Nachhaltige Freiraumgestaltung

mittels ökologischer und ökonomischer Lebenszyklusbewertung von Bodenbelägen im Außenbereich

ein Projekt der
GrAT – Gruppe Angepasste Technologie

im Auftrag von
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung
Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr
Abteilung Umweltwirtschaft und Raumordnungsförderung

Wien, 2009

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 3
2. Ziele der Studie 7
3. Methodik 8
4. Bewertungsgrundlagen 13
   4.1. Technische Beschreibung 13
   4.2. Ökologische Bewertung 19
      4.2.1. MIPS-Bewertung 19
      4.2.2. Bewertung der Klimarelevanz 21
   4.3. Kostenbewertung 28
   4.4. Qualitative Bewertung (Produkt- und Nutzungsprofil) 33
5. Ergebnisse 43
   5.1. Ergebnisse im Überblick 43
   5.2. Interpretation der Ergebnisse 45
   5.3. Ergebnisse im Detail 47
      Schotterrasen 48
      Kalkschotterdecke 50
      Wassergebundene Decke 52
      Stabilizer 54
      Perma-Zyme 56
      Parkwegebeton 58
      Asphalt 60
      Splitt-Mastix 62
      Terraway 64
      Quarzcolor 66
      Granit-Kleinsteinpflaster 68
      Granit-Kleinsteinpflaster mit kunstharzgebundenem Fugensand 70
      Betonsickerpflaster 72
      Betonverbundstein maschinell verlegt 74
      Kunststoffbelag 76
6. Schlussfolgerungen und Ausblick 78
7. Glossar 80
8. Abbildungsverzeichnis 82
9. Literaturverzeichnis 83
10. Projektpartner 86
11. Mitwirkende Firmen 87
12. Anhang 88

1. Einleitung

Bodenbeläge im Außenbereich müssen mehrere Anforderungen erfüllen: Sie sollen kostengünstig sein, sich für die geplante Nutzung eignen, eine lange Lebensdauer bei gleichzeitig möglichst niedrigem Wartungsaufwand aufweisen, keine negativen Auswirkungen auf Nutzer und Umwelt haben usw. Diese vielfältigen Faktoren untereinander abzuwägen und den für Betreiber und Nutzer möglichst idealen Bodenbelag auszuwählen, ist nicht immer leicht. Mit dem vorliegenden Bericht sollen alle Informationen bereitgestellt werden, die nötig sind, um fundierte Entscheidungen für eine nachhaltige Freiraumgestaltung im Bereich Bodenbeläge treffen zu können.

Dafür wurden mehrere ausgewählte Bodenbeläge bewertet und miteinander verglichen. Nicht nur ein Vergleich der Kosten und technischen Eigenschaften ist bei einer Entscheidung für einen Bodenbelag relevant, auch die ökologischen Auswirkungen auf Klima und Boden müssen berücksichtigt werden. Dass eine ökologisch nachhaltige Gestaltung von Plätzen, Wegen und Straßen im öffentlichen und privaten Raum nicht länger vernachlässigt werden darf, wird klar, wenn man sich den zunehmenden Flächenverbrauch ansieht.

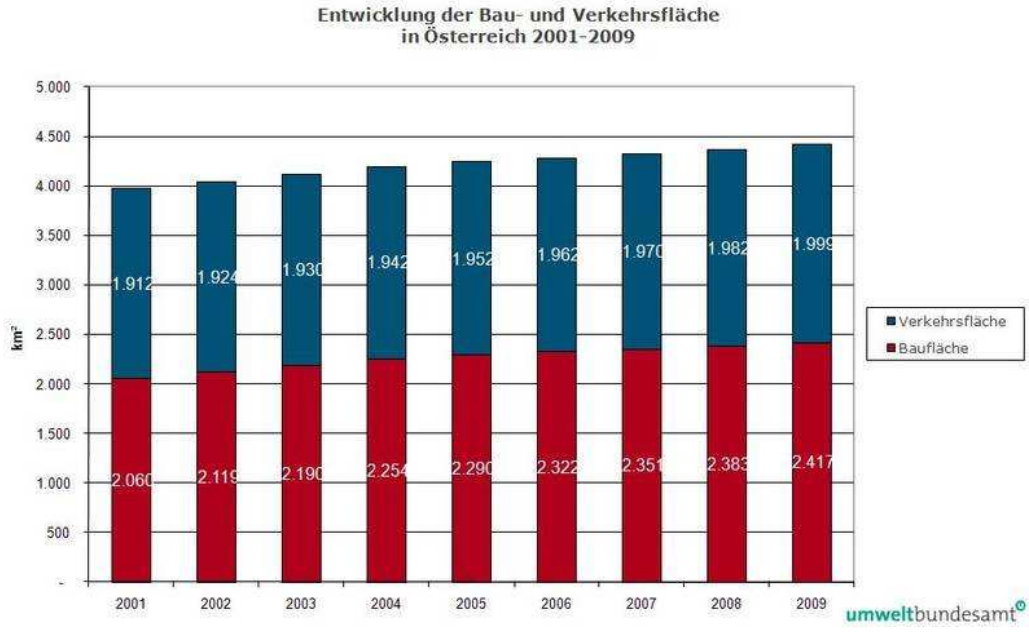


Abb. 1: Flächenverbrauch von 2001 bis 2009 nach Kategorien Verkehr und Wohnen[1]

Die uns zur Verfügung stehende Fläche ist nicht vermehrbar. Sie wird für verschiedene Tätigkeiten genutzt, u. a. für Verkehr, Wohnen, landwirtschaftliche Produktion,

[1] http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/raumordnung/flaechenverbrauch [18.11.2009]

Rohstoffabbau und Abfalldeponierung. Die Flächennutzung, unterteilt nach Wohnen und Verkehr, von 2001 bis 2009 für ganz Österreich ist in Abb. 1 dargestellt. Die Daten zeigen den ständig steigenden Flächenverbrauch sowohl für den Bereich Wohnen als auch für Verkehr. Der tägliche Verbrauch für Siedlungs- und Verkehrstätigkeit liegt bei 12 Hektar, der Gesamtflächenverbrauch (inkl. Sportflächen, Abbauflächen usw.) bei knapp 22 Hektar.[2] Für eine zukunftsfähige Entwicklung und einen vernünftigen Umgang mit der vorhandenen Fläche dürften jedoch maximal 2,5 Hektar pro Tag verbraucht werden.[3]

Der nach Bundesländern aufgeschlüsselte Flächenverbrauch zeigt in der untenstehenden Tabelle den Trend für das Land Niederösterreich, das mit einer Zunahme an verbrauchter Fläche um 4,9 ha pro Tag als größtes Bundesland auch den bundesweit höchsten Wert aufweist.

	Bau- und Verkehrsfläche [km2]				Zunahme2001-2009		Zunahme pro Tag [ha/d]	
Bundesland	2001	2007	2008	2009	absolut [km2]	relativ [in % vin 2001]	Trend 2001-2009	aktuelles Jahr2008-2009
Burgenland	264	289	301	312	48,2	18%	1,7	3
Kärnten	361	386	390	393	32,2	9%	1,1	0,9
Niederösterreich	1.147	1.269	1278	1291	143,6	13%	4,9	3,4
Oberösterreich	711	768	778	789	77,8	11%	2,7	3
Salzburg	216	229	228	229	13,2	6%	0,5	0,2
Steiermark	694	772	777	788	93,7	14%	3,2	3,1
Tirol	270	290	294	297	27	10%	0,9	1
Vorarlberg	117	120	120	121	3,7	3%	0,1	0,1
Wien	191	198	198	196	4,7	2%	0,2	-0,6
Österreich	3.972	4.321	4.365	4.416	444	11%	15,2	14

Abb. 2: Zahlen der verbrauchten Fläche nach Bundesland und bundesweit von 2001 bis 2009 sowie Zunahme absolut und relativ[4]

Die Problematik besteht vor allem im laufend steigenden Anteil versiegelter Flächen. Dabei werden nicht nur Ressourcen verbraucht, um z. B. Gebäude, Verkehrs- oder Parkflächen zu errichten, sondern es werden auch landwirtschaftliche Nutzflächen reduziert, Wasserretentionsräume verringert und Mikroklimata verschlechtert (vgl. auch Kap. 4.2.2., S. 21).

---

[2] Durchschnitt der 3-Jahres-Periode 2006–2009;
http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/raumordnung/flaechenverbrauch [18.11.2009]

[3] ÖROK 2009.

[4] Regionalinformation der Grundstücksdatenbank [BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen]; Stand: 1.1. des jeweiligen Jahres. Definition: Die erfasste Baufläche beinhaltet die Benützungsart „Baufläche“ (inkludiert die Nutzungen: Gebäude, befestigt, unbefestigt, nicht näher unterschieden), die „Verkehrsfläche“ beinhaltet die Nutzungen „Straßenanlage“ und „Bahnanlage“.

Die Versiegelung gefährdet ebenso wie Erosion und Bodenkontamination die natürlichen Funktionen des Bodens, der einen wesentlichen Teil der Biosphäre darstellt. Um diese negativen Effekte im Bereich der Flächennutzung abzumindern bzw. ganz zu vermeiden, sind Bodenschutzmaßnahmen notwendig. Das bedeutet unter anderem, dass bereits in der Planung (in Raum- und Flächenwidmungsplanung, aber auch z. B. im Rahmen von Freiraumgestaltung) die Auswirkungen auf den Boden berücksichtigt werden müssen. Dies gilt im besonderen Maße auch für die Planung und den Bau von Plätzen, Wegen und Straßen. Das Ziel muss bei solchen neuen baulichen Lösungen die langfristige Erhaltung der Bodenfunktionen sein und darf nicht zur Verschlechterung oder Zerstörung der Ressource Boden führen. Deshalb sind neben den bautechnischen Vorgaben und den Kosten vor allem die ökologischen Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbeläge als zusätzliches Auswahlkriterium mit zu berücksichtigen. Nur so kann das Ziel einer nachhaltigen Flächengestaltung sinnvoll verfolgt werden.

Nachhaltigkeit in der Freiraumgestaltung

Der Begriff Nachhaltigkeit besagt, dass unsere Gesellschaft mit den vorhandenen Ressourcen verantwortungsvoll umgehen soll, damit weder kurz- noch langfristige Nachteile für Umwelt und Bevölkerung bestehen und auch künftigen Generationen keine schlechtere Lebensgrundlage zur Verfügung steht. Für verschiedene Branchen und Lebensbereiche wurden bereits Ziele definiert, um eine nachhaltige Entwicklung zu ermöglichen, angefangen von nationalen Forschungsprogrammen, wie „nachhaltig wirtschaften“ (BMVIT) oder „klima:aktiv“ (BMLFUW), über Europäische Richtlinien für Schadstoffemissionen bis hin zu globalen Initiativen, wie dem Kyoto-Protokoll für den Klimaschutz.

Im Hochbau wurde das hohe Einsparungspotenzial bereits erkannt und Maßnahmen gesetzt, um dieses Potenzial zu nutzen. Neue Gebäudekonzepte wie das Passivhaus benötigen nur ein Zehntel der Heizenergie von herkömmlichen Gebäuden, und neue Baumaterialien auf Basis nachwachsender Rohstoffe (z. B. Stroh) bieten hohe Funktionalität bei gleichzeitig geringem Energie- und Ressourcenverbrauch über ihren gesamten Lebenszyklus. Im Gegenteil können sie während der Nutzungsdauer sogar CO_2 speichern.

Für das Land Niederösterreich wurde die Wohnbauförderung dementsprechend aktualisiert und die Heizenergiekennzahlen reduziert sowie spezielle Ökopunkte für natürliche Baustoffe eingeführt bzw. erhöht. Im Rahmen der nationalen Initiative für thermische Sanierung wurden auch in NÖ die Förderquoten angehoben.

Die Recherche zu Programmen und Richtlinien für eine nachhaltige Freiraumgestaltung zeigt jedoch, dass es im Gegensatz zum Hochbau hauptsächlich allgemeine empfehlende Zielformulierungen und Maßnahmenvorschläge gibt. Diese Leitziele sind im Raumordnungsgesetz des Landes NÖ zu finden. So wird als ein Leitziel das „Anstreben einer möglichst flächensparenden verdichteten Siedlungsstruktur unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, sowie Bedachtnahme auf die Erreichbarkeit öffentlicher Verkehrsmittel“ genannt.[5]

Auf nationaler Ebene ist in der Österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie, gemäß dem Leitziel 13, formuliert, dass der Zuwachs der Verkehrs- und Bauflächen bis 2010 auf ein Zehntel reduziert werden soll.[6]

Aus den allgemeinen Leitlinien lassen sich jedoch noch keine konkreten Regelungen oder Standards für eine nachhaltige Freiraumgestaltung ableiten. Verbindliche Kennzahlen oder Förderungen speziell für den Außenbereich (z. B. für die Verwendung von verschiedenen Bodenbelägen) könnten hier steuernd eingreifen und zu einem stärkeren ökologischen Bewusstsein und zu mehr Maßnahmen in Richtung Nachhaltigkeit führen. Als Grundlage dafür sind aber zunächst detaillierte Informationen über die Eigenschaften verschiedener Bodenbeläge und ihre ökologischen Effekte notwendig. Ebendiese Grundlage wird hier angeboten, indem eine Auswahl an relevanten Bodenbelägen mit ihren jeweiligen technischen, ökologischen, ökonomischen und qualitativen Eigenschaften analysiert und bewertet wird.

[5] NÖ Raumordnungsgesetz 1976 (NÖ ROG 1976), § 1, Abs. 2, Z. 3 b).

[6] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2002, S. 70.

2. Ziele der Studie

Die Bewertung von Bodenbelägen im Außenbereich nach ökologischen und ökonomischen Kriterien sowie nach Produkt- und Nutzungseigenschaften wird als Informationsgrundlage für die Aktion „Natur im Garten“ des Landes Niederösterreich entwickelt. Aufbauend auf der in der GrAT (Gruppe Angepasste Technologie) durchgeführten Bewertungsstudie unterschiedlicher Konstruktionen im Außenbereich, wie Bodenbeläge, Zäune und Mauern,[7] wird hier speziell der Bereich Bodenbeläge vertiefend untersucht und bewertet. Fünfzehn Bodenbeläge wurden gemeinsam mit dem Auftraggeber ausgewählt und nach technischen, ökologischen, ökonomischen und qualitativen Kriterien bewertet.
Die Ergebnisse sollen in der Beratungsarbeit, als Hintergrundinformation für öffentliche Ausschreibungen und als Informationsgrundlage für die Erarbeitung von Förderungsrichtlinien verwendet werden. Damit wird ein Fachpublikum angesprochen, zu dem z. B. Landschaftsplaner, Errichter und Betreiber von öffentlichen und privaten Gärten und Parkanlagen sowie kommunale und politische Entscheidungsträger gehören.

Die vorliegende Publikation ist kein Handbuch für den Wegebau, kein Lehrbuch und keine Ansammlung von Pflegeanleitungen, sondern enthält fundierte technische Beschreibungen und Bewertungen und bietet damit die Informationsgrundlage für einen Vergleich verschiedener Bodenbeläge.

[7] Hohensinner & Wimmer 2006.

3. Methodik

Auswahl der Bodenbeläge

Die Palette an Bodenbelägen für den Außenbereich ist sehr umfangreich. Für das Projekt wurden deshalb gemeinsam mit dem Auftraggeber relevante Belagsarten ausgewählt. Dabei handelt es sich um folgende fünfzehn Beläge:[8]

1. Schotterrasen
2. Kalkschotterdecke
3. Wassergebundene Decke
4. Stabilizer (= Wassergebundene Decke mit pflanzlichem Bindemittel)
5. Perma-Zyme (= Bodenbelag mit enzymatisch unterstützter Bodenverfestigung)
6. Parkwegebeton
7. Asphalt
8. Splitt-Mastix
9. Terraway
10. Quarzcolor
11. Granit-Kleinsteinpflaster
12. Granit-Kleinsteinpflaster mit kunstharzgebundenem Fugensand
13. Betonsickerpflaster mit Drainfugen
14. Betonverbundstein maschinell verlegt
15. Kunststoffbelag

Für diese Bodenbeläge wurden alle relevanten Daten und Werte erhoben und ausgewertet. Aufgrund der umfassenden Bewertungen (ökologische Bewertung, Kostenbewertung, Bewertung des Produkt- und Nutzungsprofils sowie Beschreibung der technisch-funktionalen Eigenschaften) war eine umfangreiche Datenerhebung erforderlich. Die Bewertungen beziehen sich außerdem auf den gesamten Lebenszyklus. Daher wurden auch die Daten über Einbau (Herstellungsprozess, Transport etc.), Nutzungszeitraum, Pflege-, Wartungs- und Reparaturaufwand, Rückbau, Recycling und Entsorgung ermittelt.

Der Aufwand für die Produktentwicklungsphase wurde hingegen nicht berücksichtigt. Damit sind auch die Systemgrenzen der vorliegenden Untersuchung beschrieben, die den Bereich zwischen Einbau und Entsorgung umfasst (siehe Abb. 3). Daten zur Deponierung der

[8] Die Beschreibung und Bewertung der einzelnen Bodenbeläge findet sich ab Seite 47.

Bodenbeläge (Kosten, Vorgangsweise etc.) wurden erhoben; da jedoch alle bewerteten Bodenbeläge recycelt werden, flossen diese Daten nicht in die Bewertung mit ein.

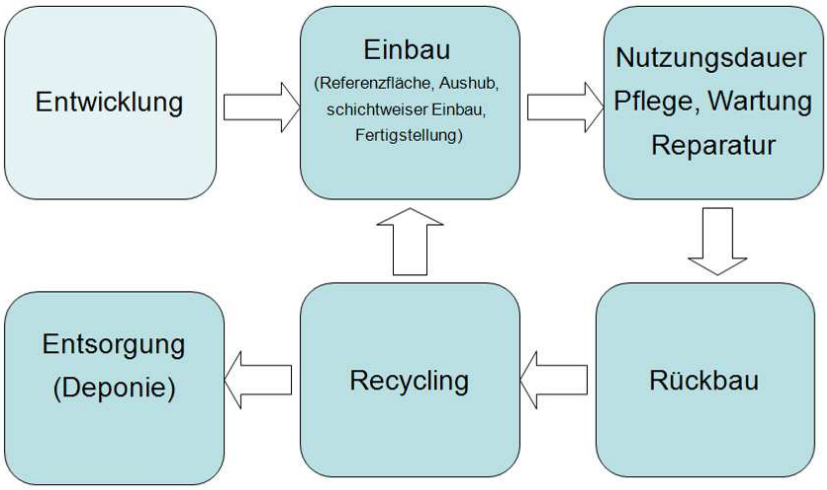


Abb. 3: Systemgrenzen der durchgeführten Bewertung

Methoden der Datenerhebung

Zur Erhebung relevanter Daten für die Studie wurden zunächst Literatur- und Internetrecherchen durchgeführt (siehe Literaturverzeichnis, Seite 83). Mit der Teilnahme an Fachveranstaltungen wurden aktuelle Trends und neueste Entwicklungsergebnisse in den projektrelevanten Bereichen miteinbezogen. Die technischen Details wurden aus den Normen und Richtlinien sowie der einschlägigen Fachliteratur ermittelt. Wo keine Normen und Richtlinien verfügbar waren, wurde auf die Herstellerangaben zurückgegriffen. Mit einem speziell entwickelten Fragebogen (siehe Anhang, Seite 88) wurden die darüber hinausgehenden Informationen zusammengetragen. Der Fragebogen wurde an Experten von Baufirmen, Garten- und Landschaftsbaufirmen und Baustoffproduzenten mit Fokus auf das Land Niederösterreich versandt. Im Anschluss wurden die angeschriebenen Firmen und Personen telefonisch kontaktiert und Termine für ein Experteninterview vereinbart. Bei der Durchführung der durchschnittlich zweistündigen Interviews diente der Fragebogen auch als Leitfaden. Zusätzlich wurden Interviews mit Fachleuten aus der Abfallentsorgungsbranche und aus Anlagenherstellerfirmen z. B. von Mischwerken oder Recyclinganlagen durchgeführt, um Informationen bezüglich Materialeinsatz und Energieverbrauch über den gesamten Lebenszyklus zu eruieren.

Methoden der Datenauswertung

Die ermittelten Daten dienten als Grundlage für die Durchführung der Bewertungen hinsichtlich Energie- und Ressourcenverbrauch, klimarelevanten Eigenschaften, Kosten und qualitativen Eigenschaften der Bodenbeläge. Alle Kriterien, die bei den ausgewählten Belägen untersucht wurden, sind in der folgenden Tabelle angeführt.

<table>
<tr>
<td>Technische Eigenschaften
- Technischer Aufbau
- Materialien
- Verarbeitung</td>
<td rowspan="3">Produkt- und Nutzungsprofil
- Ebenmäßigkeit
- Härte
- Wasserdurchlässigkeit
- Staubentwicklung
- Verschlammung
- Aufspritzhöhe
- Lebensdauer
- Recyclingfähigkeit
- Geräusch beim Auftritt und beim Befahren
- Winterdienst
- Wartungsaufwand
- Gestaltungsmöglichkeiten
- Blindenleitsystem
- Rutschfestigkeit</td>
</tr>
<tr>
<td>Ökonomische Bewertung
- Lebenszykluskosten (Kosten für Herstellung, Betrieb, Rückbau und Recycling)</td>
</tr>
<tr>
<td>Ökologische Bewertung
- MIPS (Material-Input pro Serviceeinheit = „Ökologischer Rucksack“)
- Klimarelevanz (CO_2-Emissionen; Mikroklima)</td>
</tr>
</table>

Zur Auswertung der Daten wurden folgende Methoden eingesetzt, die im nächsten Kapitel, „Bewertungsgrundlagen“ (Seite 13), einzeln genauer dargestellt werden:

- *Ökologische Bewertung*
    - MIPS-Methode = Ermittlung des Ökologischen Rucksacks
    - Bewertung der Klimarelevanz = Abschätzung des CO_2-Ausstoßes auf Basis der MIPS-Bewertung (Kategorie Luft)
    - Bewertung der Auswirkungen auf das Mikroklima, z. B. auf die Entstehung von Heat Islands (Wärmeinseln), anhand der relevanten Materialkenndaten (Wärme- und Wasserspeicherkapazität, Wasserdurchlässigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Dichte, Albedo)

- *Kostenbewertung*
    - Lebenszykluskostenbewertung in Anlehnung an die Life-Cycle-Costing-Methode = Ermittlung der Kosten über den gesamten Lebenszyklus vom Einbau bis zur Entsorgung
- *Qualitative Bewertung des Produkt- und Nutzungsprofils*
    - Bewertung von Produkt- und Nutzungseigenschaften (z. B. Wartungsaufwand, Staubentwicklung) nach der Ampelmethode (rot – gelb – grün), Ergänzung mit Hard Facts

Die Bodenbeläge wurden schließlich in einer Gesamtübersicht (Seite 43) nach ihrer Bewertung gereiht, um einen schnellen Vergleich zu ermöglichen.

Regelfläche

Für eine gute Vergleichbarkeit der Bodenbeläge wurde eine Regelfläche definiert, anhand der alle Bewertungen durchgeführt wurden. Es handelt sich bei der Regelfläche um einen ganzjährig genutzten Parkplatz mit den Abmessungen von 62,5 m Länge und 16 m Breite. Auf den insgesamt 1000 m^2 befinden sich 50 Pkw-Stellplätze. Die Verkehrsfrequenz beträgt bis zu 200 Fahrzeuge pro Tag, was typisch für Pendlerparkplätze oder Parkflächen bei Schulen oder Supermärkten ist. Als Belastung wird das Befahren mit Pkw und schwereren Räumfahrzeugen angenommen.

Ein Parkplatz wurde als Regelfläche deshalb ausgewählt, da es sich um eine in manchen Bereichen (Fahrbahn, Übergang von Straße zu Parkplatz) sehr hohe Belastung handelt. Die Anforderungen an die untersuchten Bodenbeläge wurden damit bewusst erhöht, um ihre Belastbarkeit testen zu können.

Die folgende Skizze zeigt die genaue Anordnung der Stellplätze auf den 1000 m^2 Regelfläche.

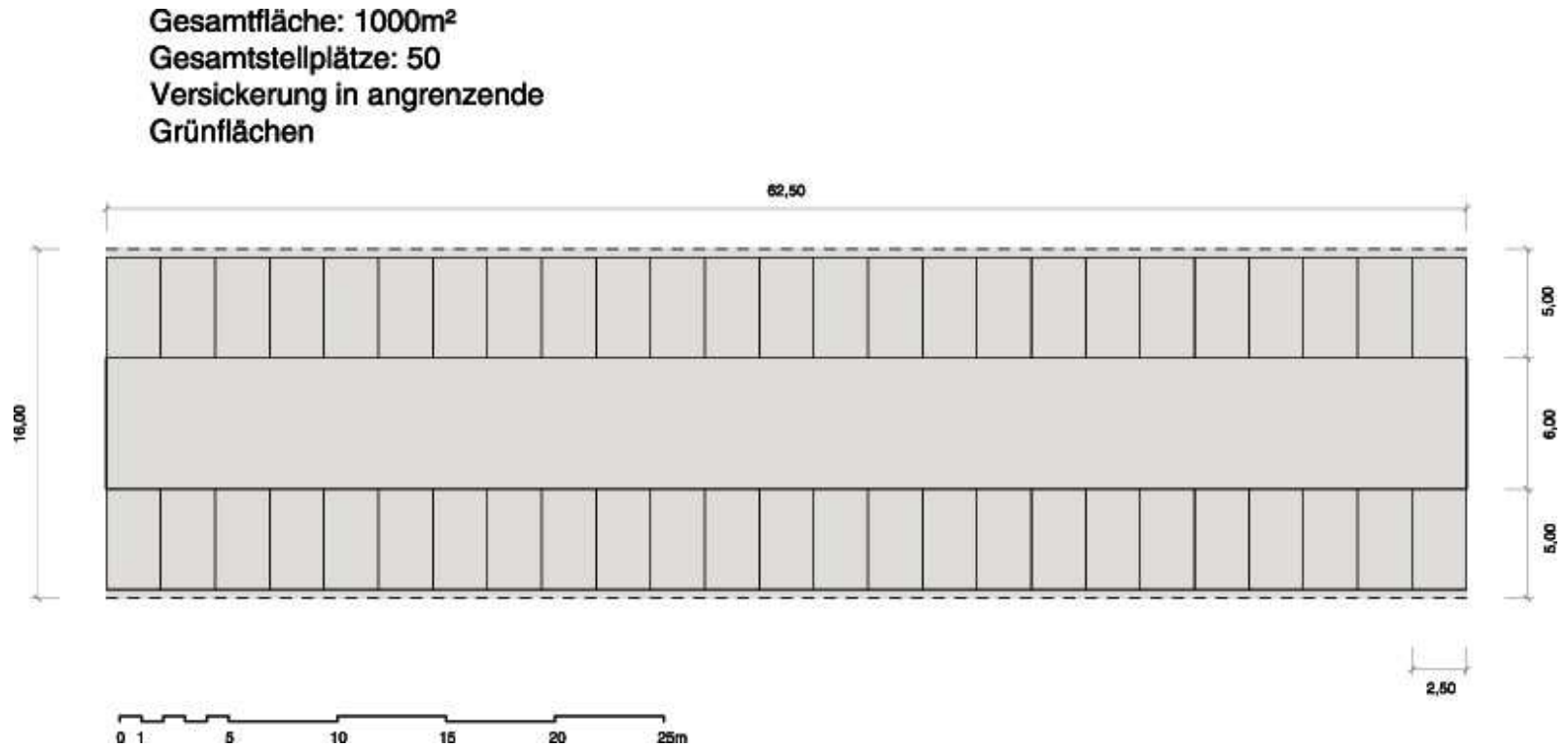


Abb. 4: Regelfläche Parkplatz

4. Bewertungsgrundlagen

Die ausgewählten Bodenbeläge wurden in mehreren Kategorien untersucht, um eine möglichst umfassende Bewertung zu ermöglichen: in technischer, ökologischer, ökonomischer und qualitativer Hinsicht. Im Folgenden wird genauer dargestellt, welche Faktoren in den jeweiligen Kategorien in die Untersuchung einbezogen wurden.

