfeld des Einsatzes von RC-Baustoffen - der Abwägung der Schutzgüter Boden, Wasser und Gesundheit aus dem zum Kreislaufwirtschaftsgesetz gleichrangigen Umweltrecht – sind im Laufe der letzten Jahrzehnte die einzuhaltenden Regeln immer komplexer geworden. Das wird sich wahrscheinlich auch mit Inkrafttreten der Ersatzbaustoffverordnung zukünftig nicht ändern. Planende von Bauvorhaben müssen diese Komplexität im Vergleich zum einfacheren Einsatz natürlicher Rohstoffe/Baustoffe kennen, damit diese kein Hindernisgrund sind für die Verwendung von RC-Baustoffen.

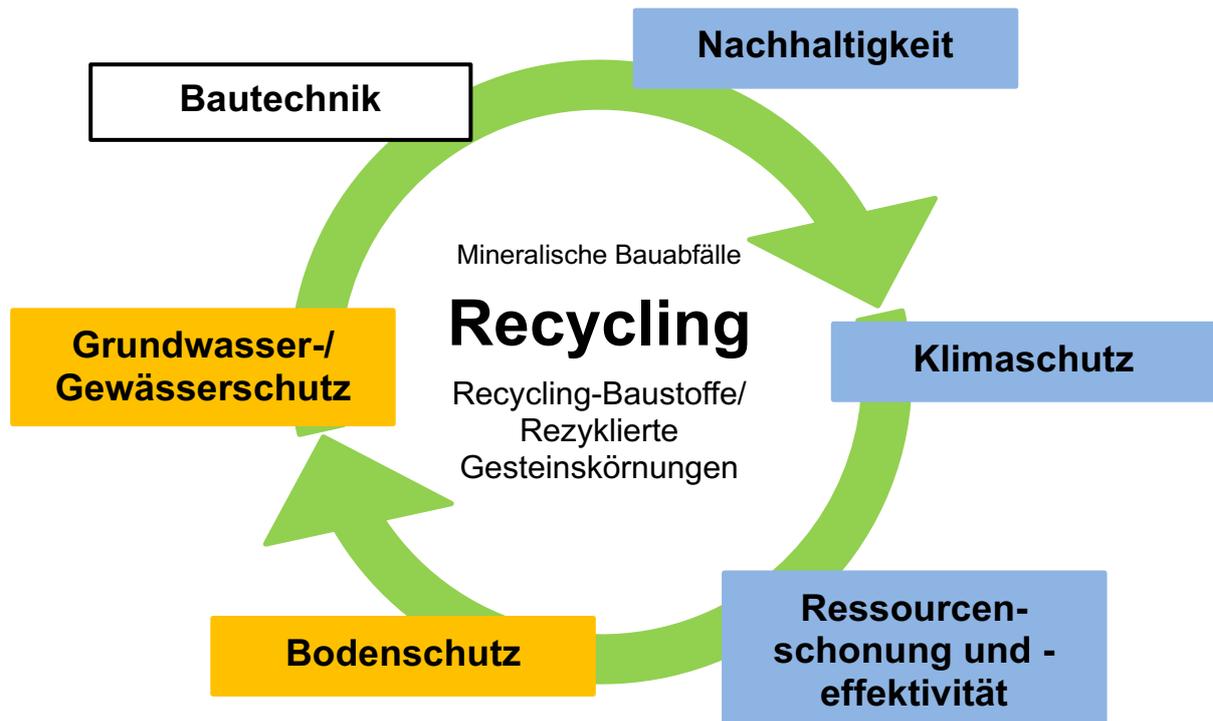


Bild 1: Spannungsfeld Einsatz von RC-Baustoffen, Quelle: Harald Kurkowski, Bimolab gGmbH

Heute setzt die Klimaverschiebung mit ihren Auswirkungen auf die Temperatur, das Wetter und so unsere Erde weitere Maßstäbe und bewirkt politisch, dass wir spätestens bis 2050 klimaneutral agieren müssen (Green deal). Damit sind umfangreiche Änderungen in unserem täglichen Leben und für unsere Wirtschaft zu erwarten und im vollen Gang.

Diese politischen Weichenstellungen haben auch Auswirkungen auf den verstärkten Einsatz von mineralischen Recycling-Baustoffen auf hohem Wiederverwendungsniveau und der verstärkt gewünschten Ressourceneffizienz.

1.1.2 Das ReBAU Projekt: Regionale Ressourcenwende in der Bauwirtschaft

ReBAU steht für einen Paradigmenwechsel: weg vom reinen Energiesparen, hin zu einem umfassenden Ressourcen- und Klimaschutz im Bauwesen. Statt sich nur auf die Betriebsphase von Gebäuden zu konzentrieren, wird die gesamte Wertschöpfungskette im Bauwesen in den Blick genommen. Denn durch intelligenten Ressourceneinsatz und Prinzipien der "Circular Economy" lassen sich CO₂-Emissionen, Rohstoffverbrauch und Primärenergiebedarf auf ein Minimum reduzieren. Durch die Umsetzung dieser Prinzipien leistet ReBAU einen wesentlichen Beitrag zu einer neuen Baukultur. Mit der Etablierung eines Kompetenzzentrums für eine Regionale Ressourcenwende im Bauwesen betrachtet das Projekt den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden, verbindet diesen mit zirkulärer Wertschöpfung (kreislaufgerechte Bauprodukte) nutzt digitale Möglichkeiten (Rohstoffbörse) und mobilisiert Expertisen aus Wirtschaft, Forschung und Entwicklung sowie Kreisen und Kommunen. Ein Innovations-Scouting sorgt für grundlegend neuartige Bauweisen und unterstützt Bauende und Planende im Rheinischen Revier bei der Entwicklung und Umsetzung innovativer Technologien. Mit einer Vorplanung für ein prototypisches Quartier wird eine ressourceneffiziente und kreislauffähige Siedlungsplanung im Rheinischen Revier umgesetzt. Diese Schritte helfen der Bauwirtschaft in Nordrhein-Westfalen, eine Vorreiterrolle im umweltschonenden Bauen einzunehmen. ReBAU mobilisiert so bislang kaum wahrgenommene Innovationspotenziale für kostenneutralen Klimaschutz durch Ressourceneffizienz und zirkuläre Wertschöpfung im Bauwesen.

1.1.3 Rheinisches Revier

Mit rund 44.000 Arbeitsplätzen und 1,2 Milliarden Euro Umsatz ist der Bausektor im Rheinischen Revier von enormer Bedeutung. Gleichzeitig bestehen hinsichtlich Rohstoff- und Energieverbrauch, CO₂-Emissionen sowie den bisherigen Abfallmengen große Handlungspotenziale. Dazu kommt die Besonderheit, dass im Zuge des Strukturwandels zunehmend regional wirksame Projekte im Revier stattfinden.

Das ReBAU-Projekt bezieht sich vorrangig auf den Tätigkeitsbereich der „Zukunftsagentur Rheinisches Revier“. Von hier ausgehend soll der Strukturwandel gemeinsam im Sinne einer langfristig tragbaren Standortentwicklung gestaltet werden. In den Kreisen und kreisfreien Städten der Gesellschafter der Zukunftsagentur leben rund 2,4 Millionen Menschen. Gleichzeitig weisen die umgebenden Großstädte Aachen, Düsseldorf, Köln und Mönchengladbach deutliche Wachstumsdynamiken auf. Im Kernbereich des Rheinischen Reviers zeichnet sich eine Transformation von einer Tagebau- zu einer Seen- und Innovationslandschaft ab, die in gewisser Weise die umgebenden Ballungsräume entlasten kann. Dieses wird vor Ort Neubau- und Sanierungsprojekte in erheblichem Ausmaß erfordern. Eine effektive Nutzung von sekundären mineralischen Rohstoffen aus dem anthropogenen Lager zur Schließung des Materialkreislaufs im Bausektor – bei gleichzeitiger Schonung natürlicher Lagerstätten und wertvoller Flächen durch mehr Ressourceneffizienz – ist unabdingbar. Das ReBAU-Projektteam und sein wachsendes Netzwerk haben es sich entsprechend zur Aufgabe gemacht, einen wichtigen Beitrag zu leisten und neuen Ideen Raum zu geben.

1.1.4 Das Zukunftsquartier

ReBAU entwickelt eine ressourceneffiziente und kreislauffähige Siedlung im Rheinischen Revier in Kooperation mit der Gemeinde Inden. In Schophoven, an der voraussichtlichen Uferkante des Indesees, wird ein prototypisches Quartier entstehen (ca. 2,5 ha), das als Modell für andere Siedlungen dienen soll. Hier werden an einer baulichen Realisierung des Quartiers und einer Übertragbarkeit der Planungsprinzipien auf andere Standorte im Rheinischen Revier gearbeitet.

Dabei wird auf das Konzept der bestehenden Klimaschutzsiedlungen der EnergieAgentur NRW sowie den beiden Faktor X-Mustersiedlungen aufgebaut. Ziel ist es, Ressourceneffizienz und Kreislaufführung in eine neue Generation der Klimaschutzsiedlungen zu integrieren und so Klima- und Ressourcenschutz lebenszyklusweit zu verstehen.



Bild 2: Vision Indesee, HH Vision, Quelle: Entwicklungsgesellschaft Indeland GmbH



Bild 3: Plangebiet Zukunftsquartier "Bartholomäus Pfädchen", Quelle: Faktor X Agentur

Dabei steht im Mittelpunkt des Projektes eine ganzheitliche Betrachtung der Ressourceneffizienz und der Kreislauffähigkeit im Städtebau an einem Praxisbeispiel „Ressourceneffizientes Quartier“ zu erarbeiten. Neben der Anwendung von Recycling-Baustoffen im Hochbau sollen diese daher auch in abgestimmter Form im Erd- und Straßenbau hochwertig Verwendung finden.

Im Kern der Überlegungen stehen eine ressourcen- und klimaschonende Produktwahl (Recycling-Baustoffe, nachwachsende Rohstoffe etc.), eine Bauweise, die durch Demontagefähigkeit einen Werterhalt mit einer hohen Nutzungsqualität durch flexible Grundrisse mit teils anpassungsfähigen Gebäudestrukturen ermöglicht. Ziel ist die Erstellung eines Leitfadens für Kommunen, der operationelle Wege zur Ressourcenwende im Siedlungsbau aufzeigt.

1.1.5 Die Studie: Ressourceneffektivität und Kreislauffähigkeit von Verkehrsflächen für zukunftsfähige Quartiere

Durch die Erstellung eines Leitfadens mit Blaupause wird gezeigt, wie eine ressourceneffiziente und kreislauffähige Quartiersplanung auf allen Ebenen funktionieren kann. Hierbei werden neben dem Hochbau, dem Städtebau auch die Erschließung und somit die Freiflächen in die Überlegungen mit einbezogen und Planungsprinzipien ausgearbeitet. So wird ein Leitfaden für eine ganzheitliche Quartiersplanung entstehen.

Folgende Fragestellungen sollen im Rahmen des Leitfadens als Schwerpunkt im Mittelpunkt stehen:

- Wie kann der Tiefbau eines Quartiers, genauso wie den Hochbau, ressourceneffizient und kreislauffähig gestaltet werden?
- Welche Straßenaufbauten, Regelwerke, innovative Lösungen, etc. gibt es in Hinblick auf die Ressourceneffizienz und Ihre Anwendung im Erd- und Straßenbau? Auch die Belange des Garten- und Landschaftsbau sollen in die Gesamtplanung eines Quartiers einfließen.

Für den Bau von Verkehrsflächen können die Regelwerke der FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) herangezogen werden. Für Grünflächenanwendungen, wie z.B. Vegetationssubstrate, Straßenbegleitgrün, gelten i.d.R. die Regelwerke der FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau).

Bei Baumstandorten/Grünflächen soll zusätzlich die Möglichkeit aufgezeigt werden Oberflächenwasser für die Bewässerung zu nutzen. Für das ressourceneffiziente Quartier sind anzuwendende Bauweisen abzuleiten in ungebundener Bauweise, in Asphalt- und Pflasterbauweise auf Basis der bestehenden Regelwerke.

Anwendungsmöglichkeiten für RC-Baustoffe sind für den Verkehrswegebau und das Straßenbegleitgrün in der folgenden Grafik dargestellt. Generell gilt hier, dass in allen Baustoffen zumindest teilweise eine natürliche Gesteinskörnung durch eine rezyklierte Gesteinskörnung ersetzt werden könnte. Die Studie für eine Quartiersplanung soll daher im Sinne der Ressourcenschonung Möglichkeiten aufzeigen, RC-Baustoffe mit möglichst hoher Zugabe im Verkehrswegebau einer Quartiersplanung verwenden zu können. Damit erfolgt eine spezifische Anwendung der bestehenden Straßenbauregelwerke im kommunalen Bereich.

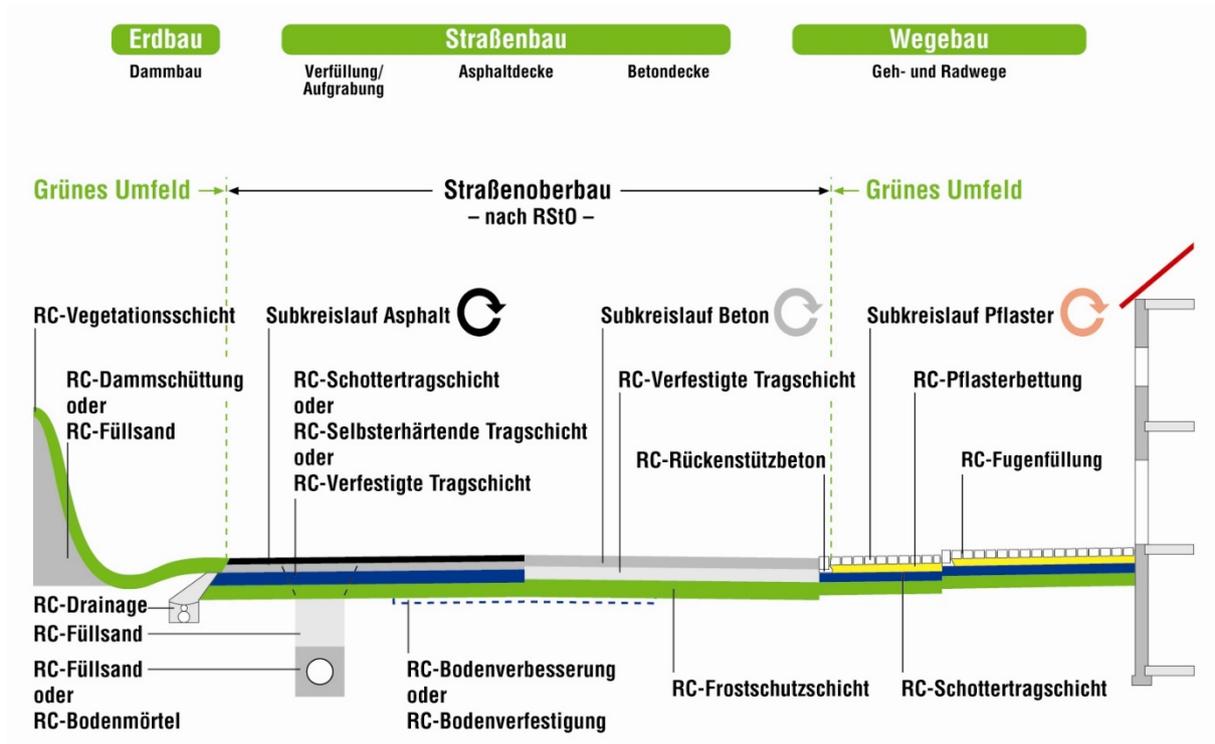


Bild 4: Anwendungsgebiete für RC-Baustoffe im Überblick, Quelle: Harald Kurkowski, Bimolab gGmbH

1.2 Regelwerke bei der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV

1.2.1 Abfallwirtschaftliche und politische Bedeutung

Bereits im Jahr 1985 wurde von der Forschungsgesellschaft Straßen- und Verkehrswesen ein erstes Merkblatt zur Verwendung von Recycling-Baustoffen (RC-Baustoffe) veröffentlicht. Heute ist für den Erd- und Straßenbau in allen technischen Regelwerken der Einsatz von RC-Baustoffen geregelt. RC-Baustoffe können hier seit vielen Jahren gleichwertig zu natürlichen und künstlichen Alternativen verwendet werden.

Als Recycling-Baustoffe (RC-Baustoffe) werden rezyklierte Gesteinskörnungen oder Gesteinskörnungsgemische bezeichnet, die durch Aufbereitung mineralischer Bauabfälle hergestellt werden. RC-Baustoffe werden damit nunmehr seit mehr als 30 Jahre produziert und im Straßenbau verwendet.

Die Forschungsgesellschaft Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) beschreibt die abfallwirtschaftliche und politische Bedeutung in ihrem im Jahr 2019 überarbeiteten Merkblatt über den Einsatz von rezyklierten Baustoffen im Erd- und Straßenbau - M RC [MRC, 2019] wie folgt:

„Der Begriff der Nachhaltigkeit hat sich zu einem der bestimmenden Leitbilder der politischen und gesellschaftlichen Diskussion entwickelt. Dies stellt auch den Straßenbau vor große und komplexe Herausforderungen. So muss das bei jeder Baumaßnahme unausweichliche Eingreifen in die Umwelt hinsichtlich der ökologischen, ökonomischen und sozialen Wirkungen beurteilt werden. Diese drei Aspekte ins Gleichgewicht zu bringen, bedarf es branchen- und fachspezifischer Strategien. Eine dieser Strategien bezieht sich auf die Auswahl und Verwendung der Baustoffe.“

Die Relevanz einer effizienteren Materialnutzung und Ressourcenschonung wird allein durch die Betrachtung der im Straßenbau bewegten Stoffströme offensichtlich. Gewinnungsstätten mineralischer Baustoffe werden aufgrund der offensichtlichen Eingriffe in die Landschaft zunehmend kritisch gesehen. Gleichzeitig kommt es bereits heute durch umweltpolitische Vorgaben zu einer Verknappung von Deponieraum. Bedingt durch gesetzliche Randbedingungen und Anforderungen des allgemeinen Umweltschutzes ist es also notwendig, die verfügbaren industriellen Nebenprodukte und rezyklierten Baustoffe möglichst vollständig und dabei so hochwertig wie möglich zu verwenden.

Insofern trägt der Einsatz von industriellen Nebenprodukten und rezyklierten Baustoffen im Sinne der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung und der EU-Initiative für ein ressourcenschonendes Europa zur effizienten Nutzung von Baustoffen bei. Die Gewinnung natürlicher Gesteinsrohstoffe wird reduziert und Deponiekapazitäten werden geschont.

Voraussetzung für eine optimale Nutzung ist immer die Kenntnis der einzusetzenden Baustoffe und ihrer spezifischen Eigenschaften. In den Merkblättern der FGSV über die Verwendung von industriellen Nebenprodukten und rezyklierten Baustoffen wurden daher Informationen zusammengestellt, die eine bestmögliche Nutzung dieser Baustoffe im Straßenbau ermöglichen.“

und hebt damit die hohe Bedeutung, die die Kreislaufwirtschaft für mineralische Stoffe im Verkehrswegebau hat, hervor.

Seit über 20 Jahren befasst sich eine Initiative der Baustoffindustrie, der Bauwirtschaft sowie der Entsorgungswirtschaft intensiv mit der Förderung geschlossener Stoffkreisläufe im Bausektor. Im Fokus stehen die mineralischen Bauabfälle, der größte Stoffstrom innerhalb der nationalen Abfallbilanz. Ihre Erfolge hat die Initiative gegenüber der Bundesregierung im Zweijahresrhythmus mit Monitoring-Berichten zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle dokumentiert. Die Monitoring-Berichte genießen bei allen Akteuren hohe Akzeptanz. Mit dem vorliegenden 12. Monitoring-Bericht erbringt die Initiative auch für das Jahr 2018 den Nachweis nahezu vollständig geschlossener Stoffkreisläufe und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur aktuellen Diskussion über Ressourcenschonung und Circular Economy. [KW Bau, 2018]

Dabei ergab sich als Auszug, basierend auf den amtlichen Daten des Statistischen Bundesamtes für den Bereich der mineralischen Bauabfälle des Jahres 2018 folgende Bilanz:

Anfall:

„Im Jahr 2018 sind 218,8 Mio. t mineralische Bauabfälle angefallen. Davon entfielen 130,3 Mio. t (59,6 Prozent) auf Boden und Steine, 59,8 Mio. t (27,3 Prozent) auf Bauschutt, 14,1 Mio. t (6,4 Prozent) auf Straßenaufbruch, 0,6 Mio. t (0,3 Prozent) auf Bauabfälle auf Gipsbasis und 14,0 Mio. t (6,4 Prozent) auf Baustellenabfälle.“

Boden und Steine:

„Von den angefallenen 130,3 Mio. t Bodenaushub, Baggergut und Gleisschotter wurden 99,0 Mio. t (76,0 Prozent) im überflächigen Bergbau und in anderen Maßnahmen, überwiegend im Deponiebau, verwertet. Darüber hinaus wurden 13,3 Mio. t (10,2 Prozent) Recycling-Baustoffe hergestellt. Auf Deponien und in anderen Maßnahmen wurden 18,0 Mio. t (13,8 Prozent) beseitigt.“

Bauschutt:

„Von den angefallenen 59,8 Mio. t Bauschutt wurden 46,6 Mio. t (77,9 Prozent) recycelt. 9,6 Mio. t (16,0 Prozent) wurden im Rahmen der Verfüllung von Abgrabungen und auf Deponien verwertet, während nur 3,6 Mio. t (6,1 Prozent) des angefallenen Bauschutts auf Deponien beseitigt wurden.“

Straßenaufbruch:

„Von den angefallenen 14,1 Mio. t Straßenaufbruch wurden 13,1 Mio. t (93,2 Prozent) recycelt. 0,6 Mio. t (4,3 Prozent) wurden im Deponiebau und im Rahmen der Verfüllung von Abgrabungen verwertet. Lediglich 0,4 Mio. t (2,5 Prozent) wurden auf Deponien beseitigt.“

Recycling-Baustoffe:

„Als Recycling-Baustoffe werden Gesteinskörnungen bezeichnet, die durch Aufbereitung mineralischer Bauabfälle hergestellt werden. Im Jahr 2018 betrug der Anfall mineralischer Abfälle der Fraktionen Bauschutt und Straßenaufbruch insgesamt 73,9 Mio. t. Daraus wurden 59,7 Mio. t Recycling-Baustoffe hergestellt. Unter Berücksichtigung der Recycling-Gesteinskörnungen, die bei der Aufbereitung der Fraktion Boden und Steine (13,3 Mio. t) und der Aufbereitung der Fraktion Baustellenabfälle (0,3 Mio. t) angefallen sind, wurden im Jahr 2018 insgesamt 73,3 Mio. t Recycling-Baustoffe hergestellt.“

Deckung des Bedarfs an Gesteinskörnungen 2018:

„Damit deckten die Recycling-Baustoffe einen Anteil von 12,5 Prozent des Bedarfs an Gesteinskörnungen. Im Jahr 2018 wurden insgesamt 587,4 Mio. t Gesteinskörnungen produziert. Neben den Recycling-Baustoffen wurden 259,0 Mio. t (44,1 Prozent) Kiese und Sande, 226,0 Mio. t (38,5 Prozent) Natursteine und 29,1 Mio. t (4,9 Prozent) industrielle Nebenprodukte (z. B. Aschen und Schlacken) hergestellt.“

Verwertungsmöglichkeiten von RC-Baustoffen:

„Die Verwertungsmöglichkeiten der Recycling-Baustoffe hängen von ihren bautechnischen und umweltrelevanten Eigenschaften sowie ihrer stofflichen Zusammensetzung ab. Neben den Ausgangsqualitäten werden die Eigenschaften maßgeblich von der Verfahrensweise beim Abbruch bzw. Rückbau, der Getrennthaltung der Fraktionen und der eingesetzten Aufbereitungstechnik bestimmt.

Von den 73,3 Mio. t Recycling-Baustoffen wurden 37,6 Mio. t (51,3 Prozent) im Straßenbau, 16,3 Mio. t (22,2 Prozent) im Erdbau und 3,6 Mio. t (4,9 Prozent) in sonstigen Anwendungen, überwiegend im Deponiebau, verwertet. 15,8 Mio. t (21,6 Prozent) wurden als Gesteinskörnung in der Asphalt- und Betonherstellung eingesetzt.“

Damit ist der Anfall, die Verwertung von Bauabfällen und die Deckungsmöglichkeit des Bedarfs mit RC-Baustoffen seit vielen Jahren auf einem stabilen Niveau.

Die statistischen Auswertungen lassen erkennen, dass in Deutschland Bauschutt und Straßenaufbruch seit vielen Jahren auf einem hohen Mengenniveau wiederverwendet werden. Die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen trägt daher zu einem erheblichen Beitrag zur Schonung natürlicher Ressourcen und zur Ressourceneffizienz im Sinne der Kreislaufwirtschaft und den politischen Vorgaben bei.

Die hohen Verwertungsquoten im Bereich Recycling dürfen aber nicht davon ablenken, dass trotz nahezu geschlossener Recycling-Kreisläufe noch ein hoher Bedarf an anderen Gesteinskörnungen auf natürlicher (Kiese, Sande, Natursteine) und künstlicher (industrielle Nebenprodukte) Basis in Deutschland besteht und damit RC-Baustoffe im Markt nach heutigen Maßstäben nie zu 100 % natürliche oder auch künstliche Gesteinskörnungen ersetzen können.

Heute wird allgemein diskutiert, ob diese statistisch erfassten Mengen aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten auch „hochwertig“ wiederverwendet werden. Im Bereich der Verwertung von Bauschutt oder Straßenaufbruch im Erdbau spricht man daher oftmals auch von einem Downcycling, der Wiederverwendung der ehemaligen Baustoffe auf einer qualitativ niedrigeren Verwertungsebene als der Ausgangsbaustoff. Die Statistik enthält keine Angaben/Quoten zu Downcycling oder Recycling – der Wiederverwendung auf gleicher Verwertungsebene des Ausgangsbaustoffs.

Hier besteht aus Sicht des Verfassers noch ein großer Handlungsbedarf zur Verbesserung der abfallwirtschaftlichen Bilanz im Sinne von Ressourceneffektivität und damit der hochwertigen Nutzung von Recycling-Baustoffen/rezyklierten Gesteinskörnungen. Wichtig sind daher künftig auch Verwendungsquoten in den einzelnen Baubereichen, wie z.B. Straßenbau, Hochbau, Garten- und Landschaftsbau und damit Substitutionsquoten für alle einzelnen Baustoffe, wie z.B. Beton, Asphalt, Pflastersteine, Mauersteine, Dachsteine und Vegetationssubstrate zu erfassen.

1.2.2 Regelwerke der FGSV im Überblick

Die folgende Abbildung führt die Regelwerke der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV in ihrer Abgrenzung und ihrem Zusammenwirken der verschiedenen Deckschichtbauweisen auf. Die Regelwerke zur Anwendung von Tragschichten ohne Bindemittel (Frostschutzschichten und Schottertragschichten) sind dabei für das folgende Beispiel einer hochwertigen Verwendung im Straßenoberbau grau hinterlegt.

Über die Dimensionierung der Schichtdicke (RStO-StB) sind die Anforderungen an die zu verwendenden Gesteinskörnungen in den technischen Lieferbedingungen (TL Gestein-StB und TL SoB-StB) geregelt. Die Güteüberwachung für die Gesteinskörnungen ist in der TLG SoB-StB und die Anforderungen an den Einbau der ToB finden sich in den Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen (ZTV SoB-StB). Die zu verwendenden Prüfverfahren sind in den Technischen Prüfverfahren (TP Gestein-StB) enthalten. All diese Regelwerke konkretisieren damit im Beispiel die ATV DIN 18315: Verkehrswegebauarbeiten - Oberbauschichten ohne Bindemittel für den Bereich der Verkehrswegebauarbeiten. Grundsätzlich ist die Verwendung von natürlichen, künstlichen oder rezyklierten Gesteinskörnungen gleichwertig in den technischen Regelwerken der FGSV möglich.