4.1. Technische Beschreibung

Die technischen Anforderungen an Bodenbeläge unterscheiden sich je nach Nutzung, aber auch je nach den regionalen Bedingungen. Klimatische und geologische Eigenheiten wie Temperatur, Niederschlagsmengen oder Bodenart haben Auswirkungen auf den jeweiligen Belag, z. B. wenn mehr Regenwasser aufgenommen/abgeleitet werden muss oder mit Frost gerechnet werden muss. Die hier beschriebenen und untersuchten technischen Eigenschaften beziehen sich auf eine angenommene Regelfläche im Zentralraum Niederösterreich; Anpassungen können daher für andere Regionen notwendig sein.

Aufbau von Bodenbelägen

Der typische Wege- und Straßenaufbau setzt sich aus Unterbau, Oberbau mit einer oder mehreren Tragschichten sowie der Deckschicht zusammen. Ein Unterbau ist dann notwendig, wenn größere Unebenheiten ausgeglichen werden müssen, ansonsten wird der Oberbau direkt auf den verdichteten Untergrund aufgebaut. Bei der Herstellung des Untergrundplanums ist auf die Ausbildung eines ausreichenden Gefälles zu achten, um Niederschlagswasser abzuleiten.

Bodenbeläge können in 1-, 2- oder 3-Schicht-Bauweise ausgeführt werden. Für die Wassergebundene Decke kommen beispielsweise alle drei Varianten in Betracht, je nach Anforderungen an die Oberfläche.

Abb. 5: dreischichtiger Aufbau

Üblicherweise wird bei Bodenbelägen ein dreischichtiger Aufbau angewandt. Der Bodenbelag besteht dann aus einer Deckschicht, einer oberen Tragschicht und einer unteren Tragschicht. Der Belag Stabilizer ist beispielsweise nach dem dreischichtigen Aufbau konzipiert. Auch die Wassergebundene Decke kann in 3-Schicht-Bauweise ausgeführt werden, v. a. bei repräsentativen Plätzen und Wegen, an die ein erhöhter Anspruch an die Gestaltung gestellt wird. Durch den Einbau einer dynamischen Schicht zwischen Tragschicht und Deckschicht lassen sich feinere Körnungen in der Deckschicht realisieren. Zudem ist eine bessere Ebenmäßigkeit gegeben, und durch die erhöhte Fähigkeit, Wasser zu speichern, vermindert sich die Staubbildung in kurzen Trockenperioden.

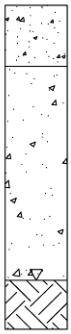


Abb. 6: zweischichtiger Aufbau

Bei einem zweischichtigen Aufbau besteht der Belag aus einer Deckschicht und einer Tragschicht. Ein Beispiel für einen zweischichtigen Aufbau ist die Kalkschotterdecke. Wassergebundene Decken werden in 2-Schicht-Bauweise hergestellt, wenn die Ansprüche an die Ebenmäßigkeit eine geringere Rolle spielen und die Deckschicht gröber strukturiert sein kann.

Abb. 7: einschichtiger Aufbau

Es gibt auch Beläge, die nur aus einem einschichtigen Aufbau bestehen. Diese Bauweise ist jedoch relativ selten. Schotterrasen beispielsweise wird einschichtig ausgeführt. Bei der 1-Schicht-Bauweise von Wassergebundenen Decken entfällt die Deckschicht. Die Tragschicht wird lediglich mit Deckmaterial abgestreut. Diese Variante ist am einfachsten und günstigsten herzustellen und kann für die Herstellung gelegentlich verwendeter Plätze, z. B. Veranstaltungsplätze, angewandt werden.

Beläge mit mehr als drei Schichten werden ebenfalls hergestellt, jedoch ist auch diese Verfahrensweise eher selten, sie kommt zum Beispiel bei Kunststoffbelägen zum Einsatz.
Die Stärke der Tragschichten richtet sich nach der Verkehrsbelastung durch Pkw- und Schwerverkehr je nach Verkehrsaufkommen. In den Richtlinien der FSV (Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr) werden sechs verschiedene Belastungsklassen unterschieden.
Die untere Tragschicht dient auch als Frostschutzschicht. Durch Frost- und Tauphasen und das unterschiedliche Volumen von Eis und Wasser kommt es zu Hebungs- und Senkungsvorgängen in der Tragschicht, was zu Verformungen des Straßenaufbaus und zur Bildung von Schlaglöchern im Weg oder der Fahrbahn führen kann. Um dies zu verhindern, ist je nach Klimazone und Untergrund (Böden mit hohen Schluff- und Tonanteilen sind frostempfindlicher) eine ausreichend starke Frostschutzschicht auszubilden. Diese besteht aus Kantkorn oder Kies unterschiedlicher Körnung, wobei die Feinkornanteile sehr gering sein müssen, damit das Wasser gut abgegeben wird.
Neben den ungebundenen Tragschichten aus Kantkorn oder Kies gibt es auch gebundene Tragschichten, etwa aus Beton oder Asphalt. Bei den Deckschichten wird ebenfalls zwischen ungebundenen und gebundenen unterschieden. Ungebundene Deckschichten sind beispielsweise der Schotterrasen und die Kalkschotterdecke, gebundene Deckschichten z. B. die Wassergebundene Decke und Asphalt.

Abb. 8: Ungebundene Deckschicht – Schotterrasen

Abb. 9: Gebundene Deckschicht – Asphalt

Selbstbaumöglichkeiten und Eigenleistungen

Für den Einbau der Beläge sind Fachwissen und Erfahrung notwendig, um sie fachgerecht verarbeiten zu können. Prinzipiell kann man die Beläge unterscheiden nach der für die Verlegung benötigte maschinelle Ausrüstung und dem dafür erforderlichen Know-how. Der Einbau durch Privatpersonen ist generell nicht möglich, da die Arbeiten immer entsprechende

Maschinen (Bagger, Walzen) erfordern, die durch ein Fachpersonal bedient werden müssen. Die Verlegung von Pflastersteinen erfordert zwar keine großen Maschinen, aber dafür entsprechendes Know-how und ausreichende Praxiserfahrung. Kleine private Flächen des ausschließlich händisch verlegten Granit-Kleinsteinpflasters könnten von Privatpersonen mit Erfahrung und/oder durch die Begleitung eines Pflasterers eingebaut werden. Anders stellt sich die Situation für Gemeinden dar, die mit einer üblichen Ausstattung des Bauhofs einen gewissen Anteil an Eigenleistungen erbringen können. Dabei ist zwischen der Herstellung und Vorbereitung des Unterbauplanums, dem Oberbau und den Deckschichten zu unterscheiden. Generell können das Ausbaggern der Fläche und das Vorbereiten des Unterbauplanums mit entsprechendem Gefälle vom örtlichen Bauhof realisiert werden. Großteils ist auch der Einbau der Tragschichten durch Bauhofpersonal möglich, jedoch ist dabei durch den Ausführungsverantwortlichen sicherzustellen, dass das richtige Material verwendet wird und die Verdichtung und das Gefälle der einzelnen Tragschichten entsprechend den Vorgaben (Norm, Einbauhinweise des Herstellers) ausgeführt werden. Bei den Deckschichten bestehen große Unterschiede was den Anteil an Eigenleistung betrifft. Keine Eigenleistung ist beim Einbau eines Kunststoffbelages möglich. Hingegen ist bei der Kalkschotterdecke oder dem stabilizer Belag ein hoher Anteil an Eigenleistung möglich. Betrachtet man die Kosten für den Einbau, so können bis zu 90% der Nettoherstellungskosten in Eigenregie durchgeführt werden. Die möglichen Einsparungen wurden nicht berechnet, da sie bei jedem Bauvorhaben, je nach Rahmenbedingungen (maschinelle und personelle Ausstattung, Lage des Bauplatzes, etc.), sehr unterschiedlich ausfallen können.

Für die Instandhaltung der betrachteten Beläge sind zwar grundsätzlich wenige bis keine Fremdleistungen erforderlich, aber diese Aufgaben haben einen sehr hohen Einfluss auf die Haltbarkeit der Beläge und sollten daher nur von Fachpersonal oder entsprechend eingeschultem Personal durchgeführt werden.

Begrünung und Wasserdurchlässigkeit

Beim Schotterrasen als begrünbarem Bodenbelag wird durch die Beimengung von 15–20 Volumenprozent Humus eine Vegetationstragschicht hergestellt. Auf eine eigene Deckschicht wird dabei verzichtet. Als Vegetation können Kräutersamenmischungen, aber auch Rasen eingesät werden. Bei der Herstellung der Vegetationstragschicht ist besonders auf die Kornverteilung zu achten, da der Belag Tragfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit gleichermaßen zu gewährleisten hat.

Wasserdurchlässigkeit ist bei Schotterrasen, Kalkschotterdecke, Kunststoffbelägen, Terraway, Quarzcolor und Drainasphalt, einem wasserdurchlässigen Spezialasphalt, gegeben, bei

anderen Belägen ist die Wasserdurchlässigkeit in geringem Maß gegeben (z. B. bei Betonstein- und Natursteindecken durch die Fugen), eine oberflächliche Entwässerung ist aber in diesem Fall vorzusehen. Grundsätzlich ist eine Versickerung der Oberflächenwässer in den angrenzenden Grünflächen anzustreben.

Geltende Richtlinien und Normen

Der Aufbau von unterschiedlichen Bodenbelägen wird durch Richtlinien und Normen festgelegt. Für das Straßenverkehrswesen werden regelmäßig Richtlinien (RVS) der FSV (Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr) und vom Österreichischen Normungsinstitut (ÖNORM) herausgegeben.

Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) aus Deutschland definiert Richtlinien für den Landschaftsbau.

Einige für die Planung von Straßen- und Wegebauprojekten relevante Richtlinien und Normen sind folgende (eine Liste aller für die Bewertung verwendeten Normen und Richtlinien findet sich im Literaturverzeichnis, Seite 83):

RVS 03.08.63	Oberbaubemessung
RVS 03.08.64	Bautechnische Details, Oberbauverstärkung von Asphaltstraßen
RVS 08.15.01	Unterbauplanum und ungebundene Tragschichten, Ungebundene Tragschichten
RVS 08.16.01	Bituminöse Trag- und Deckschichten, Anforderungen an Asphaltschichten
RVS 08.18.01	Pflasterarbeiten, Randbegrenzungen, Pflasterstein- und Pflasterplattendecken, Randeinfassungen
ÖNORM B 3108	Natürliche Gesteine – Pflastersteine und Pflasterplatten; Randeinfassungen – Abmessungen und Anforderungen an die Gesteinseigenschaften
ÖNORM EN 1342	Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche
ÖNORM EN 14877	Kunststoffflächen auf Sportanlagen im Freien
ÖNORM EN 13242	Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für Ingenieur- und Straßenbau
ÖNORM EN 12591	Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Anforderungen an Straßenbaubitumen

FLL-Richtlinie:	Fachbericht zu Planung, Bau und Instandhaltung von Wassergebundenen Wegen
FLL-Richtlinie:	Planung, Ausführung und Unterhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen

Nutzung der unterschiedlichen Bodenbeläge

Die Wahl eines geeigneten Bodenbelags hängt neben der Verfügbarkeit des Materials und den zu erwartenden Bau- und Wartungskosten stark von der zukünftigen Nutzung ab. Der Boden als Basis des jeweiligen Bauvorhabens ist auf seine Eignung für diese Nutzung zu überprüfen. Gegebenenfalls sind Bodenverbesserungen vorzunehmen, wenn z. B. die erforderliche Tragfähigkeit nicht gegeben ist.

Mögliche Anwendungsbereiche für Bodenbeläge sind Fahrbahnen, stärker befahrene Straßen, weniger befahrene Feld- und Wanderwege, Parkwege, Zufahrten, Parkplätze, Sportanlagen oder Spielplätze, aber auch Terrassen oder andere Oberflächen im privaten Bereich (z. B. Gartenwege).

Pflege von Bodenbelägen

Regelmäßige Pflegemaßnahmen sind wichtig, um den Bodenbelag langfristig zu erhalten. Bei ungebundenen Deckschichten treten je nach Belastung unterschiedliche Fahrbahnschäden auf. Auf Parkplätzen werden beispielsweise im Bereich der Fahrstraßen, wo eine regelmäßige Befahrung vorherrscht, schneller Abnutzungserscheinungen auftreten als im Standbereich. Eine regelmäßige Wartung, die am besten jährlich erfolgen sollte, ist hier für eine lange Lebensdauer wichtig. Auch die Wahl des richtigen Geräts ist entscheidend. So kann die Befahrung mit Stollenprofilen zu Schäden bei ungebundenen Deckschichten führen, Rasenreifen sind jedoch geeignet.

Wege mit ungebundenen Deckschichten können eine sehr lange Lebensdauer haben. So sind in alten Schloss- und Parkanlagen, z. B. in Schönbrunn, Wege erhalten, die vor nahezu 200 Jahren gebaut wurden.[9] Entscheidend dabei sind regelmäßige fachgerecht durchgeführte Pflege- und Ausbesserungsarbeiten.

Beim Winterdienst ist auf geeignete Schneeräummaßnahmen zu achten. Parkwegebeton eignet sich beispielsweise nicht zur Ausbringung von Streusalz. Bei ungebundenen Deckschichten empfehlen sich Schneepflüge mit Gummilippe, um eine mechanische Beschädigung des Belages zu vermeiden

[9] Vgl. Doblhammer & Drexel 2005, S. 161ff.

4.2. Ökologische Bewertung

Mit zunehmendem Flächenverbrauch steigt derzeit auch der Verbrauch an Ressourcen und Energie für die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Bodenbelägen. Mit der Auswahl von ökologisch besseren Belägen können dieser zunehmende Verbrauch und die wachsende Klima- und Umweltbelastung verringert werden. Um beurteilen zu können, welche Beläge welche ökologischen Auswirkungen haben, ist ein fundierter und, wenn möglich, quantifizierter Vergleich notwendig. Daher wurden in der vorliegenden Studie verschiedene Faktoren bewertet: Zunächst wurde mit der MIPS-Methode der Verbrauch von Ressourcen (nachwachsenden und nicht nachwachsenden, Wasser, Luft) berechnet; ausgehend vom MIPS-Wert im Bereich Luft wurde danach der CO_2-Ausstoß der Bodenbeläge geschätzt. Schließlich wurde auch die Auswirkung auf das Mikroklima betrachtet – einige Beläge tragen stärker zur Überhitzung bei oder verhindern die für das Mikroklima wesentliche Verdunstung, andere wiederum begünstigen die mikroklimatischen Bedingungen.

4.2.1. MIPS-Bewertung

Es gibt eine Vielzahl von ökologischen Bewertungsmethoden. Für den gegenständlichen Anwendungsfall eignet sich die MIPS-Methode (**M**aterial-**I**nput **P**ro **S**erviceeinheit) am besten. Für die Durchführung dieser Materialintensitätsanalyse werden die detaillierten Informationen aus der technischen Beschreibung (v. a. Materialien, Einbauweise, Massen) und die Detailpläne verwendet. Um die Umweltbelastung von Produkten, Dienstleistungen, Technologien oder Systemen bestimmen zu können, gibt MIPS an, wie viele Ressourcen insgesamt zur Herstellung des Produktes (bzw. des Systems, der Dienstleistung oder der Technologie) verbraucht wurden (z. B. in Kilogramm oder Tonnen). Für die Berechnungen im MIPS-Konzept werden immer zum einen die direkt in einen Prozess fließenden Stoffströme berücksichtigt (z. B. Verbrauch an Baumaterialien, Betriebsmitteln, Zusatzstoffen für die Herstellung), zum anderen werden aber auch die indirekten Stoffströme aus vor- und nachgelagerten Prozessen berücksichtigt. Die „Ökologischen Rucksäcke“ betreffen also neben der Herstellung der Baumaterialien und Betriebsstoffe z. B. auch die anteilige Nutzung von Infrastruktur und den Verbrauch von Energie.

Die Bewertung der Bodenbeläge erfolgte in vier Kategorien: Nicht nachwachsende Rohstoffe, Nachwachsende Rohstoffe, Wasser und Luft. Die Kategorie Luft betrifft fast ausschließlich den Verbrauch von Sauerstoff bei Verbrennungsvorgängen und ist daher auch ein relativer Indikator für die CO_2-Erzeugung. Faktoren, die den MIPS-Wert beeinflussen, sind z. B. die Dichte oder die Einbaustärke des Belags.

Zunächst wurden die Prozessschritte festgelegt: Errichtung, Nutzung und Entsorgung. Für den Schritt der Entsorgung wurden zwei Varianten berechnet – Recycling und Deponierung. Baurestmassen tragen erheblich zum Abfallaufkommen in Österreich bei (vgl. Abb. 10), dabei handelt es sich vor allem um Baurestmassen aus dem Hochbau.[10]

Abbildung: Bundesweites Abfallaufkommen (Primär- und Sekundärabfälle)
- Anteile ausgewählter Abfallgruppen im Jahr 2004

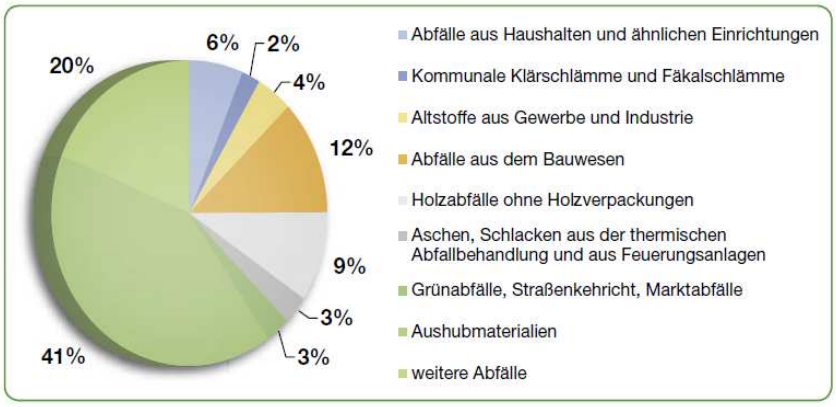


Abb. 10: Bundesweites Abfallaufkommen 2004

Im Bereich des Tiefbaus (Wegebau) wird ein Großteil der Massen recycelt, bei den meisten Belägen wird eine hundertprozentige Recyclingquote erreicht. Aus diesem Grund wird bei der Beschreibung der einzelnen Bodenbeläge der „MIPS Wert bei Recycling“ angegeben. Im Zuge der Erhebung wurde auch der MIPS Wert bei Deponierung bzw. Entsorgung (für den gesamten Belagsaufbau) erhoben, diese Daten befinden sich im Anhang.
Vergleicht man die gesamten Umweltauswirkungen eines Bodenbelags, zeigt sich, dass für eine etwaige Deponierung / Entsorgung zwischen einem Fünftel und einem Viertel mehr an umweltrelevantem Output entsteht.

Für die drei Prozessschritte Errichtung, Nutzung und Recycling wurden für die MIPS-Bewertung die benötigten Inputs – Materialkomponenten, Energieverbrauch und Transporte – ermittelt und je nach Material mit den entsprechenden MI-Faktoren multipliziert. Diese Berechnung ergibt den Materialinput (MI). Der MIPS-Wert entspricht schließlich dem Materialinput (MI) je Serviceeinheit (S). Als Serviceeinheit galt ein m^2 Belag der Regelfläche von 1000 m^2 über einen Zeitraum von 25 Jahren.
Um einen MIPS-Gesamtwert zu ermitteln, der alle Kategorien (Nicht nachwachsende Rohstoffe, Nachwachsende Rohstoffe, Wasser und Luft) zusammenfasst, wurde zuerst eine

[10] Lebensministerium (2006), S. 18.

Reihung der Beläge für jede Kategorie vorgenommen und diese dann mit einer Drittel Gewichtung zu einem Gesamtwert zusammengeführt (siehe Anhang).
Die Einteilung der Werte für den ökologischen Rucksack erfolgte in ein oberes, ein mittleres und ein unteres Drittel, wobei ersteres mit rot (=großer ökologischer Rucksack), zweiteres mit gelb (=durchschnittlicher ökologischer Rucksack) und letzteres mit grün (=kleiner ökologischer Rucksack) bezeichnet wurde.

4.2.2. Bewertung der Klimarelevanz

CO2-Wert

Angesichts der Auswirkungen des Klimawandels sollte auch bei der Planung, Herstellung und Nutzung von Flächen im Freiraumbereich stets berücksichtigt werden, welchen Effekt die ausgewählten Bodenbeläge auf das Klima haben. Das wichtigste Kriterium dabei ist der CO_2-Wert, der die Höhe der Kohlendioxid-Emissionen angibt.
Eine wesentliche Maßnahme gegen den Klimawandel ist es, die CO_2-Werte zu verbessern. Gerade bei großen Bodenflächen im Freiraumbereich, aber auch in der Summe von kleinen Flächen können CO_2-Emissionen reduziert werden, indem verstärkt auf die klimarelevanten Werte der verschiedenen Bodenbeläge geachtet wird. Die vorliegende Untersuchung bietet dafür die notwendige Informationsgrundlage.
CO_2-Emissionen entstehen nicht nur während der Nutzungsdauer eines Bodenbelags, sondern bereits bei der Herstellung und auch später beim Recycling. Es wird also der gesamte Lebenszyklus herangezogen – ebenso wie bei der MIPS-Bewertung, weshalb die MIPS-Werte der untersuchten Bodenbeläge auch verwendet werden können, um deren CO_2-Wert zu berechnen. Ausgehend von den MIPS-Werten für die Ressource Luft (Verbrennung von O_2) wurden die CO_2-Werte in kg/m^2*a angegeben. Zusätzlich wurde die Gesamtmenge an CO_2 berechnet, das auf der Regelfläche (Parkplatz von 1000 m^2) im Zeitraum von 25 Jahren erzeugt wird (siehe Datenblätter ab Seite 47).
Hohe Werte haben dabei z. B. jene Beläge, die synthetisch hergestellt werden und bei der Produktion hohe Mengen an Energie aus nicht erneuerbaren Energieträgern (z. B. Erdöl) benötigen. Aus diesem Grund weist auch Kunststoffbelag von den untersuchten Bodenbelägen den höchsten CO_2-Wert auf. Schotterrasen hingegen kann als einziger Belag mit Vegetationsschicht sogar CO_2 speichern und ist damit im Vergleich besonders klimafreundlich. In den Template ist zusätzlich zum Wert der CO_2 Emission auch eine Ampelbewertung angegeben, die die Ergebnisse in drittelt: rot entspricht dem oberen Drittel

mit hohem CO_2 Ausstoß, gelb entspricht dem mittleren Drittel mit durchschnittlichem CO_2 Ausstoß und grün entspricht dem unteren Drittel mit geringem CO_2 Ausstoß.

Effekte auf das Mikroklima

Die Versiegelung von Bodenfläche hat den Effekt, dass Wärme stärker gespeichert wird und Regenwasser nicht aufgenommen werden kann. Vegetationsflächen hingegen können in der Regel Wasser kurzfristig speichern und durch Verdunstung wieder abgeben, wodurch auch die Boden- und Lufttemperaturen wieder sinken. Dieser Effekt wird durch das Versiegeln des Bodens verhindert, was gerade in Städten und anderen dichter besiedelten Gebieten ein verändertes lokales Mikroklima mit geringerer Luftfeuchtigkeit, schlechterer Luftqualität und höheren Durchschnittstemperaturen bewirkt. In Städten liegen die Temperaturen im Jahresdurchschnitt um 1° bis 2° C höher als in der Umgebung, punktuell (an besonders heißen Tagen im Sommer) sogar um bis zu 12° C.[11] Dieses Phänomen wird als „Heat Island Effect" oder Wärmeinseleffekt bezeichnet und hat verschiedene gesundheitliche, soziale und ökologische Auswirkungen, wie z. B. Bildung von bodennahem Ozon oder höhere gesundheitliche Belastung von Risikogruppen, aber auch verstärkte Nutzung von Klimaanlagen mit daraus resultierendem erhöhten Verbrauch an elektrischer Energie.

Die Sonneneinstrahlung am Tag hat je nach Beschaffenheit des Bodens bzw. des Bodenbelags Einfluss auf die Bodenwärme, die Lufttemperatur sowie auf den Grad der Verdunstung. Begrünte Flächen bewirken hier stärkere Verdunstung und niedrigere Temperaturen. Die Wärmeabstrahlung bei Nacht ergibt sich aus der untertags entstandenen Bodenwärme und dem Grad an Abkühlung und Kondensation, ist also ebenfalls bei Grünflächen geringer. Versiegelte Flächen hingegen geben auch noch in der Nacht mehr Wärme ab. Das Zusammenspiel der einzelnen Faktoren an verschiedenen Oberflächen ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.

[11] Volpi Luca o.J.

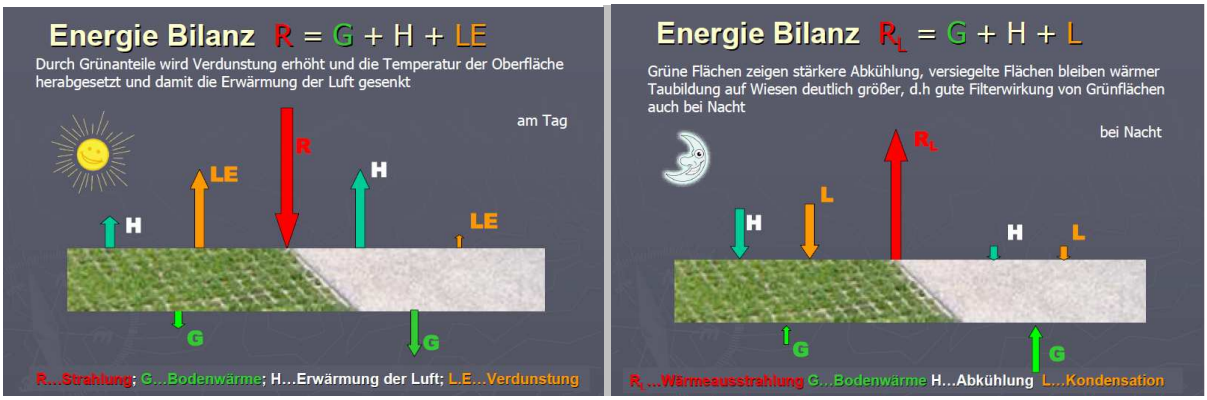


Abb. 11: Energiebilanz für versiegelte und Grünflächen tagsüber (links) und nachts (rechts)[12]

Der Unterschied in der Wärmeabgabe verschiedener Bodenbeläge wird besonders gut sichtbar in Thermographien, wie z. B. in folgender Abbildung: Die Grasfläche weist deutlich niedrigere Temperaturen auf als die danebenliegenden Granitsteine (mit Sand in den Fugen, der die höchste Oberflächentemperatur aufweist).

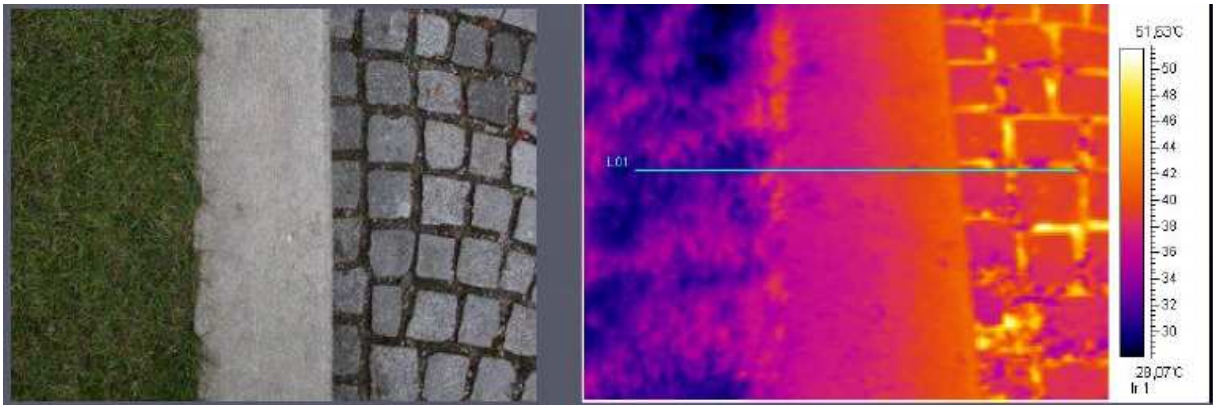


Abb. 12: Thermographie von Gras- und Granitsteinflächen (am 10. 6. 2008 um 13:00)[13]

Versiegelte Flächen verhindern außerdem, dass Regenwasser vom Boden aufgenommen wird. Damit kann das Regenwasser nicht gefiltert und gespeichert werden, und auch der Grundwasserspiegel kann absinken. Durch das rasche Abfließen des Regenwassers auf versiegelten Flächen steigt bei Starkregenereignissen die Belastung von Kanalisation und Kläranlagen ebenso wie die Gefahr von Hochwasser. Eine Darstellung der Zusammenhänge von Versiegelung und Mikroklima findet sich in der folgenden Abbildung.

[12] Mursch-Radlgruber 2009, S. 5–6.

[13] Ebd., S. 10.

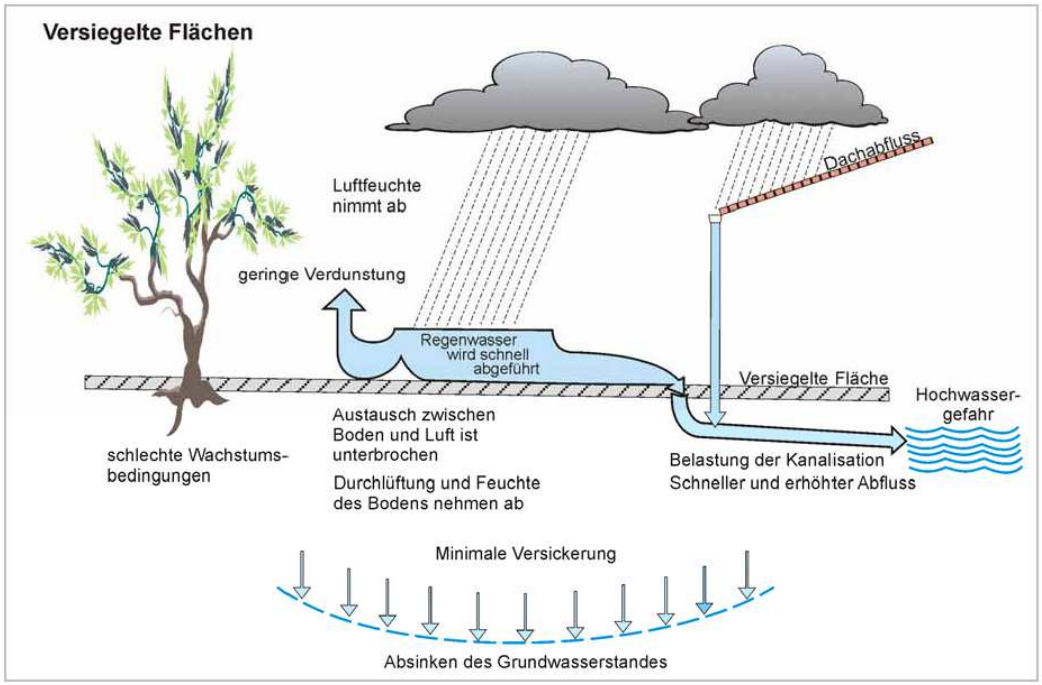


Abb. 13: Mikroklimatische Folgen der Bodenversiegelung[14]

Die Beschaffenheit der Oberflächen, die als Bodenbelag eingesetzt werden, ist relevant für das Mikroklima, da je nach Material und Farbe der angestrahlten Fläche unterschiedliche Wärmestrahlungen entstehen und auch die Wasserspeicherung durch das Material und den Aufbau des Belages beeinflusst wird.

Als ein Beispiel kann bitumengebundener Asphalt genannt werden, der durch seine dunkle Farbe viel Strahlung absorbiert und durch seine hohe Dichte die entstandene Wärme stark speichert. Wie hoch die Oberflächentemperaturen daher auch noch nachts sind, lässt sich an der folgenden Thermographie, aufgenommen auf einem Wiener Parkplatz am 27.8.2008 um 23:00, ablesen.

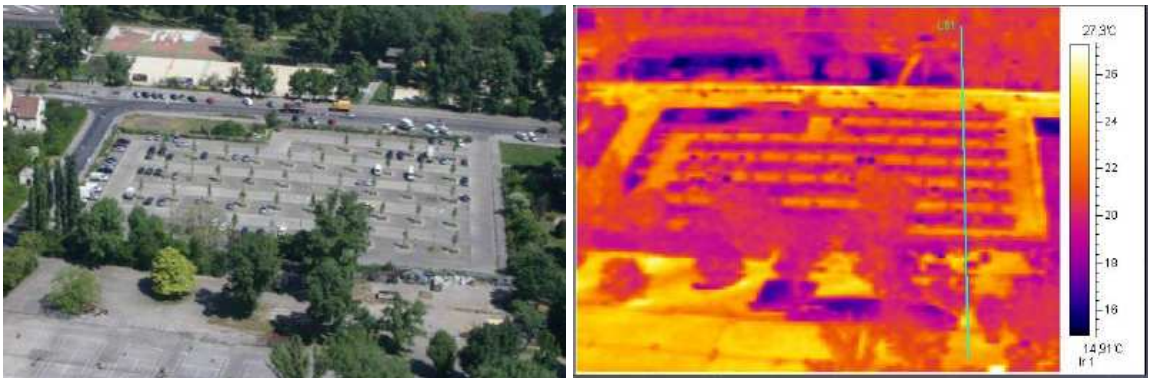


Abb. 14: Thermographie eines Parkplatzes (Asphalt und Rasensteine)[15]

[14] Basedow et al. 2009, S. 14.

Durch die Versiegelung wird zum einen, wie bereits erwähnt, die Verdunstung und damit eine Abkühlung verhindert, und zum anderen durch die lang anhaltende Wärmeabstrahlung das nächtliche Absinken der Lufttemperatur stark gehemmt. Mikroklimatisch stellt die Verwendung von Asphalt daher eine größere Belastung dar als die Nutzung anderer Bodenbeläge. Beton z. B. hat zwar eine ähnlich hohe Wärmespeicherkapazität wie Asphalt, weist aber aufgrund seiner helleren Farbe ein höheres Reflexionsvermögen und daher einen anderen Temperaturverlauf auf, wie auch in Abb. 15 zu sehen ist.

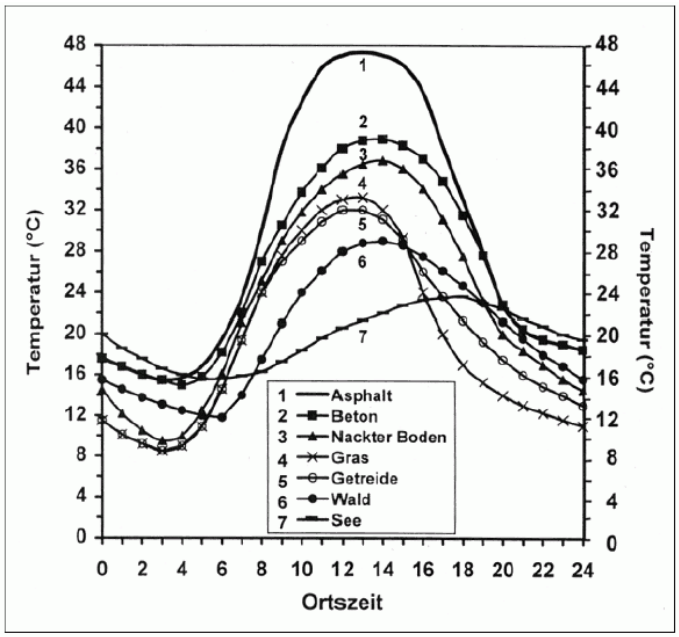


Abb. 15: Temperaturverlauf verschiedener Oberflächen im Laufe eines Tages[16]

Der wichtigste Faktor für die Höhe der Oberflächentemperatur ist jedoch die Verdunstung – begrünte Bodenbeläge sind hier die einzigen, die ausreichend Wasser speichern und wieder an die Luft abgeben können. Je stärker der Bewuchs und je stärker das Wurzelwerk im Belag bereits ausgebildet ist, umso mehr kann sich auch der Grad an Verdunstung erhöhen. Der Effekt von begrünten Oberflächen wie z. B. Schotterrasen auf das Mikroklima ist damit als positiv im Vergleich zu anderen Bodenbelägen einzuschätzen.

Rasengittersteine enthalten zwar auch Anteile an Vegetation, sie wurden jedoch in dieser Studie nicht berücksichtigt, da sie für die geplanten Nutzungen nicht ausreichend geeignet sind: Für die Bewertung der Bodenbeläge wurde als Regelfläche ein Parkplatz definiert (vgl.

---

[15] Mursch-Radlgruber 2009, S. 12.

[16] http://www.geolinde.musin.de/klima/stadt/bodenwaerme/oberflaechentemeraturen.gif [09.12.09].

Kap. 3), Erfahrungen zeigen jedoch, dass bei stark frequentierten Parkplätzen mit Fahrzeugwechseln mehrmals am Tag eine ausreichende Begrünung von Rasergittersteinen nicht möglich ist.[17] Dieser Belag konnte daher unter den vorgegebenen Bedingungen nicht bewertet werden.

Die Kriterien zur Bewertung der Auswirkungen auf das Mikroklima sind im Folgenden aufgelistet und beschrieben.

Verdunstungseffekt

Die Verdunstung hat nach Expertenmeinung die höchste Auswirkung auf das Mikroklima.[18] Daraus ergibt sich, dass der kühlende Verdunstungseffekt nur dann ermöglicht wird, wenn es sich um einen wasserdampfdurchlässigen Belagsaufbau handelt und wenn im Boden ausreichend Feuchtigkeit vorhanden ist. Generell wird bei Bodenbelägen das Regenwasser aber möglichst schnell abgeleitet – oberflächlich und/oder durch den Belag hindurch. Verdunstung bewirken daher nur solche Bodenbeläge, die eine gewisse Menge Wasser speichern und wieder abgeben können. Dazu zählen jene Beläge, bei denen das Wasser vertikal versickert und die dabei auch einen Anteil des Regenwassers speichern. Schotterrasen entspricht diesen Anforderungen von den untersuchten Belägen bei weitem am besten und kann zusätzlich noch durch den Bewuchs (Gräser, Kräuter) die Verdunstungsleistung verbessern. Einige andere getestete Beläge weisen gar keine Verdunstung auf (z. B. Asphalt, Splitt-Mastix), während es bei weiteren Belägen zu minimaler Verdunstung kommt (beispielsweise durch die Fugen bei Betonstein), diese sind aber derart gering, dass daraus kein erwähnenswerter positiver Einfluss auf das Mikroklima entsteht.

Es gibt keine Untersuchungen, bei denen die Verdunstungsfähigkeit und -leistung der untersuchten Beläge direkt getestet wurde. Auch seitens der Hersteller waren keine Informationen verfügbar. Daher wurden für die Bewertung diejenigen Faktoren zusammengefasst, welche die Verdunstung sowie die Wärmeabstrahlung und damit das Mikroklima lokal beeinflussen: Wärmespeicherkapazität, Wärmeleitfähigkeit, Wasserdurchlässigkeit, Wasserspeicherkapazität, Dichte und die Albedo.

[17] Vgl. Bischoff 2008, S. 37ff.

[18] Experteninterview mit Dr. Mursch-Radlgruber am 24.11.2009.

Wärmespeicherkapazität: Je mehr Wärme im Bodenbelag gespeichert wird, umso mehr Wärme wird auch wieder abgegeben (auch nachts) – Abkühlung wird verhindert.

Wärmeleitfähigkeit: Höhere Wärmeleitfähigkeit bewirkt kurzfristig niedrigere Oberflächentemperaturen.

Wasserdurchlässigkeit: Versickert Regenwasser zu schnell in tiefere Bodenschichten, kann dieses nicht mehr verdunsten und zur Abkühlung beitragen

Wasserspeicherkapazität: Gespeichertes Regenwasser kann durch Verdunstung wieder an die Luft abgegeben werden. Höhere Wasserspeicherkapazität wirkt sich daher positiv auf das Mikroklima aus.

Dichte: Hohe Dichte bewirkt höhere Wärmespeicherung und geringere Wasserdampfdurchlässigkeit und damit geringere Abkühlung.

Albedo: Die Albedo ist das Maß für das Reflexionsvermögen von Oberflächen, das sich je nach deren Farbe unterscheidet. Je niedriger der Albedo-Wert, umso mehr Strahlung wird absorbiert und in Form von Wärme wieder abgegeben.

Die Werte für die Dichte der untersuchten Beläge wurden im Rahmen der MIPS-Bewertung definiert, die Wasserdurchlässigkeit wurde in den Experteninterviews ermittelt. Unter anderem aufgrund der Farbe lassen sich Rückschlüsse auf den Albedo-Wert ziehen. Wenn für einen untersuchten Bodenbelag alle Kriterien für das Mikroklima ungünstig waren (z. B.: hohe Dichte, hohe Wärmespeicherkapazität,…), wurde die Wertung „Rot“ vergeben; wenn mindestens ein Kriterium die Überhitzung verringert, wurde mit „Gelb“ bewertet; und waren mehr als die Hälfte der Kriterien positiv, dann wurde mit „Grün“ bewertet (siehe Datenblätter ab Seite 47).

Toxikologische Auswirkungen

Grundsätzlich ist auch bei Bodenbelägen auf toxikologische Auswirkungen auf die Umwelt zu achten, z. B. darauf, ob Schadstoffe durch Abrieb, UV-Strahlung oder Regenwasser frei werden, die das Grundwasser verschmutzen oder gesundheitsschädigende Effekte für die Nutzer haben können. Die dafür relevanten Vorschriften und Normen sind jedoch rigide und müssen von allen am Markt befindlichen Belägen erfüllt werden. Da alle bewerteten Bodenbeläge die erforderlichen Nachweise erbringen, wurden toxikologische Eigenschaften in dieser Studie nicht weiter untersucht.

Erfahrungen über langfristige Auswirkungen persistenter Stoffe auf die Umwelt sind jedoch nur eingeschränkt und nicht für alle Belagsarten verfügbar. Deshalb sollten Beläge grundsätzlich in möglichst geschlossenen technischen Kreisläufen[19] geführt werden. Verbesserungen sind prinzipiell noch möglich bei der Verwendung von Bindemitteln: Bituminöse Bindemittel und solche auf Kunstharz- und Polymerbasis können negative toxikologische Auswirkungen haben (z. B. Fischtoxizität), die vor allem während vorgelagerter Prozesse auftreten (Erzeugung, evtl. Einbau), aber aufgrund von Vorschriften und Regelungen zur Arbeitssicherheit/-gesundheit auch in diesem Bereich bereits stark reduziert sind. Statt dieser problematischen Bindemittel könnten verträglichere Stoffe eingesetzt werden (z.B. Ersatz bituminöser Bindemittel durch Bindemittel auf Pflanzenölbasis).

4.3. Kostenbewertung

Die Kosten stellen oft den wichtigsten Entscheidungsfaktor für die Auswahl eines Bodenbelages dar. Bis heute werden aber ausschließlich die Herstellungskosten für die Entscheidungsfindung herangezogen. Tatsächlich fallen jedoch zusätzlich über den gesamten Nutzungszeitraum sowie beim Rückbau, beim Recycling bzw. bei der Entsorgung des Belags Kosten an. Die Berücksichtigung all dieser finanziellen Aufwendungen wird als Lebenszykluskostenbewertung[20] bezeichnet und kann die kostenmäßige Bewertung verschiedener Bodenbeläge entscheidend verändern.

Die folgende Abbildung zeigt, dass hohe Anschaffungskosten (für Herstellung, Einbau etc.) dadurch kompensiert werden können, dass die Betriebs- und Entsorgungskosten niedrig gehalten werden, während der Vorteil niedriger Anschaffungskosten durch stark steigende Betriebs- oder Entsorgungskosten zunichte gemacht werden kann. Die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus zeigt also die Gesamtbilanz über einen längeren Zeitraum auf.

---

[19] Der technische Kreislauf besteht aus den Prozessen Rohstoffgewinnung, Materialherstellung, Betrieb und Instandhaltung, Recycling und Wiederverwendung. Er ist geschlossen, wenn alle eingesetzten Materialien im Kreislauf geführt werden können und nicht unkontrolliert in die Umwelt gelangen. Im Gegensatz zum biologischen Kreislauf braucht es Sortenreinheit für eine hohe Qualität der recycelten Materialien (vgl. auch Hohensinner & Wimmer 2006, S. 6).

[20] Die Methode der Lebenszykluskostenbewertung wird auch als Life Cycle Costing (LCC) bezeichnet und für verschiedenste Anwendungen eingesetzt. (http://de.wikipedia.org/wiki/Life_Cycle_Costing [30.11.2009]).

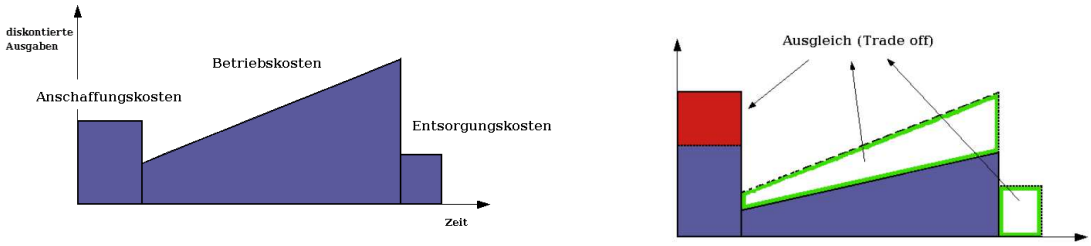


Abb. 16: Gleichbleibende Lebenszykluskosten trotz höherer Anschaffungskosten (rechts)[21]

Die Betriebskosten spielen bei den Bodenbelägen insofern eine wichtige Rolle, als die Nutzungsdauer mehrere Jahrzehnte beträgt und sich hohe Instandhaltungskosten summieren. Die Kostenbewertungs- bzw. Kostenmanagementmethode über den gesamten Lebenszyklus liefert daher vor allem für den Erhalter von Flächen (z. B. Gemeinden) wichtige Informationen über längerfristig anfallende Kosten.

Die in der Studie errechneten Lebenszykluskosten sollen als Richtwerte dienen und geben zum einen die Abweichung der Gesamtkosten vom Durchschnitt aller bewerteten Bodenbeläge an und zum anderen die prozentuelle Aufteilung der Kosten nach den Kategorien Herstellungskosten, Betriebskosten und Rückbau-/Recyclingkosten (siehe Datenblätter ab Seite 47).

Kostenstrukturen

Die Lebenszykluskosten der Bodenbeläge setzen sich im Wesentlichen aus folgenden Positionen zusammen:

- Nettoherstellungskosten
- Betriebskosten (Reinigungs-/Pflegekosten, Wartungs-/Reparaturkosten)
- Rückbau- und Recyclingkosten

Ein Blick auf die nachfolgenden Diagramme zeigt, dass sich die Anteile dieser drei Positionen an den Gesamtkosten bei verschiedenen Bodenbelägen teilweise gravierend unterscheiden. Bei der Entscheidungsfindung müssen also nicht nur die Nettoherstellungskosten, sondern auch die Kosten für Betrieb und Rückbau/Recycling sowie die geplante Nutzungsdauer berücksichtigt werden.

[21] http://de.wikipedia.org/wiki/Life_Cycle_Costing [30.11.2009].

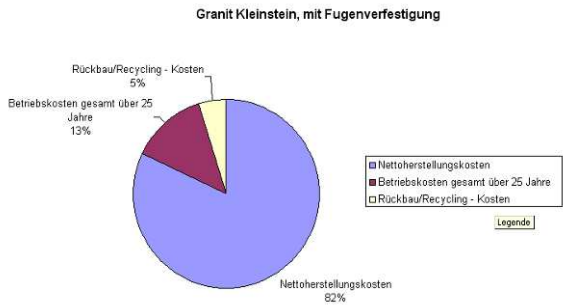


Abb. 17: Kostenaufteilung für Granit-Kleinsteinpflaster mit kunstharzgebundenem Fugensand

Bei Granit-Kleinsteinpflaster mit kunstharzgebundenem Fugensand machen die Nettoherstellungskosten über 80 % der Gesamtkosten aus, da aufgrund der nahezu vollständigen Wiederverwendbarkeit der Granitsteine nur geringe Kosten für Rückbau/Recycling anfallen.

Abb. 18: Kostenaufteilung für Kalkschotterdecke

Bei der Kalkschotterdecke entfällt mehr als die Hälfte der Kosten auf den Betrieb, da für diesen Belag regelmäßige fachgerechte Pflegemaßnahmen erforderlich sind.

Abb. 19: Kostenaufteilung für Stabilizer-Belag

Die Gesamtkosten bei der Herstellung des Stabilizer-Belags sind gleich hoch wie die restlichen anfallenden Kosten.

NHK

Die Nettoherstellungskosten beinhalten alle Aufwendungen, die für die Planung und Errichtung des Bodenbelages von der „grünen Wiese“ weg erforderlich sind. Sie wurden auf Basis der definierten Regelfläche (Parkplatz von 1.000 m^2, siehe Kap. 3) kalkuliert. Mithilfe der Erfahrungen der interviewten Experten und der durchgeführten Kostenkalkulationen anhand der ermittelten Massen und aktuellen Marktpreise konnten die Nettoherstellungskosten relativ einfach berechnet werden.

Betriebskosten

Als wesentlich schwieriger stellte sich die Ermittlung der Betriebskosten dar. Diese Kategorie kann in Reinigungs- und Pflegekosten sowie Wartungs- und Reparaturkosten untergliedert werden.

Die ursprünglich geplante Vorgangsweise, diese Zahlen von den Betreibern von Belagsflächen (Gemeinden, private und öffentliche Betreiber von Parks, Straßenmeistereien) zu erhalten, konnte nicht realisiert werden, da keine adäquaten Aufzeichnungen über den Pflegeaufwand für bestimmte Belagsarten verfügbar sind. Selbst auf diesem Gebiet innovative Gemeinden, wie die Stadt Graz, stehen erst am Anfang einer systematischen Aufzeichnung der Pflege- und Wartungsarbeiten, wobei dort außerdem die effiziente Wartung von Straßen im Vordergrund steht und keine Unterscheidung zwischen den Belagsarten gemacht wird.[22]

Reinigungs- und Pflegekosten

Die Ausgaben für die Reinigung und Pflege von Bodenbelägen machen in der Kostenbewertung absolut betrachtet die kleinste Position aus. Dennoch sind diese regelmäßig anfallenden Ausgaben nicht zu unterschätzen, da sie Auswirkungen auf die Funktionalität und das Aussehen des Belags haben. Der benötigte Aufwand unterscheidet sich je nach Beschaffenheit der Bodenbeläge (z. B. ungebunden – gebunden) teilweise recht deutlich.