Die Grafik verdeutlicht, dass es für alle wesentlichen Anwendungsgebiete im Erd- und Straßenbau (Unterbau, ToB, Asphalt, Beton, Pflaster) ein geschlossenes und anerkanntes technisches Regelwerk mit Güteüberwachung für die Verwendung von rezyklierten Baustoffen seit langem gibt.

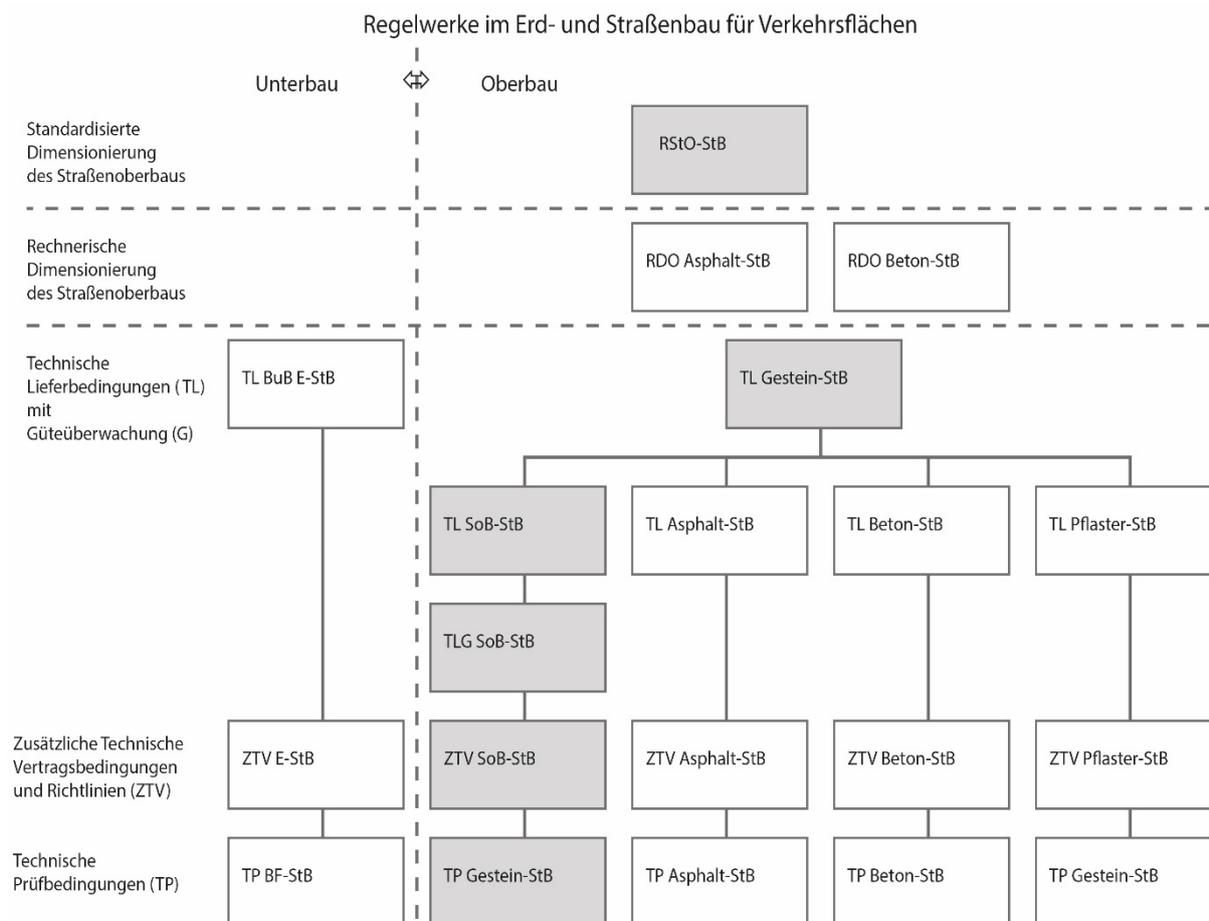


Bild 5: Zusammenwirken der straßenbautechnischen Regelwerke – Beispiel ToB: grau hinterlegt, (Quelle: Harald Kurkowski, Bimolab gGmbH)

1.2.3 Beispiel: Tragschichten ohne Bindemittel

Tragschichten ohne Bindemittel stellen seit Jahren im Verkehrsflächenbau das Hauptabsatzgebiet für hochwertig aufbereitete, rezyklierte mineralische Gesteinskörnungsgemische dar. ToB werden mittels ausgewählten Annahmefraktionen, vorwiegend aus Bauschutt und Straßenaufbruch, regelkonform hergestellt.

Die Technische Lieferbedingung TL Gestein-StB enthalten Anforderungen an natürliche, industriell hergestellte und rezyklierte Gesteinskörnungen. Die TL Gestein-StB enthalten auch Anforderungen an umweltrelevante Merkmale von industriell hergestellten und von rezyklierten Gesteinskörnungen. Diese umwelttechnischen Anforderungen, die weitgehend auf den „LAGA-Grenzwerten“ basieren, wurden jedoch in den einzelnen Bundesländern im Regelfall nicht eingeführt und haben so keine rechtliche oder vergabetechnische Bedeutung erlangt. Sie wurden aber herangezogen für die Entwicklung der umwelttechnischen Anforderungen der letzten Jahrzehnte in den Bundesländern und waren später auch eine Grundlage der kommenden Ersatzbaustoffverordnung.

Die technische Lieferbedingung TL SoB-StB baut auf den Anforderungen der TL Gestein-StB auf. Sie enthält Anforderungen an Baustoffgemische und an Böden die zur Herstellung von Oberbauschichten im Straßen- und Wegebau sowie für andere Verkehrsflächen verwendet werden. Die europäische Norm EN 13285 (DIN EN 13285) „Ungebundene Gemische – Anforderungen“ wird hiermit in Deutschland umgesetzt. In den TL SoB-StB werden, soweit vorhanden, Kategorien aus dieser europäischen Norm für die Eigenschaften der Baustoffgemische und Böden festgelegt, die in Deutschland für den Anwendungszweck erforderlich sind.



Bild 6: Fraktion Betonbruch (links) und RC-Frostschutzschicht aufbereitet aus Naturstein/Beton/Ziegel (rechts), Quelle: Harald Kurkowski, Bimolab gGmbH

Die TL SoB-StB gelten auch für die Lieferung von Baustoffgemischen und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel für den Oberbau von Straßen, Wegen und anderen Verkehrsflächen. Böden sind hier wie Baustoffgemische aus natürlichen Gesteinskörnungen zu behandeln. Sie legen u.a. zulässige technische Anforderungen für:

- die Korngrößenverteilung
- die Feinanteile
- den Überkornanteil
- die Frostempfindlichkeit, Wasserdurchlässigkeit
- den Wassergehalt
- ggf. die Standfestigkeit

sowie der Umweltverträglichkeit (Bezug zur TL Gestein-StB und Regelwerke der Länder, zukünftig Ersatzbaustoffverordnung) fest. Sie geben aber auch für den Bereich der Güteüberwachung die Mindestprüfhäufigkeiten der zu prüfenden Parameter vor. In der Technischen Lieferbedingung für die Güteüberwachung TLG SoB-StB ist für die ToB heute noch für Deutschland geregelt, dass die Güteüberwachung durch eine Werkseigene Produktionskontrolle und Fremdüberwachung erfolgt. Derzeitig gibt es daher für ToB's auch noch keine CE-Kennzeichnung.

Tabelle 1: Mindestprüfhäufigkeiten der Eigenschaften der Baustoffgemische und Böden nach TL SoB-StB

Eigenschaft		Ab-schnitt	Erläuterung	Prüfverfahren	Mindest-prüfhäufigkeit
1	Art der Gesteinskörnung im Baustoffgemisch		s. TL Gestein-StB, Abschnitt 2.1.1		s. TL Gestein-StB, Anhang C; Tabelle C.3; Zeile 1
2	Feinanteile	2.2.2 2.3.2 2.4.2		DIN EN 933-1	1 mal pro Woche oder 1 mal alle 5000 t (die größere Häufigkeit ist maßgebend)
3	Überkorn	2.2.3 2.3.3 2.4.3			
4	Korngrößenverteilung	2.2.4 2.3.4 2.4.4			
5	Frostempfindlichkeit, Wasserdurchlässigkeit,	2.2.5 2.3.5 2.4.5			
6	Proctorversuch				
	opt. Wassergehalt	2.2.6 2.3.6 2.4.6		a) DIN EN 13286-2	2 mal pro Jahr
	Trockendichte	3.5			
7	CBR-Wert	2.3.7	nur Schottertrag-schichten unter Betondecken	DIN EN 13286-47	2 mal pro Jahr
8	Umweltrelevante Merkmale	2.2.7 2.3.8 2.4.7	gilt nicht für Bau-stoffgemische aus natürlichen Gesteinskörnungen und Böden	s. TL Gestein-StB, Anhang D	s. TL Gestein-StB, Anhang C; Tabelle C.3; Zeile 21

1.2.5 Umwelttechnische Eigenschaften

Die umweltrechtlichen Voraussetzungen für einen Einsatz von Recycling-Baustoffen finden sich derzeit noch in zahlreichen verschiedenen Gesetzen, Verordnungen und Erlassen auf Bundes- und Landesebene. Den grundlegenden Rahmen in Bezug auf das Umweltrecht bilden hierbei das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Bundesbodenschutzgesetz (BBodschG) zuzüglich der ihnen nachgeordneten Verordnungen. Für die tatsächlichen, konkreten Bestimmungen, wann ein RC-Baustoff, wo und unter welchen Bedingungen eingesetzt werden darf, waren in der Vergangenheit und mit einer heute noch kurzen Übergangszeit gültig die LAGA Mitteilung 20 vom 6.11.2003 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“ prägend. Einige Bundesländer haben die Regelungen der LAGA Mitteilung 20 als eigene Regelwerke übernommen, andere z.B. NRW haben eigene Erlasse für diese Thematik ausgearbeitet; in NRW „Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus Bautätigkeiten (Recycling-Baustoffe) im Straßen- und Erdbau“ vom 9.10.2001, Verwertererlass genannt.

Ab dem 1. August 2023 gelten in Deutschland nach langjähriger Bearbeitung bundeseinheitliche Regeln für das Recycling und die Verwertung mineralischer Abfälle. Die Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung – kurz Mantelverordnung – wurde aktuell im Bundesgesetzblatt veröffentlicht.

Ab diesem Datum – mit einer Übergangsfrist von zwei Jahren - gelten in Deutschland dann erstmals bundeseinheitliche und rechtsverbindliche Regeln für die Herstellung und den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe. Auch die Anforderungen an die Verwertung von Materialien in Verfüllungen und Abgrabungen und Tagebauen sind nun erstmalig bundeseinheitlich und rechtsverbindlich festgelegt, wobei es den Ländern über eine Öffnungsklausel auch ggf. weiterhin möglich bleibt, abweichende Regelungen zu erlassen.

Zu den Entlastungen der Ersatzbaustoffverordnung gehört, dass beim ordnungsgemäßen Einbau in technische Bauwerke oder Verfüllungen eine wasserrechtliche Erlaubnis entfällt und abhängig von dem eingesetzten Ersatzbaustoff und dessen Menge lediglich Anzeigepflichten für den Verwender geben. Die Auswirkungen des neuen Regelwerks werden in der Einführungsphase auf Grundlage der abfallwirtschaftlichen Entwicklung evaluiert. Dies schließt ein mehrjähriges wissenschaftlich begleitetes Monitoring ein. Daher können bei Bedarf zwei Jahre nach ihrer Einführung noch Anpassungen an der Verordnung vorgenommen werden. Der Ersatzbaustoffverordnung liegt ein umfangreiches, neues Fachkonzept zugrunde, das die Stoffeigenschaften der mineralischen Ersatzbaustoffe, wie schon bisher in NRW praktiziert, mit zulässigen Einbauweisen verknüpft.

Mit der Mantelverordnung, d.h. mehreren aufeinander abgestimmten Verordnungen, werden einheitliche Regelungen darüber getroffen, wie mineralische Abfälle - z.B. Bauschutt - bestmöglich verwertet werden soll. Dabei geht es u.a. um den Schutz von Boden und Grundwasser und um eine möglichst hohe Recyclingquote für mineralische Ersatzbaustoffe, die durch Wiederaufbereitung von Baustoffen und aus Reststoffen gewonnen werden.

Ungeregelt bleibt in der Ersatzbaustoffverordnung die Definition zum Abfallende von Recycling-Baustoffen, was auch künftig zu Akzeptanzproblemen führen kann.

Für Anwendungen im Hochbau, wie der Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620, gelten weiter die jeweiligen anzuwendenden Normen in ihrem Wirkungsbereich.

1.3 Definition: Ressourceneffektivität und Kreislauffähigkeit von Verkehrsflächen für zukunftsfähige Quartiere

Diese Studie soll die Ressourceneffizienz und Kreislauffähigkeit im Straßenbau aufzeigen beispielhaft am Zukunftsquartier "Bartholomäus Pfädchen". Daher soll an dieser Stelle eine Definition gefunden werden, die möglichst alle Beweggründe einschließt, die der Planung des Zukunftsquartiers für eine praktische Planung und Umsetzung der Zielstellungen dienlich ist und deren Hintergründe kurz erläutert.

Im Mittelpunkt der Zielstellungen stehen die Begriffe Ressourceneffektivität und Kreislauffähigkeit für zukunftsfähige Quartiere – sowohl im Bereich des Hochbaus als auch für den Bau der Verkehrsflächen. Als Ressourcen werden die zu verwendende Baustoffe gesehen als auch die Nutzung von Regenwasser im Sinne eines Regenwassermanagementsystems und der Philosophie der Schwammstadt. Der Begriff Ressourceneffektivität ist als Zielstellung weiterhin mit dem Begriff Kreislauffähigkeit verbunden. Daraus ergibt sich eine multifunktionale Planung (oder auch multicodierte Planung genannt, siehe [BGS 2022]), in der die verschiedenen Zielstellungen abgewogen miteinander bewertet werden müssen.

Als Antwort auf den Klimawandel sollen unsere Städte und Quartiere zu „Schwammstädten“ oder für die Umsetzung der Studie zu „Schwammquartieren“ werden. Weil Hitze- und Kälteperioden zukünftig unregelmäßiger und extremer werden, Stark- und Dauerregenereignisse zunehmen, müssen unsere in der Vergangenheit hochverdichteten und stark versiegelten Siedlungsgebiete resilienter werden. Zusätzlich zu baulichen und gesetzlichen Vorgaben müssen weitere Funktionen Ansprüche genügen, die die künftigen Quartiere ertüchtigen mehr Regenwasser aufzunehmen, zu speichern sowie Verschattung und Kühlung zu leisten.

Im Einzelnen handelt es sich somit um folgende „zusätzliche“ Zielvorgaben aus den Bereichen:

- Nachhaltigkeit,
- Ökologie,
- Ressourcenschonung,
- Ressourceneffektivität,
- Kreislauffähigkeit,
- Regenwassernutzung / Regenwassermanagement,
- Wasserdurchlässigkeit der Verkehrsflächen,
- Langlebigkeit,
- Umnutzungsfähigkeit
- und Wirtschaftlichkeit

die im Rahmen der Studie einbezogen werden sollen. Es ergibt sich für die Studie folgende Definition:

„Zukunftsweisendes nachhaltiges Quartier, welche neben baulichen und gesetzlichen Vorgaben für seinen Bau und den generellen umzusetzenden Vorgaben der Nutzenden Zielstellungen zur ökologischen Gestaltung - möglichst hoher Verwendungsanteil rezyklierter Gesteinskörnungen, möglichst geringe Nutzung natürlicher Rohstoffe - bei voller Kreislauffähigkeit der Baustoffe und der Regenwasserbewirtschaftung abgewogen verbindet.“

1.4 Vorgehensweise: Ressourceneffizienz auf Quartiersebene planen und umsetzen

Diese Studie für die „Vorgehensweise: Ressourceneffizienz auf Quartiersebene planen und umsetzen“ werden eng am Beispiel des Zukunftsquartiers im Plangebiet Inden, Bartholomäus Pfädchen verdeutlicht. Dafür ergeben sich folgende Planungsvoraussetzungen:

Das Zukunftsquartier wird ca. 2,5 ha groß sein bei einer Erschließungsfläche von 20 - 30 %. Hiermit sind alle öffentlichen Freiflächen gemeint. Der Geltungsbereich des Quartiers ist in Bild 8 dargestellt (schwarz gestrichelter Bereich).

Gegliedert werden diese in vier Erschließungsabschnitte/ typen:

1. Baugebiet/ Kerngebiet: Wohnbebauungen mit Spielstraßen
2. Hauptstraße in das Quartier
3. Promenade an der entstehenden Marina mit Fußwegen, Fahrradwegen, Aufenthaltsflächen
4. Parkplatz außerhalb des Quartiers

Es handelt sich nicht um ein Trinkwassereinzugsgebiet. RC-Baustoffe können daher ohne Einschränkungen in güteüberwachter, ungebundener Form verwendet werden. Der Grundwasserabstand ist größer 1 m.



Bild 8: Planungsstand 06/2022: Planverfahren "Bartholomäus Pfädchen", Inden Schophoven, Gemeinde Inden, HJP Planer

2. Bauweisen für ein Quartier gemäß FGSV-Regelwerken

2.1 Konventionelle Bauweisen gemäß RStO

Die „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen – kurz RStO 12 – genannt“ [RStO 2012] liegen derzeit in der Ausgabe 2012 mit Korrekturen von 2020 vor. Die RStO regeln die Standardfälle bei Neubau und Erneuerung für den standardisierten Oberbau von Verkehrsflächen innerhalb und außerhalb geschlossener Ortslagen und können daher auch für die Bemessung von Quartieren angewendet werden. Abweichende Lösungen können im Einzelfall mit den Richtlinien zur rechnerischen Dimensionierung des Oberbaus (RDO Asphalt, RDO Beton) dimensioniert oder/und konstruktiv gelöst werden. Für abweichende Lösungen oder besondere Verkehrsflächen, wie beispielsweise ländliche Wege, gelten weitere gesonderte Regelwerke. Im Rahmen der Studie werden diese Bauweisen als konventionelle Bauweisen bezeichnet.



Bild 9: Titelseite der RStO 12 [RStO 2012]

Fahrbahnen, Busverkehrsflächen, Verkehrsflächen von Neben- und Rastanlagen, Abstellflächen sowie Seiten-Ausfädelungs- und Einfädelungstreifen werden gemäß RStO entsprechend der Beanspruchung aus Verkehr den Belastungsklassen Bk0,3 bis Bk100 zugeordnet.

Grundlage aller Bauweisen der FGSV gemäß RStO 12 und der weiteren zuvor aufgeführten Regelwerke sind die „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für

Erdarbeiten im Straßenbau - ZTV E-StB 17. Hier sind die Anforderungen an den Untergrund von Verkehrsflächen, die im Regelfall auch für Quartiere anzuwenden sind, aufgeführt.

Die Anforderung an den Verformungsmodul vor dem Einbau von Oberbauschichten muss auf dem Planum: 45 MPa betragen.

Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung ergibt sich aus den äquivalenten 10-t-Achsübergängen in Mio. Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung kann z.B. auf Grundlage von Verkehrszählungen ermittelt werden.

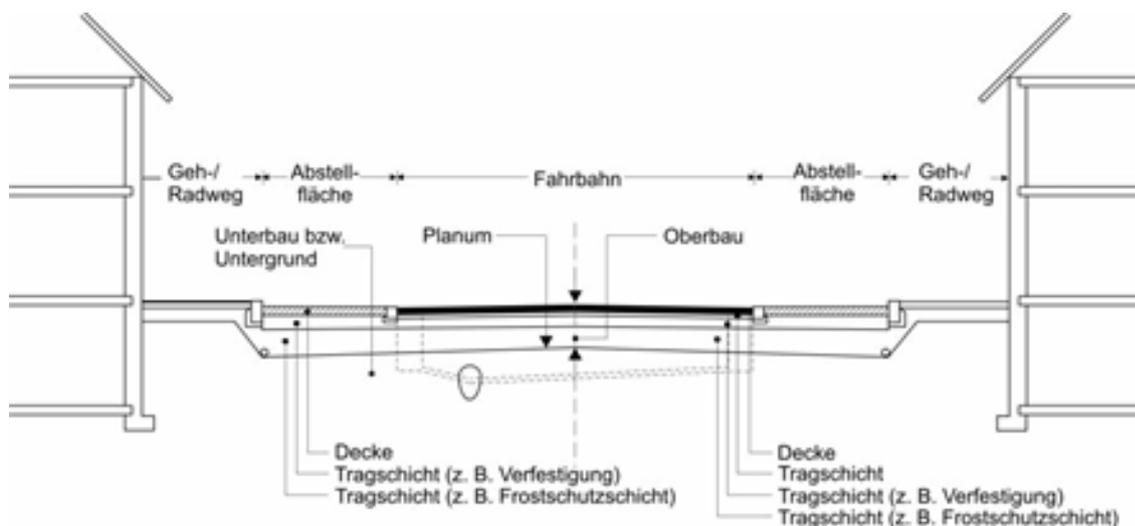


Bild 10: Beispielhafter Aufbau einer Befestigung in geschlossener Ortslage – wasserundurchlässig mit Entwässerungseinrichtung - gemäß RStO 12 [RStO 2012]

In der RStO sind eine Vielzahl von Tafeln vorhanden, die die einzelnen, anzuwendenden Bauweisen in Zeilen in Abhängigkeit von der zugeordneten Belastungsklasse beschreiben. In den folgenden Tabellen sind die maßgeblichen Zeilen für die Bemessung von Quartieren mit Festlegung der Belastungsklasse für die jeweilige Bauweise **grün hinterlegt**.

Tabelle 2: Dimensionierungsrelevante Beanspruchung und zugeordnete Belastungsklasse gemäß RStO 12 [RStO 2012]

Dimensionierungsrelevante Beanspruchung Äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.	Belastungs- klasse
über 32 ¹⁾	Bk100
über 10 bis 32	Bk32
über 3,2 bis 10	Bk10
über 1,8 bis 3,2	Bk3,2
über 1,0 bis 1,8	Bk1,8
über 0,3 bis 1,0	Bk1,0
bis 0,3	Bk0,3

Tabelle 3: Mögliche Belastungsklassen für typische Entwurfssituationen nach RASt gemäß RStO 12 [RStO 2012]

Typische Entwurfssituation	Straßen-kategorie	Belastungs-klasse
Anbaufreie Straße	VS II, VS III	Bk10 bis Bk100
Verbindungsstraße	HS III, HS IV	Bk3,2/Bk10
Industriestraße	HS IV, ES IV, ES V	Bk3,2 bis Bk100
Gewerbestraße	HS IV, ES IV, ES V	Bk1,8 bis Bk100
Hauptgeschäftsstraße	HS IV, ES IV	Bk1,8 bis Bk10
Örtliche Geschäftsstraße	HS IV, ES IV	Bk1,8 bis Bk10
Örtliche Einfahrtsstraße	HS III, HS IV	Bk3,2/Bk10
Dörfliche Hauptstraße	HS IV, ES IV	Bk1,0 bis Bk3,2
Quartiersstraße	HS IV, ES IV	Bk1,0 bis Bk3,2
Sammelstraße	ES IV	Bk1,0 bis Bk3,2
Wohnstraße	ES V	Bk0,3/Bk1,0
Wohnweg	ES V	Bk0,3

Tabelle 4: Belastung von Busverkehrsflächen und zugeordnete Belastungsklasse gemäß RStO 12 [RStO 2012]

Verkehrsbelastung	Belastungs-klasse
über 1400 Busse/Tag	Bk100
über 425 Busse/Tag bis 1400 Busse/Tag	Bk32
über 130 Busse/Tag bis 425 Busse/Tag	Bk10
über 65 Busse/Tag bis 130 Busse/Tag	Bk3,2
bis 65 Busse/Tag ¹⁾	Bk1,8

¹⁾ Wenn die Verkehrsbelastung weniger als 15 Busse/Tag beträgt, kann eine niedrigere Belastungsklasse gewählt werden.

Tabelle 5: Ausgangswerte gemäß RStO 12 [RStO 2012] für die Bestimmung des frostsicheren Oberbaus

Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Belastungsklasse		
	Bk100 bis Bk10	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F2	55	50	40
F3	65	60	50

Die Dicke des frostsicheren Oberbaus kann gemäß Tabelle 5 erfolgen. In den folgenden Tabellen sind die ausgewählten Bauweisen und Belastungsklassen für die Studie ebenfalls grün hinterlegt.