Die Bestimmung der Reinigungskosten erfolgte in dieser Studie durch die Experteninterviews und durch die Erfahrung der Projektteammitglieder.

Wartungs- und Reparaturkosten

Die Ausgaben für Wartung und Reparatur sind deutlich höher als die Aufwendungen für die Reinigung. Anspruchsvollere Böden wie beispielsweise die Kalkschotterdecke oder die Wassergebundene Decke erfordern jährliche fachgerechte Pflegemaßnahmen, deren Intensität auf die Nutzungsfrequenz abzustimmen ist. Bei diesen Bodenbelägen mit einer ungebundenen

[22] Egger 2009.

Deckschicht kann es auf Parkplätzen durch Lenkbewegungen von stehenden Kraftfahrzeugen zur Bildung von Schlaglöchern kommen. Auch die Einfahrtsbereiche in den Parkplatz sind höher belastet, wodurch sich auch dort ein höherer Verschleiß der Deckschicht ergibt.
Andere Bodenbeläge (wie z. B. Betonsickerpflaster) benötigen nur minimale jährliche Pflegemaßnahmen. Beläge mit Fugen erfordern regelmäßige Sichtprüfungen, z. B. um fehlendes Fugenmaterial zu ergänzen, und eine Reinigung der Fugen alle 6–8 Jahre mit entsprechenden Geräten (senkrecht saugenden Kehrmaschinen).
Beläge mit geringerem Wartungsaufwand erfordern keine kontinuierlichen Wartungsmaßnahmen oder nur eine fallweise Ausbesserung von Schlaglöchern.

Rückbau- und Recyclingkosten

Die Kosten für Rückbau und Recycling beziehen sich in dieser Studie nur auf die Deckschicht der Beläge, da üblicherweise aus wirtschaftlichen Gründen nur diese Schicht entfernt wird.
Unter Rückbaukosten versteht man alle Aufwendungen, die erforderlich sind, um den Belag sachgerecht zu entfernen. Die Kosten für die spätere Entsorgung (Wiederverwertung, Recycling oder Deponierung) finden dabei keine Berücksichtigung.
Die monetären Aufwendungen rund um die Wiederaufbereitung des Bodenbelagsmaterials werden als Recyclingkosten behandelt. Prinzipiell sind alle untersuchten Böden recycelbar, eine vollständige Entsorgung (Deponierung) kommt eher selten vor. Die Kosten des Recyclingprozesses ergeben sich aus der dafür notwendigen (maschinellen) Aufbereitung/Weiterverarbeitung, die sich je nach Belag unterscheidet.

Entsorgungs- und Deponiekosten

Für alle bewerteten Beläge ist eine fachgerechte Entsorgung auf einer Deponie möglich, jedoch können laut Herstellerangaben alle Beläge fast zu 100 % recycelt werden. Daher wurden die Entsorgungskosten in dieser Studie nicht für die Bewertung der Beläge berücksichtigt.
Falls ein Belag doch entsorgt wird, belaufen sich die Kosten für eine fachgerechte Baurestmassen-Deponierung auf durchschnittlich 22 € pro Tonne Material (Stand 2009), wobei hier anzumerken ist, dass die Deponierung trotz des vorgeschriebenen Altlastenbeitrags meist nicht kostendeckend ist. Es entstehen zusätzliche Kosten z. B. für die Nachsorge der Deponie (mindestens für 20 Jahre), für die schließlich auch die Allgemeinheit aufkommen muss. Grundsätzlich ist die Deponierung die teuerste Variante, was mit einer Berechnung der Entsorgungs- und Deponiekosten überprüft wurde. Dabei ist hervorzuheben, dass alle Berechnungen mit den derzeitigen Tarifen durchgeführt wurden. Auch wenn die Anteile an

den gesamten Lebenszykluskosten mit maximal 3 % noch gering sind, so wird sich in den kommenden Jahrzehnten dieser Anteil vervielfachen, da zum einen die Umweltauflagen weiter steigen werden und zum anderen die Kosten für den Neubau von Deponien sich erhöhen, ebenso wie der gesellschaftliche Widerstand.

4.4. Qualitative Bewertung (Produkt- und Nutzungsprofil)

Neben den bereits beschriebenen technisch-funktionellen Eigenschaften der Bodenbeläge (siehe Kap. 4.1., Seite 13) wurden auch Eigenschaften bewertet, die vor allem bei der Benutzung relevant sind und die daher die Attraktivität und Akzeptanz bei Nutzern wesentlich beeinflussen können.

Diese Eigenschaften werden im „Produkt- und Nutzungsprofil“ durch ein Ampelsystem bewertet. Das Produkt- und Nutzungsprofil umfasst folgende Eigenschaften:

- Ebenmäßigkeit
- Härte
- Wasserdurchlässigkeit
- Staubentwicklung
- Verschlammung
- Aufspritzhöhe
- Lebensdauer
- Recyclingfähigkeit
- Geräusch beim Auftritt
- Geräusch beim Befahren
- Winterdienst
- Wartungsaufwand
- Gestaltungsmöglichkeiten
- Blindenleitsystem
- Rutschfestigkeit

Ebenmäßigkeit

Sehr ebene und glatte Beläge wie beispielsweise Terraway oder Asphalt unterscheiden sich in der Ebenmäßigkeit von Belägen mit Fugen, z. B. Betonsickerpflaster. Die untersuchten Bodenbeläge weisen jedoch alle prinzipiell eine gute bis sehr gute Ebenmäßigkeit auf. Unterschiede ergeben sich zusätzlich aus der Glätte/Rauheit der Oberfläche.

Abb. 20: Belag mit Fugen – Betonsickerpflaster

Abb. 21: Ebener und glatter Belag – Terraway

Die Ermittlung der Ebenmäßigkeit erfolgt entweder per Hand oder teilautomatisch durch eine Ebenheitsmessung mit dem Planograf. Bei der händischen Ermittlung wird eine vier Meter lange Messlatte hochkant auf dem Belag platziert. Mit Metallkeilen, welche über entsprechende Millimetermarkierungen verfügen, kann die Ebenmäßigkeit festgestellt werden. Für die Ebenheitsmessung mittels Planograf wird ein vier Meter langer Messwagen eingesetzt, der die Differenz durch ein bewegliches Messrad ermittelt.[23]

Für die Bewertung wurden die Kriterien wie folgt definiert:

Grün: sehr eben und glatt, weniger als 5 mm Differenz auf 4 Meter Länge

Gelb: eben mit unterschiedlich rauer Oberfläche, Differenz von 5 mm bis 2 cm auf 4 Meter Länge

Rot: uneben, Differenzen von über 2 cm auf 4 Meter Länge

Härte

Die Bestimmung der Härte basiert auf der Materialstruktur und auf Erfahrungswerten der Hersteller. Die Härte kann sich bei einigen Belägen durch Feuchtigkeit (abhängig vom Quellverhalten) und hohe Temperaturen (Asphalt) ändern. Die Härte des Belags hat Einfluss auf die Fließ- und Brucheigenschaften bei Druckeinwirkung. Je härter ein Bodenbelag ist, desto geringer ist auch der Abrollwiderstand von Fahrzeugen.

Für die Härte der Belagsoberfläche gibt es keine gesetzlich vorgeschriebenen Prüfungen, jedoch spielt gerade die Oberflächenhärte für die Nutzer eine entscheidende Rolle, beispielsweise beim Laufen, Gehen oder Befahren mit Kinderwägen, Rollstühlen und Gehhilfen oder bei verschiedenen Freizeitaktivitäten, wie zum Beispiel Rollerbladen oder Fahrradfahren. Je nach Zweck der Fläche können harte ebenso wie weiche Böden von Vorteil

[23] Gestrata 2002, S. 301.

sein, deshalb wird auf eine Bewertung nach dem Ampelsystem verzichtet, nur die qualitativen Eigenschaften werden beschrieben.

Wasserdurchlässigkeit

Die Wasserdurchlässigkeit wird nach der DIN 18 035, T5 als k_F-Wert in m/s angegeben. Je höher die Wasserdurchlässigkeit des Belags ist (je schneller er trocknet), desto weniger Wasserpfützen bilden sich an der Oberfläche. Eine gute Wasserdurchlässigkeit verhindert daher die Bildung von zu viel Oberflächenwasser und wirkt präventiv gegen eine Verschlammung des Bodens. Bodenbeläge, die Wasser schnell und gut versickern lassen, benötigen keine Einspeisung in das Kanalnetz und sorgen daher dafür, dass die Kanalisation bei starken Regenfällen nicht überlastet wird und Überschwemmungen verhindert werden können. Gute Wasserdurchlässigkeit wirkt sich außerdem positiv auf das Wachstum umliegender Bäume und Bodenlebewesen aus.
Die Wasserdurchlässigkeit kann sich im Laufe der Nutzungsdauer verschlechtern, beispielsweise durch Fremdeintrag (Staub, Schlamm,…).

Bewertungskriterien:

Grün: $> 10^{-4}$ m/s, hohe Sickerfähigkeit, die keine Einspeisung ins Kanalnetz erfordert

Gelb: 10^{-4} bis 10^{-6} m/s, niedrige Sickerfähigkeit, bauliche Maßnahmen für Oberflächenentwässerung notwendig (z. B. Sickermulde)

Rot: $<10^{-6}$ m/s, keine Sickerfähigkeit, Entwässerung über Kanal notwendig oder große Versickerungsflächen erforderlich

Geräusch beim Auftritt

Die Geräuschemissionen, die beim Auftreten auf den jeweiligen Belag entstehen, hängen in erster Linie von der Materialdichte und der Härte des Belags ab. Ausschlaggebend für die Stärke des Auftrittsgeräusches ist auch die Art der Schuhsohle und des Schuhabsatzes. Weiche Schuhsohlen und Absätze verursachen bei keinem Belag ein lautes Geräusch und machen eine Differenzierung unmöglich. Deshalb wurde in der Bewertung von einer harten Schuhsohle und einem harten Absatz ausgegangen. Die Bewertung der Geräuschemissionen der einzelnen Bodenbeläge erfolgte durch die Hersteller nach folgenden Kriterien:

Grün: leise (Auftrittsgeräusche kaum wahrnehmbar)

Gelb: mittel (Auftrittsgeräusche hörbar, aber leise)

Rot: laut (Auftrittsgeräusche deutlich hörbar)

Geräusch beim Befahren

Die Geräuschemissionen der Beläge bei der Nutzung mit motorisierten Fahrzeugen können speziell in Wohngegenden und Siedlungen die Lebensqualität erheblich beeinflussen. Die Geräuschemissionsrate des Belags hängt vom Anteil an Hohlräumen, von der Steinform, der Kantenbeschaffenheit, der Verbund- bzw. Verlegeform und der Oberflächenbeschaffenheit ab. Je mehr Hohlräume der Belag enthält und je glatter die Oberfläche ist, desto geringer ist die Geräuschentwicklung.[24]

Die Rollgeräusche beim Befahren eines Belags definieren sich durch die Geschwindigkeit, ab der das Rollgeräusch der Reifen lauter ist als das Motorengeräusch. Für die in der Studie behandelten Anwendungen (vor allem Plätze und Wege) ist die Geräuschentwicklung bei Geschwindigkeiten unter 50 km/h relevant. Angepasst an diese Geschwindigkeiten wurden daher folgende Kriterien definiert (bei nicht verfügbaren quantitativen Messdaten wurden Abschätzungen von Experten herangezogen):

Grün: leise
Gelb: mittel
Rot: laut

Staubentwicklung

Die Staubentwicklung bei Bodenbelägen ist abhängig vom (langfristigen) Abrieb des Materials und von der Witterung beziehungsweise vom Jahresniederschlag. Während langer Trockenperioden ist die Staubentwicklung generell höher. Der Anteil der Staubpartikel, die abgerieben werden, hat Auswirkungen auf die Feinstaubbilanz.

Bewertungskriterien:
Grün: gering, Belag weist minimalen Abrieb auf
Gelb: durchschnittlich, Zusatzbewässerung bei geringen Niederschlägen sinnvoll
Rot: hoch, der Belag hat eine signifikante Staubentwicklung

[24] Stehno 1992, S. 1.

Verschlammung

Die potenzielle Verschlammung eines Bodenbelags ist abhängig von Fremdmaterialeintrag (Schmutz, Staub), Überbeanspruchung, davon, ob Regenwasser abgeleitet wird bzw. versickern kann, und auch davon, ob der Belag regelmäßig gepflegt wird.

Bewertungskriterien:

Grün: keine Verschlammung möglich

Gelb: Verschlammung möglich

Rot: verschlammungsgefährdet

Aufspritzhöhe

Unter der Aufspritzhöhe versteht man die Höhe des vom Belag abprallenden Niederschlags. Die Aufspritzhöhe hängt mit der Oberflächenhärte zusammen und betrifft vor allem die Außenwände angrenzender Gebäude. Beläge mit rauer Oberfläche und großem Hohlraumanteil weisen eine geringe Aufspritzhöhe auf.

Für die Bewertung wurden die folgenden Maßstäbe definiert:

Grün: gering (unter 20 cm)

Gelb: mittel (zwischen 20 und 40 cm)

Rot: hoch (über 40 cm)

Winterdienst

Die Kategorie Winterdienst umfasst sämtliche Maßnahmen, die erforderlich sind, um einen Belag bei Schneefall benutzbar zu machen. Dafür wurde untersucht, mit welchen Geräten der Belag bearbeitet werden kann und inwieweit er mit heute gängigen Streusalzen, Taumitteln und sonstigen Enteisungsprodukten behandelt werden kann.

Für die richtige Auswahl der Belagsbehandlung im Winter sind die Herstellerhinweise zu beachten. Streusplitt kann nahezu auf allen Belägen eingesetzt werden, maschinelle Schneeräumung erfordert je nach Belag den geeigneten Aufsatz (z. B. Schneeschilde mit Gummilippe oder aus Kunststoff), bei manchen Belägen darf die maschinelle Schneeräumung den Belag nicht berühren (z. B. Kalkschotterdecke, Stabilizer, Perma-Zyme).

Bewertungskriterien:

Grün: uneingeschränkt möglich

Gelb: Einsatz von maschinellen Räumungsfahrzeugen und Enteisungsprodukten eingeschränkt möglich, Herstellerangaben müssen beachtet werden

Rot: keine maschinelle Räumung und kein Tausalzeinsatz möglich

Lebensdauer

Die Lebensdauer umfasst den Zeitraum, in dem der Belag bei fachgerechten Wartungs- und Reparaturarbeiten vollständig genutzt werden kann. Für die Bewertung der Kosten und des ökologischen Rucksacks wurde in der Studie von einer 25-jährigen Nutzungsdauer des Belages ausgegangen.

Bemessungsgrundlagen für die Lebensdauer werden von der Norm festgelegt. Betonsteinpflaster beispielsweise hat nach dieser Norm eine Lebensdauer von mindestens 20 Jahren. Aufgrund der bereits langen Verwendung von Betonsteinen zeigen jedoch die Erfahrungswerte, dass die Lebensdauer zwischen 25 und 40 Jahren liegt. Die Lebensdauer von Kalkschotterdecken oder Wassergebundenen Decken kann bis zu 200 Jahre betragen, wie verschiedene Praxisbeispiele beweisen.

Die Bewertung erfolgte hier daher nach der Erfahrung anhand der Experteninterviews mit folgenden Kriterien:

Grün: lang, mindestens 25 Jahre lang nutzbar

Gelb: mittel, 15–24 Jahre lang nutzbar

Rot: kurz, weniger als 15 Jahre lang nutzbar

Recyclingfähigkeit

Die Recyclingfähigkeit wird durch die Faktoren Materiallebensdauer, Wiederverwendbarkeit der Materialen bestimmt. Laut den Herstellerangaben sind alle getesteten Beläge vollständig recyclingfähig, beispielsweise können Betonverbundsteine vollständig als Betonbruch wiederverwendet werden. Bei der Recyclingfähigkeit kann weiters nach der Art des Recycling unterschieden werden – z. B. können Produkte wie Granitstein einfach ausgebaut und an anderer Stelle erneut als Bodenbelag verwendet werden. Dieser Prozess ist relativ einfach zu realisieren, der Granitstein erfährt dadurch sogar eine Wertsteigerung aufgrund der nutzungsbedingten glätteren Oberfläche. Auch Kunststoffbelag kann wiederverwertet werden, allerdings ist dieser Prozess komplexer, der Belag muss abgefräst werden und kann anschließend als Unterbaumaterial für Kunstrasen genutzt werden. Dabei spricht man von

einem Downcyclingprozess, da das recycelte Material nicht mehr dieselbe Qualität wie das neue Material aufweist und daher auch nur mehr geringere Anforderungen erfüllen kann.
Bei der Wiederverwertung von Schotterrasen hängt der damit verbundene Aufwand vom späteren Nutzungszweck ab: Wenn das Material als Befestigungsmaterial für Böschungen eingesetzt wird, genügt es, den Belag einfach auszubaggern. Die saubere Trennung von Stein und Biomasse ist hingegen aufwendiger, führt aber auch dazu, dass der Schotter vielseitiger eingesetzt werden kann.

Bewertungskriterien:
Grün: vollständige Recyclingfähigkeit
Gelb: teilweise Recyclingfähigkeit (z. B. kann eine Komponente nicht recycelt werden)
Rot: keine Recyclingfähigkeit

Wartungsaufwand

Die Thematik Instandhaltung von Bodenbelägen ist umfassend und von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren abhängig, deren Berücksichtigung weit über das Ausmaß der Studie hinausgegangen wäre. Nicht nur, dass es klimatische und nutzungsbedingte Unterschiede gibt, sondern vor allem sind keine Daten über die genauen Aufwendungen für die Wartung (Zeit, Arbeit, Material, Geräte) für unterschiedliche Belagsarten verfügbar (siehe Kapitel Kostenbewertung, S. 28)
Für die Bewertung des Wartungsaufwands wurde daher anhand der Experteninterviews ermittelt, wie oft der jeweilige Belag gepflegt und ausgebessert werden muss. Dabei wurde auch das für Pflege- und Wartungsmaßnahmen einzuhaltende Intervall in die Bewertung miteinbezogen.

Bewertungskriterien:
Grün: geringer Wartungsaufwand
Gelb: mäßiger Wartungsaufwand
Rot: hoher Wartungsaufwand

Gestaltungsmöglichkeiten

Mit Gestaltungsmöglichkeiten sind die Möglichkeiten beschrieben, auf die optische Erscheinung eines Belags Einfluss zu nehmen. Relevant ist dabei die Auswahl unterschiedlicher Herstellerformate, ob farbige Zuschlagstoffe einsetzbar sind und inwiefern Gestaltungsmöglichkeiten durch unterschiedliche Verlegemuster gegeben sind.

Bewertungskriterien:

Grün: sehr gute Gestaltungsmöglichkeiten – unterschiedliche Farbauswahl *und* Formenvielfalt (Muster)

Gelb: teilweise Gestaltungsmöglichkeiten – unterschiedliche Farbauswahl *oder* Formenvielfalt

Rot: kaum Gestaltungsmöglichkeiten – keine Farbauswahl, keine Formenvielfalt

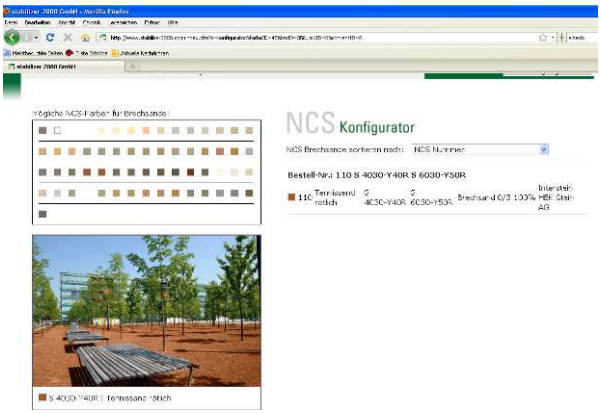


Abb. 22: Online-Farbkonfigurator für Stabilizer-Belag[25]

Abb. 23: Verlegemuster für Pflastersteine[26]

Barrierefreiheit

In einer umfassenden Bewertung von Bodenbelägen darf auch das Thema Barrierefreiheit nicht unberücksichtigt bleiben. Nach Rücksprache mit der Baudirektion des Landes Niederösterreich wurden die NÖ Bautechnikverordnung[27] und die ÖNORM 1600[28] auf für Bodenbeläge relevante Inhalte geprüft. Die erwähnten Gesetzestexte behandeln größtenteils die Innenräume von Bauwerken und die angrenzenden Bereiche. So ist beispielsweise die

[25] http://www.stabilizer2000.com/index.cfm?s=konfigurator&farbeID=45&hmID=35&um1ID=6&contentID=0 [16.12.2009].

[26] http://www.manfred-leichtfried.at/cms/index.php?option=com_content&task=section&id=19&Itemid=71 [18.12.2009]

[27] NÖ Bautechnikverordnung 1997, Abschnitt 18 Barrierefreie Gestaltung von Bauwerken, S. 46.

[28] ÖNORM 1600, Planungsgrundsätze für barrierefreies Bauen, 2005.

maximale Ansteigung von Rampen mit 6 % festgelegt, oder diverse Standardmaße für Rollstuhlfahrer sind definiert. Maße den Außenbereich betreffend sind zum Beispiel der maximal zulässige Höhenunterschied zwischen Gehsteig und Fahrbahn bei Fußgängerübergängen.

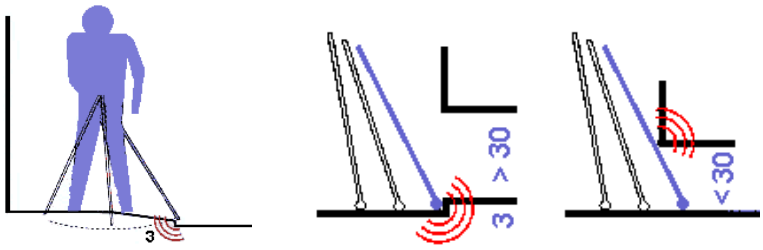


Abb. 24: In der ÖNORM 1600 für Blinde vorgesehene taktile Kennzeichnung unerwarteter Hindernisse inkl. Höhenunterschiede, in cm[29]

Diese gesetzlichen Begrenzungen einzuhalten ist mit allen untersuchten Bodenbelägen leicht möglich. Alle Bodenbeläge in diesem Bericht sind aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit auch für Rollstuhlfahrer prinzipiell geeignet. Aus diesen Gründen wurde keine eigene Bewertung der Barrierefreiheit durchgeführt. Als einziges Kriterium wurde untersucht, ob bei den jeweiligen Belägen der Einbau eines Blindenleitsystems möglich ist.

[29] http://info.tuwien.ac.at/uniability/b1600.htm [26.11.2009].

Blindenleitsystem

Für die Bewertung der Barrierefreiheit wurde ermittelt, ob im jeweiligen Belag ein Blindenleitsystem eingebaut werden kann. Dabei gelten folgende Kriterien:

Grün: Einbau möglich

Gelb: Einbau bedingt möglich, abhängig vom Deckschichtaufbau

Rot: kein Einbau möglich

Abb. 25: Taktiles Blindenleitsystem[30]

Rutschfestigkeit

Die Rutschfestigkeit ist ein Kriterium für die Sicherheit bei der Benutzung eines Bodenbelags und wird durch den Griffigkeitstest festgestellt. Beläge werden dafür nach dem R-Gruppen-System nach der entsprechenden Norm[31] eingestuft, um als rutschfest zu gelten. Die Bewertungen wurden entweder nach diesem System oder anhand der Experteninterviews vorgenommen:

Grün: rutschfest

Gelb: eingeschränkt rutschfest

Rot: nicht rutschfest

[30] http://www.rieder.at/typo3temp/pics/2df3c2d054.jpg [18.12.2009].

[31] Für Natursteine gilt in diesem Fall die ÖNORM EN 14231 „Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Gleitwiderstandes mit Hilfe des Pendelprüfgerätes“: Diese Europäische Norm legte ein Prüfverfahren für die Bestimmung des Gleitwiderstandes der Oberfläche der beanspruchten Seite von Natursteinelementen für Bodenbeläge in Gebäuden fest und wird auch für die CE Kennzeichnung gefordert. **Weist die Oberfläche der beanspruchten Seite eine nach prEN 13373 gemessene Rauigkeit auf, die größer als 1 mm ist, so wird sie ohne Durchführung einer Prüfung als rutschfest eingestuft**. In Deutschland ist zusätzlich die DIN 51130 (Prüfung auf schiefer Ebene) erforderlich, um die Rutschfestigkeit nach dem R-Gruppen-System deklarieren zu können. (Expertengespräch Naturstein, Rutschhemmung im Fokus, http://www.naturstein-gutachten.de/pdf/expertengespräch_naturstein_16_rutschhemmung.pdf, 18.11.2009)

5. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie umfassen die technische Beschreibung der fünfzehn ausgewählten Bodenbeläge, deren ökologische Bewertung, die Bewertung ihrer Lebenszykluskosten und die Bewertung des Produkt- und Nutzungsprofils.
Für einen einfachen und schnellen Vergleich der Bodenbeläge sind die Ergebnisse auf der nächsten Seite in einer Übersicht zusammengefasst und gereiht. Damit lassen sich die jeweiligen Vor- und Nachteile direkt miteinander vergleichen. Eine Interpretation dieser Gesamtansicht folgt auf den nächsten Seiten.
Die detaillierten Bewertungen und technischen Beschreibungen der einzelnen Beläge finden sich auf jeweils zwei Seiten ab Seite 47.

5.1. Ergebnisse im Überblick

In der nachfolgenden Tabelle werden für alle untersuchten Bodenbeläge folgende Angaben gemacht:

- *Seite im Bericht*, auf der die Datenblätter des jeweiligen Belags zu finden sind.
- *Datengrundlage*: Die Bewertungen wurden entweder basierend auf Angaben aus der entsprechenden Richtlinie oder auf Herstellerangaben durchgeführt.
- *Ökologische Bewertung*: MIPS- und CO_2-Wert werden jeweils gereiht (Rang 1 bis Rang 15, Mehrfachplatzierungen möglich), der Effekt auf das Mikroklima wird mit 1 (positiv), 0 (durchschnittlich) oder -1 (negativ) beurteilt. Die ökologische Gesamtwertung ergibt sich aus einer Zusammenfassung dieser Reihungen, wobei für einen positiven Effekt auf das Mikroklima der Rang 1 angenommen wurde, für einen durchschnittlichen Effekt der Rang 2 und für einen negativen der Rang 3.
- *Kostenbewertung*: Die Lebenszykluskosten für die ersten 25 Jahre sowie die für weitere 25 Jahre werden gereiht (Rang 1 bis Rang 15, Mehrfachplatzierungen möglich); und die Nettoherstellungskosten sowie die restlichen Kosten (Betriebs-, Recycling- und Rückbaukosten) werden gereiht und können so miteinander verglichen werden.
- *Produkt- und Nutzungsprofil*: Die einzelnen qualitativen Eigenschaften (z. B. Ebenmäßigkeit, Lebensdauer, Wartungsaufwand) werden entsprechend der Ampelwertung in den Datenblättern (siehe ab S. 47) mit -1 (rot), 0 (gelb) oder 1 (grün) bewertet; die Summe dieser Einzelwertungen ergibt das Produkt- und Nutzungsprofil und wird gereiht (Rang 1 bis Rang 15, Mehrfachplatzierungen möglich).