Zeile	Belastungsklasse	Bk100				Bk32				Bk10				Bk3,2				Bk1,8				Bk1,0				Bk0,3			
		B [Mio.]				> 10 - 32				> 3,2 - 10				> 1,8 - 3,2				> 1,0 - 1,8				> 0,3 - 1,0				≤ 0,3			
Dicke des frostsich. Oberbaus ¹⁾		55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65
1	Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht																												
	Asphaltdecke	12				12				12				10				4				4				4			
	Asphalttragschicht	22				18				14				12				16				14				10			
	Frostschutzschicht	Σ34				Σ30				Σ26				Σ22				Σ20				Σ18				Σ14			
Dicke der Frostschutzschicht		-	31 ²⁾	41	51	25 ³⁾	35	45	55	29 ⁴⁾	39	49	59	-	33 ²⁾	43	53	25 ³⁾	35	45	55	27	37	47	57	21	31	41	51
3	Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht																												
	Asphaltdecke	12				12				12				10				4				4				4			
	Asphalttragschicht	18				14				10				10				15				15				15			
	Schottertragschicht ⁷⁾ E _{v2} ≥ 150(120)	15				15				15				15				15				15				15			
Frostschutzschicht	Σ45				Σ41				Σ37				Σ35				Σ31				Σ29				Σ27				
Dicke der Frostschutzschicht		-	-	30 ²⁾	40	-	-	34 ²⁾	44	-	28 ³⁾	38	48	-	-	30 ²⁾	40	-	24 ³⁾	34	44	16 ³⁾	26	36	46	-	18 ³⁾	28	38

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2}-Mindestwerte in MPa

- 1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch RStO
- 2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen bei örtlicher Bewehrung anwendbar
- 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
- 6) Alternativ auch Asphalttragdeckschicht anwendbar, siehe auch RStO
- 7) Alternativ auch Abminderung der Asphalttragschicht um 2 cm, siehe auch RStO

Bild 11: Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12 [RStO 2012]
 Zeile 1: Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht
 Zeile 3: Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht

Zeile	Belastungsklasse	Bk100				Bk32				Bk10				Bk3,2				Bk1,8				Bk1,0				Bk0,3					
		B [Mio.]				> 32				> 10 - 32				> 3,2 - 10				> 1,8 - 3,2				> 1,0 - 1,8				> 0,3 - 1,0				≤ 0,3	
Dicke des frostsich. Oberbaus ¹⁾		55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65		
Schottertragschicht auf Frostschuttschicht¹³⁾																															
1	Pflasterdecke ⁹⁾													10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8		
	Schottertragschicht													25	25	25	25	25	25	25	25	20	20	20	20	15	15	15	15		
	Frostschuttschicht													45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45		
Dicke der Frostschuttschicht														26 ³⁾	36	26 ³⁾	36	33 ²⁾	43	18 ³⁾	28	38									
Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht																															
4	Pflasterdecke ⁹⁾													10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8		
	Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰⁾													14	14	14	14	12	12	12	12	10	10	10	10	10	10	10	10		
	Frostschuttschicht													45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45		
Dicke der Frostschuttschicht														27 ³⁾	37	47	47	31 ²⁾	41	23 ³⁾	33	43									
Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht																															
5	Pflasterdecke ⁹⁾													10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8		
	Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰⁾													15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
	Schottertragschicht													24	24	24	24	20	20	20	20	15	15	15	15	15	15	15	15		
Dicke der Frostschuttschicht														26 ³⁾	36	20 ²⁾	30	40	20 ²⁾	30	20 ²⁾	30	30								

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2}-Mindestwerte in MPa

- 1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch RStO
- 2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen bei örtlicher Bewehrung anwendbar
- 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
- 9) Abweichende Steindicke, siehe auch RStO
- 10) Siehe ZTV Pflaster-StB

Bild 12: Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12 [RStO 2012]
 Zeile 1: Schottertragschicht auf Frostschuttschicht
 Zeile 4: Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht
 Zeile 5: Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht

Zeile	Belastungsklasse	Bk100	Bk32	Bk10	Bk3,2	Bk1,8	Bk1,0	Bk0,3
	B [Mio.]	> 32	> 10 - 32	> 3,2 - 10	> 1,8 - 3,2	> 1,0 - 1,8	> 0,3 - 1,0	≤ 0,3
Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum ¹²⁾								
1	Asphaltdecke	12	12	12	10	10	4	4
	Asphalttragschicht	34	30	26	26	24	26	22
		Σ46	Σ42	Σ38	Σ36	Σ34	Σ30	Σ26

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2} -Mindestwerte in MPa
 12) Ggf. Bodenverfestigung, siehe RStO 12

Bild 13: Ausgewählte Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 4 der RStO 12 [RStO 2012]
 Zeile 1: Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum

Zeile	Bauweisen	Asphalt		Beton		Pflaster (Plattenbelag)		ohne Bindemittel	
		30	40	30	40	30	40	30	40
Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material									
1	Decke	10 ⁶⁾		12 ¹⁷⁾		8 ¹⁴⁾		4	
	Schotter- oder Kiestragschicht	15		15		15		25	
	Schicht aus frostunempfindlichem Material								
		Σ25		Σ27		Σ27		Σ29	
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material ¹⁶⁾	-	15	-	13	-	13	-	11
ToB auf Planum									
2	Decke	10 ⁶⁾		12 ¹⁷⁾		8 ¹⁴⁾		4	
	Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht								
		Σ10		Σ12		Σ12		Σ4	
	Dicke der Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht	20	30	18	28	18	28	26	36

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2} -Mindestwerte in MPa
 6) Asphalttragdeckschicht oder Asphalttrag- und Asphaltdeckschicht anwendbar, siehe auch RStO
 14) Auch geringe Dicke möglich
 16) Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen
 17) siehe auch RStO
 20) Bei Belastung durch Fahrzeuge (Wartung und Unterhaltung $E_{v2} \geq 100$ MPa)

Bild 14: Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO 12 [RStO 2012]
 Zeile 1: Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material,
 Zeile 2: ToB auf Planum

2.2 Bauweisen gemäß M AFS-H – mit Asphaltfundationsschicht

Neben der RStO gibt es das „Merkblatt für Asphaltfundationsschichten in Heißbauweise – M AFS-H in der Ausgabe von 2020 [M AFS-H 20], indem Bauweisen des straßenbautechnischen Regelwerkes beschrieben sind, die eine Verwendung von Asphaltgranulat aus Ausbauasphalt in hoher Menge zulassen. Obwohl diese Bauweisen schon seit vielen Jahren bekannt sind, haben sich diese bisher oftmals aus wirtschaftlichen Gründen in der Praxis noch nicht durchgesetzt. Aus Ressourcenschonungsgesichtspunkten werden diese Bauweisen, bei der Asphaltsschichten ab dem Planum eingebaut werden können, jedoch in ein neues Licht gerückt.



Bild 15: Titelseite des M AFS-H [M AFS-H 2020]

Das Merkblatt beschreibt die Zusammensetzung, die Herstellung des Asphaltmischguts für Asphaltfundationsbauweisen in Heißbauweise sowie deren Einbau. Es weist ausdrücklich darauf hin, dass die möglichst vollständige Wiederverwendung des Asphaltgranulats im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes durch die Anwendung dieser Bauweisen ermöglicht werden soll.

Asphaltfundationsschichten sind Bestandteil des frostsicheren Oberbaus gemäß RStO und werden unmittelbar unter einer Asphalttragschicht oder einer Asphalttragdeckschicht angeordnet.

Soll die AFS-H in Ausnahmefällen, wie beim Bau eines Quartiers, über einen längeren Zeitraum befahren oder sollen diese über den Winter liegen bleiben, ist eine Oberflächen-Schutzmaßnahme, z.B. in Form einer Oberflächenbehandlung einzuplanen, um Frostschäden zu vermeiden.

Als ressourcenschonende Bauweisen können folgende Aufbauten für die gewählten Belastungsklassen bis Bk3,2 eingeschätzt werden (Auszug aus M AFS-H):

	Bk100				Bk32				Bk10				Bk3,2				Bk1,8				Bk1,0				Bk0,3			
Dicke des frostsicheren Oberbaus	55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65
Asphaltdecke	12				12				12				10				4				4				4			
Asphalttragschicht	18				14				10				10				12				10				8			
Asphaltfundamentalschicht	15				15				15				15				15				15				15			
Frostschutzschicht	Σ45				Σ41				Σ37				Σ35				Σ31				Σ29				Σ27			
Dicke der Frostschutzschicht	-	-	30 ¹⁾	40	-	-	34 ¹⁾	44	-	28 ¹⁾	38	48	-	-	30 ¹⁾	40	-	-	34	44	-	26	36	46	-	-	28	38

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2} -Mindestwerte in MPa

- 1) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar; Tabelle 8 der RStO 12 beachten
- 2) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen bei örtlicher Bewehrung anwendbar

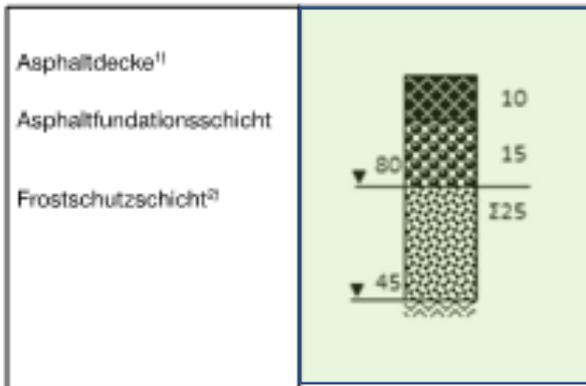
Bild 16: Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschutzschicht für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau

	Bk100				Bk32				Bk10				Bk3,2				Bk1,8				Bk1,0				Bk0,3			
Asphaltdecke	12				12				12				10				10				4				4			
Asphalttragschicht	≥17				≥15				≥13				≥13				≥12				≥13				≥11			
Asphaltfundamentalschicht ¹⁾	≤17				≤15				≤13				≤13				≤12				≤13				≤11			
Planum	Σ46				Σ42				Σ38				Σ36				Σ34				Σ30				Σ26			

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2} -Mindestwerte in MPa

- 1) Teilersatz der unteren Lage (maximal die Hälfte der gesamten Dicke) der Asphalttragschicht

Bild 17: Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau



Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2} -Mindestwerte in MPa

1) Asphalttragdeckschicht oder Asphalttrag- und Asphaltdeckschicht

2) Frostschuttschicht oder Schicht aus frostunempfindlichem Material, Mindestdicke 25 cm

Bild 18: Asphalttragdeckschicht oder Asphaltdeckschicht auf Asphalttragschicht und AFS-H für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau

2.3 Bauweisen gemäß M VV – versickerungsfähige Bauweisen

Für wasserdurchlässige Bauweisen gilt das „Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen – M VV“ in der Ausgabe von 2013 [M VV 2013].

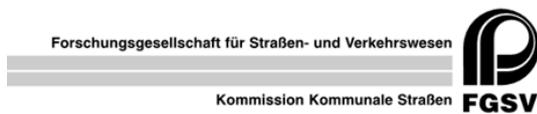


Bild 19: Titelseite des Merkblattes für Versickerungsfähige Verkehrsflächen M VV [M VV 2013]

Belastungsklasse	Bk0,3		Sonstige Verkehrsflächen			
	Beanspruchung B [Mio.] bis 0,3	Beanspruchung B [Mio.] bis 0,1				
Beschreibung nach den RStO	Tabelle 2	Wohnstraße, Wohnweg, Fußgängerzone (ohne Busverkehr und Lieferverkehr mit Fahrzeugen des Schwerverkehrs)	Rad- und Gehwege, Hof-, Park- und Abstellflächen, (Fzg. < 3,5 t) Bei Befahrung durch Fahrzeuge (Wartungs-/ Unterhaltungsanspruch) > 3,5 t zul. Gesamtgewicht muss auf der oberen Tragschicht ein Verformungsmodul $E_{v1} > 100$ MPa erzielt werden.			
	Tabelle 4	Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen für Pkw-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil				
	Tabelle 5	Abstellflächen für Pkw-Verkehr (Befahren durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes möglich)				
Pflasterdecke auf Schottertragschicht	Pflaster mit Sickerfugen Schottertragschicht Frostschuttschicht ²⁾		Pflaster mit Sickerfugen, aufgeweiteten Sickerfugen oder aus haufwerksporigem Beton Schottertragschicht Frostschuttschicht ²⁾		Pflaster mit Sickerfugen, aufgeweiteten Sickerfugen oder aus haufwerksporigem Beton Schottertragschicht Frostschuttschicht ²⁾	
	Pflasterdecke auf wasserundurchlässiger Asphalttragschicht	Pflaster mit Sickerfugen Geotextil ¹⁾ PA 16 T WDA ²⁾ Frostschuttschicht ²⁾		Pflaster mit Sickerfugen, aufgeweiteten Sickerfugen oder aus haufwerksporigem Beton Geotextil ¹⁾ PA 16 T WDA ²⁾ Frostschuttschicht ²⁾		

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2} -Mindestwerte in MPa

- 1) Ggf. Geotextil, siehe M VV
- 2) Die erforderliche Dicke der Frostschuttschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist.
- 3) Alternativ PA 22 T WDA, siehe M VV

Bild 20: Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV [M VV 2013], Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12 [RStO 2012]

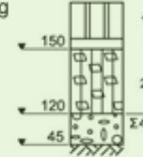
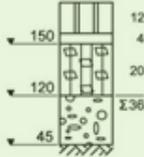
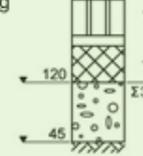
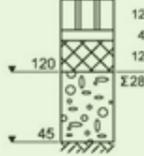
Belastungsklasse	Bk0,3 ¹⁾		Sonstige Verkehrsflächen (Fahrzeuge < 3,5 t)
Beschreibung nach den RStO	Tabelle 2	Wohnstraße, Wohnweg, Fußgängerzone (ohne Busverkehr und Lieferverkehr mit Fahrzeugen des Schwerverkehrs)	Rad- und Gehwege, Hof-, Park- und Abstellflächen
	Tabelle 4	Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen für Pkw-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil	
	Tabelle 5	Abstellflächen für Pkw-Verkehr (Befahren durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes möglich)	
zweischichtiger Aufbau	auf Schottertragschicht ²⁾	PA 8 D WDA auf PA 22 T WDA 	
		PA 5 D WDA auf PA 16 T WDA 	
	auf Frostschuttschicht ²⁾	PA 8 D WDA auf PA 22 T WDA 	PA 8 D WDA auf PA 16 T WDA
		PA 5 D WDA auf PA 16 T WDA 	PA 5 D WDA auf PA 16 T WDA
einschichtiger Aufbau (nur auf Schottertragschicht)	PA 16 TD WDA 	PA 16 TD WDA 	

Bei Befahrung durch Inlineskater, Einkaufswagen usw. wird ein zweischichtiger Aufbau mit PA 5 bzw. 8 D WDA empfohlen.

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2} -Mindestwerte in MPa

- 1) Bei geringeren Verkehrsbeanspruchungen B [Mio.] $\leq 0,1$ sollte die Spalte „Sonstige Verkehrsflächen“ angewendet werden
- 2) Die erforderliche Dicke der Frostschuttschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist

Bild 21: Asphalttschichten aus wasserundurchlässigem Asphalt gemäß M VV [M VV 2013], Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12 [RStO 2012]

Belastungsklasse		Bk1,8	Bk1,0
Beschreibung nach den RStO	Tabelle 2	Sonderfläche	Dörfliche Hauptstraße, Quartiersstraße, Sammelstraße, Wohnstraße
	Tabelle 4		Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen für Pkw-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil
	Tabelle 5		Abstellflächen: Nicht ständig von Schwerverkehr genutzte Flächen
Pflasterdecke auf Schottertragschicht		Pflaster mit Verbundwirkung mit Sickerfugen  Schottertragschicht Frostschutzschicht ²⁾	Pflaster mit Verbundwirkung mit Sickerfugen  Schottertragschicht Frostschutzschicht ²⁾
		Pflaster mit Verbundwirkung mit Sickerfugen Geotextil ¹⁾ PA 22 T WDA  Frostschutzschicht ²⁾	Pflaster mit Verbundwirkung mit Sickerfugen Geotextil ¹⁾ PA 16 T WDA ³⁾  Frostschutzschicht ²⁾

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, E_{v2} -Mindestwerte in MPa

1) Ggf. Geotextil, siehe M VV

2) Die erforderliche Dicke der Frostschutzschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist.

3) Alternativ PA 22 T WDA, siehe M VV

Bild 22: Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV [M VV 2013], Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 [RStO 2012] für Bk1,0 und Bk1,8

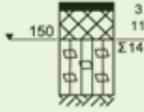
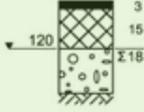
Belastungsklasse		Bk1,8	Bk1,0
Beschreibung nach den RStO	Tabelle 2		Wohnsammelstraße, Fußgängerzone (ohne Busverkehr)
	Tabelle 4		Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen für Pkw-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil
	Tabelle 5		Ständig genutzte Parkflächen für Pkw-Verkehr mit geringem Schwerverkehrsanteil Nicht ständig genutzte Parkflächen für Schwerverkehr
zweischichtiger Aufbau	auf Schotter-Tragschicht	kein Aufbau empfohlen	PA 8 D WDA PA 22 T WDA 
	auf Frostschutz-Schicht	kein Aufbau empfohlen	PA 8 D WDA PA 22 T WDA 
einschichtiger Aufbau (nur auf Schottertragschicht)		kein Aufbau empfohlen	kein Aufbau empfohlen

Bild 23: Asphaltschichten aus Wasserdurchlässigem Asphalt gemäß M VV [M VV 2013], Tabelle A2 in Anlehnung an RStO 12 [RStO 2012] für Bk1,0 und Bk1,8

3. Analyse der gewählten FGSV-Bauweisen

Damit ergibt sich die folgende Auswahl von Bauweisen gemäß den Regelwerken der FGSV, die in dieser Studie im Folgenden weiter betrachtet, untersucht und bewertet werden sollen in der Zusammenstellung:

Tabelle 6: Ausgewählte Bauweisen gemäß RStO 12 [RStO 2012] und AFS-H [AFS-H 2020]

Bauweise Nr.	Verweis	FGSV-Regelwerk	Tafel RStO	Zeile RStO	Decke / Bauweise	Ergänzende Beschreibung Oberbau
1.	Bild 11	RStO	1	1	Asphaltdecke	Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht
2.	Bild 11	RStO	1	3	Asphaltdecke	Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht
3.	Bild 12	RStO	3	1	Pflasterdecke	Schottertragschicht auf Frostschuttschicht
4.	Bild 12	RStO	3	4	Pflasterdecke	Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht
5.	Bild 12	RStO	3	5	Pflasterdecke	Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht
6.	Bild 13	RStO	4	1	Vollgebundener Oberbau	Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum
7.	Bild 14	RStO	6	1	Rad- und Gehwege	Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material
8.	Bild 14	RStO	6	2	Rad- und Gehwege	ToB auf Planum
9.	Bild 16	AFS-H	--	--	Asphaltdecke	Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht
10.	Bild 17	AFS-H	--	--	Asphaltdecke	Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum
11.	Bild 18	AFS-H	--	--	Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht für Rad- und Gehwege	Asphalttragschicht

Tabelle 7: Ausgewählte Bauweisen gemäß M VV [M VV 2013]

Bauweise Nr.	Verweis	FGSV-Regelwerk	Tafel RStO	Zeile RStO	Decke / Bauweise	Ergänzende Beschreibung Oberbau
12.	Bild 20	M VV	--	--	Versickerungsfähige Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen	auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht
13.	Bild 20	M VV	--	--	Versickerungsfähige Pflasterdecke für Bk0,3	auf wasser-durchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht
14.	Bild 21	M VV	--	--	Versickerungsfähige Asphaltdecke für Bk0,3	auf wasser-durchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht
15.	Bild 21	M VV	--	--	Versickerungsfähige Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen	auf wasser-durchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht
16.	Bild 21	M VV	--	--	Versickerungsfähige Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen	auf wasser-durchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht
17.	Bild 22	M VV	--	--	Versickerungsfähige Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0	auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht
18.	Bild 22	M VV	--	--	Versickerungsfähige Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0	auf Frostschuttschicht
19.	Bild 23	M VV	--	--	Versickerungsfähige Asphaltdecke für Bk1,0	auf wasser-durchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht
20.	Bild 23	M VV	--	--	Versickerungsfähige Asphaltdecke für Bk1,0	auf wasser-durchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht

Aus den gewählten aufgeführten Bauweisen nach den verschiedenen Regelwerken der FGSV ergeben sich folgende Materialien, die nach der bautechnischen Auswahl für die Nutzung in Quartieren in verschiedenen Verkehrsflächenoberbauten auch ökologisch und wirtschaftlich betrachtet und bewertet werden. Dabei können die verschiedenen Baustoffe in definierten Korngemischen je nach Anwendungsfall genutzt werden:

Deckschichten

1. Dichte Asphaltdecke
 - Asphaltdeckschicht
 - Asphaltbinderschicht
 - Asphalttragdeckschicht
2. Wasserdurchlässige Asphaltdecke:
 - Asphaltdeckschicht (WDA)
 - (Asphalttragdeckschicht (WDA), in der Praxis nicht erhältlich)
3. Teildurchlässige Pflasterdecke
 - Pflastersteine, Platten
 - Pflasterbettung und Fugenfüllung
4. Wasserdurchlässige Pflasterdecke
 - Wasserdurchlässige Pflastersteine, Platten, Fugen
 - Wasserdurchlässige Pflasterbettung und Fugenfüllung
5. Deckschicht ohne Bindemittel (DoB)
6. Betondecke (nur für Geh- und Radwege auszugsweise betrachtet)

Tragschichten:

- Asphalttragschicht
- Schottertragschicht
- Frostschutzschicht
- Asphaltfundationsschicht (AFS-H)
- Frostunempfindliches Material

Diese verschiedenen Baustoffe werden als Oberbau einer Verkehrsfläche auf dem Planum für die verschiedenen Belastungsklassen in unterschiedlicher Schichtdicke kombiniert. Unterschieden wird weiterhin die Verwendung natürlicher oder rezyklierter Gesteinskörnungen.

3.1 Wahl der analysierten Bauweisen und ihre Vergleichbarkeit

Folgende bautechnische Bauweisen werden gemäß ihren Eigenschaften in den Regelwerken unterschieden:

- Konventionelle (i.d.R. dichte) Bauweisen gemäß RStO 12 [RStO 2012]
- Bauweisen mit Asphaltfundationsschicht gemäß M AFS-H [M AFS-H 2020]
- Versickerungsfähige (wasserdurchlässige) Bauweisen gemäß M VV [M VV 2013]

In dieser Studie werden Bauweisen betrachtet, die i.d.R. mit einer „quasi dichten“ Asphaltdecke, für Wasser durchlässiger oder teildurchlässigen Pflasterdecke oder einer wasserdurchlässigen Deckschicht ohne Bindemittel gebaut werden. Bei der direkten Zuordnung zu einer wasserdurchlässigen oder dichten Bauweise muss berücksichtigt werden, dass sich diese Eigenschaft im Laufe der Nutzung durch Stoffeinträge verändern kann oder Reinigungsvorgänge notwendig werden können. Insgesamt wurden neunzehn Bauweisen (**siehe Kapitel 5.**) aus dem FGSV-Regelwerk für die Anwendung in einem Quartier aus Gründen der Ressourceneffektivität und der Quantität für diese Studie ausgewählt und in die Analyse einbezogen. Die zu verwendenden Baustoffe ergaben sich demgemäß in einer Anzahl von siebzehn verschiedenen Baustoffen (siehe **Tabelle 8**). Soweit es möglich war, wurde für die Berechnungen dieser Studie auf eine weitergehende Untergliederung der einzelnen Baustoffe, z.B. in unterschiedlich einzusetzende Bindemitteltypen und -mengen oder unterschiedliche Korngrößen aus praktischen Gründen nicht weiter unterschieden.

Gemäß RStO 12 sind dabei die gewählten Bauweisen mit Asphaltdecke (Tafel 1 der RStO) nach dem Grundsatz weitgehender technischer Gleichwertigkeit festgelegt. Das heißt, dass die Bauweisen einer Belastungsklasse die prognostizierte Verkehrsbelastung so aufnehmen kann, dass die Gebrauchstauglichkeit mit wirtschaftlichen Maßnahmen erhalten bleiben kann. Bei einigen Bauweisen werden aus bautechnischen Gründen aber auch größere Dicken vorgegeben, als aus Gründen des Ermüdungswiderstandes und der Tragfähigkeit hierfür ein Erfordernis bestände. Bauweisen mit Pflasterdecke (Tafel 3 der RStO) können untereinander und im Vergleich der gleichen Belastungsklasse im direkten Vergleich der Bauweisen hinsichtlich Tragfähigkeit und Nutzungsdauer ungleichwertig sein. Die RStO empfiehlt diese Bauweisen für Straßen in geschlossener Ortslage anzuwenden, wie dies auch bei Quartieren der Fall wäre. Die Bauweisen für Rad- und Gehwege in der RStO sind generell untereinander technisch als nicht gleichwertig einzustufen, da die notwendigen Schichtdicken hier weitgehend aus ihrer technischen Einbaubarkeit abgeleitet wurden. Das bedeutet für den generellen Vergleich der Bauweisen untereinander in dieser Studie, dass die berechneten Ergebnisse einen ersten Hinweis liefern können für die Planung von Quartieren, aber insbesondere regionale Erfahrungen und weitergehende Berechnungen für den Planungsprozess erforderlich sind.

Die konventionellen Bauweisen wurden ausgewählt, da sie die höchste Praxisanwendung versprechen und daher gut als Referenz dienen können. Die Bauweisen mit Asphaltfundationsschicht versprechen den geringsten Ressourcenverbrauch bei hohem Anteil Asphaltgranulat. Das Merkblatt M AFS-H von 2020 beschreibt seine Anwendung insbesondere aus Sicht der Kreislaufwirtschaft unter Allgemeines:

„Die Verwendung von Ausbauasphalt bei der Herstellung von Asphaltmischgut für Asphaltfundationsschichten in Heißbauweise ermöglicht eine nahezu vollständige Wiederverwendung des Asphaltgranulates. Müssen Straßenbaustoffe ausgebaut werden, sind sie im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) möglichst vollständig wiederzuverwenden. Für Asphaltgranulat ist vorrangig eine hochwertige Verwendung innerhalb der in den Technischen Regelwerken beschriebenen Asphaltmischgutarten anzustreben. Ist beispielsweise aufgrund großer anfallender Mengen eine vollständige

Verwendung in diesen Schichten nicht möglich, bietet sich der Einsatz von Asphaltgranulat in Asphaltfundationsschichten an. Asphaltgranulat wird nach diesem Regelwerk als Körnungsgemisch mit enthaltenem Bindemittelanteil betrachtet.“

Auch in dieser Studie wird für die Verwendung von Asphaltgranulat aus Vereinfachungsgründen nicht in die getrennte Erfassung und Berücksichtigung der Anteile Gestein und Bitumen unterschieden. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass diese „massiven“ Bauweisen längere Nutzungsdauern erwarten lassen.

Das Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen von 2013 gibt auf der Grundlage der damals vorliegenden Forschungsergebnisse und Erfahrungen Hinweise und Empfehlungen für den Einsatz sowie Planung, Bau und Erhaltung versickerungsfähiger Verkehrsflächen. Behandelt werden hier versickerungsfähige Befestigungen mit Pflaster, Asphalt und Beton sowie der Bau konventioneller Pflasterdecken und Plattenbeläge auf wasserdurchlässiger Tragschicht. Dabei setzt ein versickerungsfähiger Aufbau einer Verkehrsfläche auch ein ausreichend wasserdurchlässiges Planum voraus. Der gesamte Aufbau muss ausreichend versickerungsfähig sein und während seiner Nutzungsdauer möglichst auch bleiben.

Die Versickerung des auf Verkehrsflächen anfallenden Niederschlagswassers und damit eine Reduzierung des Oberflächenabflusses sind aus straßenbautechnischer Sicht zunächst im Sinne einer Regenwasserbewirtschaftung zu sehen und anzustreben. Durch das Verbleiben des Niederschlagswassers im natürlichen Wasserkreislauf können Engpässe im Kanalnetz und Überflutungen reduziert sowie die Belastungen für Kläranlagen und Gewässer gemindert werden. Die Entlastung der Entwässerungs- und Abwasserbehandlungsanlagen kann dabei zur Senkung ihrer Bau- und Betriebskosten beitragen.

Bei der Versickerung des Niederschlagswassers durch den Oberbau fehlt die belebte Bodenzone als biologisch aktiver Filter gegen Schadstoffeinleitungen ins Grundwasser. Daher ist in erster Linie eine Versickerung über begrünte Flächen außerhalb der Straßenbefestigung anzustreben, z.B. über die Bankette, Böschungen, Sickermulden oder Versickerungsbecken nach den RAS-Ew bzw. DWA-A 138. Wenn hierfür aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht ausreichend Flächen zur Verfügung stehen, ist gemäß M VV [M VV 2013] zu prüfen, ob eine versickerungsfähige Verkehrsflächenbefestigung in Frage kommt. Dabei müssen die Grundsätze des Boden- und Gewässerschutzes beachtet werden.

Dabei muss auch berücksichtigt werden, dass die Wasserdurchlässigkeit des Oberbaus durch Verschmutzung im Laufe der Zeit zurück gehen kann. Für den sich daraus ergebenden Oberflächenabfluss ist eine Entwässerungseinrichtung erforderlich, die vorzugsweise als Versickerungsanlage ausgebildet werden sollte.

Auch während des Baus und der Nutzung sind Verschmutzungen möglichst auszuschließen, die die Wasserdurchlässigkeit des Belages vermindern (z.B. Lagerung von Baumaterial, Baustellenverkehr).

Das M VV weist auch auf folgende „Schwachstellen“ versickerungsfähiger Deckschichten hin. Die Deckschichten versickerungsfähiger Befestigungen können im Vergleich zu den konventionellen Bauweisen einen geringeren Widerstand gegen Schub- und Torsionsbeanspruchungen (z. B. Reifendrehbewegungen beim Lenken im Stillstand) aufweisen. Diese Beanspruchungen sollen daher möglichst geringgehalten werden. Beispielsweise können durch eine schräge Anordnung von Parkständen Rangierbewegungen reduziert werden. Für Bereiche mit hohen Schub- und Torsionsbeanspruchungen (z. B. Rangierflächen auf Parkplätzen, Flächen mit engen Kurvenradien) kann es laut M VV zweckmäßig sein, diese in konventioneller Bauweise auszuführen.

Unter Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen, bodenschutzrechtlichen und bautechnischen Aspekte rät das M VV versickerungsfähige Verkehrsflächen besonders für die Belastungsklasse Bk0,3 nach den RStO sowie für sonstige Verkehrsflächen anzuwenden.

Die Bauweisen mit Asphaltfundationsschicht gemäß M AFS-H [M AFS-H 2020] und versickerungsfähige (wasserdurchlässige) Bauweisen gemäß M VV [M VV 2013] sind bisher im straßenbautechnischen Regelwerk „nur“ in Merkblättern beschrieben und weisen daher noch keinen so großen Erfahrungshintergrund in der Praxisanwendung auf wie die konventionellen Bauweisen. Sie sind aber im Zusammenhang mit dieser Studie besonders interessant für ihre Analyse und Anwendung aus ökologischen Gründen.

In **Bild 24** ist im Titel der Tafeln jeweils der genaue Bezug zum entsprechenden Regelwerk, aus diesem diese Bauweise stammt, aufgeführt, siehe **Detail 1**).

Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12
- Zeile 1: Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht

Detail 1 aus Bild 24 – Titel der Tafel

3.2 Bauweise, Ressourceneffektivität und Kreislauffähigkeit

Die weitere Analyse zur Bewertung der ausgewählten Bauweisen gemäß den FGSV-Regelwerken erfolgt in Anlehnung an die Vorgehensweise der „Integralen Gebäudeplanung für kreislaufgerechte Gebäude“ [Hildebrand, Wemmer; 2018]. In dieser Studie soll die Integrale Gebäudeplanung (IGP) erweitert werden um eine analoge, einfache Bewertung der umgebenden Verkehrsflächen, die für ein Quartier geeignet erscheinen.

Dabei werden ökologische Bewertungen zur Ressourceneffektivität und Kreislauffähigkeit um Aspekte zur Wirtschaftlichkeit, Wasserdurchlässigkeit und zur erwarteten Lebensdauer der verschiedenen Bauweisen in Wasser undurchlässigen und versickerungsfähigen Verkehrsflächen in **Tafeln** ergänzt, um so eine multifunktionale, praxisgemäße und nachvollziehbare Planungsgrundlage für Quartiere zu ermöglichen – **siehe Bild 24**. Im Folgenden sind die grün hervorgehobenen **Details** jeweils erläutert. Grundsätzlich findet man im linken Teil der Tafelseite die bautechnischen Angaben aus den straßenbautechnischen Regelwerken und auf der rechten Tafelseite die Angaben zur Ressourceneffektivität, Kreislauffähigkeit und Wirtschaftlichkeit.

BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75
	bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Asphaltdecke 12 Asphalttragschicht Σ 22 Frostschutzschicht			
	Dicke der Frostschutzschicht	/	33 ²	43	53

Detail 2 aus Bild 24 – bautechnische Angaben aus den straßenbautechnischen Regelwerken

Hier findet man Angaben der zu dimensionierenden Verkehrsflächen zur Dicke des frostsicheren Oberbaus und zur Frostschuttschicht, zur Belastungsklasse und zum bautechnischen Aufbau der einzelnen Schichten mit Dickenangaben.

Damit können festgelegte Umweltauswirkungen für Verkehrsflächen neben dem Planungsprozess von Gebäuden als Parameter in den Planungsprozess von Quartieren integriert werden. Gesetzliche Vorgaben können so besser beachtet werden und Strategien einbezogen werden, um Kosten langfristig zu minimieren. Verkehrsflächen sollen dafür weitgehend aus rezyklierten Gesteinskörnungen aufgebaut werden, um den Einsatz primärer Rohstoffe zu schonen.

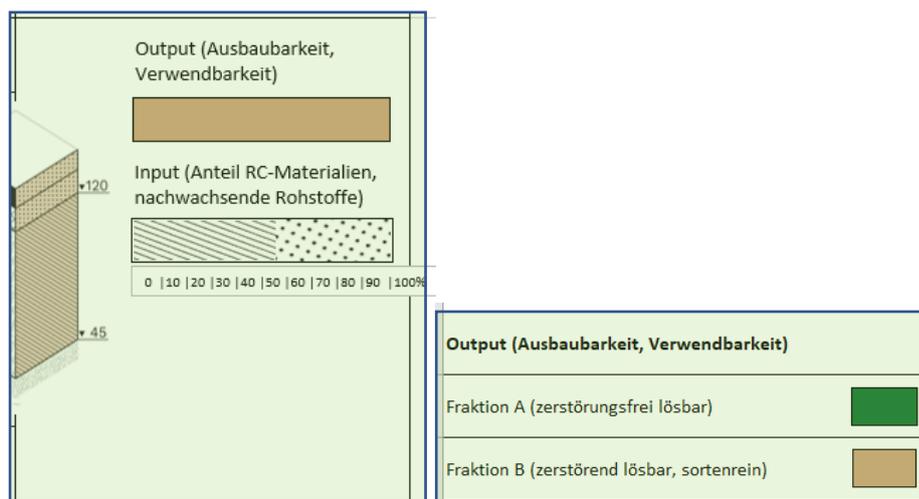
3.3 Analyse der Kreislauffähigkeit – Input und Output, Raumdichte und Stoffkosten

Alle Schichten der verschiedenen Verkehrsflächenbauweisen werden in dieser Studie hinsichtlich Wiederverwendung und Wiederverwertung bezogen auf ihr Gewicht ausgewertet und auf das Volumen pro m² bezogen. Dafür wurden für die verschiedenen Baustoffe Raumdichten festgelegt und in die Berechnung einbezogen (siehe **Tabelle 8**).

Anschließend wurde der prozentuale Anteil von Wiederverwendung, Wiederverwertung und erneuerbaren Rohstoffen für die verschiedenen Oberbaubauweisen ermittelt.

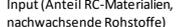
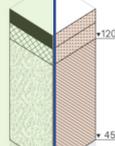
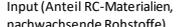
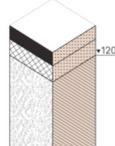
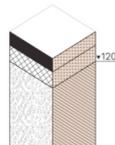
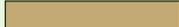
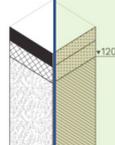
Der **Potentielle Output** für die Ausbaubarkeit und Wiederverwendbarkeit eines Straßenbaumaterials wurde bei der Auswertung gemäß den folgenden Kategorien zugeordnet, wobei die Fraktion C und D in dieser Studie nicht zur Anwendung kam:

- Fraktion A: zerstörungsfrei lösbar
- Fraktion B: zerstörend lösbar, sortenrein
- (Fraktion C: zerstörend lösbar, vermischt)
- (Fraktion D: kritische Materialien)



Detail 3 und 4 aus Bild 24 – Visuelle Ergebnisauswertung zum Output und zum Input

Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12
- Zeile 1: Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		1				Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer
		Hinweise	Schichtdicke [cm]						
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Asphaltdecke 12 Asphalttragschicht Σ 22 Frostschuttschicht						
		Dicke der Frostschuttschicht	/	33 ²	43	53			
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	4 Asphaltdecke 16 Asphalttragschicht Σ 20 Frostschuttschicht						
		Dicke der Frostschuttschicht	25 ³	35	45	55			
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%		
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	4 Asphaltdecke 14 Asphalttragschicht Σ 18 Frostschuttschicht						
		Dicke der Frostschuttschicht	27	37	47	57			
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	35	45	55	65	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Detail 3	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	4 Asphaltdecke ⁶ 10 Asphalttragschicht ⁶ Σ 14 Frostschuttschicht						
		Dicke der Frostschuttschicht	21	31	41	51			

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Evz-Mindestwerte in MPa
 1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch RStO
 2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen bei örtlicher Bewehrung anwendbar
 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
 6) Alternativ auch Asphalttragdeckschicht anwendbar, siehe auch RStO

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar)	
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein)	

Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)			
<input type="checkbox"/>	0%	<input type="checkbox"/>	>25%
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	>50%
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	>75%

Detail 4

Detail 1

Detail 2

Detail 6

Detail 3

Detail 5

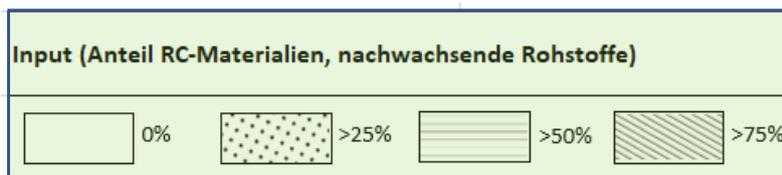
Bild 24: Beispiel: Aufbau einer Tafel (Erläuterung der Details siehe Text)

Grundsätzlich wurde bei allen Straßenbaumaterialien ohne oder mit Bindemittel, davon ausgegangen, dass sie alle einzeln ausbaubar sind und bei sorgfältiger Vorgehensweise auch sortenrein wiedergewonnen werden können. Das sind die Voraussetzungen für den selektiven Rückbau. Dies kann z.B. durch den Einsatz von Radlader, Bagger, Saugbagger, Fräsen oder im Einzelfall bei Kleinmengen auch durch Handarbeit erfolgen. Diese Festlegung erfolgte auf Basis der Anforderungen der Gewerbeabfallverordnung, die für den Regelfall eine sortenreine Gewinnung von Bauabfällen vorsieht. Diese Vorgehensweise wird in ihrer Umsetzung zukünftig sicherlich weiter an Bedeutung gewinnen für ihre Umsetzung in der Praxis.

Die Gewinnung von Pflastersteinen oder Platten wurde der Fraktion A = Gewinnung als Bauteil zugeordnet, während alle weiteren Straßenbaustoffe als Fraktion B gewertet wurden (siehe **Tabelle 9**).

Die Bewertung der Kreislauffähigkeit der Verkehrsflächenaufbauten erfolgt in zwei Schritten; zum einen wird die verbaute Baustoffsubstanz hinsichtlich Vornutzungen bewertet. Wird ein Baustoff zum wiederholten Mal genutzt, sind stoffliche Bestandteile wiederverwertet. Eine weitere Differenzierung in erneuerbare Rohstoffe erfolgt in dieser Studie unter Input nicht. Die Staffelung für die verschiedenen Verkehrsflächenbaustoffe für den **Input** (siehe **Tabelle 9**) erfolgt wie folgt:

0 %; > 25 %; > 50 % und > 75 %.



Detail 5 aus Bild 24 – Visuelle Ergebnisauswertung zum Input

bezogen auf ihr Volumen. In der Legende der erarbeiteten Tafeln wird dies durch die gleiche Schraffur mit verschiedenen Dichten angezeigt. In **Detail 6 aus Bild 24** folgen in der Tafeldarstellung die qualitativen Ergebnisse für Stoffkosten, Wasserdurchlässigkeit und Lebensdauer.



Detail 6 aus Bild 24 – Qualitative Ergebnisdarstellung für Stoffkosten, Wasserdurchlässigkeit und Lebensdauer

Auf Basis der Mengenermittlungen können im Nachgang zur Bearbeitung dieser Studie auch vereinfachte Ökobilanzen erstellt werden. So wären weitere spezielle Berechnungen für den gesamten Oberbau möglich.

Tabelle 8: Festgelegte Raumdichten und Stoffkosten ab Werk für die verschiedenen Baustoffe der Verkehrsflächenbefestigungen

Nr.	Baustoff	Bauweise	Körnung/ Dicke	Kurzbezeichnung	Raum-dichte	Stoffkosten ab Werk
			[mm]		[t/m ³]	[€/t]
1.	Asphaltdeckschicht	konventionell	0/11 0/8 0/5		2,35	110,00
2.	Asphaltbinder	konventionell	0/22, 0/16 0/11		2,45	80,00
3.	Asphalttragschicht	konventionell	0/22 0/16		2,45	80,00
4.	Asphalttragdeckschicht	konventionell	0/16		2,45	90,00
5.	Asphaltdeckschicht	wasserdurchlässig	0/8 0/5	DS WD PA 8 DS WD PA 5	2,10	95,00 105,00
6.	Pflasterstein, Platten	konventionell	8 cm 10 cm		2,50	100,00
7.	Pflasterbettung, Fugenfüllung	konventionell	0/4 0/8		2,20	20,00
8.	Pflasterstein, Platten	mit Sickerfugen oder haufwerksporig, wasserdurchlässig	8 cm		2,20	130,00
9.	Pflasterbettung, Fugenfüllung	wasserdurchlässig	0/4 0/8		2,20	25,00
10.	Deckschicht ohne Bindemittel	teildurchlässig, wasserdurchlässig	0/4 0/8	DoB	2,40	90,00
11.	Betondecke	konventionell	0/22		2,50	100,00
12.	Asphalttragschicht	konventionell	0/22 0/16		2,45	65,00
13.	Asphalttragschicht	wasserdurchlässig	0/22 0/16	TS WD PA 22 TS WD PA 16	2,10	85,00 90,00
14.	Schottertragschicht	konventionell, wasserdurchlässig	0/32	STS	2,00	14,00
15.	Frostschuttschicht	konventionell, wasserdurchlässig	0/32	FSS	2,00	10,00
16.	Asphaltfundationsschicht	konventionell	0/22	AFS-H	2,35	55,00
17.	Frostunempfindliches Material	konventionell	0/32		2,40	7,00

Tabelle 9: Festgelegte Kriterien für den Potentiellen Output und Input für die Verschiedenen Baustoffe der Verkehrsflächenbefestigungen

Nr.	Baustoff	Bauweise	Körnung/ Dicke	Potentieller Output*	Input**
			[mm]		[%]
1.	Asphaltdeckschicht	konventionell	0/11 0/8 0/5	Fraktion B	> 25
2.	Asphaltbinder	konventionell	0/22, 0/16 0/11	Fraktion B	> 25
3.	Asphalttragschicht	konventionell	0/22 0/16	Fraktion B	> 25
4.	Asphalttragdeckschicht	konventionell	0/16	Fraktion B	> 25
5.	Asphaltdeckschicht	wasserdurchlässig	0/8 0/5	Fraktion B	0
6.	Pflasterstein, Platten	konventionell	8 cm 10 cm	Fraktion A	> 25
7.	Pflasterbettung, Fugenfüllung	konventionell	0/4 0/8	Fraktion B	> 25
8.	Pflasterstein, Platten	mit Sickerfugen oder haufwerksporig, wasserdurchlässig	8 cm	Fraktion A	> 25
9.	Pflasterbettung, Fugenfüllung	wasserdurchlässig	0/4 0/8	Fraktion B	> 25
10.	Deckschicht ohne Bindemittel	teildurchlässig, wasserdurchlässig	0/4 0/8	Fraktion B	0
11.	Betondecke	konventionell	0/22	Fraktion B	> 25
12.	Asphalttragschicht	konventionell	0/22 0/16	Fraktion B	> 25
13.	Asphalttragschicht	wasserdurchlässig	0/22 0/16	Fraktion B	0
14.	Schottertragschicht	konventionell, wasserdurchlässig	0/32	Fraktion B	> 75
15.	Frostschuttschicht	konventionell, wasserdurchlässig	0/32	Fraktion B	> 75
16.	Asphaltfundationsschicht	konventionell	0/22	Fraktion B	> 75
17.	frostunempfindliches Material	konventionell	0/32	Fraktion B	vorhanden

*Potentieller Output

Fraktion A: zerstörungsfrei lösbar

Fraktion B: zerstörend lösbar, sortenrein

**Staffelung Input

0 %, > 25 %; > 50 %, > 75%

Die Festlegungen beim Input gehen dabei davon aus, dass bei den wasserdurchlässigen Asphalten und bei der Deckschicht ohne Bindemittel derzeit noch keine rezyklierte Gesteinskörnung bei der Produktion des Baustoffs aufgrund der zu erfüllenden Qualitätsanforderungen in der Praxis verwendet werden kann. Hieraus ergibt sich Forschungsbedarf.

Bei der Input-Zuordnung von > 25 M.-% bei den verschiedenen Asphalten wurde eine Asphaltgranulat-Zugabemöglichkeit per Kaltzugabe vorausgesetzt, die heute nahezu alle Asphaltproduktionsanlagen in Deutschland besitzen. Hier sind Zugabemengen von bis zu ca. 40 M.-% praxisüblich.

Die Input-Zuordnung > 75 M.-% ist an Asphaltmischanlagen bei der Asphaltfundationsschicht nur mit einer Asphaltgranulat-Zugabemöglichkeit per Paralleltrommel möglich. Asphaltfundationsschichten können mit einer derartigen Verfahrensweise mit ca. 80 M.-% oder nahezu bis 100 M.-% Asphaltgranulat hergestellt werden.

RC-Materialien aus 100 M.-% sind bei den aufgeführten Input-Zuordnungen regelgerecht nur bei der Frostschutz- und Schottertragschicht möglich. Während Frostschutzschichten heute schon regelgerecht aus 100% RC-Material hergestellt werden, wird für die Schottertragschicht gefordert, dass diese aus mindestens drei Einzelkörnungen hergestellt werden muss. Diese Anforderung erfüllen derzeit in der Praxis nur wenige RC-Unternehmen.

Aufgrund der aus der Praxis abgeleiteten Festlegungen ergeben sich grafisch für die verschiedenen Baustoffe hinsichtlich Raumdichte und Stoffkosten ab Werk die folgenden Bilder.

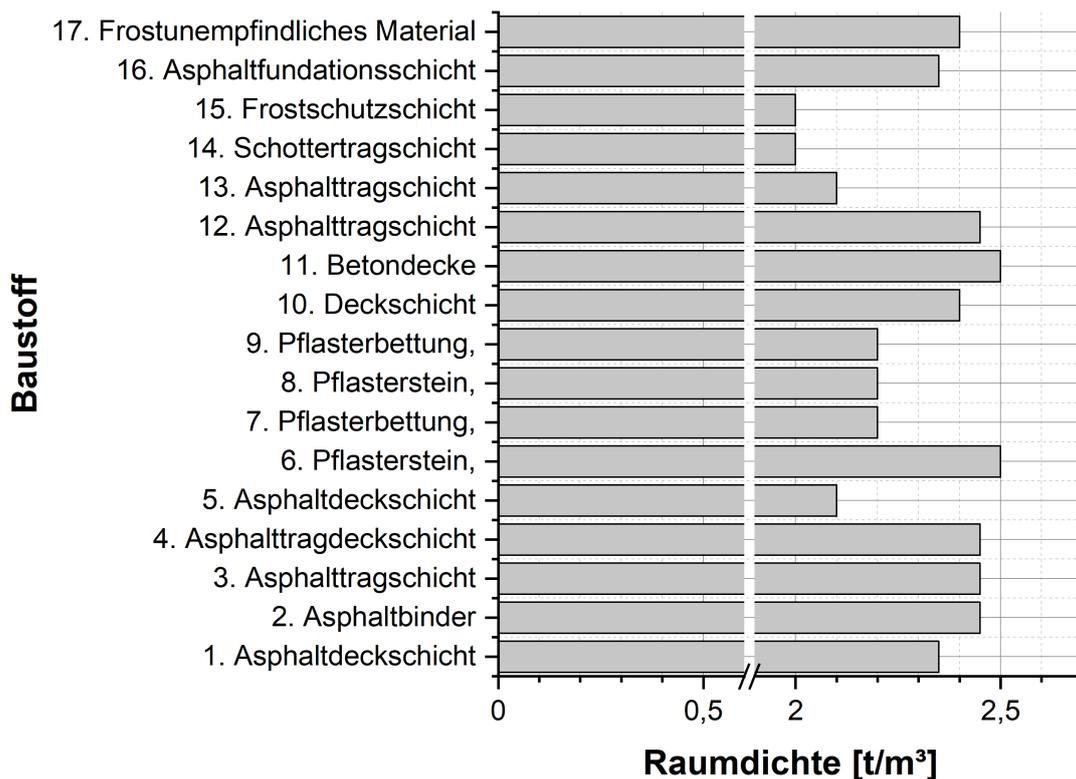


Bild 25: Festgelegte Rohdichte für den Vergleich der Bauweisen

Man erkennt, dass insbesondere die Baustoffe ohne Bindemittel eine geringere Raumdichte in die Berechnung einbringen, der dann in der Folge auch einem geringeren Ressourcenverbrauch entspricht. Analog zur festgelegten Raumdichte wurden in **Tabelle 8 und Bild 26** auch Stoffkosten ab Werk ergänzt. Diese Festlegung auf Basis von Befragungen und Internetrecherchen sollen die Preise ab Werk und damit die Kosten mit Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Baustoffe vom März 2022 in der Praxis widerspiegeln.

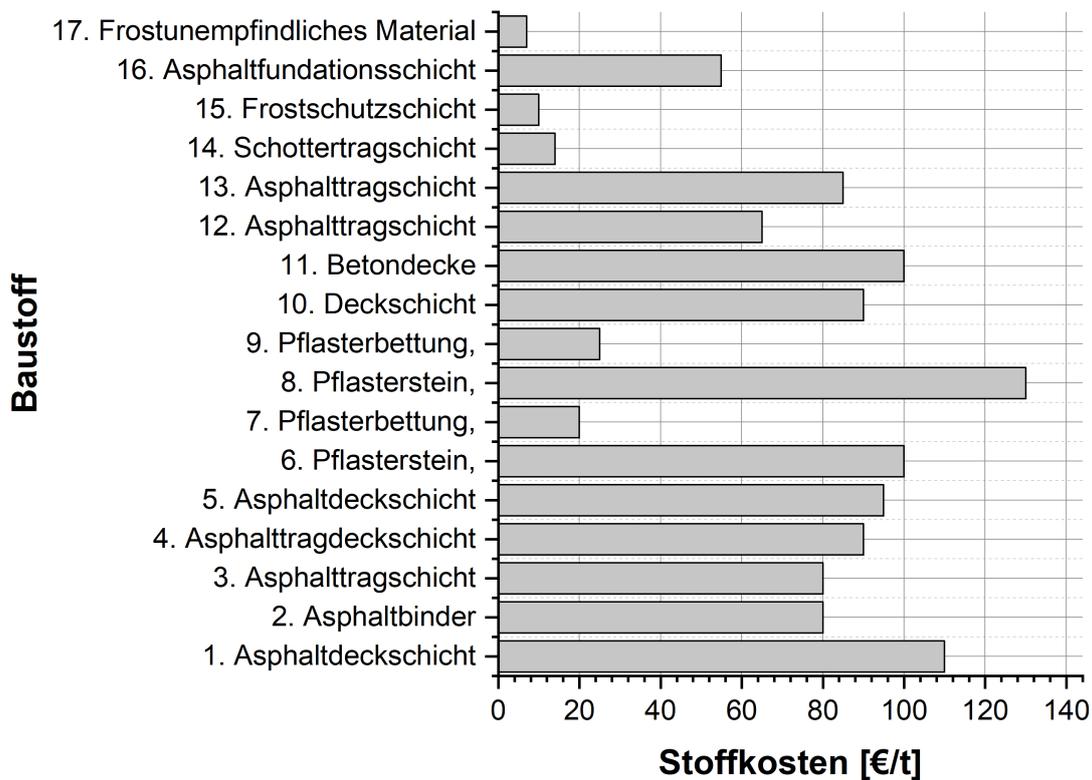


Bild 26: Festgelegte Stoffkosten ab Werk für den Vergleich der Bauweisen

Als erste grobe Einschätzung der analysierten Baustoffe ergibt sich **Tabelle 10** aus Sicht des Verfassers. Dabei wurden die monetären Stoffkosten qualitativ bewertet und um Angaben zur Wasserdurchlässigkeit und Lebensdauer ergänzt.

Bei der qualitativen Bewertung der einzelnen Baustoffe weisen die Stoffkosten der verschiedenen betrachteten Deckschichten (mit und ohne Bindemittel) aufwandsbedingt die höchsten Preise auf; das frostunempfindliche Material oder auch die Frostschuttschicht entsprechend die geringsten Preise, was sich bei der weiteren volumenbezogenen Berechnung der verschiedenen Bauweisen entsprechend auswirkt.

Wasserdurchlässige Baustoffe wurden mit einer 5 = wasserdurchlässig bewertet, während z.B. konventionelle Deckschichten eine nahezu wasserundurchlässige Eigenschaft, bewertet mit einer 1, darstellen.

Bei der Bewertung der Lebensdauer wurden die konventionellen Baustoffe mit einer 4 bewertet. Es ist bekannt, dass eine wasserdurchlässige Asphaltdeckschicht geringere Lebenserwartungen aufweist, diese wurde daher mit 3 = mittel bewertet. Eine Bewertung mit 5 bei der Lebensdauer wurde für die Tragschichten vergeben, da diese vom Verkehrsflächenaufbau, die höchsten Nutzungsdauern aufweisen.

Tabelle 10: Festgelegte Kriterien für Stoffkosten, Wasserdurchlässigkeit und Lebensdauer für die verschiedenen Baustoffe der Verkehrsflächenbefestigungen

Nr.	Baustoff	Bauweise	Körnung/ Dicke [mm]	Stoffkosten	Wasserdurchlässigkeit	Lebensdauer
1.	Asphaltdeckschicht	konventionell	0/11 0/8 0/5	5	1	4
2.	Asphaltbinder	konventionell	0/22, 0/16 0/11	5	2	4
3.	Asphalttragschicht	konventionell	0/22 0/16	5	2	4
4.	Asphalttragdeckschicht	konventionell	0/16	5	1	4
5.	Asphaltdeckschicht	wasserdurchlässig	0/8 0/5	5	5	3
6.	Pflasterstein, Platten	konventionell	8 cm 10 cm	5	1	4
7.	Pflasterbettung, Fugenfüllung	konventionell	0/4 0/8	2	1	4
8.	Pflasterstein, Platten	mit Sickerfugen oder haufwerksporig, wasserdurchlässig	8 cm	5	5	4
9.	Pflasterbettung, Fugenfüllung	wasserdurchlässig	0/4 0/8	2	4	3
10.	Deckschicht ohne Bindemittel	teildurchlässig, wasserdurchlässig	0/4 0/8	5	2	3
11.	Betondecke	konventionell	0/22	5	1	5
12.	Asphalttragschicht	konventionell	0/22 0/16	4	2	5
13.	Asphalttragschicht	wasserdurchlässig	0/22 0/16	5	4	5
14.	Schottertragschicht	konventionell, wasserdurchlässig	0/32	1	4	5
15.	Frostschuttschicht	konventionell, wasserdurchlässig	0/32	1	4	5
16.	Asphaltfundationsschicht	konventionell	0/22	4	2	5
17.	Frostunempfindliches Material	konventionell	0/32	1	4	5

Bewertung:

- ① gering
- ② eher gering
- ③ mittel
- ④ eher hoch
- ⑤ hoch

3.4 Analyse der gewählten Bauweisen

Die analysierten Bauweisen aus **Tabelle 6 und Tabelle 7** sind in Tafeln in **Kapitel 5** zusammengestellt worden. Dabei sind in den **Anhängen 1 bis 20**:

- Anhang 1: Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m²
- Anhang 2: Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen, Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege in kg/m²
- Anhang 3: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m² für die Belastungsklasse Bk3,2
- Anhang 4: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m² für die Belastungsklasse Bk1,8
- Anhang 5: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m² für die Belastungsklasse Bk1,0
- Anhang 6: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m² für die Belastungsklasse Bk≤0,3
- Anhang 7: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m², Sonstige Verkehrsflächen, Geh- und Radwege
- Anhang 8: Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m² für die Belastungsklasse Bk3,2
- Anhang 9: Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m² für die Belastungsklasse Bk1,8
- Anhang 10: Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m² für die Belastungsklasse Bk1,0
- Anhang 11: Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m² für die Belastungsklasse Bk≤0,3
- Anhang 12: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in kg/m², Sonstige Verkehrsflächen, Geh- und Radwege
- Anhang 13: Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen in €/m²
- Anhang 14: Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen, Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege in €/m²
- Anhang 15: Bewertung der Stoffkosten für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen
- Anhang 16: Bewertung der Stoffkosten für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen
- Anhang 17: Bewertung der Wasserdurchlässigkeit für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen
- Anhang 18: Bewertung der Wasserdurchlässigkeit für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen
- Anhang 19: Bewertung der Lebensdauer für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen

Anhang 20: Bewertung der Lebensdauer für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen

die jeweiligen berechneten Ergebnisse für die analysierten Eigenschaften tabellarisch aufgeführt, die in die erarbeiteten Tafeln des Kapitels 5 eingehen.