Gesamtübersicht und Vergleich der bewerteten Bodenbeläge

	Schotterrasen	Kalkschotterdecke	Wassergebundene Decke	Stabilizer	Perma-Zyme	Parkwegebeton	Asphalt	Splitt-Mastix	Terraway	Quarzcolor	Granit-Kleinsteinpflaster	Granit-Kleinsteinpflaster mit kunstharzgebundem Fugensand	Betonsickerpflaster	Betonverbundstein maschinell verlegt	Kunststoffbelag
Seiten im Bericht	48, 49	50, 51	52, 53	54, 55	56, 57	58, 59	60, 61	62, 63	64, 65	66, 67	68, 69	70, 71	72, 73	74, 75	76, 77
Datengrundlage (Herstellerangaben oder Richtlinie)	Richtlinie	Richtlinie	Richtlinie	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Richtlinie	Richtlinie	Hersteller	Hersteller	Richtlinie	Richtlinie	Hersteller	Richtlinie	Hersteller
Ökologische Bewertung															
Reihung: 1 - beste Wertung, 15 - schlechteste Wertung															
Ökologische Bewertung gesamt *(gereiht)*	**1**	**4**	**3**	**8**	**1**	**11**	**6**	**7**	**13**	**14**	**5**	**9**	**12**	**9**	**15**
MIPS-Wert gesamt *(gereiht)*	3	4	2	10	1	13	6	7	12	14	5	8	11	9	15
CO2-Wert *(gereiht)*	1	4	2	7	2	7	5	7	13	14	5	11	12	10	15
Effekt auf Mikroklima *(-1: negativ, 0: durchschnittlich, 1: positiv)*	1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0
Kostenbewertung															
Reihung: 1 - niedrigste Kosten, 15 - höchste Kosten															
Kostenbewertung gesamt *(gereiht)*	**1**	**6**	**8**	**2**	**3**	**7**	**4**	**8**	**14**	**13**	**5**	**10**	**12**	**11**	**15**
Lebenszykluskosten für die ersten 25 Jahre *(gereiht)*	1	7	8	6	5	4	2	3	13	12	11	15	10	9	14
Lebenszykluskosten für weitere 25 Jahre *(gereiht)*	4	6	7	3	5	10	9	12	14	13	1	1	11	8	15
Nettoherstellungskosten *(gereiht)*	1	3	4	5	2	8	6	7	14	12	13	15	10	9	11
Betriebs-, Recycling- und Rückbaukosten *(gereiht)*	11	13	14	10	12	1	2	2	6	9	4	4	7	7	15
Produkt- und Nutzungsprofil															
Reihung: 1 - beste Wertung, 15 - schlechteste Wertung															
Produkt- und Nutzungsprofil gesamt *(gereiht)*	**12**	**15**	**14**	**8**	**11**	**4**	**4**	**8**	**1**	**1**	**4**	**8**	**11**	**4**	**1**
Wertung nach dem Ampelsystem (vgl. Kap. 4.4.): -1 (rot), 0 (gelb), 1 (grün)															
Ebenmäßigkeit	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Wasserdurchlässigkeit	1	1	1	1	0	1	-1	-1	1	1	0	-1	0	0	1
Staubentwicklung	1	-1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Verschlammung	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aufspritzhöhe	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	1	0	0	-1	-1	1
Lebensdauer	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
Recyclingfähigkeit	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Geräusch beim Auftritt	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	-1	-1	-1	-1	1
Geräusch beim Befahren	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Winterdienst	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Wartungsaufwand	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
Gestaltungsmöglichkeiten	0	0	0	1	0	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	1
Blindenleitsystem	-1	-1	-1	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rutschfestigkeit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gesamtwert Produkt- und Nutzungsprofil	**5**	**3**	**4**	**7**	**6**	**8**	**8**	**7**	**11**	**11**	**8**	**7**	**6**	**8**	**11**

Abb. 26: Gesamtübersicht und Vergleich der bewerteten Bodenbeläge

5.2. Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse der drei Bereiche sind unterschiedlich. Es lassen sich jedoch einige Tendenzen ableiten. So ist klar ersichtlich, dass die Beläge mit ungebundenen Deckschichten mit einem kleineren ökologische Rucksack auskommen als jene mit gebundenen Deckschichten, insbesondere jene mit Bindemitteln aus Kunstharz oder Polyurethan, wie Terraway, Quarzcolor und Kunststoffbelag. Bituminös gebundene Beläge weisen in dieser Gruppe den geringsten Ressourcenverbrauch auf. Ausreißer der ersten Gruppe (ungebundene Deckschichten) ist der stabilizer Belag, der aufgrund seiner größeren Schichtstärke auch einen größeren ökologischen Rucksack trägt. Für Planungen und Bemessungen von Bodenbelägen wird daher in Zukunft auch eine detailliertere Beschreibung bzw. Vorgabe der Nutzungsart und –intensität erfordlich sein, um eventuelle Überdimensionierungen zu vermeiden.
Die Gesamtwertung der Kategorie Ökologie wird von zwei Belägen – Schotterrasen und PermaZyme – angeführt, gefolgt von der Wasser gebundenen Deck und der Kalkschotterdecke. Das Granitpflaster ist Nummer 5. Im hinteren Bereich sind die Zement, Kunstharz und Polyurethan gebundenen Beläge zu finden.
Bei der Bewertung des Kohlendioxidausstoßes ist die Reihung ähnlich. Beim Einfluss auf das Mikroklima ist der Asphalt und Splitt-Mastix Asphaltbelag, beide liegen ansonsten im Mittelfeld, am schlechtesten bewertet.

Die Kosten zeigen ebenfalls die Beläge mit ungebundener Deckschicht im vorderen Drittel, vor allem aufgrund der geringeren Herstellungskosten. Ganz klar ersichtlich ist, dass eben diese Belagsarten einen vielfach höheren Aufwand für die Instandhaltung verursachen. Schotterrasen als günstigster Belag ist bei den Instandhaltungskosten nur auf Platz 11 gereiht. Hingegen hat der Terrawaybelag mit hohen Gesamtkosten wesentlich geringere Betriebs-, Recycling und Rückbaukosten.
Da es sich beim Einbau von Belägen oft um Plätze und Wege handelt, die eine Nutzungsdauer von vielen Jahrzehnte bis mehreren Jahrhunderten aufweisen, wurde auch die Lebenskostenbewertung für weitere 25 Jahre vorgenommen. Diese zeigt, dass Beläge, deren Deckschicht komplett erneuert werden muss hier mehr Kosten verursachen, als gepflasterte oder ungebundene Deckschichten. Extremstes Beispiel ist das Granitkleinsteinpflaster, das komplett ohne Erneuerung der Deckschicht auskommt und nur die üblichen Wartungsarbeiten erfordert.

Bei der Bewertung des Produkt- und Nutzungsprofils wurden viele verschiedene Bewertungskriterien addiert und dann gereiht. Die meisten positiven Prudukt- und Nutzungseigenschaften weisen die ansonsten schlechter bewerteten Beläge Terraway, Quarzcolor und Kunststoffbelag auf. Hingegen sind die Kostenmäßig und ökologisch vorteilhafteren Belagsarten, wie Schotterrasen oder Kalkschotterdecke im hinteren Drittel gereiht. Daraus kann gefolgert werden, dass die geplante Nutzung einer Fläche (Platz, Weg, …) wesentliche Kriterien für die Auswahl des Belages vorgibt und das es für jeden Belag auch notwendig sein wird entsprechende Nutzungs- (Befahren, Begehen) und Instanhaltungshinweise zu deklarieren, um eine möglichst lange Nutzungsdauer zu gewährleisten.

5.3. Ergebnisse im Detail

Für jeden der fünfzehn untersuchten Bodenbeläge werden die detaillierten Beschreibungen und Bewertungen in einem zweiseitigen Datenblatt übersichtlich dargestellt. Wie dieses Datenblatt zu lesen ist, wird im Folgenden anhand eines Beispiels beschrieben:

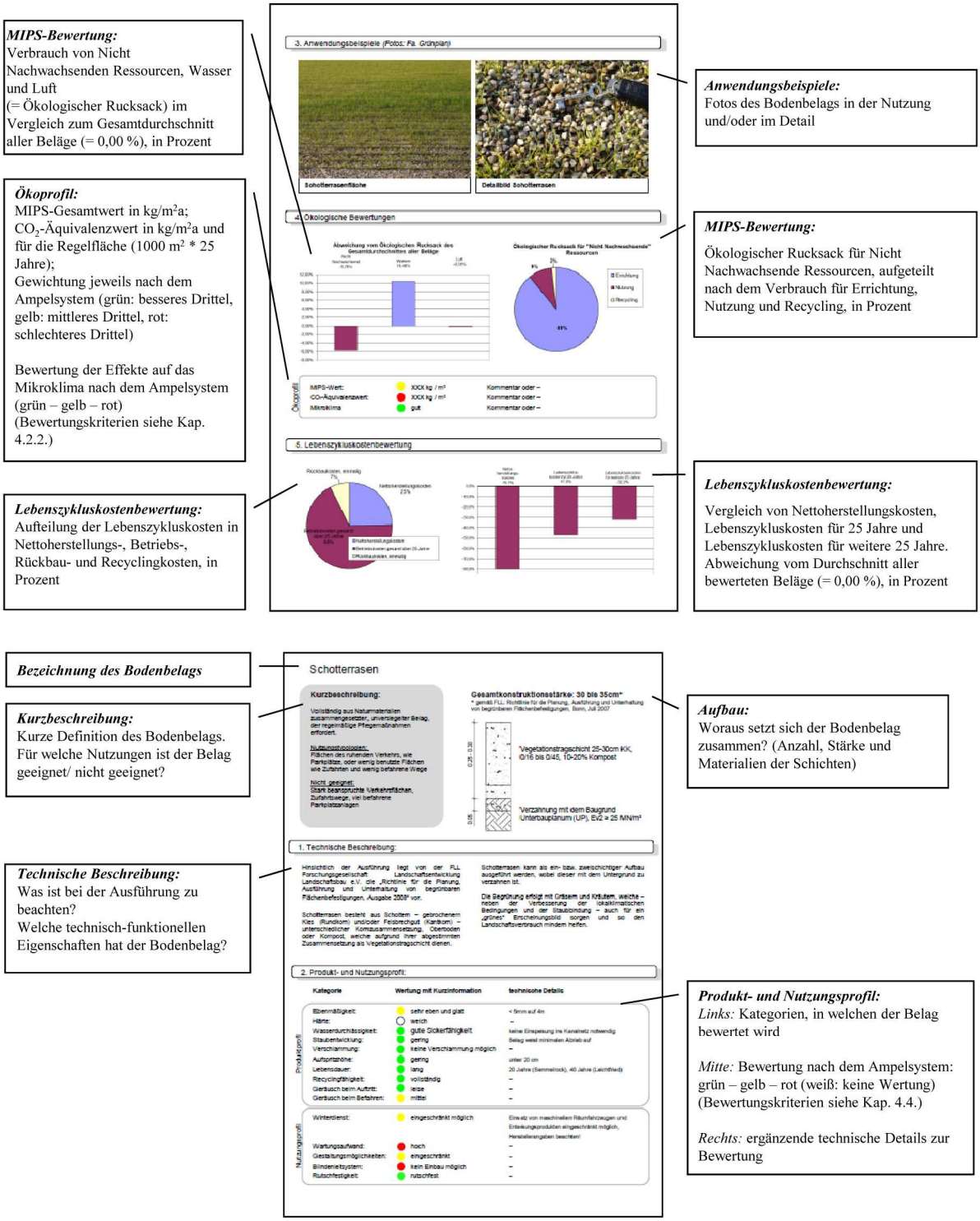


Abb. 26: Erklärung der Datenblätter

Schotterrasen

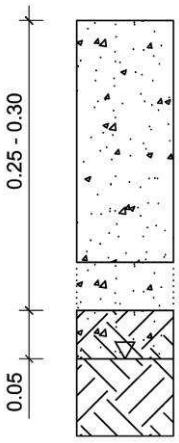
Kurzbeschreibung:

Vollständig aus Naturmaterialien zusammengesetzter, unversiegelter Belag, der regelmäßige Pflegemaßnahmen erfordert

Nutzungstypologien:
Flächen des ruhenden Verkehrs, wie Parkplätze, oder wenig benutzte Flächen wie Zufahrten und wenig befahrene Wege

Nicht geeignet:
Stark beanspruchte Verkehrsflächen, Zufahrtswege, viel befahrene Parkplatzanlagen

Gesamtkonstruktionsstärke: 30 bis 35cm*
* gemäß FLL: Richtlinie für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen, Bonn, Juli 2007



Vegetationstragschicht 25-30cm KK, 0/16 bis 0/45, 10-20% Kompost

Verzahnung mit dem Baugrund
Unterbauplanum (UP), Ev2 ≥ 25 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Hinsichtlich der Ausführung liegt von der FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. die „Richtlinie für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen, Ausgabe 2008“ vor.

Schotterrasen besteht aus Schottern – gebrochenem Kies (Rundkorn) und/oder Felsbrechgut (Kantkorn) – unterschiedlicher Kornzusammensetzung, Oberboden oder Kompost, welche aufgrund ihrer abgestimmten Zusammensetzung als Vegetationstragschicht dienen.

Schotterrasen kann als ein- bzw. zweischichtiger Aufbau ausgeführt werden, wobei dieser mit dem Untergrund zu verzahnen ist.

Die Begrünung erfolgt mit Gräsern und Kräutern, welche – neben der Verbesserung der lokalklimatischen Bedingungen und der Staubbindung – auch für ein „grünes“ Erscheinungsbild sorgen und so den Landschaftsverbrauch mindern helfen.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	eben und rau	--
	Härte:	weich	--
	Wasserdurchlässigkeit:	gute Sickerfähigkeit	keine Einspeisung ins Kanalnetz erforderlich
	Staubentwicklung:	gering	Belag weist minimalen Abrieb auf
	Verschlammung:	Verschlammung möglich	bei entsprechender Pflege vermeidbar
	Aufspritzhöhe:	gering	unter 20 cm
	Lebensdauer:	lang	--
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	besteht zur Gänze aus Naturmaterialien
	Geräusch beim Auftritt:	leise	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	eingeschränkt möglich	Abstand des Schneeschildes vom Boden: 2 cm
	Wartungsaufwand:	hoch	--
	Gestaltungsmöglichkeiten:	teilweise	--
	Blindenleitsystem:	kein Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

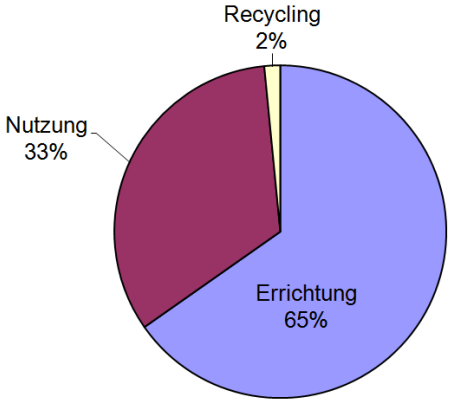
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Fa. Grünplan)*

Schotterrasenfläche

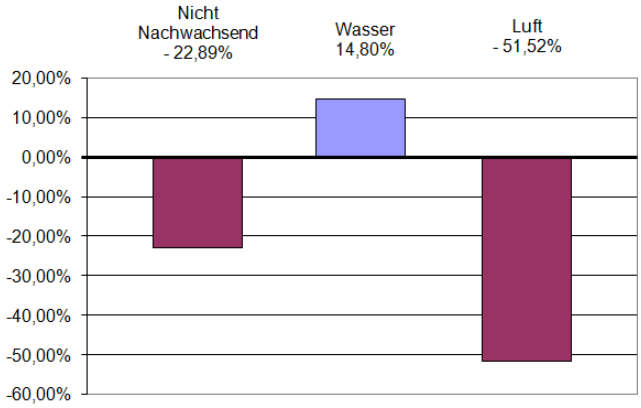
Detailbild Schotterrasen

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

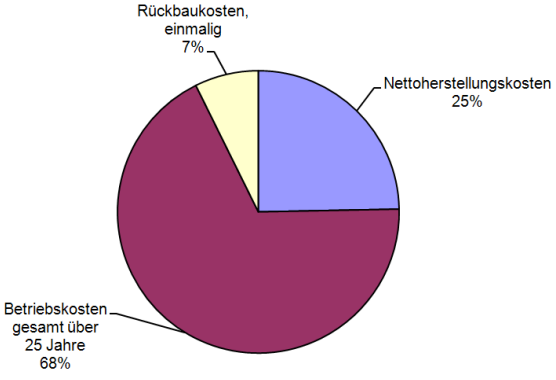


Ökoprofil

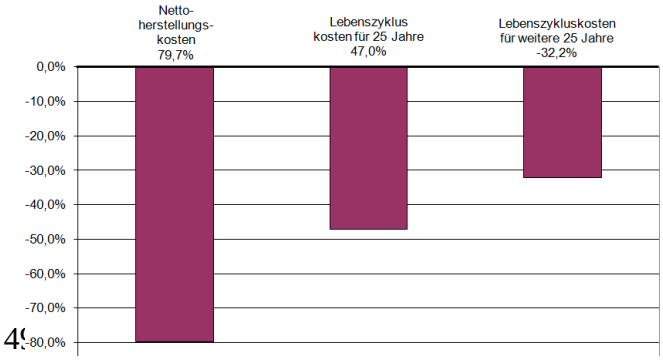
MIPS-Wert:	●	250,96 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	●	1,9 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 47500 kg
Mikroklima	●	positiv	hohe Wasserspeicherkapazität, hohe Verdunstung

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Kalkschotterdecke

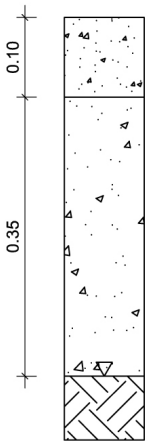
Kurzbeschreibung:

Unversiegelter Belag aus gebrochenem Naturmaterial mit guter Wasseraufnahmefähigkeit

Nutzungstypologien:
Gehwege, wenig befahrene Verkehrsflächen, ländliche Wege und Reitwege

Nicht geeignet:
Stark beanspruchte Verkehrsflächen, für Radwege muss eine ergänzende feinkörnigere Deckschicht aufgebracht werden.

Gesamtkonstruktionsstärke: 45cm*
* in Anlehnung an RVS 08.15.01 Ungebundene Tragschichten, Wien 2008



Obere Tragschicht: ungebunden, 0/32, KK

Untere Tragschicht: ungebunden, 0/45, KK

Unterbauplanum (UP), Ev2 ≥ 45 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Zur Bemessung kann die RVS 03.08.63 vom 01.04.2008 Oberbaubemessung (erhältlich bei der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr) herangezogen werden.

Kalkschotterdecken bestehen aus gebrochenem Naturmaterial (Schotter, Felsbrechgut, Splitt, Brechsand oder Sand), sie setzen sich aus einer ungebundenen unteren und einer ungebundenen oberen Tragschicht zusammen. Eine gesonderte Deckschicht wird nicht eingebaut.

Dadurch, dass die Oberfläche unversiegelt bleibt, wird ein Teil des Niederschlagswassers direkt in den Untergrund abgeleitet.

Kalkschotterdecken bestehen zur Gänze aus Naturmaterialien und sind daher zu 100 % rezyklierbar.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	eben und rau	--
	Härte:	durchschnittlich	--
	Wasserdurchlässigkeit:	sehr gut	> 10^{-4} m/s, keine Einspeisung ins Kanalnetz erforderlich
	Staubentwicklung:	hoch	--
	Verschlammung:	Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	gering	unter 20 cm
	Lebensdauer:	lang	bei fachgerechter Instandhaltung sehr lange haltbar
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	besteht zur Gänze aus Naturmaterialien
	Geräusch beim Auftritt:	leise	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	eingeschränkt möglich	Abstand des Schneeschildes vom Boden: 2 cm
	Wartungsaufwand:	hoch	regelmäßige fachgerechte Pflegemaßnahmen erforderlich
	Gestaltungsmöglichkeiten:	teilweise	farbliche Gestaltung durch Auswahl des Ausgangsmaterials
	Blindenleitsystem:	kein Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

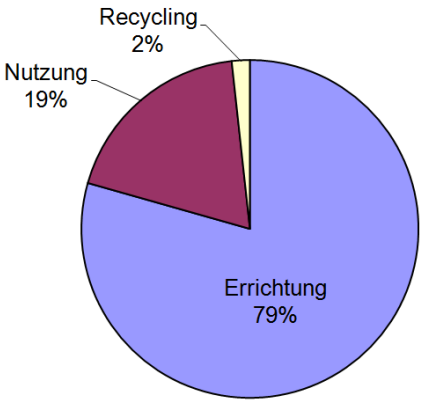
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Fa. Grünplan)*

Kalkschotterdecke

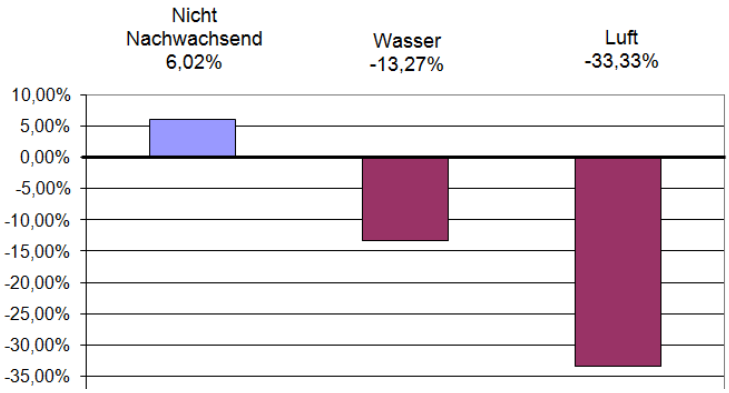
Detailbild Kalkschotterdecke

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

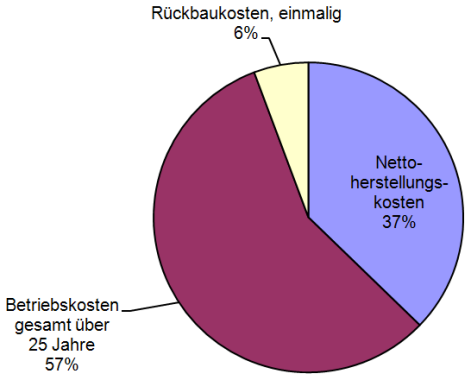


Ökoprofil

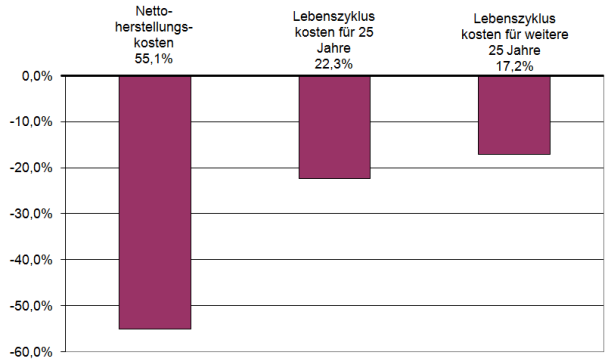
MIPS-Wert:	🟢	274,48 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	🟢	2,7 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 67500 kg
Mikroklima	🟡	durchschnittlich	geringe Wasserspeicherkapazität und Verdunstung

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Wassergebundene Decke

Kurzbeschreibung:

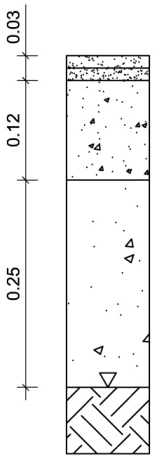
Bedingt wasserdurchlässiger Belag mit besonderer Ebenmäßigkeit und hoher Oberflächenqualität

Nutzungstypologien:
Fußläufige Wege, Platzflächen, Radwege und wenig befahrene Verkehrsflächen für Pkw

Nicht geeignet:
Stark beanspruchte Verkehrsflächen

Gesamtkonstruktionsstärke: 40 cm*

* gemäß FLL: Fachbericht zu Planung, Bau und Instandhaltung von Wassergebundenen Wegen, Bonn, April 2007



Oberflächenbehandlung (Wassergebundene Decke) Splitt 2/4
Deckschicht ohne Bindemittel (WGD), 0/4, KK

Dynamische Schicht (2. Tragschicht) 0/16, KK

Untere Tragschicht (1. Tragschicht) 0/45, KK

Unterbauplanum (UP), Ev2 ≥ 45 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Hinsichtlich der Ausführung liegt von der FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. der „Fachbericht zu Planung, Bau und Instandhaltung von Wassergebundenen Wegen, Ausgabe 2007“ vor.

Je nach erforderlicher Aufbaustärke wird die wassergebundene Decke in 1-, 2- oder 3-Schicht-Bauweise hergestellt. Bei der 3-Schicht-Bauweise ist durch den Aufbau eine erhöhte Ebenheit gegeben. Dafür wird auf eine untere und eine obere Tragschicht (= dynamische Schicht) eine Deckschicht aufgetragen.

Die Tragschichten bestehen aus Kantkorn und weisen eine unterschiedliche Körnung auf.

Die Wassergebundene Decke ist aufgrund ihrer dichten Packung gering wasserdurchlässig, es muss für eine Entwässerung über die Oberfläche (Längs- und Quergefälle) gesorgt werden.