Den Ressourcenverbrauch (Materialgewicht) für die konventionellen Bauweisen kann man zusätzlich für die unterschiedlichen Belastungsklassen dem folgenden Bild entnehmen:

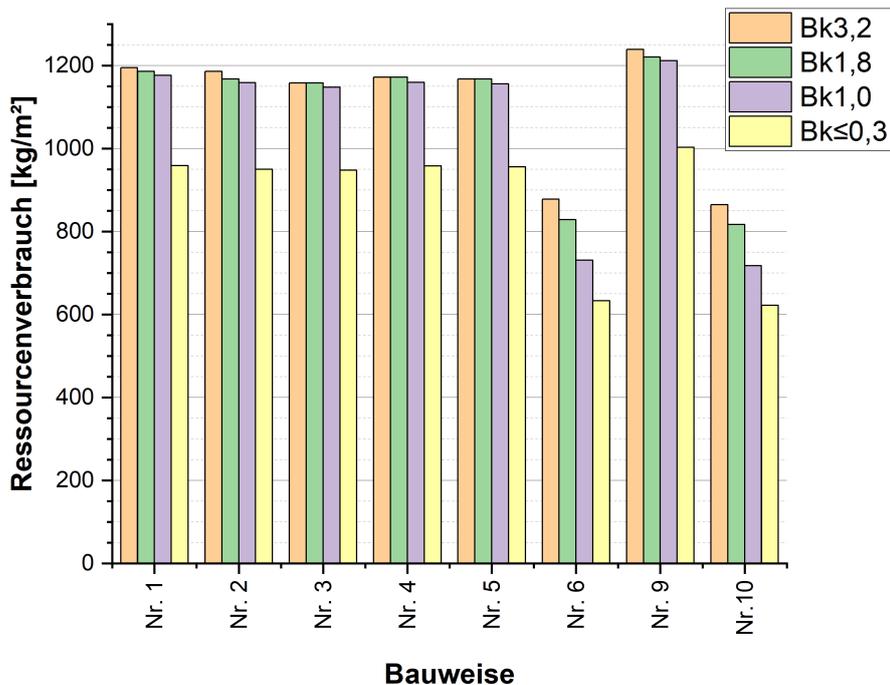


Bild 27: Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen – konventionell und mit Asphaltfundationsschicht [kg/m²]

Man erkennt, dass das errechnete Materialgewicht bei allen betrachteten Bauweisen und Belastungsklassen sehr ähnlich ist (Bauweise Nr. 1 bis Nr. 5 und Nr.9). Dabei muss berücksichtigt werden, dass bei allen Berechnungen für die Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk3,2 eine einheitliche Gesamtdicke für den frostsicheren Oberbau von 55 cm und für Bk≤0,3 von 45 cm vorgegeben wurde, um eine bessere Vergleichbarkeit der Bauweisen untereinander zu ermöglichen.

Eine Ausnahme für diese Vorgehensweise ist bei Bauweise Nr. 6 und Nr. 10 erkennbar. Durch die vollgebundene Asphaltbauweise ist hier eine deutliche Ressourceneinsparung bei Wahl dieser Bauweisen möglich.

In **Bild 28** sind analog die Ergebnisse für die wasserdurchlässigen Bauweisen aufgeführt, die hinsichtlich der Belastungsklassen aber laut Regelwerk nur eingeschränkt eingesetzt werden sollen. Aufgrund der hohen Porigkeit dieser Bauweise ergibt sich im Vergleich zu den konventionellen Bauweisen jedoch eine Materialgewichtsreduzierung. Diese klare Erkenntnis lässt sich bei **Bild 29**, in der die verschiedenen Bauweisen für sonstige Verkehrsflächen sowie Rad- und Gehwege dargestellt werden, nicht erkennen.

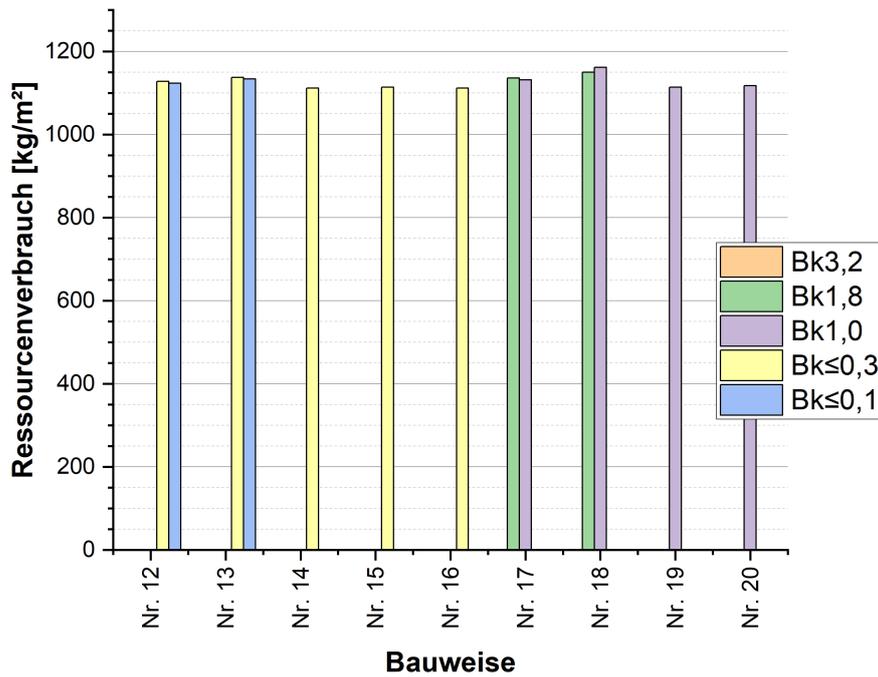


Bild 28: Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen – wasserdurchlässig/versickerungsfähig [kg/m²]

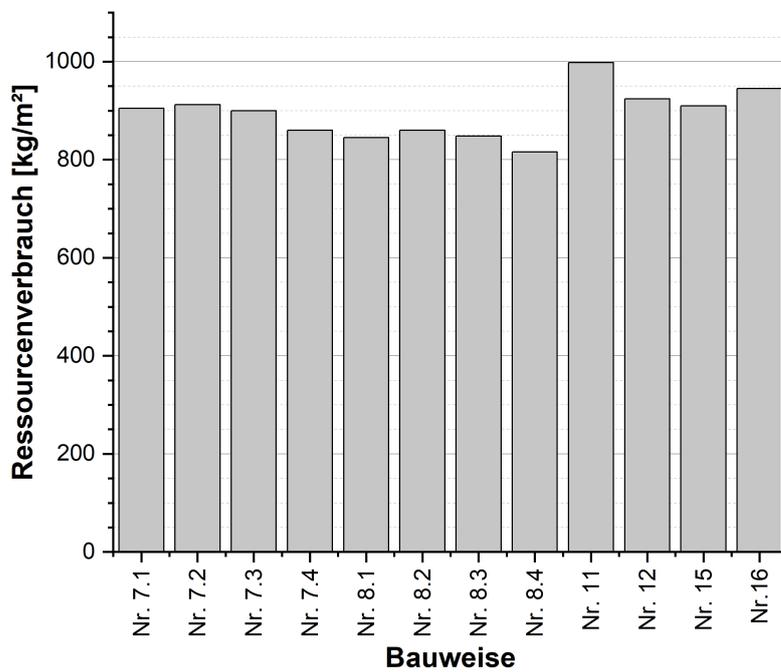


Bild 29: Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen – Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege [kg/m²]

In den **Bildern 30 bis 32** sind analog die Stoffkostenansätze ab Werk für die verschiedenen Bauweisen ausgewertet.

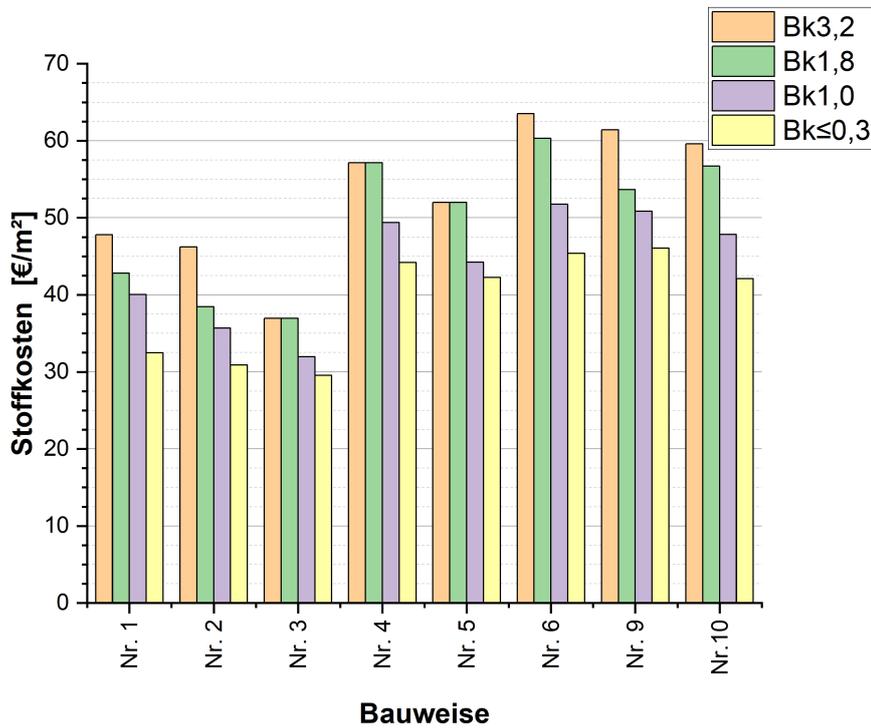


Bild 30: Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen – konventionell und mit Asphaltfundationsschicht [€/m²]

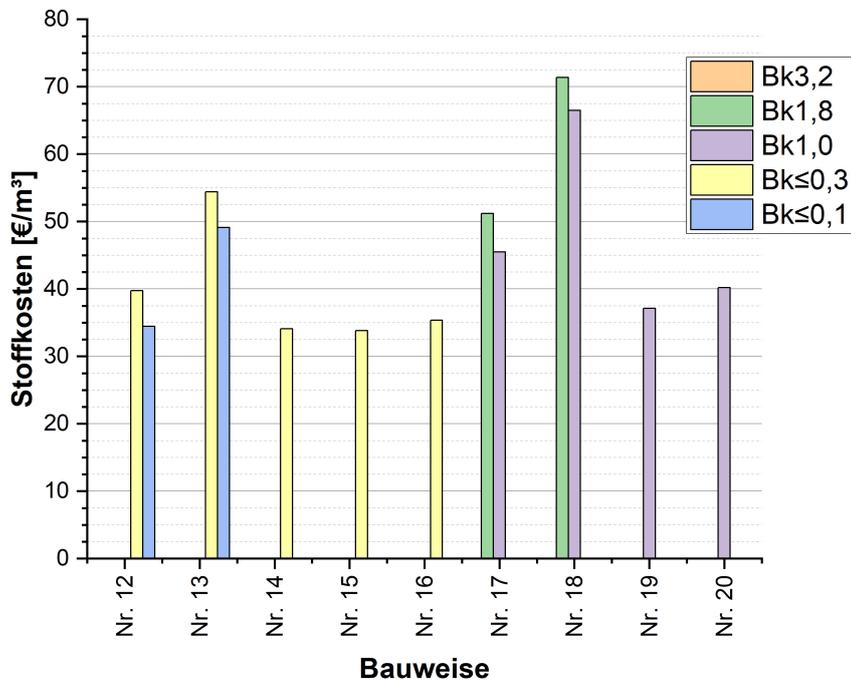


Bild 31: Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen – wasserdurchlässig/versickerungsfähig [€/m²]

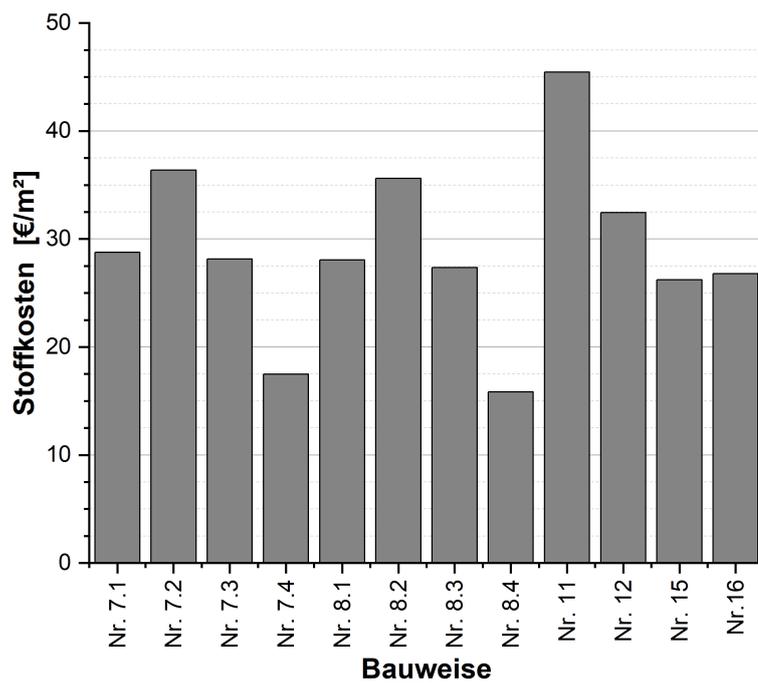


Bild 32: Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen – Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege [€/m²]

5. Ressourceneffektivität und Kreislauffähigkeit von Verkehrsflächen für Quartiere – Bauweisen in Tafeln

Im Folgenden sind die verschiedenen gewählten Bauweisen aus den FGSV-Regelwerken in Tafeln aufgeführt. Die Tafeln verbinden die bautechnischen Vorgaben nach den Regelwerken mit den zusätzlich analysierten Eigenschaften wie z.B. Ressourcenverbrauch, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit als übersichtliche Darstellung.

5.1 Konventionelle Bauweisen gemäß RStO 12 [RStO 2012]

- Tafel 1:** Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12,
Zeile 1: Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht
- Tafel 2:** Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12,
Zeile 3: Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht
- Tafel 3:** Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12,
Zeile 1: Schottertragschicht auf Frostschutzschicht
- Tafel 4:** Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12,
Zeile 4: Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht
- Tafel 5:** Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12,
Zeile 5: Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht
- Tafel 6:** Ausgewählte Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 4 der RStO 12,
Zeile 1: Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum
- Tafel 7:** Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO 12,
Zeile 1: Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material
- Tafel 8:** Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO 12,
Zeile 2: ToB auf Planum

5.2 Bauweisen mit Asphaltfundationsschicht gemäß M AFS-H [M AFS-H 2020]

- Tafel 9:** Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschutzschicht für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau
- Tafel 10:** Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau
- Tafel 11:** Asphalttragdeckschicht oder Asphaltdeckschicht auf Asphalttragschicht und AFS-H für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau

5.3 Versickerungsfähige Bauweisen gemäß M VV [M VV 2013]

- Tafel 12:** Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12, Pflasterdecke auf Schottertragschicht
- Tafel 13:** Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12, Pflasterdecke auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht
- Tafel 14:** Asphaltsschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12, zweischichtiger Aufbau auf Schottertragschicht
- Tafel 15:** Asphaltsschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12, zweischichtiger Aufbau auf Frostschutzschicht
- Tafel 16:** Asphaltsschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12, einschichtiger Aufbau auf Schottertragschicht
- Tafel 17:** Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV, Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 für Bk1,0 und Bk1,8, Pflasterdecke auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht
- Tafel 18:** Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV, Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 für Bk1,0 und Bk1,8, Pflasterdecke auf Frostschutzschicht
- Tafel 19:** Asphaltsschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt für Bk1,0 gemäß M VV, Tabelle A2 in Anlehnung an RStO 12, zweischichtiger Aufbau auf Schottertragschicht oder Frostschutzschicht

Tafel 1:

Quartiersbauweise Nr. 1

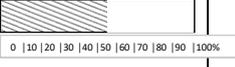
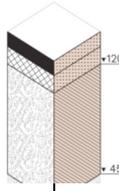
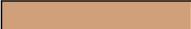
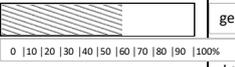
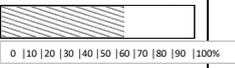
**Tafel 20: Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für
Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß
Tafel 1 der RStO 12,
Zeile 1: Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht**

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Asphaltdecke
Asphalttragschicht
Frostschutzschicht

auf Planum

**Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12
- Zeile 1: Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		1				Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer
		Hinweise	Schichtdicke [cm]						
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Asphaltdecke 12 Asphalttragschicht Σ 22						
		Dicke der Frostschuttschicht	/	33 ²	43		53		
		2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 	
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	35	45	55	65	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 	

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch RStO
 2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen bei örtlicher Bewehrung anwendbar
 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
 6) Alternativ auch Asphalttragdeckschicht anwendbar, siehe auch RStO

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	55	

Tafel 2:

Quartiersbauweise Nr. 2

Tafel 2: Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für
Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau
gemäß Tafel 1 der RStO 12,
Zeile 3: Asphalttragschicht und Schottertragschicht
auf Frostschutzschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Asphaltdecke
Asphalttragschicht
Schottertragschicht
Frostschutzschicht

auf Planum

Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12
- Zeile 3: Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte				2		
		Hinweise	Schichtdicke [cm]				Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	Bild 11 Zeile 3 10 Asphaltdecke 10 Asphalttragschicht 15 Schottertragschicht 35 Frostschutzschicht					
		Dicke der Frostschutzschicht	/	/	30 ²	40		
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	4 Asphaltdecke 12 Asphalttragschicht 15 Schottertragschicht ⁷ 31 Frostschutzschicht					
		Dicke der Frostschutzschicht	/	24 ³	34	44		
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	4 Asphaltdecke 10 Asphalttragschicht 15 Schottertragschicht ⁷ 29 Frostschutzschicht					Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
		Dicke der Frostschutzschicht	16 ³	26	36	46		Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	35	45	55	65	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	4 Asphaltdecke ⁶ 8 Asphalttragschicht ⁶ 15 Schottertragschicht 27 Frostschutzschicht					
		Dicke der Frostschutzschicht	/	18 ³	28	38		

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa

- 1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch RStO
- 2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen bei örtlicher Bewehrung anwendbar
- 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
- 6) Alternativ auch Asphalttragdeckschicht anwendbar, siehe auch RStO
- 7) Alternativ auch Abminderung der Asphalttragschicht um 2 cm, siehe auch RStO

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar)	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein)	

Tafel 3:

Quartiersbauweise Nr. 3

Tafel 3: Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für
Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau
gemäß Tafel 3 der RStO 12,
Zeile 1: Schottertragschicht auf Frostschutzschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Pflaster- oder Platten
Pflasterbettung
Schottertragschicht
Frostschutzschicht

auf Planum

**Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12
- Zeile 1: Schottertragschicht auf Frostschuttschicht³**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		3			Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer
		Hinweise	Schichtdicke [cm]					
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Pflasterdecke ⁹ 4 25 Schottertragschicht Σ 39 Frostschuttschicht					
		Dicke der Frostschuttschicht	/	/	26 ³	36		
		Bild 12 Zeile 1						
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Pflasterdecke ⁹ 4 25 Schottertragschicht Σ 39 Frostschuttschicht					
		Dicke der Frostschuttschicht	/	/	26 ²	36		
		Bild 12 Zeile 1						
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	8 Pflasterdecke ⁹ 4 20 Schottertragschicht Σ 32 Frostschuttschicht					Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		Dicke der Frostschuttschicht	/	/	33 ²	43		Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		Bild 12 Zeile 1						
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	35	45	55	65	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	8 Pflasterdecke ⁹ 4 15 Schottertragschicht Σ 27 Frostschuttschicht					
		Dicke der Frostschuttschicht	/	18 ³	28	38		
		Bild 12 Zeile 1						

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa

- 1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch RStO
- 2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen bei örtlicher Bewehrung anwendbar
- 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
- 9) Abweichende Steindicke, siehe auch RStO
- 10) Siehe ZTV Pflaster-StB
- 13) Anwendung in BK3,2 nur bei örtlicher Bewehrung

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	

Tafel 4:

Quartiersbauweise Nr. 4

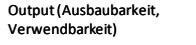
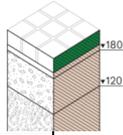
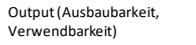
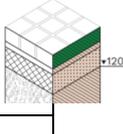
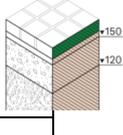
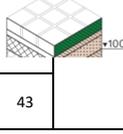
Tafel 4: Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für
Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau
gemäß Tafel 3 der RStO 12,
Zeile 4: Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Pflaster- oder Platten
Pflasterbettung
Wasserdurchlässige Asphalttragschicht
Frostschutzschicht

auf Planum

**Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12
- Zeile 4: Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte				4		Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer	
		Hinweise	Schichtdicke [cm]							
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	 <p>Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)</p>  <p>Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)</p> 			
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Pflasterdecke ⁹ 4 14 Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰ 28 Frostschutzschicht							
		Dicke der Frostschutzschicht	/	27 ³	37	47				
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75				
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	 <p>Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)</p>  <p>Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)</p> 			
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Pflasterdecke ⁹ 4 14 Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰ 28 Frostschutzschicht							
		Dicke der Frostschutzschicht	/	27 ²	37	47				
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75				
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	 <p>Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)</p>  <p>Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)</p> 		Stoffkosten	gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	8 Pflasterdecke ⁹ 4 12 Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰ 24 Frostschutzschicht						Wasserdurchlässigkeit	gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		Dicke der Frostschutzschicht	/	31 ²	41	51			Lebensdauer	gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75				
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	 <p>Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)</p>  <p>Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)</p> 			
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	8 Pflasterdecke ⁹ 4 10 Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰ 22 Frostschutzschicht							
		Dicke der Frostschutzschicht	/	23 ²	33	43				
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75				

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch RStO
 2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen bei örtlicher Bewehrung anwendbar
 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
 9) Abweichende Steindicke, siehe auch RStO
 10) Siehe ZTV Pflaster-StB

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	

Tafel 5:

Quartiersbauweise Nr. 5

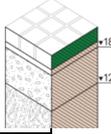
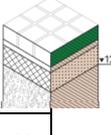
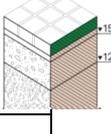
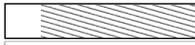
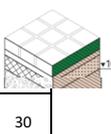
Tafel 5: Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für
Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau
gemäß Tafel 3 der RStO 12,
Zeile 5: Asphalttragschicht und Schottertragschicht
auf Frostschutzschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Pflaster- oder Platten
Pflasterbettung
Wasserdurchlässige Asphalttragschicht
Schottertragschicht
Frostschutzschicht

auf Planum

Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12
- Zeile 5: Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte				5			
		Hinweise	Schichtdicke [cm]				Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer	
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  		
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Pflasterdecke ⁹	4	10 Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰	15 Schottertragschicht			39
		Dicke der Frostschuttschicht	/	/	26 ³	36			
		Bild 12 Zeile 1							
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  		
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Pflasterdecke ⁹	4	10 Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰	15 Schottertragschicht			39
		Dicke der Frostschuttschicht	/	/	26 ²	36			
		Bild 12 Zeile 1							
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	8 Pflasterdecke ⁹	4	8 Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰	15 Schottertragschicht			35
		Dicke der Frostschuttschicht	/	20 ²	30	40			
		Bild 12 Zeile 1							
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  		
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	8 Pflasterdecke ⁹	4	8 Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰	15 Schottertragschicht			35
		Dicke der Frostschuttschicht	/	/	20 ²	30			
		Bild 12 Zeile 1							

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch RStO
 2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen bei örtlicher Bewehrung anwendbar
 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
 9) Abweichende Steindicke, siehe auch RStO
 10) Siehe ZTV Pflaster-StB

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	

Tafel 6:

Quartiersbauweise Nr. 6

Tafel 6: Ausgewählte Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 4 der RStO 12, Zeile 1: Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Asphaltdecke
Asphalttragschicht

auf Planum

Ausgewählte Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 4 der RStO 12 - Zeile 1: Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum¹²

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte				6	Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer	
		Hinweise		Schichtdicke [cm]					
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) <input type="text"/>		
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Asphaltdecke		26 Asphalttragschicht				<input type="text"/>
		Bild 13 Zeile 1		Σ 36		<input type="text"/>			
		Dicke der Frostschuttschicht							
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) <input type="text"/>		
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 Asphaltdecke		24 Asphalttragschicht				<input type="text"/>
				Σ 34		<input type="text"/>			
		Dicke der Frostschuttschicht							
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) <input type="text"/>	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	4 Asphaltdecke		26 Asphalttragschicht			Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch	
				Σ 30		<input type="text"/>		Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch	
		Dicke der Frostschuttschicht							
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) <input type="text"/>		
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	4 Asphaltdecke		22 Asphalttragschicht				<input type="text"/>
				Σ 26		<input type="text"/>			
		Dicke der Frostschuttschicht							

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 12) Ggf. Bodenverfestigung, siehe RStO 12

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 		<input type="text"/> 0% <input type="text"/> >25% <input type="text"/> >50% <input type="text"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	65	

Tafel 7:

Quartiersbauweise Nr. 7

Tafel 7: Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO 12, Zeile 1: Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Asphaltdecke oder Betondecke oder Pflasterdecke oder
Decke ohne Bindemittel
Schotter- oder Kiestragschicht
Schicht aus frostunempfindlichem Material

auf Planum

**Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO
- Zeile 1: Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		7		
		Hinweise	Schichtdicke [cm]		Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer
1	Rad- und Gehwege	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	30	40	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 	Stoffkosten gering 1 2 3 0 0 0
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche 10 ²⁰ 15 Σ 25	Asphalttragdeckschicht ⁶ Bild 14 Zeile 1 Schotter-/Kiestragschicht Schicht aus frostunempfindlichem Material			Wasserdurchlässigkeit gering 1 0 0 0 0 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht	/	15		Lebensdauer gering 1 2 3 4 0 hoch
2	Rad- und Gehwege	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	30	40	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 	Stoffkosten gering 1 2 3 4 5 hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche 12 ¹⁷ 20 15 Σ 27	Betondecke ¹⁷ Schotter-/Kiestragschicht Schicht aus frostunempfindlichem Material			Wasserdurchlässigkeit gering 1 0 0 0 0 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht	/	13		Lebensdauer gering 1 2 3 4 0 hoch
3	Rad- und Gehwege	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	30	40	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 	Stoffkosten gering 1 2 3 0 0 hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche 8 ¹⁴ 20 4 15 Σ 27	Pflaster/Platten ¹⁴ Pflasterbettung Schotter-/Kiestragschicht Schicht aus frostunempfindlichem Material			Wasserdurchlässigkeit gering 1 2 0 0 0 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht	/	13		Lebensdauer gering 1 2 3 4 0 hoch
4	Rad- und Gehwege	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	30	40	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 	Stoffkosten gering 1 0 0 0 0 hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche 4 25 Σ 29	Decke ohne Bindemittel Schotter-/Kiestragschicht Schicht aus frostunempfindlichem Material			Wasserdurchlässigkeit gering 1 2 0 0 0 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht	/	11		Lebensdauer gering 1 2 0 0 0 hoch

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 6) Asphalttragdeckschicht oder Asphalttrag- und Asphaltdeckschicht anwendbar, siehe auch RStO
 14) Auch geringe Dicke möglich
 16) Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen
 17) siehe auch RStO
 20) Bei Belastung durch Fahrzeuge (Wartung und Unterhaltung Ev2 ≥ 100 MPa

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	67

Tafel 8:

Quartiersbauweise Nr. 8

Tafel 8: Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO 12, Zeile 2: ToB auf Planum

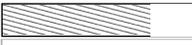
Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Asphaltdecke oder Betondecke oder Pflasterdecke oder
Decke ohne Bindemittel