Das Auftrittsverhalten ist als angenehm zu bezeichnen, weshalb die Wassergebundene Decke gerne für Parkwege Verwendung findet, in historischen Gärten ebenso wie in zeitgenössischen Anlagen.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	eben und rau	--
	Härte:	durchschnittlich	angenehmes Auftrittsverhalten
	Wasserdurchlässigkeit:	gut	keine Einspeisung ins Kanalnetz erforderlich
	Staubentwicklung:	durchschnittlich	Zusatzbewässerungen bei geringen Niederschlägen sinnvoll
	Verschlammung:	Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	gering	unter 20 cm
	Lebensdauer:	lang	200 Jahre alte Wassergebundene Decken sind bekannt
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	besteht zur Gänze aus Naturmaterialien
	Geräusch beim Auftritt:	leise	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	eingeschränkt möglich	Abstand des Schneeschildes vom Boden: 2 cm
	Wartungsaufwand:	hoch	regelmäßige fachgerechte Pflegemaßnahmen erforderlich
	Gestaltungsmöglichkeiten:	teilweise	--
	Blindenleitsystem:	kein Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

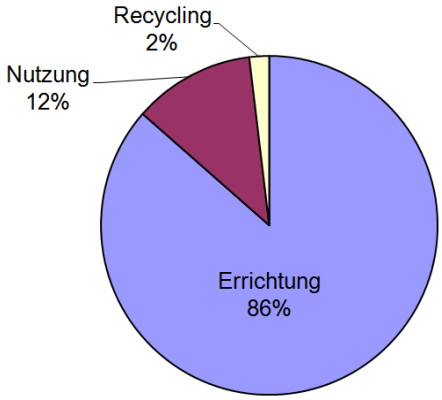
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Fa. Grünplan)*

Wassergebundene Decke nach längerer Nutzung

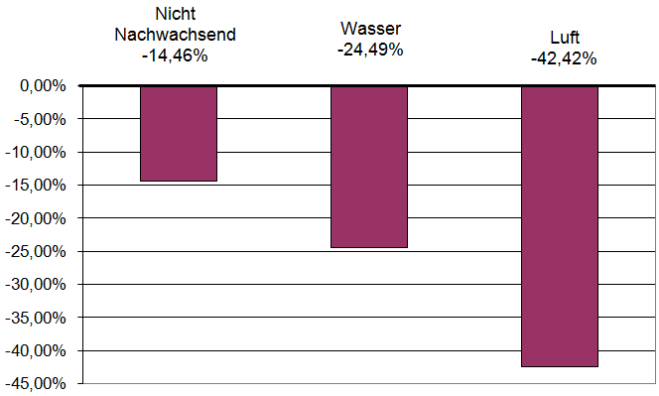
Wassergebundene Decke bei Neuerstellung

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

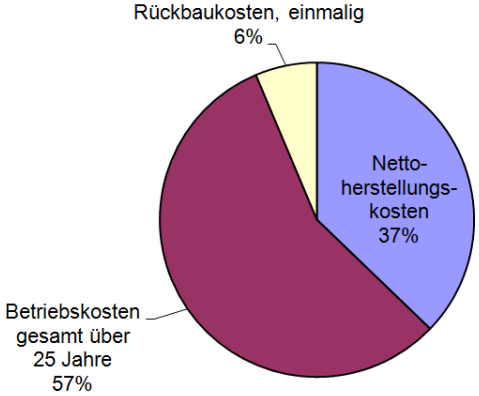


Ökoprofil

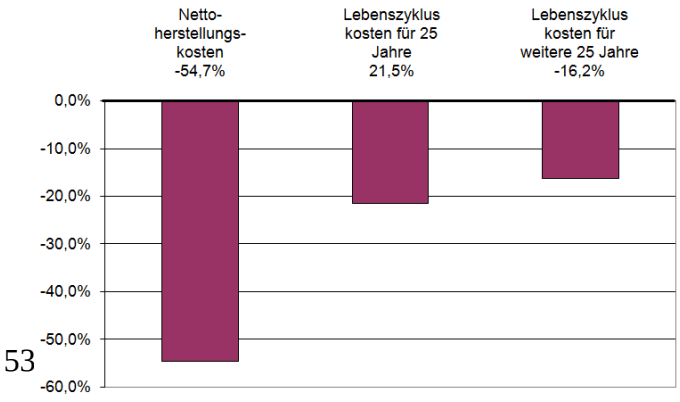
MIPS-Wert:	●	229,39 kg/m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	●	2,2 kg/m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 55000 kg
Mikroklima:	●	durchschnittlich	geringe Wasserspeicherkapazität und Verdunstung

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Stabilizer ®

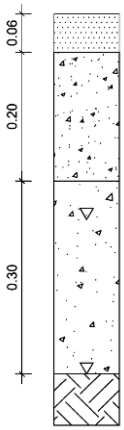
Kurzbeschreibung:

Modifizierte Version der Wassergebundenen Decke mit geringerer Wasserdurchlässigkeit sowie geringerem Wartungsaufwand

Nutzungstypologien:
Geh- und Radwege, Platzflächen, allgemein wenig benutzte Verkehrsflächen

Nicht geeignet:
Stark beanspruchte Verkehrsflächen

Gesamtkonstruktionsstärke: 56cm*
* gemäß Herstellerangaben



Deckschicht: Brechkorn 0/4 mit Stabilizer

Obere Tragschicht: Hartgestein 0/30, KK

Untere Tragschicht: 0/63, KK

Unterbauplanum (UP), Ev2 ≥ 45 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Die Ausführung der mit Stabilizer modifizierten WGD kann in Anlehnung an den von der FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. veröffentlichten „Fachbericht zu Planung, Bau und Instandhaltung von Wassergebundenen Wegen, Ausgabe 2007“ erfolgen.

Diesbezüglich sind jedoch die Angaben des Herstellers betreffend Schichtstärken und Korngrößenverteilung (Sieblinie) besonders zu berücksichtigen.

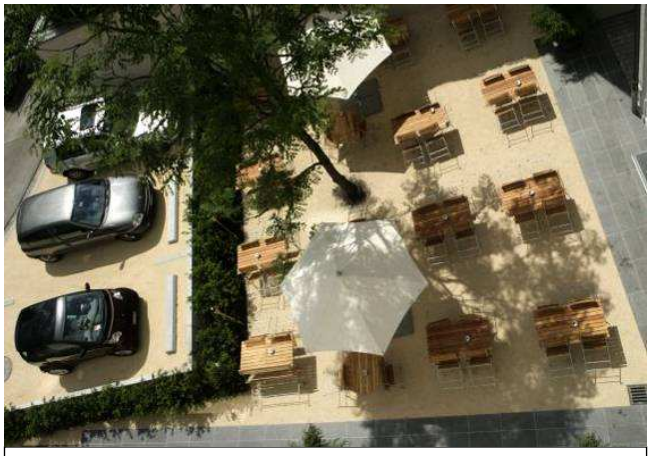
Stabilizer wird als natürlicher Zuschlagsstoff und Bindemittel beim Aufbau von Wassergebundenen Decken verwendet (vgl. Informationen zur WGD). Dies verbessert die Bindung von Staub und verringert die Abnützung durch reduzierte Materialverfrachtung. Im Vergleich zur unbehandelten WGD kann durch die Verwendung von Stabilizer die Standzeit zwischen den Wartungs- und Sanierungsintervallen verlängert werden.

Das Auftrittsverhalten ist als angenehm zu bezeichnen, weshalb die mit Stabilizer modifizierte Wassergebundene Decke – WGD gerne für Parkwege Verwendung findet.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	eben und rau	--
	Härte:	durchschnittlich	angenehmes Auftrittsverhalten; weich bei Nässe
	Wasserdurchlässigkeit:	gut	> 10^{-4} m/s, daher keine Einspeisung ins Kanalnetz erforderlich
	Staubentwicklung:	durchschnittlich	Zusatzbewässerungen bei geringen Niederschlägen sinnvoll
	Verschlammung:	Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	gering	unter 20 cm
	Lebensdauer:	lang	--
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	besteht zur Gänze aus Naturmaterialien
	Geräusch beim Auftritt:	leise	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	eingeschränkt möglich	keine Stollenreifen; Abstand des Schneeschildes vom Boden: 2 cm
	Wartungsaufwand:	mäßig	minimale regelmäßige Pflegemaßnahmen erforderlich
	Gestaltungsmöglichkeiten:	gut	herstellerbedingte Formate, Formen und Farben
	Blindenleitsystem:	bedingt möglich	abhängig von Deckschichtaufbau
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Fa. Grünplan)*

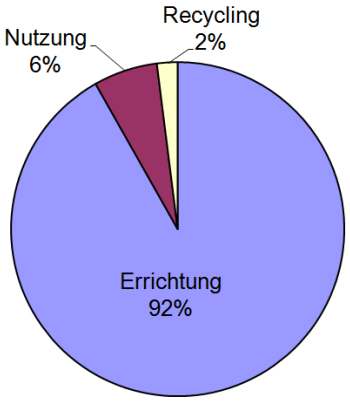


Stabilizer-Belag mit unterschiedlicher Nutzung

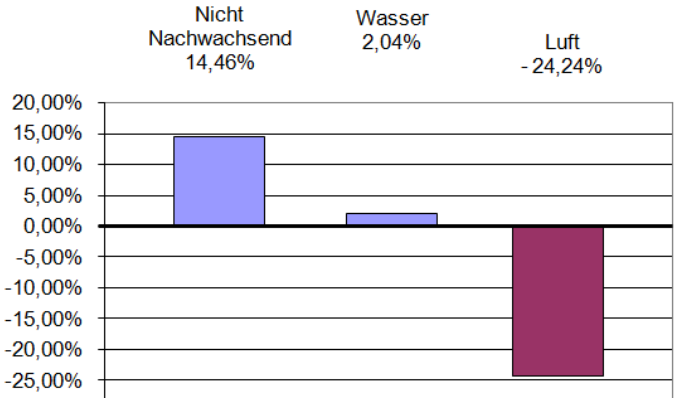
Detailbild Stabilizer als Parkplatzbelag

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

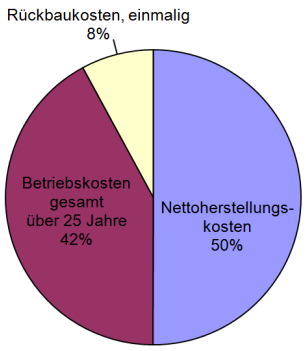


Ökoprofil

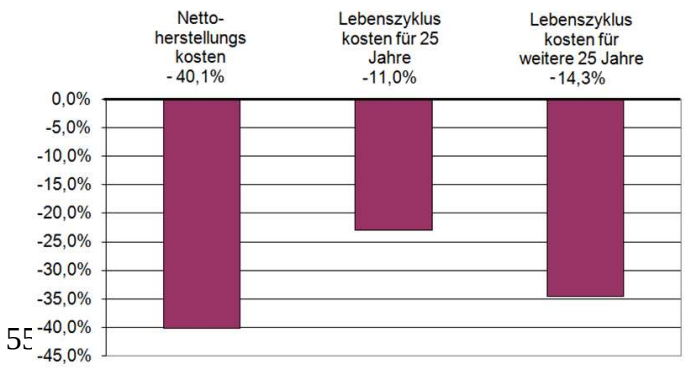
MIPS-Wert:	●	307,81 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	●	3,0 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 75000 kg
Mikroklima:	●	durchschnittlich	mittlere Wasserspeicherkapazität und Verdunstung

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Perma-Zyme

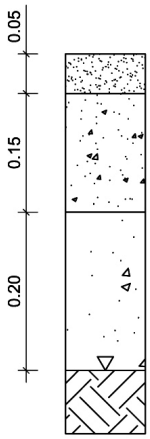
Kurzbeschreibung:

Perma-Zyme ist ein zu 100 % umweltfreundliches flüssiges Konzentrat bestimmter Enzyme zur Stabilisierung und Verfestigung unterschiedlichster Bodenmaterialien

Nutzungstypologien:
Geh-, Radwege, Parkflächen, Zufahrtsstraßen, Park-/Friedhofswege, Bankette, Baumscheiben, Forststraßen, Treppelwege, naturnahe Zufahrten, Feldwege

Nicht geeignet für:
Schwerverkehr, Kettenfahrzeuge, Pferde

Gesamtkonstruktionsstärke: 40cm*
* gemäß Herstellerangaben



Verschleißschicht: 0/11 mit Perma-Zyme

Obere Tragschicht: 0/32, KK

Untere Tragschicht: 0/45, KK

Untergrund, Ev1 ≥ 35 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Aufbau ähnlich der Wassergebundenen Decke, jedoch mit einer um das Zwei- bis Dreifache verbesserten Aufnahme von Scherkräften. Daraus resultiert die Verlängerung der Standzeit zwischen den Wartungs- und Sanierungsintervallen.

Der Verschleißschicht wird ein Konzentrat bestimmter Enzyme beigemengt, welches aus den im Wasser gelösten Mineralstoffen des vorhandenen Bodens/Schüttstoffs neue kristalline Strukturen (zementähnliche Silikate) bildet.

Durch unterschiedliche Enzyme und die Vielfalt der Mineralstoffe entstehen komplexe Kristallstrukturen, welche die Bodenpartikel miteinander verbinden.

Zu 100 % rezyklierbar – Enzyme sind Eiweißstoffe, die abgebaut werden und keine Gefahrenstoffe darstellen.
Wartung: alle 2 Jahre Ausbesserungsarbeiten

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	eben und rau	1cm auf 4m
	Härte:	durchschnittlich	hart beim Auftritt, gute Laufeigenschaften
	Wasserdurchlässigkeit:	niedrig	anfänglich gegeben, nimmt mit der Zeit ab
	Staubentwicklung:	niedrig	Zusatzbewässerungen bei geringen Niederschlägen sinnvoll
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	gering	unter 20 cm
	Lebensdauer:	lang	unbegrenzt bei regelmäßiger Wartung
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	besteht zur Gänze aus Naturmaterialien
	Geräusch beim Auftritt:	leise	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	eingeschränkt möglich	Schneepflug mit Gummilippe notwendig
	Wartungsaufwand:	mäßig	Pflegemaßnahmen ca. alle 2 Jahre erforderlich
	Gestaltungsmöglichkeiten:	teilweise	Durch unterschiedliche Sande/Kiese kann die Farbe beeinflusst werden
	Blindenleitsystem:	Einbau bedingt möglich	abhängig von Deckschichtaufbau (lt. Hersteller)
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

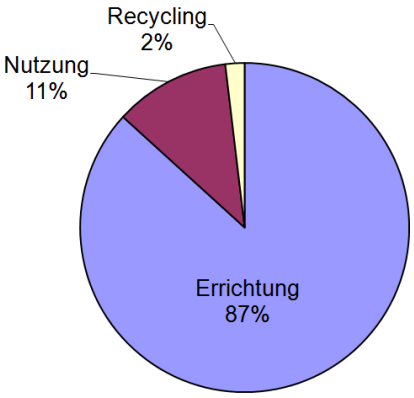
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Fa. Swietelsky Bauges.m.b.H)*

Perma-Zyme-Belag als Wohnweg

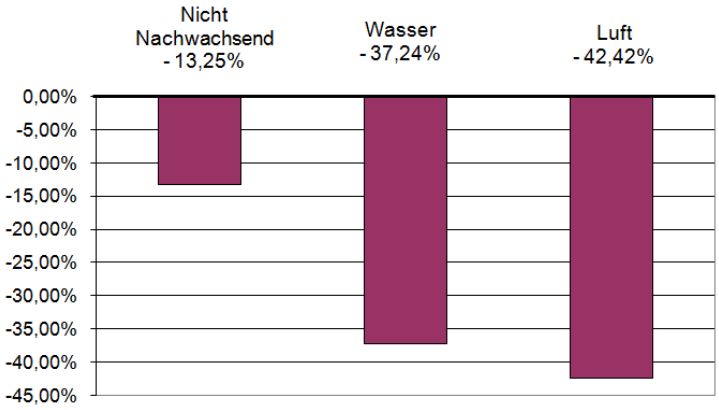
Detaildarstellung Perma-Zyme-Belag

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

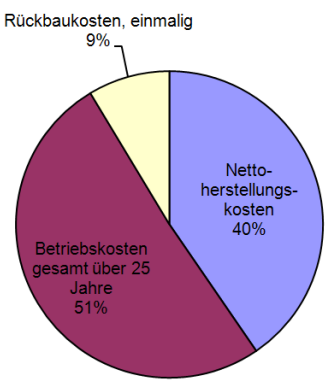


Ökoprofil

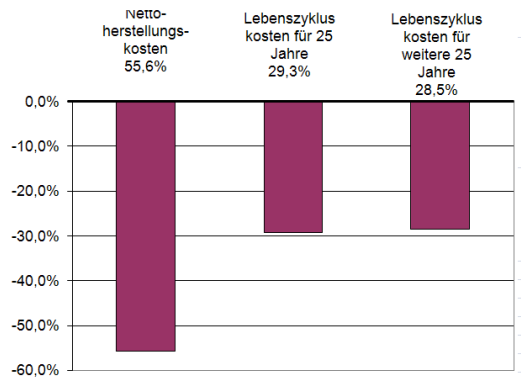
MIPS-Wert:	●	215,67 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	●	2,2 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 55000 kg
Mikroklima:	●	durchschnittlich	sehr geringe Wasserspeicherkapazität

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Parkwegebeton

Kurzbeschreibung:

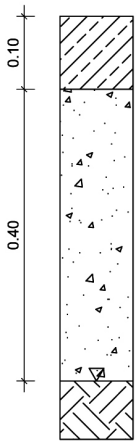
Wasserdurchlässiger
Fertigtrockenbeton

Nutzungstypologien:
Park- und Gehwege,
Friedhofswege, Radwege und
schwach beanspruchte Verkehrsflächen

Nicht geeignet:
Stark beanspruchte Verkehrsflächen

Gesamtkonstruktionsstärke: 50cm*

* gemäß Herstellerangaben



Deckschicht: wasserdurchlässiger,
frostbeständiger Trockenbeton der Klasse C16/20

Tragschicht: Grädermaterial 16/32,
in zwei Lagen eingebaut

Unterbauplanum, Ev2 ≥ 45 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Parkwegebeton ist ein wasserdurchlässiger Fertigtrockenbeton, der direkt vor Ort auf dem Oberbau hergestellt wird. Er kann, je nach Wunsch, glatt abgezogen oder durch das oberflächliche Einwalzen von Kiesen mit Kiesweg-Optik in grau oder naturfärbig hergestellt werden.

Auftrittsverhalten:
Hart und mit dem von üblichem Beton und Asphalt zu vergleichen, auch wenn das optische Erscheinungsbild den Eindruck einer Kiesdecke erweckt.

Verarbeitungshinweise:
Der offenporige Betonbelag erfordert das Anlegen von Sollbruchstellen, um kontrollierte Risse zu erzeugen (Schneiden von Dehnfugen).
Dies kann ggf. das Erscheinungsbild des von der Ferne als Kiesfläche anmutenden Wegebelags optisch beeinträchtigen.
Es besteht jedoch die Möglichkeit der Fugenfüllung.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	eben und rau	--
	Härte:	hart	hart beim Auftritt, gute Laufeigenschaften
	Wasserdurchlässigkeit:	hohe Sickerfähigkeit	>10^{-4} m/s, keine Einspeisung ins Kanalnetz erforderlich
	Staubentwicklung:	gering	minimaler Abrieb
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	gering	unter 20 cm
	Lebensdauer:	mittel	keine Langzeiterfahrungen vorhanden
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	besteht zur Gänze aus Naturmaterialien
	Geräusch beim Auftritt:	mittel	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	eingeschränkt möglich	Lt. Herstellerangaben darf kein Streusalz zum Einsatz kommen
	Wartungsaufwand:	gering	keine Winterschäden
	Gestaltungsmöglichkeiten:	teilweise	Farbauswahl: grau oder naturfärbig
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	abhängig von Deckschichtaufbau
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

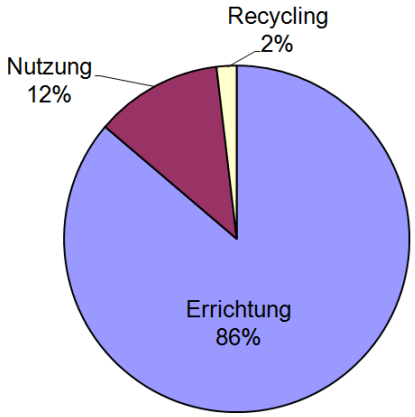
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Grünplan)*

Parkwegebeton als Fuß- und Radweg

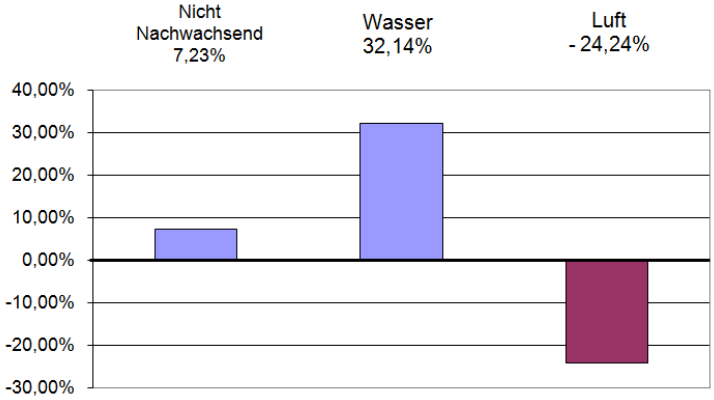
Parkwegebeton mit verstärktem Aufbau
geeignet als Zufahrtsfläche für Feuerwehrfahrzeuge

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

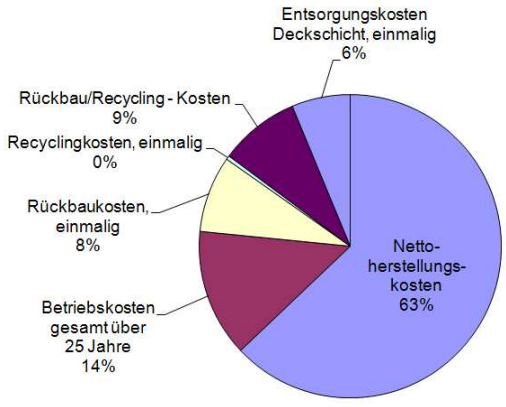


Ökoprofil

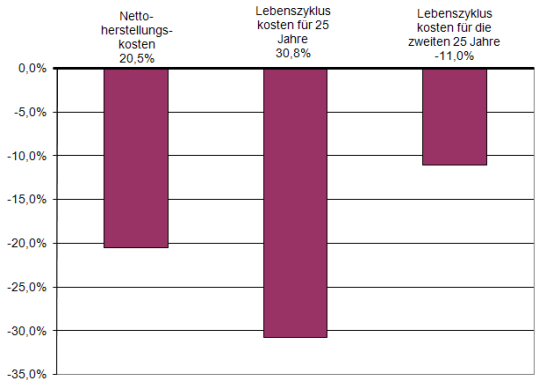
MIPS-Wert:	335,26 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	3,0 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 75000 kg
Mikroklima:	durchschnittlich	helle Farbe, geringe Wärmeleitfähigkeit durch Hohlräume

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Asphalt

Kurzbeschreibung:

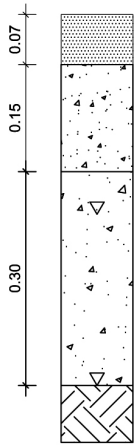
Technisch hergestellte Mischung aus Bitumen als Bindemittel und Gesteinskörnungen. Asphalttrag-, Binder- und Deckschicht werden zu einem kompakten Baukörper verbunden.

Nutzungstypologien:
Geeignet für nahezu sämtliche Wege- und Straßenbauvorhaben

Nicht geeignet für:
Baumscheiben und andere Flächenbefestigungen, welche Gas- und Wasseraustausch gewährleisten müssen; denkmalgerechte Wege- und Platzbefestigungen

Gesamtkonstruktionsstärke: 52cm*

* gemäß RVS 03.08.63 Oberbaubemessung, Wien 2008: Lastklasse VI, Bautype 1



Bituminöse Tragschicht und Decke

Obere Tragschicht: 0/32, KK

Untere Tragschicht: 0/45, KK

Untergrund, Ev1 ≥ 35 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Für die Herstellung von Asphalt wird Bitumen (Destillationsprodukt von Rohöl) im heißen Zustand mit unterschiedlichen Gesteinskörnungen vermengt. Es entsteht hierbei ein hohlraumarmes, gegen Belastung und Witterung beständiges Gemisch.

Richtlinien und Normen: RVS 08.16.01, RVS 08.16.08, RVS 08.97.05, ÖNORM EN 13043, ÖNORM B 3130
Wichtig: frostsicherer Aufbau

Wasserundurchlässig: Durch wasserdichte Deckschicht kommt es in nassen Zeiten (Herbst, Winter, Frühjahr) zu keiner Verringerung der Stabilität der Tragschicht.