Schotter- oder Kiestragschicht oder Frostschutzschicht

auf Planum

**Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO 12
- Zeile 2: ToB auf Planum**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		8		
		Hinweise	Schichtdicke [cm]		Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer
1	Rad- und Gehwege	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	30	40	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering 1 2 3 0 0 0
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche 10 ⁶ 20 Σ 10	Asphaltdecke Bild 14 Zeile 2 Schotter-/Kiestragschicht/ Frostschuttschicht			Wasserdurchlässigkeit gering 1 0 0 0 0 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht	20	30		Lebensdauer gering 1 2 3 4 0 hoch
2	Rad- und Gehwege	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	30	40	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering 1 2 3 4 5 hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche 12 ¹⁷ 20 Σ 12	Betondecke Schotter-/Kiestragschicht/ Frostschuttschicht			Wasserdurchlässigkeit gering 1 0 0 0 0 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht	18	28		Lebensdauer gering 1 2 3 4 0 hoch
3	Rad- und Gehwege	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	30	40	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering 1 2 3 0 0 hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche 8 ¹⁴ 4 Σ 12	Pflaster/Platten Pflasterbettung Schotter-/Kiestragschicht/ Frostschuttschicht			Wasserdurchlässigkeit gering 1 2 0 0 0 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht	18	28		Lebensdauer gering 1 2 3 4 0 hoch
4	Rad- und Gehwege	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	30	40	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering 1 0 0 0 0 hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche 4 Σ 4	Decke ohne Bindemittel Schotter-/Kiestragschicht/ Frostschuttschicht			Wasserdurchlässigkeit gering 1 2 0 0 0 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht	26	36		Lebensdauer gering 1 2 0 0 0 hoch

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 6) Asphalttragdeckschicht oder Asphalttrag- und Asphaltdeckschicht anwendbar, siehe auch RStO
 14) Auch geringe Dicke möglich
 16) Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen
 17) siehe auch RStO
 20) Bei Belastung durch Fahrzeuge (Wartung und Unterhaltung Ev2 ≥ 100 MPa

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	69

Tafel 9:

Quartiersbauweise Nr. 9

**Tafel 9: Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf
Frostschuttschicht für Fahrbahnen auf F2- und F3-
Untergrund/Unterbau**

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Asphaltdecke
Asphalttragschicht
Asphaltfundationsschicht
Frostschuttschicht

auf Planum

**Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht für Fahrbahnen
auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte	9				Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer		
			Hinweise						Schichtdicke [cm]	
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 		
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche							
			10	10	15	Σ 35				
			Dicke der Frostschuttschicht							/
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 		
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche							
			4	12	15	Σ 31				
			Dicke der Frostschuttschicht							/
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	45	55	65	75	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch	
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche							
			4	10	15	Σ 29				
			Dicke der Frostschuttschicht							
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹	35	45	55	65	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 		
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche							
			4	8	15	Σ 27				
			Dicke der Frostschuttschicht							

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 1) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar; Tabelle 8 der RStO 12 beachten

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar)		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein)	71	

Tafel 10:

Quartiersbauweise Nr. 10

**Tafel 10: Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf
Planum für Fahrbahnen auf F2- und F3-
Untergrund/Unterbau**

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Asphaltdecke
Asphalttragschicht
Asphaltfundationsschicht

auf Planum

**Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum
für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte				10		Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer	
		Hinweise		Schichtdicke [cm]		Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit			
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche		10 ≥ 13 ≤ 13 Σ 36	Asphaltdecke Asphalttragschicht Asphaltfundationsschicht Planum		Bild 17 Zeile 1 Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 		
		Dicke der Frostschuttschicht							
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹							
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche		10 ≥ 12 ≤ 12 Σ 34	Asphaltdecke Asphalttragschicht Asphaltfundationsschicht Planum		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 		
		Dicke der Frostschuttschicht							
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹							
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche		4 ≥ 13 ≤ 13 Σ 30	Asphaltdecke Asphalttragschicht Asphaltfundationsschicht Planum		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 		
		Dicke der Frostschuttschicht							Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ ⑥
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹							Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche		4 ≥ 11 ≤ 11 Σ 26	Asphaltdecke Asphalttragschicht Asphaltfundationsschicht Planum		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 		
		Dicke der Frostschuttschicht							Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹							

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
1) Teilersatz der unteren Lage (maximal die Hälfte der gesamten Dicke) der Asphalttragschicht

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar)		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein)	73	

Tafel 11:

Quartiersbauweise Nr. 11

**Tafel 11: Asphalttragdeckschicht oder Asphaltdeckschicht auf
Asphalttragschicht und AFS-H für Rad- und Gehwege
auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau**

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Asphaltdecke
Asphalttragschicht
Asphaltfundationsschicht

auf Planum

**Asphalttragdeckschicht oder Asphaltdeckschicht auf Asphalttragschicht und AFS-H
für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte				11				
		Hinweise	Schichtdicke [cm]			Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit		Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer		
1	Belastungsklasse Quartier	Rad- und Gehwege	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten	gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche 10 15 25	Asphaltdecke Asphaltfundationsschicht Frostschuttschicht			Bild 18 Zeile 1		Wasserdurchlässigkeit	gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
			Dicke der Frostschuttschicht						Lebensdauer	gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
			Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹							
2	Belastungsklasse Quartier		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹							
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche							
			Dicke der Frostschuttschicht							
3	Belastungsklasse Quartier		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹							
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche							
			Dicke der Frostschuttschicht							
4	Belastungsklasse Quartier		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹							
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche							
			Dicke der Frostschuttschicht							

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 1) Asphalttragdeckschicht oder Asphalttrag- und Asphaltdeckschicht
 2) Frostschuttschicht oder Schicht aus frostunempfindlichem Material, Minstdicke 25 cm

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	75	

Tafel 12:

Quartiersbauweise Nr. 12

Tafel 12: Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12, Pflasterdecke auf Schottertragschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Pflaster mit Sickerfugen
Pflasterbettung
Schottertragschicht
Frostschuttschicht

auf Planum

**Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV, Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12
- Pflasterdecke auf Schottertragschicht**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		12				
		Hinweise	Schichtdicke [cm]		Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer		
1		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche						
		Dicke der Frostschuttschicht						
2	Sonstige Verkehrsflächen	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		8 Pflaster mit Sickerfugen 4 15 Schottertragschicht Σ 27 Frostschuttschicht ²						
		Dicke der Frostschuttschicht						
3	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		8 Pflaster mit Sickerfugen 4 15 Schottertragschicht Σ 27 Frostschuttschicht ²						
		Dicke der Frostschuttschicht						
4	BK 0,1 ≤0,1	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		10 Pflaster mit Sickerfugen Bild 20 Zeile 1 4 15 Schottertragschicht Σ 29 Frostschuttschicht ²						
		Dicke der Frostschuttschicht						

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa

- Ggf. Geotextil, siehe M VV
- Die erforderliche Dicke der Frostschuttschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist
- Alternativ PA 22 T WDA, siehe M VV

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	77	

Tafel 13:

Quartiersbauweise Nr. 13

Tafel 13: Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12, Pflasterdecke auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Pflaster mit Sickerfugen
Pflasterbettung
Wasserdurchlässige Asphalttragschicht
Frostschuttschicht

auf Planum

**Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV, Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12
- Pflasterdecke auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		13		Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer			
		Hinweise	Schichtdicke [cm]		Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit				
1			Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche						
			Dicke der Frostschuttschicht						
			Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
2			Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche						
			Dicke der Frostschuttschicht						
			Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
3	BK 0,3 ≤0,3		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	8 4 10 Σ 22	Pflaster mit Sickerfugen Geotextil ¹ PA 16 T WDA ³	Frostschuttschicht ²			
			Dicke der Frostschuttschicht						
			Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
4	BK 0,1 ≤0,1		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	10 4 10 Σ 24	Pflaster mit Sickerfugen Geotextil ¹ PA 16 T WDA ³	Frostschuttschicht ²			
			Dicke der Frostschuttschicht						
			Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa

- 1) Ggf. Geotextil, siehe M VV
- 2) Die erforderliche Dicke der Frostschuttschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist
- 3) Alternativ PA 22 T WDA, siehe M VV

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	79	

Tafel 14:

Quartiersbauweise Nr. 14

Tafel 14: Asphaltdecken aus wasserdurchlässigem Asphalt bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12, zweischichtiger Aufbau auf Schottertragschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Wasserdurchlässige Asphaltdeckschicht
Wasserdurchlässige Asphalttragschicht
Schottertragschicht

auf Planum

**Asphaltschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12
- zweischichtiger Aufbau auf Schottertragschicht**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		14				Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer			
		Hinweise	Schichtdicke [cm]	Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit							
1		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹									
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche									
		Dicke der Frostschuttschicht									
2		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹									
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche									
		Dicke der Frostschuttschicht									
3	BK 0,3 ¹ ≤ 0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch			
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	3 PA 8 D WDA auf Bild 21 auf Schottertragschicht 9 PA 22 T WDA Σ 12 Schottertragschicht							Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) 	Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		Dicke der Frostschuttschicht							Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch		
4	BK 0,3 ¹ ≤ 0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit) 				
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	2 PA 5 D WDA auf 10 PA 16 T WDA Σ 22 Schottertragschicht								Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
		Dicke der Frostschuttschicht									

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 1) Bei geringeren Verkehrsbeanspruchungen B [Mio.] ≤ 0,1 sollte die Spalte „Sonstige Verkehrsflächen“ angewendet werden
 2) Die erforderliche Dicke der Frostschuttschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar)		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein)	81	

Tafel 15:

Quartiersbauweise Nr. 15

Tafel 15: Asphaltdecken aus wasserdurchlässigem Asphalt bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12, zweischichtiger Aufbau auf Frostschutzschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Wasserdurchlässige Asphaltdeckschicht
Wasserdurchlässige Asphalttragschicht
Frostschutzschicht

auf Planum

**Asphaltschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12
- zweischichtiger Aufbau auf Frostschuttschicht**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		15						
		Hinweise	Schichtdicke [cm]			Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer			
1	Belastungsklasse Quartier	Sonstige Verkehrsflächen	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Stoffkosten
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	3 7 Σ 10	PA 8 D WDA auf PA 16 T WDA	sonstige Verkehrsfläche	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	gering 1 2 3 4 5 hoch	Wasserdurchlässigkeit	gering 1 2 3 4 5 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht						Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)	Lebensdauer	gering 1 2 3 4 5 hoch
2	Belastungsklasse Quartier	Sonstige Verkehrsflächen	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Stoffkosten
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	2 8 Σ 10	PA 8 D WDA auf PA 16 T WDA		Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	gering 1 2 3 4 5 hoch	Wasserdurchlässigkeit	gering 1 2 3 4 5 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht						Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)	Lebensdauer	gering 1 2 3 4 5 hoch
3	Belastungsklasse Quartier	BK 0,3 ≤ 0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Stoffkosten
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	3 11 Σ 14	PA 8 D WDA auf PA 22 T WDA	Bild 21 auf Frostschuttschicht	Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	gering 1 2 3 4 5 hoch	Wasserdurchlässigkeit	gering 1 2 3 4 5 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht						Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)	Lebensdauer	gering 1 2 3 4 5 hoch
4	Belastungsklasse Quartier	BK 0,3 ≤ 0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	Stoffkosten
			bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	2 12 Σ 14	PA 5 D WDA auf PA 16 T WDA		Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)	gering 1 2 3 4 5 hoch	Wasserdurchlässigkeit	gering 1 2 3 4 5 hoch
		Dicke der Frostschuttschicht						Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)	Lebensdauer	gering 1 2 3 4 5 hoch

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 1) Bei geringeren Verkehrsbeanspruchungen B [Mio.] ≤ 0,1 sollte die Spalte „Sonstige Verkehrsflächen“ angewendet werden
 2) Die erforderliche Dicke der Frostschuttschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar)		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein)		
83		

Tafel 16:

Quartiersbauweise Nr. 16

Tafel 16: Asphaltdecken aus wasserdurchlässigem Asphalt bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12, einschichtiger Aufbau auf Schottertragschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Wasserdurchlässige Asphalttragdeckschicht
Schottertragschicht

auf Planum

**Asphaltschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt gemäß M VV [M VV 2013],
Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12 [RStO 2012] - einschichtiger Aufbau (nur auf Schottertragschicht)**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte				16					
		Hinweise		Schichtdicke [cm]		Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit		Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer			
1		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹									
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche									
		Dicke der Frostschuttschicht									
2	Sonstige Verkehrsflächen	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch		
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche		10 PA 16 TD WDA Σ 10 Schottertragschicht							
		Dicke der Frostschuttschicht									
3	BK 0,3 ¹ ≤ 0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch		
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche		12 PA 16 TD WDA Σ 12 Schottertragschicht		ild 21 einschichtiger Aufbau					
		Dicke der Frostschuttschicht									
4		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹									
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche									
		Dicke der Frostschuttschicht									

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 1) Bei geringeren Verkehrsbeanspruchungen B [Mio.] ≤ 0,1 sollte die Spalte „Sonstige Verkehrsflächen“ angewendet werden
 2) Die erforderliche Dicke der Frostschuttschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	85	

Tafel 17:

Quartiersbauweise Nr. 17

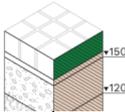
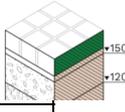
Tafel 17: Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV, Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 für Bk1,0 und Bk1,8, Pflasterdecke auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Pflasterdecke mit Verbundwirkung mit Sickerfugen
Pflasterbettung
Schottertragschicht
Frostschutzschicht

auf Planum

**Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV,
Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 für Bk1,0 und Bk1,8 - Pflasterdecke auf Schottertragschicht**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		17			
		Hinweise	Schichtdicke [cm]		Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer	
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche					
		Dicke der Frostschuttschicht					
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%
		14 Pflasterdecke mit Verbundwirkung mit Sickerfugen Bild 22 4 Schottertragschicht 25 Σ 43 Frostschuttschicht ²	Pflasterdecke auf 				
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche					
		Dicke der Frostschuttschicht					
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%
		12 Pflasterdecke mit Verbundwirkung mit Sickerfugen 4 Schottertragschicht 20 Σ 36 Frostschuttschicht ²	chottertragschicht 				
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche					
		Dicke der Frostschuttschicht					
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche					
		Dicke der Frostschuttschicht					
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa

- 1) Ggf. Geotextil, siehe M VV
- 2) Die erforderliche Dicke der Frostschuttschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist.
- 3) Alternativ PA 22 T WDA, siehe M VV

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	87	

Tafel 18:

Quartiersbauweise Nr. 18

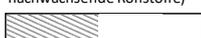
**Tafel 18: Auszug der gewählten versickerungsfähigen
Pflasterdecken gemäß M VV,
Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 für Bk1,0 und
Bk1,8,
Pflasterdecke auf Frostschutzschicht**

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Pflasterdecke mit Verbundwirkung mit Sickerfugen
Pflasterbettung
Wasserdurchlässige Asphalttragschicht
Frostschutzschicht

auf Planum

**Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV,
Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 für Bk1,0 und Bk1,8 - Pflasterdecke auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht**

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte	18				Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer
			Hinweise					
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche						
		Dicke der Frostschuttschicht						
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		14 Pflasterdecke mit Verbundwirkung mit Sickerfugen 4 Geotextil 14 PA 22 T WDA Σ 32 bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche Frostschuttschicht						
		Dicke der Frostschuttschicht						
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		12 Pflasterdecke mit Verbundwirkung mit Sickerfugen 4 Geotextil 12 PA 16 T WDA Σ 28 bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche Frostschuttschicht auf wasserdurchlässiger hicht						
		Dicke der Frostschuttschicht						
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
4	BK 0,3 ≤0,3	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche						
		Dicke der Frostschuttschicht						
		Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						

Erläuterung der Aufbauvarianten: Dickenangaben in cm, Ev2-Mindestwerte in MPa
 1) Ggf. Geotextil, siehe M VV
 2) Die erforderliche Dicke der Frostschuttschicht ist gemäß den RStO so festzulegen, dass ein ausreichendes Tragverhalten und eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet ist.
 3) Alternativ PA 22 T WDA, siehe M VV

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	89	

Tafel 19:

Quartiersbauweise Nr. 19

Tafel 19: Asphaltdecken aus wasserdurchlässigem Asphalt für Bk1,0 gemäß M VV, Tabelle A2 in Anlehnung an RStO 12, zweischichtiger Aufbau auf Schottertragschicht oder Frostschutzschicht

Aufbau der Verkehrsfläche (von oben nach unten):

Wasserdurchlässige Asphaltdeckschicht
Wasserdurchlässige Asphalttragschicht
Schottertragschicht oder Frostschutzschicht

auf Planum

Tabelle A2 in Anlehnung an RStO 12 für Bk1,0 und Bk1,8 - zweischichtiger Aufbau auf Schottertragschicht oder Frostschuttschicht

Zeile	Belastungsklasse [Mio.]	Spalte		19				
		Hinweise	Schichtdicke [cm]			Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit	Kosten, Wasserdurchlässigkeit, Lebensdauer	
1	BK 3,2 >1,8-3,2	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche						
2	BK 1,8 >1,0-1,8	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹						
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	nicht empfohlen					
3	BK 1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) Pflasterdecke auf  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	3 PA 8 D WDA Bild 23 11 PA 22 T WDA Σ 14 Schottertragschicht					
4	BK1,0 >0,3-1,0	Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹					Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)  Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe) Schotterdecke auf  0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%	Stoffkosten gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Wasserdurchlässigkeit gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch Lebensdauer gering ① ② ③ ④ ⑤ hoch
		bautechnischer Aufbau der Verkehrsfläche	3 PA 8 D WDA 15 PA 22 T WDA Σ 18 Frostschuttschicht					
		Dicke der Frostschuttschicht						

Output (Ausbaubarkeit, Verwendbarkeit)		Input (Anteil RC-Materialien, nachwachsende Rohstoffe)
Fraktion A (zerstörungsfrei lösbar) 		<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> >25% <input type="checkbox"/> >50% <input type="checkbox"/> >75%
Fraktion B (zerstörend lösbar, sortenrein) 	91	

6. Gesamtbewertung der analysierten Bauweisen

Die derzeitigen geltenden Regelwerke der FGSV für den Bau von Verkehrsflächen, die auch für den Bau von Verkehrsflächen für Quartiere angewandt werden können, lassen heute schon die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen/RC-Baustoffe in großen Mengen zu. Das dient für den Bau von zukunftsfähigen Verkehrsflächen der Ressourcenschonung, der Ressourceneffektivität und der Kreislauffähigkeit der verwendeten Baustoffe und Bauweisen.

Diese Studie kann aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung nur Hinweise liefern für den Bau von zukunftsfähigen Quartieren, die durch Analysen im Planungsprozess eines jeden neuen Quartiers jeweils kontrovers analysiert und diskutiert werden muss, um später validierte Ergebnisse erzielen zu können. Des Weiteren ist für diese Validierung noch eine umfangreiche Forschungs- und Entwicklungstätigkeit notwendig, um dieser multifunktionalen Aufgabenstellung gerecht zu werden.

6.1 Zusammenfassende Bewertung nach den ReBAU-Kriterien

In Tabelle 11 und 12 erfolgt ein Versuch die verschiedenen Bauweisen mit den unterschiedlichen Eigenschaften und Zielen zusammenfassend zu bewerten. Dabei geht in die qualitative Bewertung folgende Zuordnung für die unterschiedlichen Parameter ein:

- Materialgewicht abgeleitet für Bk1,0 oder Bk0,3
 - ① gering Zuordnung < 950 kg/m²
 - ② eher gering Zuordnung ≥ 950 kg/m²
 - ③ mittel Zuordnung ≥ 1100 kg/m²
 - ④ eher hoch Zuordnung ≥ 1150 kg/m²
 - ⑤ hoch Zuordnung ≥ 1200 kg/m²

Materialgewicht für sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege

- ① gering Zuordnung < 800 kg/m²
 - ② eher gering Zuordnung ≥ 800 kg/m²
 - ③ mittel Zuordnung ≥ 850 kg/m²
 - ④ eher hoch Zuordnung ≥ 900 kg/m²
 - ⑤ hoch Zuordnung ≥ 950 kg/m²
- Output
 - ① gering Zuordnung = 0 %
 - ② eher gering Zuordnung > 25 %
 - ③ mittel Zuordnung > 50 %
 - ④ eher hoch Zuordnung > 75 %
 - ⑤ hoch Zuordnung = 100 %
 - Input
 - ① gering Zuordnung = 0 %
 - ② eher gering Zuordnung > 25 %
 - ③ mittel Zuordnung > 50 %
 - ④ eher hoch Zuordnung > 75 %
 - ⑤ hoch Zuordnung = 100 %

- Wasserdurchlässigkeit

① gering	Zuordnung = quasi dicht
② eher gering	Zuordnung = eher dicht
③ mittel	Zuordnung = teildurchlässig
④ eher hoch	Zuordnung = eher wasserdurchlässig
⑤ hoch	Zuordnung = wasserdurchlässig

- Lebensdauer

① gering	Zuordnung = gering
② eher gering	Zuordnung = eher gering
③ mittel	Zuordnung = mittel
④ eher hoch	Zuordnung = eher hoch
⑤ hoch	Zuordnung = hoch

- Stoffkosten abgeleitet für Bk1,0 oder Bk0,3

① gering	Zuordnung $\leq 35 \text{ €/m}^2$
② eher gering	Zuordnung $\leq 40 \text{ €/m}^2$
③ mittel	Zuordnung $\leq 45 \text{ €/m}^2$
④ eher hoch	Zuordnung $\leq 50 \text{ €/m}^2$
⑤ hoch	Zuordnung $> 50 \text{ €/m}^2$

Stoffkosten für sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege

- | | |
|---------------|-----------------------------------|
| ① gering | Zuordnung $\leq 20 \text{ €/m}^2$ |
| ② eher gering | Zuordnung $\leq 25 \text{ €/m}^2$ |
| ③ mittel | Zuordnung $\leq 30 \text{ €/m}^2$ |
| ④ eher hoch | Zuordnung $\leq 35 \text{ €/m}^2$ |
| ⑤ hoch | Zuordnung $> 35 \text{ €/m}^2$ |

In der Spalte „Gesamt“ wurden die Punkte der Bewertung addiert. In die Gesamtbewertung ging die Bewertung des Materialgewichtes, der Wasserdurchlässigkeit und der Stoffkosten mit einem negativen Vorzeichen ein. Eigene Gesamtbewertungen mit anderen Zuordnungskriterien oder Wichtungen können selbstverständlich zu anderen Gesamtbewertungen führen.

Bei der zusammenfassenden Outputbewertung gingen die Anteile der Fraktion A und B als Gesamtsumme ein. Analog wurden bei der Inputbewertung die Anteile $> 25 \%$, $> 50 \%$, $> 75 \%$ und 100% zusammengefasst.

Die Gesamtbewertung ist folgend in **Tabelle 11 und 12** aufgeführt.

6.2 Erfolgversprechende Verkehrsflächenaufbauten für Quartiere

Für die bevorzugte Anwendung in Quartieren werden die folgende Verkehrsflächenaufbauten empfohlen (**blau hinterlegt**). Abgeleitet wurde diese Empfehlung auf Basis der durchgeführten zusammenfassenden Bewertung, aufgeführt in **Tabelle 11 und 12**.

Aufgrund des unterschiedlichen Erfahrungshintergrundes, insbesondere was deren Nutzungsdauern in Quartieren angeht, wird für die verschiedenen Bauweisen empfohlen die Bauweisen im Rahmen des geplanten Quartiers in Inden, Bartholomäus Pfädchen vergleichend in der Praxis anzuwenden und wissenschaftlich zu begleiten, um weitere Erkenntnisse zu sammeln.

Grundsätzlich sollte bei der Gestaltung der Flächen als Referenz eine konventionelle Bauweise nach RStO [RStO 12] zur Anwendung kommen. Dies könnte die Bauweise:

3. Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschutzschicht

sein (**siehe Tabelle 11**). Falls eine fugenlose Bauweise zur Anwendung kommen soll, eignet sich alternativ die Bauweise 1. oder 2. mit Asphaltdecke.

Als besonders ressourcenschonende Bauweise würden sich die Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau

6. Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum

10. Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum

anbieten. Das wäre ebenfalls eine fugenlose und wasserdichte Bauweise. Als wasserdurchlässige Bauweise eignen sich insbesondere für eine Anwendung bei $Bk < 0,3$ die Bauweisen:

14. Asphaltdecke für $Bk_{0,3}$, auf Schottertragschicht oder

15. Asphaltdecke für $Bk_{0,3}$ und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht

Gerade aber bei Quartieren sollten wasserdurchlässige Bauweisen auch bis zur Belastungsklasse $Bk_{1,8}$ ($Bk_{3,2}$) angewendet werden, um weitere Erfahrung mit diesen Bauweisen zu sammeln. Grundsätzlich gilt bei all diesen Empfehlungen, dass die zu wählenden Schichtdicken auch abweichend von den Regelwerken zu den Bauweisen festgelegt werden können.

Bei der Auswertung der **Tabelle 12** zu Geh- und Radwegen, sonstige Verkehrsflächen ergibt sich ein analoges Bild bei der Bewertung. Empfohlen werden hier für eine Anwendung:

8.1. Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, ToB auf Planum

11. Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege

als dichte Bauweise. Aber auch wasserdurchlässige Bauweisen 12. Bis 16. sollten nicht unberücksichtigt werden. Bei jeder Wahl der Bauweise ist abzuwägen, ob alle wesentlichen Baustoffeigenschaften, wie z.B. auch Ebenheit und Fahrkomfort oder Ästhetik der Oberfläche für das Quartier in der Bewertung ausreichend berücksichtigt worden sind.