Wartung: Schlaglöcher ausbessern, Parkflächen werden meist komplett saniert (Sanierung mit Kaltasphalt → hoher Verschmutzungsgrad, da mit Schuhsohlen vertragen wird). Auch flächenhafte Sanierung ist mittels Abfräsen und Neueinbau der Deckschicht möglich.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	sehr eben und glatt	--
	Härte:	hart	Härte temperaturabhängig
	Wasserdurchlässigkeit:	keine Sickerfähigkeit	$<10^{-6}$ m/s
	Staubentwicklung:	keine	minimaler Abrieb
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	hoch	über 40 cm
	Lebensdauer:	lang	--
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	--
	Geräusch beim Auftritt:	mittel	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	uneingeschränkt möglich	--
	Wartungsaufwand:	gering	Schlaglöcher müssen evtl. ausgebessert werden
	Gestaltungsmöglichkeiten:	kaum	bitumenhältiger Asphalt nur schwarz möglich
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

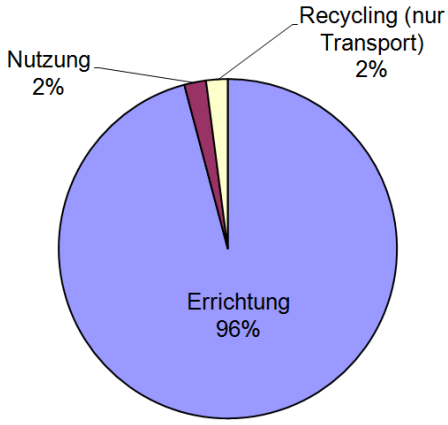
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Swietelsky Ges.m.b.H.)*

Asphalt als Fahrbahnbelag
Geeignet für intensive Nutzung, auch färbig herstellbar

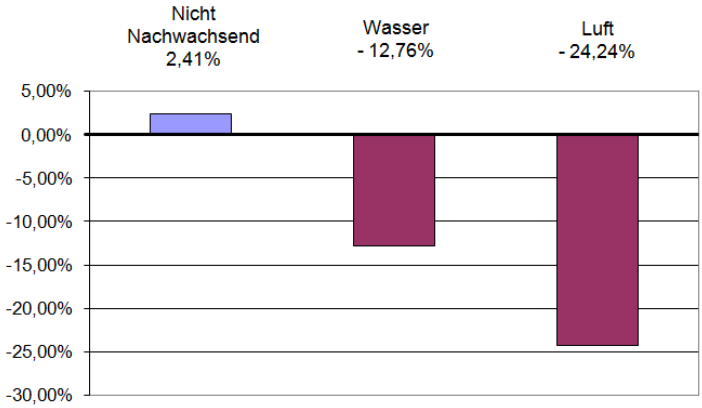
Asphaltbelag in gefärbter Ausführung

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

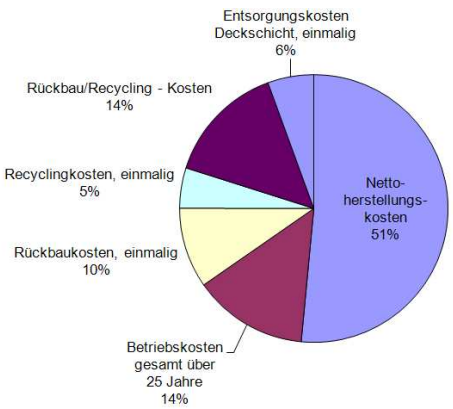


Ökoprofil

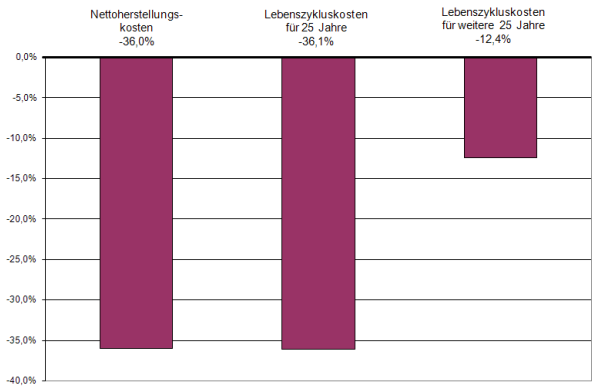
MIPS-Wert:	🟡	280,37 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	🟡	2,9 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 72500 kg
Mikroklima:	🔴	negativ	dunkle Farbe (hohe Wärmeabsorption), keine Verdunstung

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Splitt-Mastix

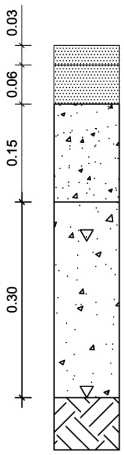
Kurzbeschreibung:

Als Splitt-Mastix werden Mineralstoffgemische mit hohem Splittanteil und einem Mastix aus Bitumen, Füller und stabilisierenden Mineralfasern bezeichnet.

Nutzungstypologien:
Geh- und Radwege, Pkw-befahrene Verkehrsflächen, Parkflächen, Fußgängerzonen, Platzflächen, stark befahrene Straßen

Gesamtkonstruktionsstärke: 54cm*

* gemäß RVS 03.08.63 Oberbaubemessung, Wien 2008: Lastklasse VI, Bautype 1



Deckschicht: Splitt-Mastix 0/11
Bituminöse Tragschicht

Obere Tragschicht: ungebunden, KK 0/32

Untere Tragschicht: ungebunden, KK 0/45

Unterbauplanum, Ev2 ≥ 45 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Hinsichtlich der Planung, Ausführung und Instandsetzung liegen von der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr die RVS 08.16.01 Anforderungen an Asphaltdeckschichten, RVS 08.16.08 Schichten für den ländlichen Wegebau, RVS 08.97.05 Anforderungen an Asphaltmischgut vor. Weiters zu berücksichtigen sind die ÖNORM EN 13043 „Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen und ÖNORM B 3130 Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen für Straßen … - Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13043.

Splitt-Mastix-Asphalt wird im Heißmischverfahren hergestellt. Das Mischgut wird in stationären Mischanlagen aus korngestuftem Grobkorn (gebrochenem Rundkorn und scharfkantigem Brechkorn), Feinkorn (ungebrochen und gebrochen), polymermodifiziertem Bitumen als Bindemittel und Füller hergestellt.

Hohe Anteile grobkörnigen Splitts sorgen für besonders hohe Belastbarkeit, wobei die beigemengten Mineralfasern den Mastix (Füller und Bitumen) stabilisieren und ein Ablösen vom Splittgerüst verhindern. Die Farbgebung erfolgt durch Pigmentbeigabe im Mastix.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	sehr eben und glatt	--
	Härte:	hart	Härte temperaturabhängig
	Wasserdurchlässigkeit:	keine Sickerfähigkeit	$<10^{-6}$ m/s
	Staubentwicklung:	keine	--
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	mittel	25 bis 30 cm
	Lebensdauer:	lang	--
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	--
	Geräusch beim Auftritt:	mittel	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	uneingeschränkt möglich	--
	Wartungsaufwand:	gering	Schlaglöcher müssen evtl. ausgebessert werden
	Gestaltungsmöglichkeiten:	kaum	bitumenhältiger Splitt-Mastix nur schwarz möglich
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

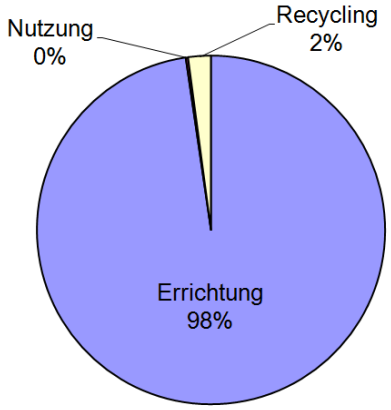
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Straßenbau Huber, Krause Vertriebsges.m.b.H)*

Splitt-Mastix
Einbau des Belags für eine stark beanspruchte Verkehrsstraße

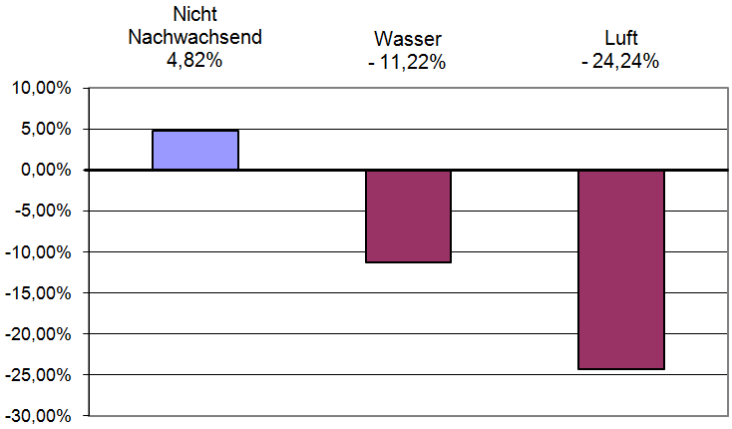
Splitt-Mastix Detaildarstellung mit Einschnittöffnung

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

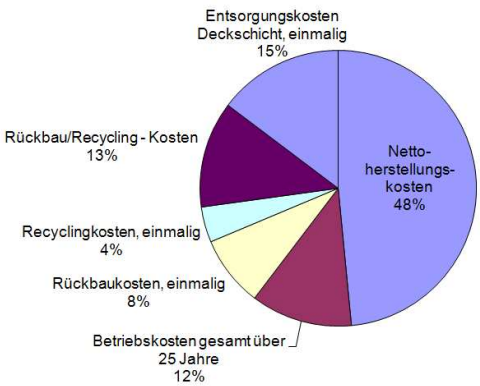


Ökoprofil

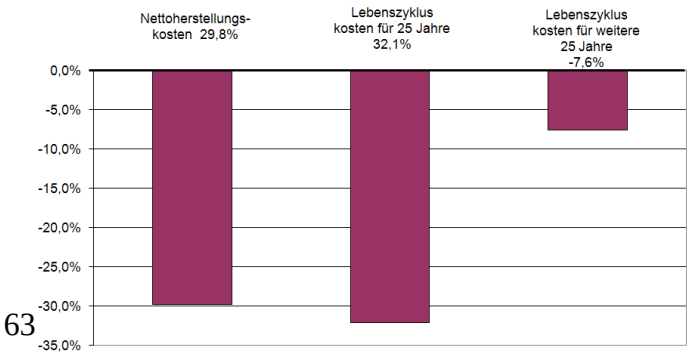
MIPS-Wert:	284,29 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	3,0 kg / m²a	1000 m² * 25 Jahre: 75000 kg
Mikroklima:	negativ	dunkle Farbe (hohe Wärmeabsorption), keine Verdunstung

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Terraway ®

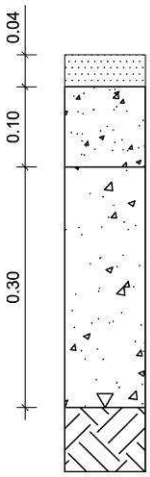
Kurzbeschreibung:

Dünnschichtiger, wasserdurchlässiger Belag mit Kunstharzzusätzen von hoher Haltbarkeit

Nutzungstypologien:
Geh-, Rad- und Wanderwege, Schulhöfe, Park- und Friedhofswege, Flächen des ruhenden Verkehrs, auch für hohe Gewichtsbelastungen, Baumscheiben, Dachterrassen sowie Streetball- und sonstige Spielflächen, Terrassen z.B. rund um Schwimmbäder (sehr angenehm für Barfußbereiche)

Gesamtkonstruktionsstärke: 44cm*

* gemäß Herstellerangaben



Deckschicht: Terraway ®
(4 cm für hohe Belastungen, sonst 2,5 cm)

Ausgleichsschicht:
Hartgesteinsschotter 4/32

Untere Tragschicht: 0/32

Unterbauplanum, Ev2 ≥ 45 MN/m²
(entsprechend den Belastungsklassen nach RVS)

1. Technische Beschreibung

Terraway ist ein aus Edelsplitten und Kiesen zusammengesetzter Bodenbelag, die mit Epoxydharz-Bindern verklebt werden.

Der Belag wird auf eine jeweils ungebundene Trag- und Ausgleichsschicht, welche wasserdurchlässig ist, aufgebaut. Der Belag ist gleichfalls wasserdurchlässig, das anfallende Niederschlagswasser versickert somit direkt in die Schottertragschicht des Unterbaus.

Epoxydharz ist i.d. Regel nicht vollständig lichtecht, aufgrund der UV-Einstrahlung ist mit Vergilbungen zu rechnen (z.T. starker farblicher Unterschied, Vergilbung ist jedoch nach ca. 6 bis 12 Monaten nicht mehr sichtbar).

Fugenabstand: 5,00 m, max. 7,00 m.
Splitt mit Epoxydharz ist als Schüttstoff uneingeschränkt nutzbar (keine wie immer geartete Gefährdung) und sogar für Quellschutzgebiete geeignet.

Wartung: alle 5-7 Jahre 1x Überstreichen mit Kunstharz, bei Fremdstoffeintrag alle 3-5 Jahre Hochdruckreinigung

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	sehr eben und glatt	4mm auf 4m
	Härte:	hart	--
	Wasserdurchlässigkeit:	hohe Sickerfähigkeit	> 10^{-4} m/s, keine Einspeisung ins Kanalnetz erforderlich
	Staubentwicklung:	keine	--
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	gering	unter 20 cm aufgrund der Hohlräume
	Lebensdauer:	mittel	keine Langzeiterfahrungen vorhanden
	Recyclingfähigkeit:	teilweise	Epoxydharz nicht recycelbar
	Geräusch beim Auftritt:	leise	--
	Geräusch beim Befahren:	leise	leise bis 50 km/h
Nutzungsprofil	Winterdienst:	uneingeschränkt möglich	--
	Wartungsaufwand:	mäßig	keine Langzeiterfahrungen vorhanden
	Gestaltungsmöglichkeiten:	sehr gut	Farbige Zuschlagsstoffe verwendbar
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	R11-Nachweis gegeben

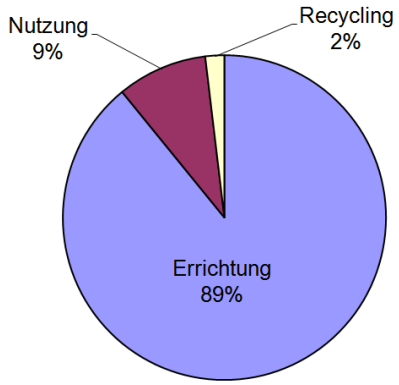
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Fa. Terraway)*

Parkwegnutzung Terraway
keine Einfassung notwendig, daher auch kein Ausbrennen des anschließenden Rasens. Form kann frei gewählt werden.

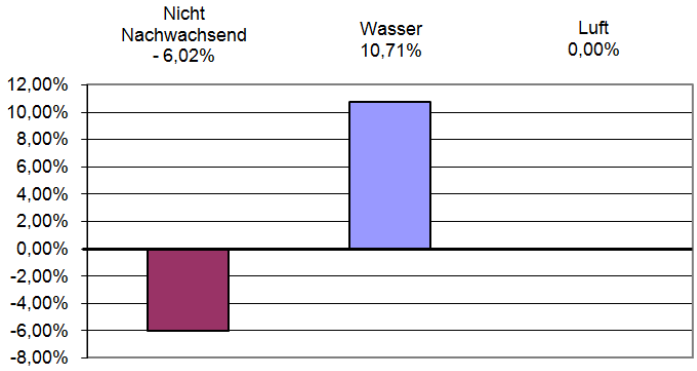
Geh- und Radwegnutzung Terraway
Offenporigkeit ermöglicht weite, ebene Flächen ohne Neigung auch über Baumscheiben

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

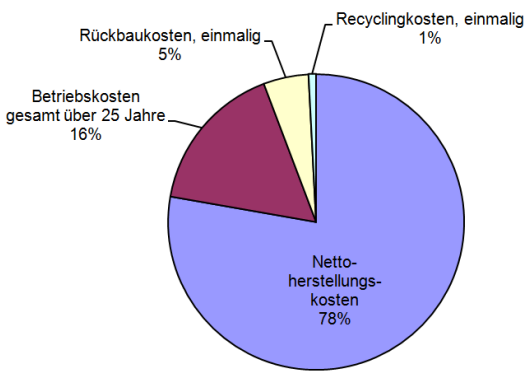


Ökoprofil

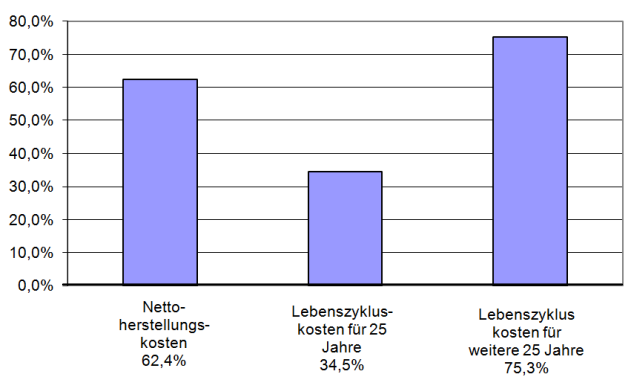
MIPS-Wert:	333,30 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	3,9 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 97500 kg
Mikroklima:	durchschnittlich	wasserdampfdurchlässig, geringe Wärmespeicherkapazität

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Quarzcolor ®

Kurzbeschreibung:

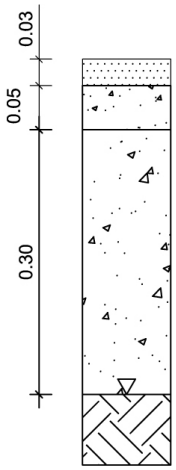
Dünnschichtiger, wasserdurchlässiger Belag von hoher Haltbarkeit mit Kunstharzzusätzen

Nutzungstypologien:
Geh- und Radwege, Flächen des ruhenden Verkehrs, Hofeinfahrten und Zugangswege aber auch Terrassen, Balkone und Baumscheiben

Nicht geeignet für:
Stark befahrene Verkehrsstraßen

Gesamtkonstruktionsstärke: 38cm*

* gemäß Herstellerangaben



Deckschicht: Quarzcolor ®
2. Tragschicht: Splitt 2/5

Untere Tragschicht: (1. Tragschicht)
Splitt 8/16 oder Splitt 16/32

Unterbauplanum, Ev2 ≥ 45 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Quarzcolor ist ein Bodenbelag, bei dem Quarzsande mit Epoxydharz verklebt werden. Es entsteht ein ebener, griffiger Belag, der wasserdurchlässig ist. Das anfallende Niederschlagswasser versickert direkt auf der Fläche, weshalb Quarzcolor auch als Drainbelag bezeichnet werden kann.

Epoxydharz ist in der Regel nicht vollständig lichtecht, aufgrund der UV-Einstrahlung ist mit Vergilbungen zu rechnen (z.T. starker farblicher Unterschied, wie z.B. bei Überstellungen mit Pflanztrögen).

Die verwendeten Materialien sind zu 100 % recyclingfähig.

Der Drainbelag erfordert mind. alle 6-10 m Dehnungsfugen, bei schmalen Streifen von Gehwegen bereits alle 3 Meter. Dies kann das Erscheinungsbild optisch beeinträchtigen.

Wartung: alle 3-5 Jahre: Intensivreinigung, Nachverklebung mit einer Schicht Epoxydharz

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	sehr eben und glatt	--
	Härte:	hart	--
	Wasserdurchlässigkeit:	hohe Sickerfähigkeit	> 10-4 m/s, keine Einspeisung ins Kanalnetz erforderlich
	Staubentwicklung:	keine	--
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	gering	unter 20 cm, aufgrund der Hohlräume
	Lebensdauer:	mittel	keine Langzeiterfahrungen vorhanden
	Recyclingfähigkeit:	teilweise	Epoxydharz nicht recycelbar
	Geräusch beim Auftritt:	leise	--
	Geräusch beim Befahren:	leise	leise bis 50 km/h
Nutzungsprofil	Winterdienst:	uneingeschränkt möglich	--
	Wartungsaufwand:	mäßig	keine Langzeiterfahrungen vorhanden
	Gestaltungsmöglichkeiten:	sehr gut	Farbige Zuschlagsstoffe verwendbar
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	R11-Nachweis gegeben

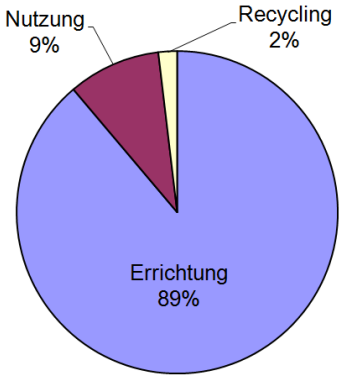
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Fa. Grünplan)*

Quarzcolor in Anwendung als Parkflächenbelag

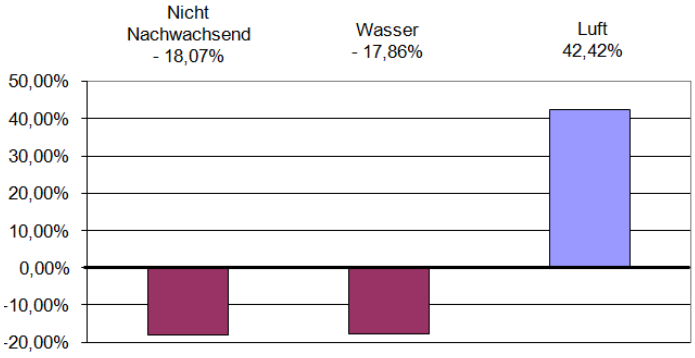
Detailbild Quarzcolor
Deckflächenausbildung mit feinen Quarzsanden

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

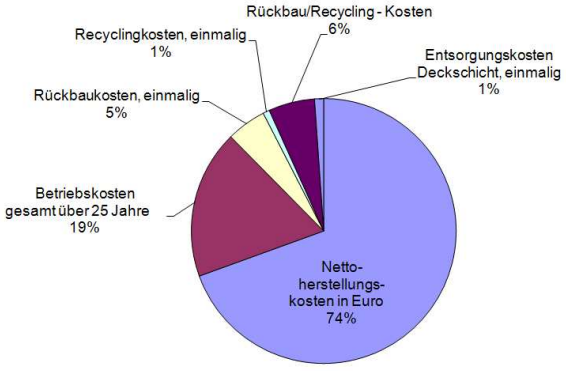


Ökoprofil

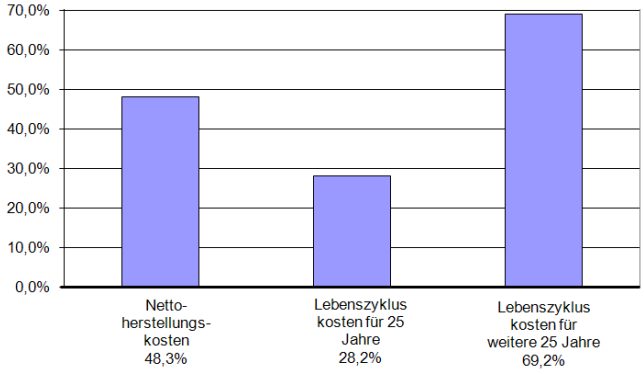
MIPS-Wert:	🔴	352,91 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	🔴	5,6 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 140000 kg
Mikroklima:	🟡	durchschnittlich	wasserdampfdurchlässig, geringe Wärmespeicherkapazität

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Granit-Kleinsteinpflaster

Kurzbeschreibung:

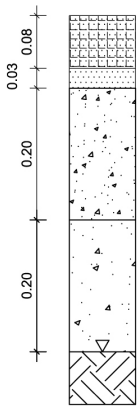
Bei den Granit-Kleinstein-Pflasterdecken handelt es sich um als Steinsatz aufgebaute unterschiedliche Formate, welche oftmals in unterschiedlichen Verbandsarten zum Einsatz kommen können.

Nutzungstypologien:
Geh- und Radwege, Pkw-befahrene Verkehrsflächen, Parkflächen, temporär genutzte Feuerwehrzufahrten, Entwässerungsrinnen, Schwellen und Aufpflasterungen, Traufenpflaster

Bedingt bzw. nicht geeignet: hoch belastete Fahrstraßen, hohe Fahrgeschwindigkeiten

Gesamtkonstruktionsstärke: 51cm*

* gemäß RVS 03.08.63 Oberbaubemessung, Wien 2008: Lastklasse VI, Bautype 7b: Kleinsteinpflastersteine im Verband mit allseitiger Verbundwirkung (KPS 1 bis 3 gem. ÖNORM B 3108 im Segmentbogenverband)



Kleinsteinpflastersteine im Verband mit allseitiger Verbundwirkung
Bettungsmaterial, Splittbett 2/4

Obere Tragschicht: ungebunden, 0/32

Untere Tragschicht: ungebunden, KK 0/45

Unterbauplanum, Ev2 ≥ 45 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Hinsichtlich der Planung, Ausführung und Instandsetzung liegt von der Österreichischen Forschungsgesellschaft Strasse - Schiene - Verkehr die RVS 08.18.01 Pflasterstein- und Pflasterplattendecken, Randeinfassungen, Ausgabe 1. Mai 2009“ vor.

Kleinsteinpflaster wird auf einem Splittbett, das direkt auf den Tragschichten eingebaut wird, verlegt. Durch die Fugen kann das Wasser nur in geringem Maß versickern. Es ist deshalb in jedem Fall eine Oberflächenentwässerung vorzusehen, und der Oberbau muss sickerfähig sein.

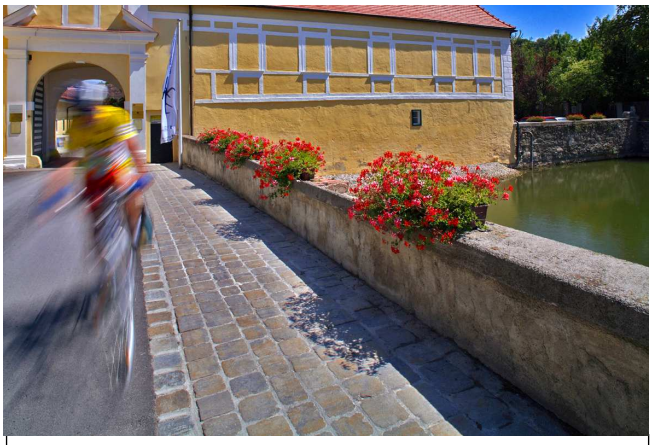
Beim Material handelt es sich um Naturstein, somit ist der Belag zu 100 % wiederverwendbar oder recycelbar. Alte Steine sind durch die glattere Oberfläche und die entschärften Kanten wertvoller als neue Steine.