Tabelle 11: Zusammenfassende Bewertung der Bauweisen für die Belastungsklasse Bk3,2 bis Bk≤0,3 der ausgewählten Bauweisen

Nr.	Beschreibung der Bauweise		Materialgewicht (-)	Output (+)	Input (+)	Wasserdurchlässigkeit (-)	Lebensdauer (+)	Stoffkosten (-)	Gesamt (Summe)
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht	4	5	5	1	4	3	6
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht	4	5	5	1	4	2	7
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschutzschicht	3	5	5	2	4	1	8
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht	4	5	4	2	4	4	3
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht	4	5	4	2	4	3	4
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	1	5	5	1	5	5	8
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege						
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege						
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschutzschicht	5	5	5	1	5	5	4
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	1	5	5	1	5	4	9
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege						
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht	3	5	4	4	3	2	3
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschutzschicht	3	5	4	4	3	5	0
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht	3	5	4	4	3	1	4
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht	3	5	4	4	3	1	4
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	3	5	4	4	3	2	3
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht	3	5	3	4	3	4	0
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht	3	5	3	4	3	5	-1
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht	3	5	3	4	3	2	2
20.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschutzschicht	3	5	3	4	3	3	1

Bewertung: 1 gering; 2 eher gering; 3 mittel; 4 eher hoch; 5 hoch

Tabelle 12: Zusammenfassende Bewertung der Bauweisen für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen

Nr.	Beschreibung der Bauweise	Materialgewicht (-)	Output (+.)	Input (+.)	Wasserdurchlässigkeit (-)	Lebensdauer (+.)	Stoffkosten (-)	Gesamt (Summe)	
7.1	Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege	Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	4	5	5	1	4	3	6
7.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	4	5	5	1	4	5	3
7.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	4	5	5	2	4	3	5
7.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	3	5	4	2	2	1	5
8.1		Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, ToB auf Planum	2	5	5	1	4	3	8
8.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, ToB auf Planum	3	5	5	1	4	5	5
8.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, ToB auf Planum	2	5	5	2	4	3	7
8.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, ToB auf Planum	2	5	4	2	2	1	6
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	5	5	5	1	5	5	4
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht	4	5	5	4	3	4	1
15.	Asphaltdecke (für Bk0,3) und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht	4	5	4	4	3	3	1	
16.	Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	4	5	4	4	3	3	1	

Bewertung: ① gering; ② eher gering; ③ mittel; ④ eher hoch; ⑤ hoch

7. Ressourceneffiziente Stadtquartiere – BlueGreenStreets (BGS)

7.1 Inhalte des Forschungs- und Entwicklungsprojektes

Das Projekt: BlueGreenStreets – Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere, welches unter der Projektleitung der HafenCity Universität Hamburg, Herr Prof. Wolfgang Dickhaut geleitet wird, steht mit einer Projektlaufzeit vom 01.03.2019 bis 30.06.2022 kurz vor dem Projektende. Ein interdisziplinäres Team strebt in diesem Projekt an die Wirksamkeit von Planungsinstrumenten und Regelwerken zu grünen städtischen Infrastrukturen, urbaner Wasserwirtschaft, dem Sanierungsmanagement von Straßen und Kanälen sowie der Verkehrs- und Freiraumplanung zu untersuchen, zu evaluieren und weiterzuentwickeln. Straßenräume sollen zukunftsfähig gestaltet werden und so zu Multitalenten der Stadtquartiere werden. Dabei haben Stadtgrün und Wasserflächen nicht nur eine große Bedeutung für die Lebensqualität, sondern auch für das Mikroklima eines Stadtquartiers. In wachsenden Städten besteht die Gefahr, dass durch die Bebauung von Flächen die Überflutungsgefahr steigt. Die Aufgabe zukünftiger Stadtentwicklung ist es deshalb, verschiedene Flächennutzungen nicht nur nebeneinander zu entwickeln, sondern miteinander im Sinne einer „Schwammstadt“ zu verknüpfen. Stadtgrün und Überflutungsschutz muss sich in den multifunktional genutzten Straßenraum einfügen. [BGS 2022]

Das Projekt verbindet die unterschiedlichen Planungsziele aus dem Bau von Verkehrsflächen, seiner Begrünung, der Ver- und Entsorgung von urbanen Stadtquartieren mit einem zukunftsfähigen Konzept für die Regenwassernutzung/Regenwassermanagement aus dem Bereich der Siedlungswasserwirtschaft als Beitrag zur Bewältigung der Klimafolgen. Dabei gilt es auch neue Aspekte für die Weiterentwicklung der Regelwerke aus den Bereichen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau – FLL sowie Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall – DWA anzuregen. Für die Umsetzung von BlueGreenStreets wird das Zielbild verfolgt:

„Multicodierte, blau-grüne Straßenräume führen verkehrliche, wasserwirtschaftliche, mikroklimatische und grünplanerische Belange zusammen und tragen zur Anpassung an den Klimawandel sowie zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität bei. Sie berücksichtigen dabei bestehende Infrastrukturen und die ökonomischen Rahmenbedingungen.“ [BGS-TBA 2022]

7.2 Anwendung der BGS-Toolbox für die Planung eines Quartiers

Anhand der während der Projektlaufzeit von BGS erprobten „BlueGreenStreets-Elementen“ für die Umsetzung einer multifunktionale Straßenraumgestaltung wurden im März 2022 Planungshilfen veröffentlicht, die BlueGreenStreets Toolbox A und -B. Darin werden die entwickelten blau-grünen Elemente ausführlich vorgestellt und bewertet. Auch die Themen Gestaltung, Barrierefreiheit, unterirdische Leitungen sowie Pflege und Unterhaltung sind in der Toolbox aufbereitet worden. Die Toolbox ist eine anwendungsorientierte Planungshilfe mit Fokus auf die Neugestaltung bestehender Stadtstraßen. Mit ihr wird ein Werkzeugkasten aus Tools und planerischen Hinweisen für den Entwurf qualitativ gestalteteter, multicodierter, blau-grüner Straßenräume bereitgestellt. Die Toolbox richtet sich an alle Akteure, die für deren Konzeption, Planung und den Umbau verantwortlich sind. [BGS-TBA 2022]

Mit diesem Werkzeug in der Hand von Planenden und Entscheidenden soll die Integration von Klimafolgenanpassung und Klimaschutz in die Planungsprozesse für multifunktionale Straßen ein Stück näher rücken [BGS-TBA 2022]. Damit können die Toolboxen auch eine wertvolle Planungsgrundlage für die zukunftsfähige Gestaltung eines neuen Quartiers bilden.



Bild 33: BlueGreenStreets-Toolboxen, HafenCity Universität Hamburg, www.hcu-hamburg.de/bluegreenstreets, März 2022 [BGS-TBA 2022, BGS-TBB 2022]

Die Toolboxen liefern Inhalte zu folgenden Planungshilfen [BGS-TBA 2022, BGS-TBB 2022]:

Teil A – Praxisleitfaden für blau-grüne Straßenraumgestaltung

- Ziele und Grundsätze blau-grüner Straßenräume
- Grundlagen und Planungsprozess
- Entwurf blau-grüner Straßenräume
- Nutzen für die Stadtgesellschaft
- Unterhaltung blau-grüner Straßenräume
- BGS-Pilotprojekte – Umsetzung in Research by Design-Prozessen
- Blau-grüne Straßen – wie geht es weiter?

Teil B – Steckbriefe blau-grüner Elemente

- Elemente für vitale Baumstandorte
- Elemente der Verdunstung
- Elemente der Versickerung
- Elemente der Wassernutzung
- Elemente der Starkregenvorsorge
- Elemente der Wasserreinigung
- Prinzipien und Ausstattungsmerkmale der lebendigen Straßenraumgestaltung.

7.3 Anwendung der Toolboxen für das Zukunftsquartier im Plangebiet Inden, Bartholomäus Pfädchen

Im Rahmen der Planung und Umsetzung des Zukunftsquartiers im Plangebiet Inden, Bartholomäus Pfädchen sollten die Voraussetzungen zur Nutzung der BlueGreenStreets Toolbox A und -B auf ihre Umsetzbarkeit für die Planung des Zukunftsquartiers geprüft werden. Im Mittelpunkt der Prüfung sollte die möglichst vollständige Nutzung des Regenwassers von Gebäuden, Verkehrsflächen und sonstigen Flächen und seiner Verdunstung und Versickerung nach den Prinzipien einer „Schwammstadt“ stehen.

Aus Sicht des Verfassers sollten für die Planung und Umsetzung des Zukunftsquartiers insbesondere folgende Elemente bei einer individuellen Prüfung in Betracht gezogen werden:

Elemente für vitale Baumstandorte

- Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestand, Neubau),
- Baumrigole (ohne Speicher, mit Speicher)

Elemente der Verdunstung

- Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst), Gedichtetes
- Verdunstungsbeet (natürlich eingefasst)
- Fassadenbegrünung (bodengebunden, wandgebunden)
- Pergolen, grüne Wände (Lärmschutzwände/Verdunstungswände)

Elemente der Versickerung

- Versickerungmulde (ohne Rigole, mit Rigole)
- Tiefbeet (ohne Rigole, mit Rigole)
- Wasserdurchlässige Bodenbeläge

Anmerkung: Verkehrsflächenbefestigungen für die Belastungsklasse Bk1,8

Elemente der Wassernutzung

- Zisterne zur Niederschlagswasserspeicherung

Elemente der Starkregenvorsorge

- Rückhaltung im Freiraum
- Blue Streets — Rückhaltung und/oder Ableitung (Notwasserweg) im Straßenraum

Elemente der Wasserreinigung

- Filterbeete

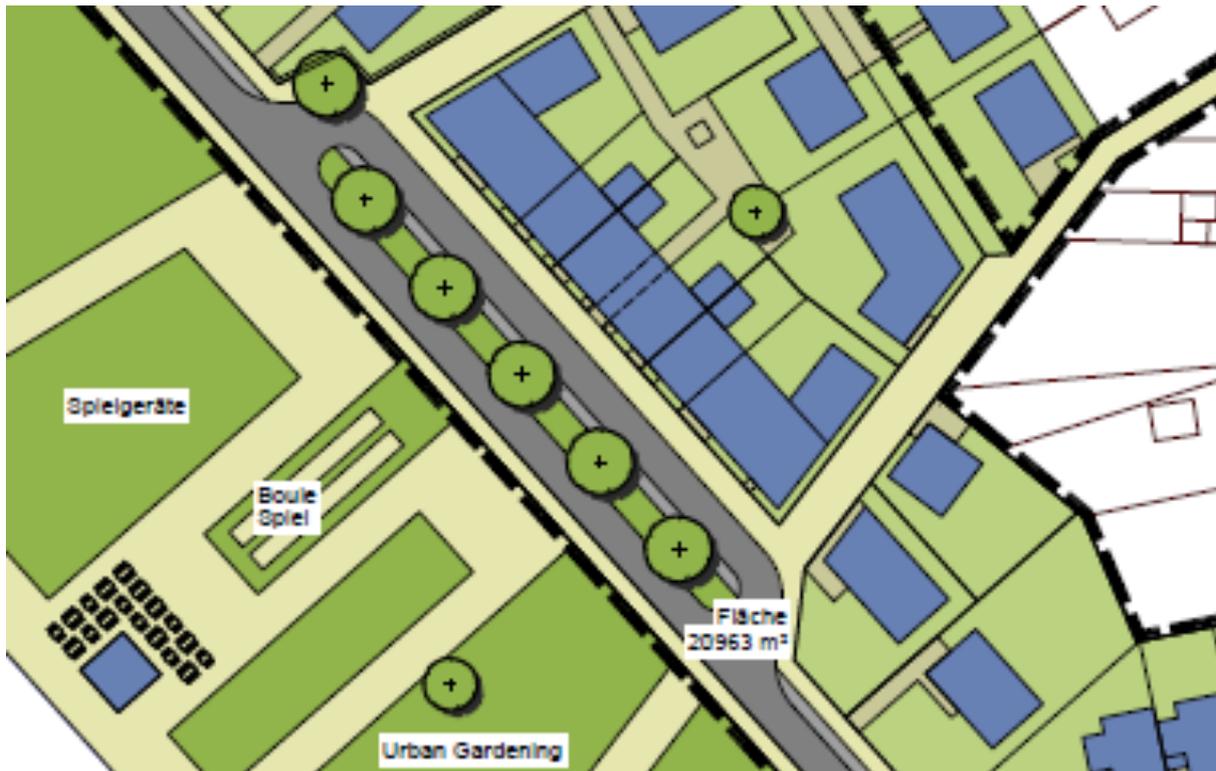


Bild 34: Ausschnitt Planungsstand 06/2022 von Bild 8: Planverfahren "Bartholomäus Pfädchen", Inden Schophoven, Gemeinde Inden, HJP Planer

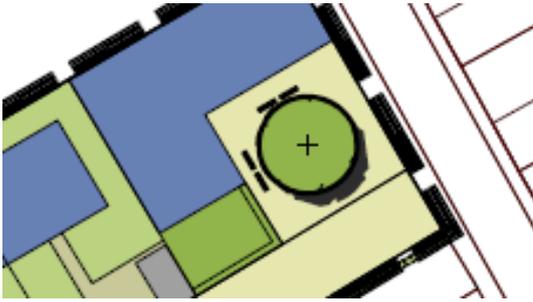
Für die Planung des Zukunftsquartiers im Plangebiet Inden, Bartholomäus Pfädchen ergeben sich für die Regenwasserbewirtschaftung aus Sicht des Verfassers für ein ressourceneffektives, kreislauffähiges und zukunftsfähiges Quartier mit Einbeziehung der Verkehrsflächen folgende abgeleitete Fragestellungen zur Regenwasserbewirtschaftung, die bei der individuellen Planung geprüft werden sollten:

- Welche Rückhaltungsmöglichkeiten für Regenwasser gibt es auf den Privatgrundstücken, beispielsweise durch Begrünungsmaßnahmen bei Gebäudedächern oder anderen Versickerungsmaßnahmen, z.B. in Form von Zisternen, unabhängig von der Anwendung der BGS-Elemente für einen Einsatz auf Straßenprofilhöhe?



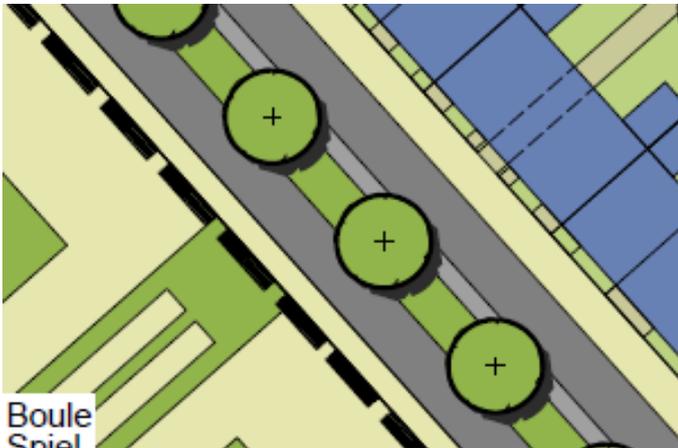
Detail: Dachflächen von Gebäuden aus Bild 8/Bild 34

- Welche Baumstandorte und Pflanzgrubenbauweisen eignen sich als hydrologisch optimierter Baumstandort?



Detail: Baumstandort aus Bild 8/Bild 34

- Welche Baumstandorte eignen sich als Baumrigolenstandort für die Zwischenspeicherung von Regenwasser? Welche Qualität hat das Regenwasser für die jeweilige Nutzung? Muss es gefiltert werden?



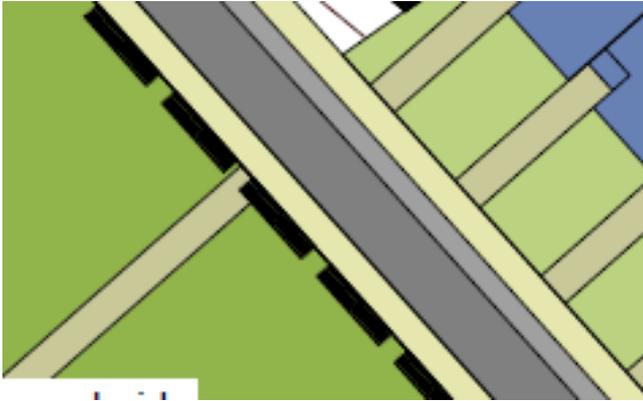
Detail: Straßenbaumreihe aus Bild 8/Bild 34

- Welche Verkehrsflächen können in wasserdurchlässiger Bauweise gebaut werden? Mit welcher Bauweise? Wie kann das Regenwasser von wasserdurchlässigen Verkehrsflächen genutzt und Überschusswasser abgeleitet werden?



Detail: Erschließungsstraßen aus Bild 8/Bild 34

- Muss die Hauptsammelstraße aufgrund ihrer Verkehrsbelastung in dichter Bauweise gebaut werden oder kann sie auch in wasserdurchlässiger Bauweise gebaut werden. Muss das Regenwasser der Verkehrsfläche gefiltert werden?



Detail: Hauptsammelstraße aus Bild 8/Bild 34

- Welche Grünflächen eignen sich als Retentionsraum zur Aufnahme von Regenwasser, Starkregenereignissen?



**Detail: Grünflächennutzung als Überflutungsschutz/Retentionsflächen?
aus Bild 8/Bild 34**

8. Forschung und Entwicklung/Real Labor für Quartiere

8.1 Forschungs- und Entwicklungsprojekte für Verkehrsflächenaufbauten

Vielfach sind die betrachteten Bauweisen gemäß den FGSV-Regelwerken untereinander nicht vergleichbar oder können eine sehr unterschiedliche Nutzungsdauer nach heutigem Wissen besitzen. Daraus ergeben sich Fragestellungen, denen im Rahmen von Praxiserprobungen – möglichst mit wissenschaftlicher Begleitung – beim Neubau oder der Sanierung von Quartieren nachgegangen werden sollte.

Da für zukunftsfähige Quartiere für die Ausführung von Verkehrsflächen unterschiedlicher Belastungsklassen oder Nutzungen neben den bautechnischen Eigenschaften besonders Nachhaltigkeitsfaktoren eine besondere Rolle spielen, werden folgende Fragestellungen zur Etablierung neuer innovativer und kostengünstiger Bauweisen bei der Umsetzung von Quartieren von besonderem Interesse sein:

- Welche Nutzungsdauern erreichen geeignete Verkehrsflächenaufbauten mit unterschiedlicher Deckschichtbauweise, insbesondere mit Pflaster- oder Asphaltdecke für Quartiere in dichter oder wasserdurchlässiger Bauweise?
- Wie kann die Nutzungsdauer von wasserdurchlässigen Asphaltaufbauten bei den Beanspruchungen von Quartieren bei Verkehrsflächen gesteigert werden?
- Welche Oberbauaufbauten sind insbesondere bis zur Belastungsklasse Bk3,2 für wasserdurchlässige Bauweisen von Straßen möglich?
- Wie können rezyklierte Gesteinskörnungen/RC-Baustoffe in höheren Mengen beim Bau von Quartieren verwendet werden. Einsatz von Rejuvenators zur Bitumenaktivierung bei Asphalt?
- Welche regionalen (RC-)Baustoffe/Gesteine bei möglichst geringer Transportentfernung kommen hierfür in Frage?
- Die Verkehrsflächen sollten eine mehrfache Recycling-Möglichkeit bieten und daher für dessen Wiederverwendung beim Ausbau einfach gewinnbar sein. Welche Baustoffe sind kombinierbar?
- Tragschichten ohne Bindemittel können auch als selbsterhärtende Tragschicht ausgeführt werden. Die Anwendung im Quartier bei verschiedenen Bauweisen könnte die Nutzungsdauer verlängern oder den Schichtstärken verändern.
- Welche Baustoffe sind für zukunftsfähige Quartiere besonders gut verwendbar bei stufenweisem Ausbau des Baugebietes?
- Welche nachhaltigen Baustoffe und Bauweisen sind für repräsentative Flächen, wie beispielsweise eine Marina besonders geeignet?

Beim Neubau eines Quartieres können durch den Bau und den Vergleich unterschiedlicher Verkehrsflächenoberbauweisen neue Erkenntnisse gewonnen werden, die sich eng an heutige bestehende Regelwerke anlehnen. Nur so können neue Standardbauweisen für Quartiere entwickelt und evaluiert werden.

8.2 Forschungs- und Entwicklungsprojekte für Baumstandorte mit Regenwassernutzung von Verkehrsflächen und Gebäuden

In BlueGreenStreets [BGS 2022] wird angestrebt eine Blau-Grüne Infrastruktur mit Verkehrsflächen im Zuge des Klimawandels in Großstädten zu etablieren. Diese Vorgehensweise ist aus Sicht des Verfassers auch geeignet für die zukunftsfähige Gestaltung von Quartieren. Dabei sind insbesondere die BlueGreen-Elemente auf die spezifischen Anforderungen von Quartieren anzuwenden und abzustimmen. Eine spezielle Fragestellung

ergibt sich analog zu Großstädten zur Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung und zur Ableitung von Starkregenereignissen bei Baumstandorten oder anderen Grünflächen.

- Kann das Regenwasser ohne Filterung von Gebäuden oder Verkehrsflächen in den Straßenbaumstandort eingeleitet werden?
- Welche Eigenschaften müssen Vegetationssubstrate besitzen, die als Baumsubstrat und Filtersubstrat eingesetzt werden können?
- Kann es in Form von Baumrigolen für Baumstandorte zwischengespeichert werden?
- Wie müssen Baumstandorte von Quartieren hier baulich in nachhaltiger Bauweise bestmöglich angepasst werden?

Beim Neubau eines Quartieres können innovative Baumpflanzungen mit Regenwassernutzung für die Ansprüche von Quartieren gebaut werden, um neue Erkenntnisse zu sammeln.

8.3 Forschungs- und Entwicklungsprojekt PU-Beton als wasserdurchlässige Verkehrsflächenbauweise

Innerhalb des ReBAU-Projektes wird ein wasserdurchlässiger Deckschicht-Straßenbelag unter Verwendung rezyklierter Gesteinskörnungen von BASF Polyurethanes GmbH und Bimolab gGmbH entwickelt. Dabei wird ein spezielles Polyurethan als Bindemittel für rezyklierte Gesteine genutzt. Es soll als Alternativprodukt zu einer wasserdurchlässigen Asphaltdeckschicht im Straßenbau eingesetzt werden.

Diese neue Deckschicht könnte auch für zukunftsfähige Quartiere von Interesse sein, da sie wasserdurchlässig bei hohen Festigkeitseigenschaften und erwarteten höheren Nutzungsdauern konzeptioniert werden kann. Auch die Farbgebung kann eindrucksvoll variiert werden.

Derr Straßenbaubelag konnte aufgrund seiner erwarteten guten Eigenschaften innerhalb des ReBAU-Projektes in die Ausschreibung zur Bilanzierung Innovativer Bauprodukte aufgenommen werden.

9. Empfehlungen für die Ausschreibung Schophoven, Bartholomäuspfadchen

9.1 Hinweise und Anregungen für den recyclinggerechten Bau der Verkehrsflächen und der Regenwassernutzung/ Entwässerungsplanung

Zentrale Ziele für die Umsetzung des Bauvorhabens Schophoven, Bartholomäuspfadchen sind für die Planung einer klimagerechten und ressourceneffektiven Bauweise der Verkehrsflächen und der Regenwassernutzung im Quartier:

- Die Verkehrsflächen sind so auszulegen, dass sie wirtschaftlich und möglichst langlebig sind.
- Die Verkehrsflächen sind multifunktional zu planen und umsetzen. Dadurch können spätere notwendige Nutzungsänderungen mit möglichst einfachen Mitteln angepasst werden.
- Verwendete Baustoffe für Verkehrsflächen sind recyclinggerecht zu verwenden.
- Beim Bau der Verkehrsflächen sind bei den verwendeten Baustoffen eine möglichst hohe Wiederverwendungsquote in allen verwendeten Baustoffen durch die teilweise Wiederverwendung (z.B. Asphalt) oder dem Einsatz von güteüberwachten rezyklierten Gesteinskörnungen/RC-Baustoffen (z.B. Frostschutzschicht) umzusetzen.
- Das anfallende Regenwasser von den Gebäuden und Verkehrsflächen soll im Quartier vollständig versickern und/oder für die Bewässerung der Straßenbäume und der Grünflächen genutzt werden. Regenwasser soll damit vollständig im Quartier genutzt werden und nicht abgeleitet werden als „Schwammquartier“. Das Ver- und Entsorgungssystem des geplanten Quartiers ist entsprechend abzustimmen.

Konkrete Planungsvoraussetzung für den Bau der Verkehrsflächen und des Ver- und Entsorgungssystems für die Regenwassernutzung ist die Einbeziehung der zuständigen Unteren Wasserbehörde. Hier sind im Vorfeld der Planung mögliche Auflagen (z.B. für die Regenwasserfilterung von den Verkehrsflächen oder ggf. auch der Gebäude bei verschiedenen Dacheindeckungsmaterialien) und zur möglichen Versickerung einzuholen (ggf. Wasserrechtliche Erlaubnis).

Es ist eine hydrogeologische Bewertung des Baugrundes neben der bautechnischen Baugrundeignung vorab notwendig, um bei der Planung die zu berücksichtigenden Regenwassermengen von den Gebäuden und Verkehrsflächen abzuleiten und versickern zu lassen und damit das Regenwasser zu 100 % nutzen zu können.

Die dezentrale Regenwassernutzung hat getrennt von der Abwasserbeseitigung und -Aufbereitung zu erfolgen.

Für den Aufbau der Verkehrsflächen eignen sich aus heutiger Sicht insbesondere folgende Bauweisen. Als Planungsgrundlage können hier die Bauweisen der „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen – kurz RStO 12 – genannt“ [RStO 2012] dienen, derzeit in der Ausgabe 2012 mit Korrekturen von 2020 vor.

Die Belastungsklassen sind innerhalb der Planung festzulegen:

1. Baugebiet/ Kerngebiet: Nebenstraßen Wohnbebauungen mit Spielstraßen
2. Hauptstraße innerhalb des Quartiers

und ggf. schon für den späteren Bauabschnitt:

3. Promenade an der entstehenden Marina mit Fußwegen, Fahrradwegen, Aufenthaltsflächen
4. Parkplatz außerhalb des Quartiers

Gemäß RStO ergibt sich für das Zukunftsquartiers im Plangebiet Inden, Bartholomäus Pfädchen voraussichtlich eine Zuordnung im Bereich der folgenden Belastungsklassen:

- Quartiersstraße max. Bk 3,2
- Sammelstraße Bk1,0
- Wohnstraße/Verkehrswege Bk0,3
- Rad- und Gehwege

Es ist zu planen, ob die Verkehrsflächen in dichter oder wasserdurchlässiger Bauweise ausgeführt werden können. In die Planung einzubeziehen sind insbesondere folgende Bauweisen für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau nach RStO:

1. Asphaltdecke gemäß Tafel 1, Zeile 1: Asphaltdecke auf Asphalttragschicht und Frostschutzschicht
2. Pflasterdecke gemäß Tafel 3, Zeile 4: Pflasterdecke auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht
3. Asphaltbauweise mit vollgebundenem Oberbau gemäß Tafel 4, Zeile 1: Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum

Aus dem Merkblatt für Asphaltfundationsschichten in Heißbauweise – M AFS-H, Ausgabe von 2020 [M AFS-H 20] ist aus Ressourceneffektivitätsgründen folgende Bauweise in die Planung mit einzubeziehen: Asphaltbauweise mit Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum.

Für Rad- und Gehwege oder Nebenflächen sind analoge Bauweisen in die Planung mit einzubeziehen. Für wasserdurchlässige Bauweisen ist das FGSV-Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen M VV [M VV 2013] heranzuziehen.

Bei dem Bau der Hauptstraße sollen die verschiedenen ermittelten und geeigneten Bauweisen (siehe zuvor) in drei Versuchsabschnitten mit möglichst hohem zu verwendenden Rezyklatanteil in Asphalt, Pflaster und Frostschutzschicht in Form eines Reallabor mit hoher Ressourceneffektivität und Versickerungs- und Verdunstungspotential für das Quartier in dichter und wasserdurchlässiger Bauweise neue Erkenntnisse liefern.

9.2 Hinweise und Anregungen für Grünflächen und zur Regenwassernutzung

Die Planung der Regenwassernutzung von Verkehrsflächen und Gebäuden soll nach aktuellem Erkenntnisstand des Forschungsvorhabens „BlueGreenStreets – Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere; Entwicklung ressourceneffizienter Straßenräume

für die Stadt der Zukunft“ in die klimagerechte und ressourceneffiziente Planung des zukünftigen „Wohn- und Ausflugsquartier mit Marina“ in Schophoven einfließen.

Dabei haben das Stadtgrün und Wasserflächen eine große Bedeutung für die Lebensqualität der Menschen und das Mikroklima des Quartiers. Auch die Überflutungsfahrer soll reduziert werden. Die Aufgabe der Quartiersplanung ist es, verschiedene Flächennutzungen nicht nur nebeneinander, sondern miteinander zu verknüpfen. Das Stadtgrün und der Überflutungsschutz muss sich in den multifunktional genutzten Straßenraum einfügen.

Eine Grundlage für die Kanalisations-, Versickerungs- und Entwässerungsplanung stellen die BlueGreenStreets-Toolboxen [BGS-TBA 2022, BGS-TBB 2022) dar. Im Rahmen der Planung für das Quartier im Bereich Hauptstraße sollen alle Baumstandorte als „Versickerungsstandorte“ vorzugsweise als Baumrigolen, Elemente blau-grüner Straßenraumgestaltung, genutzt werden. Informationen zu Rigolenbauweisen, Filter- und Baums substraten können bei info@strasseundgruen angefordert werden.

Damit wird angestrebt das Regenwassers im Quartier auf Privat- und Verkehrsflächen zu 100 % zu nutzen. Welches Regenwasser von Fahrbahn oder Gebäuden in welcher (gefilterten) Form genutzt werden kann, ergeben sich aus den geschilderten Abstimmungen, Vorerkundungen und der Planung. Siehe weiterhin **Kapitel 7.3**.

LITERATURVERZEICHNIS

- BGS, 2022 BlueGreenStreets – Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere, Projektleitung: HafenCity Universität Hamburg, Herr Prof. Wolfgang Dickhaut, www.hcu-hamburg.de/bluegreenstreets, 05/2022
- BGS-TBA, 2022 BlueGreenStreets (Hrsg.) (2022): BlueGreenStreets Toolbox – Teil A. Praxisleitfaden, Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere, März 2022, Hamburg. Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z).
- BGS-TBB, 2022 BlueGreenStreets (Hrsg.) (2022): BlueGreenStreets Toolbox – Teil B. Steckbriefe, Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere, März 2022, Hamburg. Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z).
- KW Bau, 2018 Kreislaufwirtschaft Bau: 12. Monitoring-Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2018
- NRW, 2015 Leitfaden: Produktion und Verwendung von güteüberwachten Recycling-Baustoffen im Straßen- und Erdbau in Nordrhein-Westfalen, LEITFADEN FÜR ÖFFENTLICHE VERWALTUNGEN, RC-BAUSTOFF-PRODUZENTEN UND BAUHERREN, Stand 10/2015
- UBA, 2022 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2022): Herausforderungen und Chancen einer ressourcenschonenden Stadt- und Infrastrukturentwicklung, Stand April 2022
- Hildebrand, Wemmer, 2018
Hildebrand, Linda; Wemmer, Anika: Integrale Gebäudeplanung kreislaufgerechte Gebäude, Erläuterung WiSe 2018/19, Juniorprofessur für Rezykliergerichtetes Bauen, Fakultät für Architektur, RWTH Aachen University
- DIN¹⁾**
- DIN 4226-101 Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 - Teil 101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen
- DIN 4226-102 Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 - Teil 102: Typprüfung und Werkseigene Produktionskontrolle
- DIN 18196 Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- DtN'18915 Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Bodenarbeiten
- DIN EN 933-11 Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 11: Einteilung der Bestandteile von rezyklierten Grobkorn
- DIN EN 13043 Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen
- DIN EN 12620 Gesteinskörnungen für Beton
- DIN EN 13242 Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für Ingenieur- und Straßenbau
- DIN EN 13285 Ungebundene Gemische - Anforderungen
- DIN EN 13279-1 Gipsbinder und Gips-Trockenmörtel, Teil 1: Begriffe und Anforderungen
- DIN EN 14227 Teile 1-5, Hydraulisch gebundene Gemische – Anforderungen

FGSV²⁾

ZTV E-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (FGSV 599)
ZTV Asphalt-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt (FGSV 799)
ZTV Beton-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton (FGSV 890)
ZTV SoB-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (FGSV 698)
ZTV LW	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau Ländlicher Wege (FGSV 675)
RStO	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (FGSV 499)
TL Asphalt-StB	Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen (FGSV 797)
TL AG-StB	Technische Lieferbedingungen für Asphaltgranulat (FGSV 749)
TL Beton-StB	Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (FGSV 891)
TL Pflaster-StB	Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (FGSV 643)
TL LW	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen, Baustoffgemische und Bauprodukte für den Bau Ländlicher Wege (FGSV 676)
TL Gestein-StB	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (FGSV 613)
TL SoB-StB	Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (FGSV 697)
TL G SoB-StB	Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Teil Güteüberwachung (FGSV 696)
TL BuB E-StB	Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus (FGSV 597)
RUA-StB	Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau (FGSV 642)
RuVA-StB	Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teerpechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (FGSV 795) Merkblatt für den Bau von Tragschichten und Tragdeckschichten mit Walzbeton für Verkehrsflächen (FGSV 825)
M BomF	Merkblatt über die Verwendung von Boden ohne und mit Fremdbestandteilen im Straßenbau (FGSV 565) Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel (FGSV 633) Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau (FGSV 516) Arbeitspapier Bestimmung der stofflichen Kennzeichnung von RC-Baustoffen nach Augenschein (FGSV 609) Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat und pechhaltigen Straßenausbaustoffen in Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln (FGSV 826) Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln (FGSV 551)

TP Beton-StB Technische Prüfvorschriften für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (FGSV 892)
Hinweise zur Straßenbepflanzung in bebauten Gebieten (FGSV 232)

FLL³⁾

Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege
Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen, Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate
Richtlinie für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen

Bezugsquellen

1) Beuth Verlag GmbH

Anschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin,
Telefon: +49 (0)30 2601 2260
FAX: +49 (0)30 2601 1260
E-Mail: info@beuth.de
Internet: www.beuth.de

2) FGSV Verlag GmbH

Anschrift: An Lyskirchen 14, 50676 Köln
Telefon: +49 (0)2236 3846 30
FAX: +49 (0)2236 3846 40
E-Mail: info@fgsv-verlag.de,
Internet: www.fgsv-verlag.de

3) Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL)

Anschrift: Friedensplatz 4, 53111 1 Bonn
Telefon: +49 (0)228 965010 0
Telefax: +49 (0)228 965010 20
E-Mail: info@fl.de,
Internet: www.fl.de

BILDERVERZEICHNIS

Bild 1:	Spannungsfeld Einsatz von RC-Baustoffen, Quelle: Harald Kurkowski, Bimolab gGmbH	6
Bild 2:	Vision Indesee, HH Vision, Quelle: Entwicklungsgesellschaft Indeland GmbH	8
Bild 3:	Plangebiet Zukunftsquartier "Bartholomäus Pfädchen", Quelle: Faktor X Agentur.....	8
Bild 4:	Anwendungsgebiete für RC-Baustoffe im Überblick, Quelle: Harald Kurkowski, Bimolab gGmbH.....	10
Bild 5:	Zusammenwirken der straßenbautechnischen Regelwerke – Beispiel ToB: grau hinterlegt, (Quelle: Harald Kurkowski, Bimolab gGmbH)	14
Bild 6:	Fraktion Betonbruch (links) und RC-Frostschuttschicht aufbereitet aus Naturstein/Beton/Ziegel (rechts), Quelle: Harald Kurkowski, Bimolab gGmbH.....	15
Bild 7:	Güteüberwachung mittels Multi-Kontroll-System (Quelle: Bimolab gGmbH).....	17
Bild 8:	Planungsstand 06/2022: Planverfahren "Bartholomäus Pfädchen", Inden Schophoven, Gemeinde Inden, HJP Planer	20
Bild 9:	Titelseite der RStO 12 [RStO 2012]	21
Bild 10:	Beispielhafter Aufbau einer Befestigung in geschlossener Ortslage – wasserundurchlässig mit Entwässerungseinrichtung - gemäß RStO 12 [RStO 2012]	22
Bild 11:	Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12 [RStO 2012]	24
Bild 12:	Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12 [RStO 2012]	25
Bild 13:	Ausgewählte Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 4 der RStO 12 [RStO 2012]	26
Bild 14:	Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO 12 [RStO 2012]	26
Bild 15:	Titelseite des M AFS-H [M AFS-H 2020]	27
Bild 16:	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau	28
Bild 17:	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau	28
Bild 18:	Asphalttragdeckschicht oder Asphaltdeckschicht auf Asphalttragschicht und AFS-H für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau	29
Bild 19:	Titelseite des Merkblattes für Versickerungsfähige Verkehrsflächen M VV [M VV 2013] ..	29
Bild 20:	Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV [M VV 2013], Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12 [RStO 2012].....	30
Bild 21:	Asphaltschichten aus wasserundurchlässigem Asphalt gemäß M VV [M VV 2013], Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12 [RStO 2012].....	30
Bild 22:	Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV [M VV 2013], Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 [RStO 2012] für Bk1,0 und Bk1,8.....	31
Bild 23:	Asphaltschichten aus Wasserdurchlässigem Asphalt gemäß M VV [M VV 2013], Tabelle A2 in Anlehnung an RStO 12 [RStO 2012] für Bk1,0 und Bk1,8.....	32
Bild 24:	Beispiel: Aufbau einer Tafel (Erläuterung der Details siehe Text)	40
Bild 25:	Festgelegte Rohdichte für den Vergleich der Bauweisen	44
Bild 26:	Festgelegte Stoffkosten ab Werk für den Vergleich der Bauweisen	45
Bild 27:	Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten	48
Bild 28:	Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten	49
Bild 29:	Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten	49
Bild 30:	Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen.....	50
Bild 31:	Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen.....	50
Bild 32:	Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen.....	51
Bild 33:	BlueGreenStreets-Toolboxen, HafenCity Universität Hamburg,	98
Bild 34:	Ausschnitt Planungsstand 06/2022 von Bild 8: Planverfahren "Bartholomäus Pfädchen", Inden Schophoven, Gemeinde Inden, HJP Planer	100

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Mindestprüfhäufigkeiten der Eigenschaften der Baustoffgemische und Böden nach TL SoB-StB	16
Tabelle 2:	Dimensionierungsrelevante Beanspruchung und zugeordnete Belastungsklasse gemäß RStO 12 [RStO 2012].....	22
Tabelle 3:	Mögliche Belastungsklassen für typische Entwurfssituationen nach RASt gemäß RStO 12 [RStO 2012]	23
Tabelle 4:	Belastung von Busverkehrsflächen und zugeordnete Belastungsklasse gemäß RStO 12 [RStO 2012]	23
Tabelle 5:	Ausgangswerte gemäß RStO 12 [RStO 2012] für die Bestimmung des frostsicheren Oberbaus	23
Tabelle 6:	Ausgewählte Bauweisen gemäß RStO 12 [RStO 2012] und AFS-H [AFS-H 2020].....	33
Tabelle 7:	Ausgewählte Bauweisen gemäß M VV [M VV 2013]	34
Tabelle 8:	Festgelegte Raumdichten und Stoffkosten ab Werk für die verschiedenen	41
Tabelle 9:	Festgelegte Kriterien für den Potentiellen Output und Input für die	43
Tabelle 10:	Festgelegte Kriterien für Stoffkosten, Wasserdurchlässigkeit und Lebensdauer.....	46
Tabelle 11:	Zusammenfassende Bewertung der Bauweisen für die Belastungsklasse Bk3,2 bis Bk≤0,3 der ausgewählten Bauweisen	95
Tabelle 12:	Zusammenfassende Bewertung der Bauweisen für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen.....	96

TAFELVERZEICHNIS

Tafel 1:	Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12,	52
Tafel 2:	Ausgewählte Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 1 der RStO 12,	52
Tafel 3:	Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12,	52
Tafel 4:	Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12,	52
Tafel 5:	Ausgewählte Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 3 der RStO 12,	52
Tafel 6:	Ausgewählte Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 4 der RStO 12, Zeile 1: Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	52
Tafel 7:	Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO 12, Zeile 1: Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	52
Tafel 8:	Ausgewählte Bauweisen für Rad- und Gehwege auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau gemäß Tafel 6 der RStO 12, Zeile 2: ToB auf Planum	52
Tafel 9:	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau	52
Tafel 10:	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau	52
Tafel 11:	Asphalttragdeckschicht oder Asphaltdeckschicht auf Asphalttragschicht und AFS-H für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau	52
Tafel 12:	Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12, Pflasterdecke auf Schottertragschicht	53
Tafel 13:	Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 1 in Anlehnung an RStO 12, Pflasterdecke auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht	53
Tafel 14:	Asphaltschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12, zweischichtiger Aufbau auf Schottertragschicht	53
Tafel 15:	Asphaltschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12, zweischichtiger Aufbau auf Frostschuttschicht	53
Tafel 16:	Asphaltschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt bis Bk0,3 gemäß M VV, Tabelle 2 in Anlehnung an RStO 12, einschichtiger Aufbau auf Schottertragschicht	53
Tafel 17:	Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV, Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 für Bk1,0 und Bk1,8, Pflasterdecke auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht	53
Tafel 18:	Auszug der gewählten versickerungsfähigen Pflasterdecken gemäß M VV, Tabelle A1 in Anlehnung an RStO 12 für Bk1,0 und Bk1,8, Pflasterdecke auf Frostschuttschicht ...	53
Tafel 19:	Asphaltschichten aus wasserdurchlässigem Asphalt für Bk1,0 gemäß M VV, Tabelle A2 in Anlehnung an RStO 12, zweischichtiger Aufbau auf Schottertragschicht oder Frostschuttschicht	53

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1:	Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²].....	115
Anhang 2:	Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen – Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege [kg/m ²]	116
Anhang 3:	Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Bk3,2	117
Anhang 4:	Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Bk1,8....	118
Anhang 5:	Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Bk1,0....	119
Anhang 6:	Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Bk≤0,3..	120
Anhang 7:	Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Sonstige Verkehrsflächen, Geh- und Radwege	121
Anhang 8:	Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Bk3,2.	122
Anhang 9:	Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Bk1,8.	123
Anhang 10:	Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Bk1,0.	124
Anhang 11:	Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Bk≤0,3	125
Anhang 12:	Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m ²], Sonstige Verkehrsflächen, Geh- und Radwege	126
Anhang 13:	Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [€/m ²]	127
Anhang 14:	Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen - Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege[€/m ²].....	128
Anhang 15:	Bewertung der Stoffkosten für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen.....	129
Anhang 16:	Bewertung der Stoffkosten für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen	130
Anhang 17:	Bewertung der Wasserdurchlässigkeit für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen	131
Anhang 18:	Bewertung der Wasserdurchlässigkeit für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen	132
Anhang 19:	Bewertung der Lebensdauer für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen.....	133
Anhang 20:	Bewertung der Lebensdauer für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen	134

Anhang 1: Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²]

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Verkehrsfläche / Bauklasse Bk			
			3,2	1,8	1.0	Bk≤0,3 / ≤0,1*
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	1195	1186	1177	959
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	1186	1168	1159	950
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	1158	1158	1148	948
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	1172	1172	1160	958
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	1168	1168	1156	956
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	878	829	731	633
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	1239	1221	1212	1003
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	865	817	718	622
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				1128 / 1124
13.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				1138 / 1134
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				1112
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht				1114
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				1112
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht		1136	1132	
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht		1150	1162	
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht			1114	
20.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht			1118	

*≤0,1 ist im MVV eine weitere Unterteilung der Bauklasse mit einer Beanspruchung B bis 0,1 Mio.

Anhang 2: Ressourcenverbrauch/Materialgewicht für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen – Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege [kg/m²]

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Verkehrsfläche
			Sonstige, Rad- und Gehwege
7.1	Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege	Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	905
7.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	912
7.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	900
7.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	860
8.1		Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, ToB auf Planum	845
8.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, ToB auf Planum	860
8.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, ToB auf Planum	848
8.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, ToB auf Planum	816
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	998
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht	924
15.		Asphaltdecke (für Bk0,3) und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht	910
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	945

Anhang 3: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²], Bk3,2

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Input pro Gewicht [%], Wiederverwertung			
			>75%	>50%	>25%	=0
			Bk3,2			
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	55,2	0,0	44,8	0,0
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	59,0	0,0	41,0	0,0
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	100,0	0,0	0,0	0,0
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	74,9	0,0	0,0	25,1
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	82,0	0,0	0,0	18,0
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	0,0	0,0	100,0	0,0
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	60,8	0,0	39,2	0,0
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	35,3	0,0	64,7	0,0
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht				
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht				
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht				
20.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				

Anhang 4: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²], Bk1,8

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Input pro Gewicht [%], Wiederverwertung			
			>75%	>50%	>25%	=0
			Bk1,8			
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	59,0	0,0	41,0	0,0
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	66,8	0,0	33,2	0,0
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	100,0	0,0	0,0	0,0
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	74,9	0,0	0,0	25,1
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	82,0	0,0	0,0	18,0
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	0,0	0,0	100,0	0,0
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	68,2	0,0	31,8	0,0
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	34,5	0,0	65,5	0,0
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundamentstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht				
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht	65,1	0,0	34,9	0,0
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	40,0	0,0	34,4	25,6
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht				
20.	Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht					

Anhang 5: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²], Bk1,0

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Input pro Gewicht [%], Wiederverwertung			
			>75%	>50%	>25%	=0
			Bk1.0			
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	62,9	0,0	37,1	0,0
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	70,7	0,0	29,3	0,0
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	100,0	0,0	0,0	0,0
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	78,3	0,0	0,0	21,7
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	85,5	0,0	0,0	14,5
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	0,0	0,0	100,0	0,0
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	72,0	0,0	28,0	0,0
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	42,5	0,0	57,5	0,0
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundamentstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht				
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht	68,9	0,0	31,1	0,0
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	46,5	0,0	31,8	21,7
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht	79,3	0,0	0,0	20,7
20.	Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht	71,8	0,0	0,0	28,2	

Anhang 6: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²], Bk≤0,3

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Input pro Gewicht [%], Wiederverwertung			
			>75%	>50%	>25%	=0
			Bk≤0,3			
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	64,7	0,0	35,3	0,0
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	69,5	0,0	30,5	0,0
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	100,0	0,0	0,0	0,0
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	78,1	0,0	0,0	21,9
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	82,4	0,0	0,0	17,6
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	0,0	0,0	100,0	0,0
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	71,1	0,0	28,9	0,0
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	41,6	0,0	58,4	0,0
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundamentstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht	80,5 / 84,3*	0,0	19,5 / 15,7*	0,0
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht	62,2 / 66,0*	0,0	19,3 / 15,5*	18,5 / 18,5*
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht	77,3	0,0	0,0	22,7
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht	73,6	0,0	0,0	26,4
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	77,3	0,0	0,0	22,7
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht				
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht				
20.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				

* Bk≤0,1

**Anhang 7: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²],
Sonstige Verkehrsflächen, Geh- und Radwege**

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Input pro Gewicht [%], Wiederverwertung			
			>75%	>50%	>25%	=0
			Sonstige Verkehrsflächen, Geh- und Radwege			
7.1	Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege	Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	72,9	0,0	27,1	0,0
7.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	67,1	0,0	32,9	0,0
7.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	77,8	0,0	22,2	0,0
7.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	88,8	0,0	0,0	11,2
8.1		Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, ToB auf Planum	71,0	0,0	29,0	0,0
8.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, ToB auf Planum	65,1	0,0	34,9	0,0
8.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, ToB auf Planum	76,4	0,0	23,6	0,0
8.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, ToB auf Planum	88,2	0,0	0,0	11,8
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	75,4	0,0	24,6	0,0
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht	81,0	0,0	19,0	0,0
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht	83,9	0,0	0,0	23,1
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	77,8	0,0	0,0	22,2

Anhang 8: Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²], Bk3,2

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Potentieller Output pro Gewicht [%], Fraktion			
			A%	B%	C%	D%
			Bk3,2			
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	21,6	78,4	0,0	0,0
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	21,3	78,7	0,0	0,0
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	21,4	78,6	0,0	0,0
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundamentstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht				
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht				
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht				
20.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				

Anhang 9: Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²], Bk1,8

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Potentieller Output pro Gewicht [%], Fraktion			
			A%	B%	C%	D%
			Bk1,8			
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	21,6	78,4	0,0	0,0
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	21,3	78,7	0,0	0,0
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	21,4	78,6	0,0	0,0
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundamentstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht				
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht	27,1	72,9	0,0	0,0
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	26,8	73,2	0,0	0,0
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht				
20.	Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht					

Anhang 10: Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²], Bk1,0

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Potentieller Output pro Gewicht [%], Fraktion			
			A%	B%	C%	D%
			Bk1.0			
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	17,4	82,6	0,0	0,0
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	17,2	82,8	0,0	0,0
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	17,3	82,7	0,0	0,0
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundamentstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht				
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht	23,3	76,7	0,0	0,0
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	24,3	75,7	0,0	0,0
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht	68,9	0,0	31,1	0,0
20.	Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht	46,5	31,8	0,0	21,7	

Anhang 11: Materialgewicht Output für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²], Bk≤0,3

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Potentieller Output pro Gewicht [%], Fraktion			
			A%	B%	C%	D%
			Bk≤0,3			
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	21,1	78,9	0,0	0,0
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	20,9	79,1	0,0	0,0
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	20,9	79,1	0,0	0,0
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht	19,5 / 15,7*	80,5 / 84,3*	0,0	0,0
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht	19,3 / 15,5*	80,7 / 84,5	0,0	0,0
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	0,0	100,0	0,0	0,0
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht				
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht				
20.	Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht					

*Bk≤0,1

**Anhang 12: Materialgewicht Input für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [kg/m²],
Sonstige Verkehrsflächen, Geh- und Radwege**

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Potentieller Output pro Gewicht [%], Fraktion			
			A%	B%	C%	D%
			Sonstige Verkehrsflächen, Geh- und Radwege			
7.1	Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege	Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	0,0	100,0	0,0	0,0
7.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	0,0	100,0	0,0	0,0
7.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	22,2	77,8	0,0	0,0
7.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	0,0	100,0	0,0	0,0
8.1		Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, ToB auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
8.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, ToB auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
8.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, ToB auf Planum	23,6	76,4	0,0	0,0
8.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, ToB auf Planum	0,0	100,0	0,0	0,0
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	0,0	100,0	0,0	0,0
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht	19,0	81,0	0,0	0,0
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht	0,0	100,0	0,0	0,0
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	0,0	100,0	0,0	0,0

Anhang 13: Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen [€/m²]

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Stoffkosten Verkehrsfläche / Bauklasse Bk			
			3,2	1,8	1,0	≤0,3 / ≤0,1*
1.	Konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht	47,81	42,82	40,04	32,47
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht	46,23	38,45	35,67	30,88
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschutzschicht	36,96	36,96	31,96	29,56
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht	57,15	57,15	49,38	44,21
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht	52,01	52,01	44,24	42,24
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	63,51	60,32	51,75	45,38
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschutzschicht	61,41	53,64	50,85	46,07
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	59,61	56,72	47,85	42,08
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	Versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht				39,76 / 34,44
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschutzschicht				54,41 / 49,09
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				34,09 / 35,35**
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht				33,82 / 35,29**
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				35,35
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht		51,20	45,48	
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht		71,39	66,50	
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht			37,10	
20.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschutzschicht			40,16	

*≤0,1 ist im MVV eine weitere Unterteilung der Bauklasse mit einer Beanspruchung B bis 0,1 Mio.

** bei Verwendung von PA 5 D WDA und PA 16 T WDA

**Anhang 14: Stoffkosten ab Werk für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen
- Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege[€/m²]**

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Stoffkosten Verkehrsfläche
			Sonstige, Rad- und Gehwege
7.1	Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege	Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	28,77
7.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	36,38
7,3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	28,14
7,4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	17,49
8.1		Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, ToB auf Planum	28,05
8.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, ToB auf Planum	35,60
8.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, ToB auf Planum	27,36
8.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, ToB auf Planum	15,84
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	45,44
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht	32,44
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht	26,22 / 26,53**
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	26,78

**bei Verwendung von PA 5 D WDA und PA 16 T WDA

Anhang 15: Bewertung der Stoffkosten für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Bewertung der Stoffkosten ab Werk für die BK			
			3,2	1,8	1,0	≤0,3
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	3	3	3	3
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	2	2	2	2
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	1	1	1	1
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	4	4	4	4
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	3	3	3	3
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	5	5	5	5
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	5	5	5	5
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	4	4	4	4
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				2
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				5
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				1
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht				1
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				2
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht		4	4	
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht		5	5	
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht			2	
20.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht			3	

Bewertung: 1 gering; 2 eher gering; 3 mittel; 4 eher hoch; 5 hoch

Anhang 16: Bewertung der Stoffkosten für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Verkehrsfläche
			Sonstige, Rad- und Gehwege
7.1	Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege	Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	3
7.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	5
7.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	3
7.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	1
8.1		Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, ToB auf Planum	3
8.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, ToB auf Planum	5
8.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, ToB auf Planum	3
8.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, ToB auf Planum	1
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	5
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht	4
15.		Asphaltdecke (für Bk0,3) und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht	3
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	3

Bewertung: ① gering; ② eher gering; ③ mittel; ④ eher hoch; ⑤ hoch

Anhang 17: Bewertung der Wasserdurchlässigkeit für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Bewertung der Wasserdurchlässigkeit für die BK			
			3,2	1,8	1.0	≤0,3
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht	1	1	1	1
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht	1	1	1	1
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschutzschicht	2	2	2	2
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht	2	2	2	2
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht	2	2	2	2
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	1	1	1	1
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschutzschicht	1	1	1	1
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	1	1	1	1
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundamentstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht				4
13.		Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschutzschicht				4
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				4
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht				4
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				4
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht		4	4	
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht		4	4	
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht			4	
20.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschutzschicht			4	

Bewertung: 1 gering; 2 eher gering; 3 mittel; 4 eher hoch; 5 hoch

Anhang 18: Bewertung der Wasserdurchlässigkeit für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Verkehrsfläche
			Sonstige, Rad- und Gehwege
7.1	Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege	Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	①
7.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	①
7.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	②
7.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	②
8.1		Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, ToB auf Planum	①
8.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, ToB auf Planum	①
8.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, ToB auf Planum	②
8.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, ToB auf Planum	②
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	①
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht	④
15.		Asphaltdecke (für Bk0,3) und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht	④
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	④

Bewertung: ① gering; ② eher gering; ③ mittel; ④ eher hoch; ⑤ hoch

Anhang 19: Bewertung der Lebensdauer für den Oberbau der ausgewählten Bauweisen

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Bewertung der Lebensdauer für die BK			
			3,2	1,8	1.0	≤0,3
1.	konventionell	Asphaltdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	4	4	4	4
2.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	4	4	4	4
3.		Pflasterdecke, Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	4	4	4	4
4.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht	4	4	4	4
5.		Pflasterdecke, Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	4	4	4	4
6.		Vollgebundener Oberbau, Asphaltdecke und Asphalttragschicht auf Planum	5	5	5	5
7.		Rad- und Gehwege, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
8.		Rad- und Gehwege, ToB auf Planum	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
9.	AFS-H	Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Frostschuttschicht	5	5	5	5
10.		Asphaltdecke, Asphalttragschicht und AFS-H auf Planum	5	5	5	5
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	siehe Tabelle: Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege			
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht				3
13.	versickerungsfähig	Pflasterdecke für Bk0,3, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht				3
14.		Asphaltdecke für Bk0,3, auf Schottertragschicht				3
15.		Asphaltdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschuttschicht				3
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen				3
17.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf Schottertragschicht und Frostschuttschicht		3	3	
18.		Pflasterdecke für Bk01,8 und Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht		3	3	
19.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Schottertragschicht			3	
20.		Asphaltdecke für Bk1,0, auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht und Frostschuttschicht			3	

Bewertung: ① gering; ② eher gering; ③ mittel; ④ eher hoch; ⑤ hoch

Anhang 20: Bewertung der Lebensdauer für Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege der ausgewählten Bauweisen

Nr.	Bauweise	Kurzbeschreibung der Bauweise	Verkehrsfläche
			Sonstige, Rad- und Gehwege
7.1	Sonstige Verkehrsflächen, Rad- und Gehwege	Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	④
7.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	④
7.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	④
7.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material	②
8.1		Rad- und Gehwege, Asphaltdecke, ToB auf Planum	④
8.2		Rad- und Gehwege, Betondecke, ToB auf Planum	④
8.3		Rad- und Gehwege, Pflasterdecke, ToB auf Planum	④
8.4		Rad- und Gehwege, Deckschicht ohne Bindemittel, ToB auf Planum	②
11.		Asphaltdecke oder Asphalttragdeckschicht auf Asphalttragschicht und Asphaltfundationstragschicht für Rad- und Gehwege	⑤
12.		Pflasterdecke für Bk0,3 und sonstige Verkehrsflächen, auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht	③
15.		Asphaltdecke (für Bk0,3) und sonstige Verkehrsflächen, auf Frostschutzschicht	③
16.		Asphalttragdeckschicht für Bk0,3 auf wasserdurchlässiger Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und sonstige Verkehrsflächen	③

Bewertung: ① gering; ② eher gering; ③ mittel; ④ eher hoch; ⑤ hoch