Kleinsteinpflaster zeichnen sich durch geringe Pflegemaßnahmen und eine hohe Lebensdauer aus. Ungebundene Bauweisen sind in der Reinigung z.B. des Fugenbewuchses aufwendiger.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	eben und rau	materialbedingte Unebenheiten
	Härte:	hart	--
	Wasserdurchlässigkeit:	niedrige Sickerfähigkeit	--
	Staubentwicklung:	keine	--
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	mittel	zwischen 20 und 40 cm
	Lebensdauer:	lang	praktisch unbegrenzt, gewinnt mit dem Alter an Wert
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	--
	Geräusch beim Auftritt:	laut	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	uneingeschränkt möglich	Metallschneeschild mit Gummilippe empfohlen
	Wartungsaufwand:	gering	--
	Gestaltungsmöglichkeiten:	sehr gut	--
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	R11-Nachweis gegeben

3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Aschauer, Poschacher, Leichtfried)*

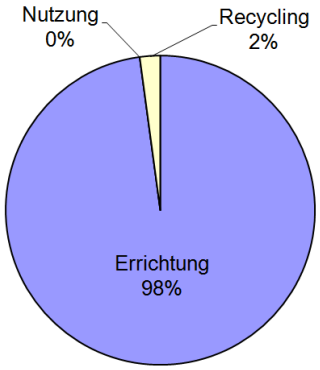


Verschiedenfärbiges Granit-Kleinsteinpflaster

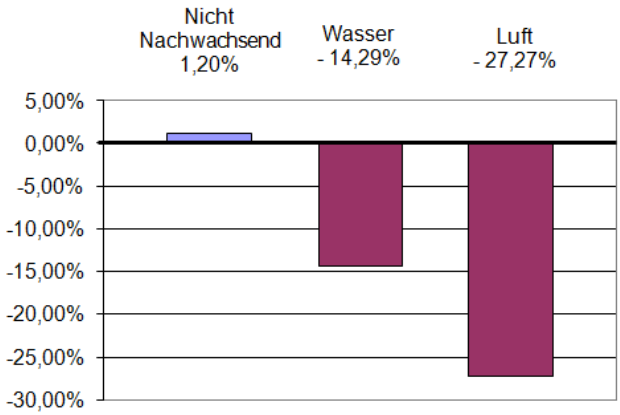
Verlegearbeiten Kleinsteinpflaster

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

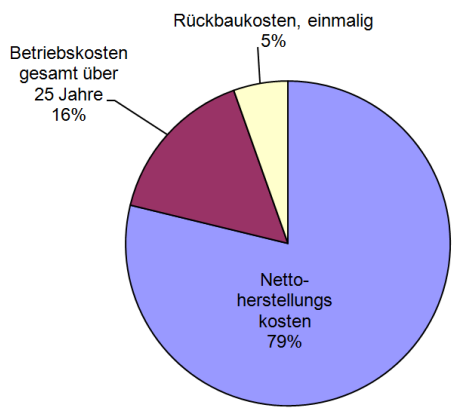


Ökoprofil

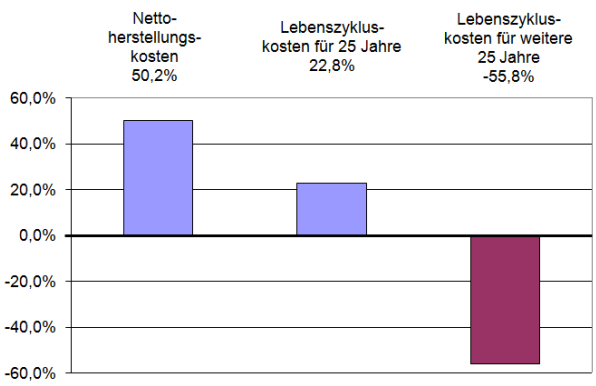
MIPS-Wert:	276,44 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	2,9 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 72.500 kg
Mikroklima:	durchschnittlich	keine Verdunstung; helle Farbe (geringe Wärmeabsorption)

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Granit-Kleinsteinpflaster mit kunstharzgebundenem Fugensand

Kurzbeschreibung:

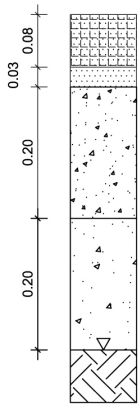
Bei den Granit-Kleinstein-Pflasterdecken handelt es sich um als Steinsatz aufgebaute unterschiedliche Formate, welche oftmals in unterschiedlichen Verbandsarten zum Einsatz kommen können.

Nutzungstypologien:
Geh- und Radwege, Pkw-befahrene Verkehrsflächen, Parkflächen, temporär genutzte Feuerwehrzufahrten, Entwässerungsrinnen, Schwellen und Aufpflasterungen, Traufenpflaster

Bedingt bzw. nicht geeignet: hoch belastete Fahrstraßen, hohe Fahrgeschwindigkeiten

Gesamtkonstruktionsstärke: 51cm*

* gemäß RVS 03.08.63 Oberbaubemessung, Wien 2008: Lastklasse VI, Bautype 7b: Kleinsteinpflastersteine im Verband mit allseitiger Verbundwirkung (KPS 1 bis 3 gem. ÖNORM B 3108 im Segmentbogenverband)



Kleinsteinpflastersteine im Verband mit allseitiger Verbundwirkung
Bettungsmaterial, Splittbett 2/4

Obere Tragschicht: ungebunden, 0/32

Untere Tragschicht: ungebunden, KK 0/45

Unterbauplanum, Ev2 ≥ 45 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Hinsichtlich der Planung, Ausführung und Instandsetzung liegt von der Österreichischen Forschungsgesellschaft Strasse - Schiene - Verkehr die RVS 08.18.01 Pflasterstein- und Pflasterplattendecken, Randeinfassungen, Ausgabe 1. Mai 2009“ vor.

Kleinsteinpflaster wird auf einem Splittbett, das direkt auf den Tragschichten eingebaut wird, verlegt. Durch die Fugen kann das Wasser nur in geringem Maß versickern. Es ist deshalb in jedem Fall eine Oberflächenentwässerung vorzusehen, und der Oberbau muss sickerfähig sein.

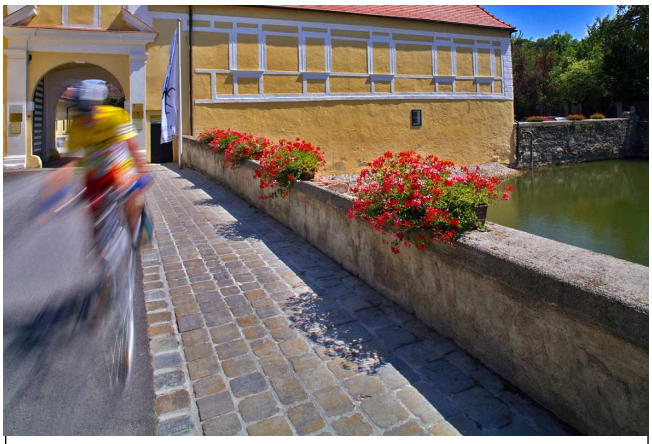
Beim Material handelt es sich um Naturstein, somit ist der Belag zu 100 % wiederverwendbar oder recycelbar. Alte Steine sind durch die glattere Oberfläche und die entschärften Kanten wertvoller als neue Steine.

Kleinsteinpflaster zeichnen sich durch geringe Pflegemaßnahmen und eine hohe Lebensdauer aus. Ungebundene Bauweisen sind in der Reinigung z.B. des Fugenbewuchses aufwendiger.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	eben und rau	materialbedingte Unebenheiten
	Härte:	hart	--
	Wasserdurchlässigkeit:	keine Sickerfähigkeit	seitliche Entwässerung notwendig
	Staubentwicklung:	keine	--
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	mittel	zwischen 20 und 40 cm
	Lebensdauer:	lang	praktisch unbegrenzt, gewinnt mit dem Alter an Wert
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	--
	Geräusch beim Auftritt:	laut	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	uneingeschränkt möglich	Metallschneeschild mit Gummilippe empfohlen
	Wartungsaufwand:	gering	--
	Gestaltungsmöglichkeiten:	sehr gut	--
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	R11-Nachweis gegeben

3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Aschauer, Poschacher, Leichtfried)*

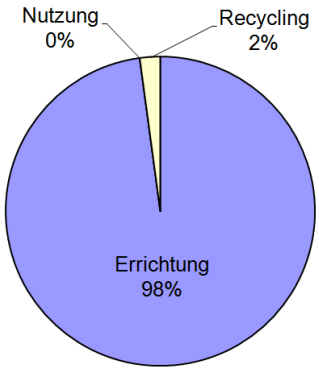


Verschiedenfärbiges Granit-Kleinsteinpflaster

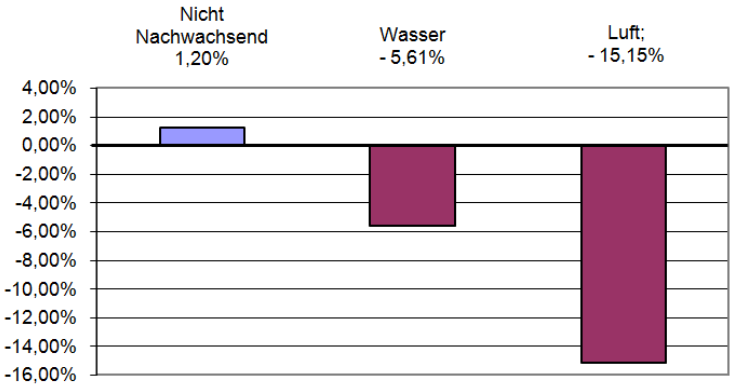
Verlegearbeiten Kleinsteinpflaster

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

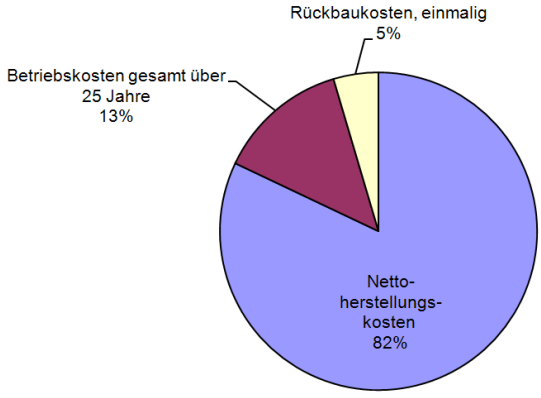


Ökoprofil

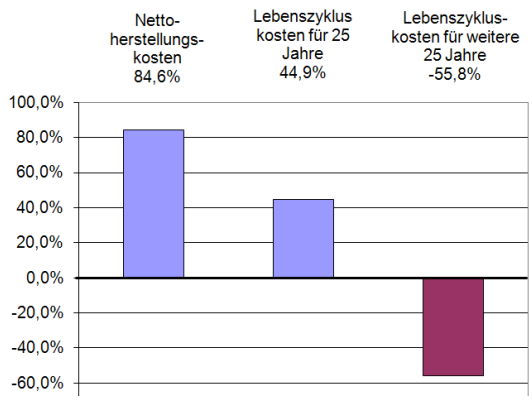
MIPS-Wert:	●	299,97 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	●	3,3 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 82500 kg
Mikroklima:	●	durchschnittlich	keine Verdunstung; helle Farbe (geringe Wärmeabsorption)

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



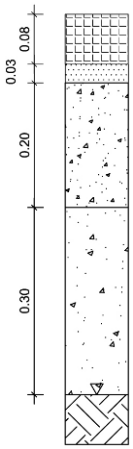
Betonsickerpflaster mit Drainfugen

Kurzbeschreibung:

Ökopflaster aus Beton, das mit einer breiten Drainfuge verlegt wird. Die Drainfuge zeichnet sich durch eine besonders hohe und lang anhaltende Sickerfähigkeit aus. So werden Kanäle und Kläranlagen entlastet, der Grundwasserhaushalt bleibt ungestört.

Nutzungstypologien:
Private, öffentliche und gewerbliche Flächen, die entsiegelt sein sollen. Parkplätze und Garagenzufahrten, landwirtschaftliche Nutzwege, Lagerplätze und Flächen mit Schwerverkehrsbelastung, Befahrbare Flächen bei Messen, Veranstaltungshallen, Sportstadien etc. Feuerwehr-, Heizöl- und Notzufahrten.

Gesamtkonstruktionsstärke: 61cm*
* gemäß Stand der Technik und Forum Qualitätspflaster



Betonsickerpflaster
Bettungsmaterial, Brechsand-/Splittgemisch 4/8

Obere Tragschicht
Ungebunden, KK 0/32

Untere Tragschicht:
Ungebunden, KK 0/63

Unterbauplanum, Ev2 ≥ 35 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Die Sickerbauweisen werden in den Richtlinien der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße, Schiene, Verkehr nicht beschrieben. Die Planung und Ausführung erfolgt nach dem Stand der Technik und den Erfahrungswerten des Forums Qualitätspflaster.

Betonsickerpflaster wird auf eine Bettung aus gebrochenen Gesteinskörnungen in den Körnungen 4/8 verlegt. Die Drainfugen sind mit Splitt in den gleichen Körnungen zu verfüllen. Für die Bemessung des Oberbaus ist die Dicke der Tragschichten und der Pflastersteine in Abhängigkeit von der zu erwartenden Nutzung und Beanspruchung auszubilden.

Die gepflasterte Fläche ist oberflächlich durch Einlaufschächte, Versickerungsflächen o. Ä. zu entwässern und hat eine Neigung von mindestens 1 % bis max. 5 % zu haben.

Die Fläche kann unmittelbar nach der Herstellung für den Verkehr freigegeben werden. Betonsickerpflaster hat eine Lebensdauer von 25-40 Jahren und kann im Anschluss zu 100 % recycelt werden.

Winterdienst: Frosttausalzbeständige Steine wählen, Ammoniumsulfathältige Taumittel sind zwingend zu vermeiden.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	eben und rau	Steine glatt, Fläche unregelmäßig durch Fugen
	Härte:	hart	abriebfest
	Wasserdurchlässigkeit:	mäßig	bis 200 l/ha/s
	Staubentwicklung:	gering	--
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	hoch	über 40 cm, glatte und harte Oberfläche
	Lebensdauer:	gut	25-40 Jahre
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	100 % recyclingfähig, Betonbruch
	Geräusch beim Auftritt:	laut	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	--
Nutzungsprofil	Winterdienst:	uneingeschränkt möglich	Streusplitte sind vorzuziehen, Taumittel für zementgebundene Produkte verwenden, maschinelle Schneeräumung: Kunststoffaufsatz empfohlen
	Wartungsaufwand:	mäßig	Zur Erhaltung der Sickerleistung sind die Fugen alle 6-8 Jahre mit senkrecht saugenden Kehrmaschinen auszusaugen und neu einzukehren
	Gestaltungsmöglichkeiten:	gut	verschiedene Formate und Farben, mit Rasenfugen
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	werden üblicherweise nicht eingebaut
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

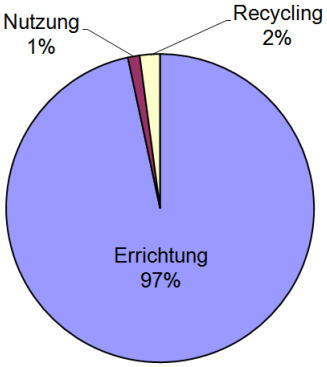
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Weißenböck)*

Betonsickerpflaster
Mit breiter Drainfuge und damit verbundener hoher Sickerleistung

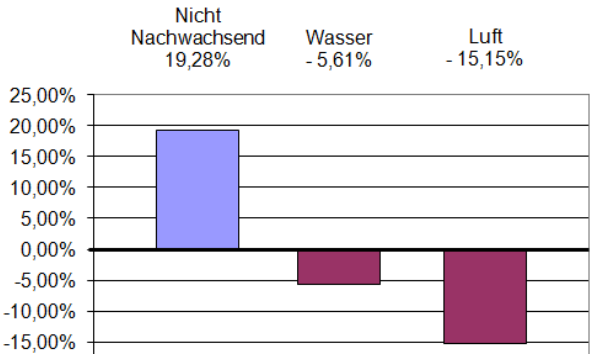
Betonsickerpflaster
Parkstreifen aus Ökopflaster, welche die Kanalisation entlasten

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

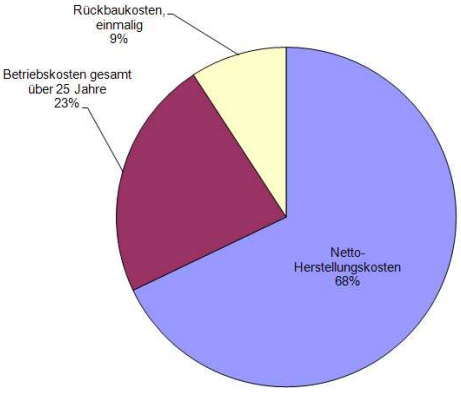


Ökoprofil

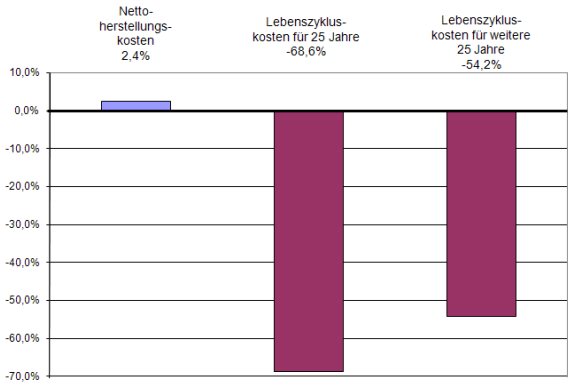
MIPS-Wert:	317,62 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	3,4 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 83810 kg
Mikroklima:	durchschnittlich	hohe Wasserdurchlässigkeit, helle Farbe

5. Kostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



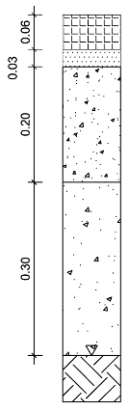
Beton-Verbundsteine, maschinell verlegt

Kurzbeschreibung:

Pflastersteine aus Beton, die in vielfältigen Formaten, Farben und Verlegemustern zur Gestaltung von Flächen verlegt werden

Nutzungstypologien:
Befahrene und unbefahrene Flächen im privaten Wohnumfeld (Terrassen, Einfahrten, Stell- und Hofflächen…)
Gewerbliche und industrielle Flächen (Gastgärten, Lagerplätze, landwirtschaftliche Höfe…)
Kommunale Flächen (Geh- und Radwege, Pkw- und Lkw-befahrene Verkehrsflächen, Parkflächen, Fußgängerzonen, Wohnstraßen, Plätze, Bahnsteige, Parkanlagen...)

Gesamtkonstruktionsstärke: 59cm*
* gemäß RVS 03.08.63 Oberbaubemessung, Wien 2008: Lastklasse VI, Bautype 7b Betonverbundsteine



Betonverbundsteine
Bettungsmaterial, Brechsand-/Splittgemisch 2/8

Obere Tragschicht: ungebunden, KK 0/32

Untere Tragschicht: ungebunden, KK 0/63

Unterbauplanum, $E_{v1} \geq 35$ MN/m²

1. Technische Beschreibung

Hinsichtlich der Planung, Ausführung und Instandsetzung liegt von der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr die RVS 08.18.01 Pflasterstein- und Pflasterplattendecken, Randeinfassungen, Ausgabe 1. Mai 2009 vor.

In der Regelbauweise werden Betonverbundsteine auf eine Bettung aus gebrochenen Gesteinskörnungen (Brechsand/Splitt-Gemisch) verlegt. Für die Bemessung des Oberbaus ist die Dicke der Tragschichten und der Pflastersteine in Abhängigkeit von der zu erwartenden Nutzung und Beanspruchung auszubilden. Der Oberbau ist dauerhaft wasserdurchlässig auszubilden.

Die gepflasterte Fläche ist oberflächlich durch Einlaufschächte, Versickerungsflächen o.Ä. zu entwässern und hat eine Neigung von mindestens 2 % zu haben. Die Fläche kann unmittelbar nach der Herstellung für den Verkehr freigegeben werden.

Winterdienst:
Für die Schneeräumung werden Räumgeräte mit Kunststoffaufsätzen empfohlen. Frosttausalz-beständige Steine wählen, Streusplitte sind Taumitteln vorzuziehen (Taumittel für zementgebundene Produkte verwenden, z. B. sind ammoniumsulfathältige Taumittel zwingend zu vermeiden).

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	sehr eben und glatt	phasenlos verlegbar
	Härte:	hart	abriebfest
	Wasserdurchlässigkeit:	niedrige Sickerfähigkeit	Oberflächenentwässerung notwendig
	Staubentwicklung:	keine	--
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	hoch	über 40 cm, glatte und harte Oberfläche
	Lebensdauer:	lang	25 bis 40 Jahre
	Recyclingfähigkeit:	vollständig	Betonbruch
	Geräusch beim Auftritt:	laut	--
	Geräusch beim Befahren:	mittel	Ausführung als Flüsterpflaster möglich
Nutzungsprofil	Winterdienst:	uneingeschränkt möglich	*siehe technische Beschreibung*
	Wartungsaufwand:	gering	jährliche Sichtprüfung, fehlendes Fugenmaterial ergänzen
	Gestaltungsmöglichkeiten:	sehr gut	vielfältige Formen, Formate, Farben und Verlegemuster
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	passende Betonplatten können integriert werden
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

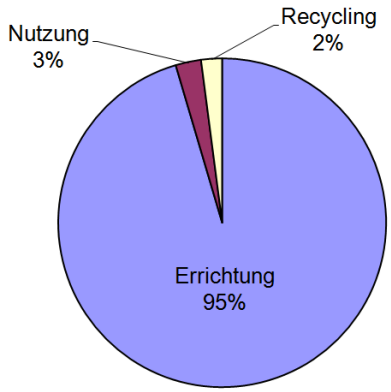
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Weißenböck, Semmelrock Ebenseer Baustoffindustrie)*

Maschinelle Verlegung von Betonverbundstein

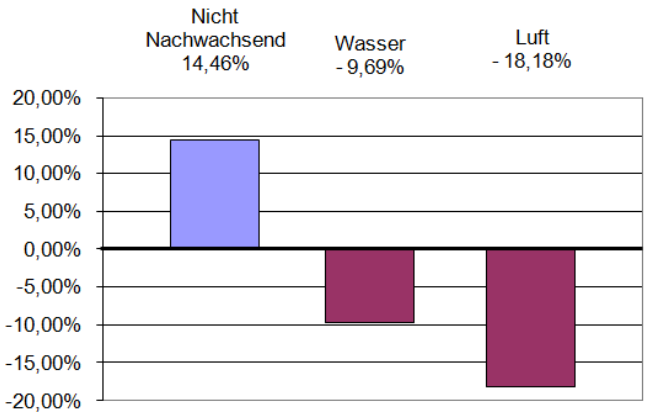
Betonverbundstein
Mit integriertem Blindenleitsystem

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

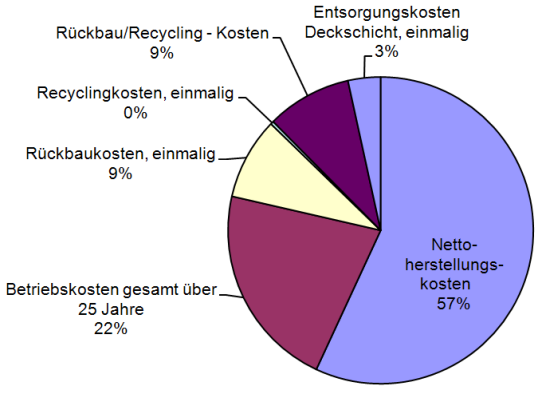


Ökoprofil

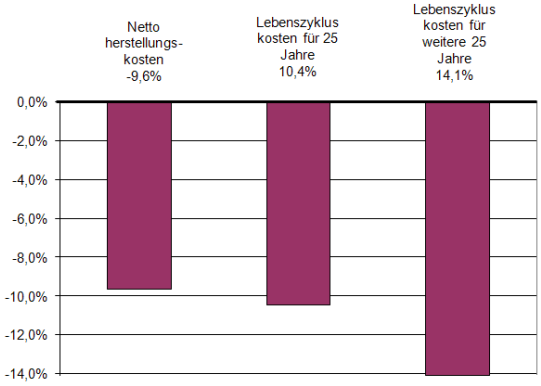
MIPS-Wert:	301,93 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	3,2 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 79474 kg
Mikroklima:	durchschnittlich	keine Wasserspeicherkapazität, aber helle Farbe

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



Kunststoffbelag

Kurzbeschreibung:

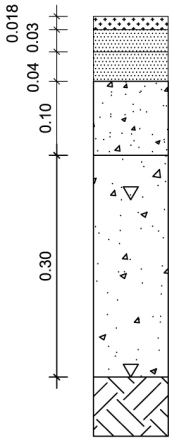
Kunststoffbeläge gelangen überwiegend im Sportstättenbau aufgrund ihrer schalldämpfenden Wirkung zum Einsatz. Die Deckschicht besteht aus EPDM – Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk.

Nutzungstypologien:
Sportflächen, Fallschutz für Spielplätze, Geh- und Radwege, Pkw-befahrene Verkehrsflächen, Parkflächen, Platz- und Wegeflächen in Schulen, Kindergärten und im Rahmen von Dachbegrünungen

Nicht geeignet:
Stark frequentierte Fahrstraßen, Lkw-Befahrung

Gesamtkonstruktionsstärke: 33,8cm*

* gemäß Herstellerangaben



Deckschicht: EPDM-Gummigranulat 18mm
Haftvermittler / Drainasphalt
Drainasphalt

Obere Tragschicht: 0/16, KK

Untere Tragschicht: ungebunden, KK 0/45

Unterbauplanum, Ev2 ≥ 45 MN/m²

1. Technische Beschreibung

Hinsichtlich der Planung und Ausführung gelangt für den Unterbau die ÖNORM B 2606-3 „Sportplatzbeläge - Bitumen und kunststoffgebundene Schicht mit oder ohne Kunststoffbelag Ausgabe 1. März 2007“ zur Anwendung. Für den Oberbau ist die ÖNORM EN 14877 „Kunststoffflächen auf Sportanlagen im Freien – Anforderungen Ausgabe 1. September 2006“ heranzuziehen.

Auf den Unterbau werden wasserdurchlässige Asphaltschichten und darauf das Kunststoff-Granulat aufgebaut.

Das Granulat wird aus Lkw-Altreifen gewonnen, die gehackt und unterschiedlich eingefärbt werden können.

Der Unterbau ist wasserdurchlässig herzustellen (Drainasphalt), Niederschlagswasser kann somit vertikal versickern, es sind keine zusätzlichen Entwässerungseinrichtungen erforderlich.

Kunststoffbelag ist recycelbar und kann als Unterbau für Kunstrasen wiederverwendet werden, alle anderen Materialien (Asphalt, Schotter) sind ebenfalls wiederverwendbar.

2. Produkt- und Nutzungsprofil

	Kategorie	Wertung mit Kurzinformation	technische Details
Produktprofil	Ebenmäßigkeit:	sehr eben und glatt	--
	Härte:	weich	Härtegrad kann variiert werden
	Wasserdurchlässigkeit:	hohe Sickerfähigkeit	> 10^{-4} m/s
	Staubentwicklung:	keine	--
	Verschlammung:	keine Verschlammung möglich	--
	Aufspritzhöhe:	gering	unter 20 cm
	Lebensdauer:	mittel	20 Jahre
	Recyclingfähigkeit:	teilweise	als Unterbau für Kunstrasen, Bindemittel nicht recycelbar
	Geräusch beim Auftritt:	leise	dämpfend
	Geräusch beim Befahren:	leise	dämpfend
Nutzungsprofil	Winterdienst:	eingeschränkt möglich	leichtes Gerät für Schneereinigung, Schneepflug mit Gummilippe, Schneefräse
	Wartungsaufwand:	mäßig	Reinigung mit Hochdruckreiniger, Sanierung der Deckschicht
	Gestaltungsmöglichkeiten:	sehr gut	vielfältige Farb- und Formgebung
	Blindenleitsystem:	Einbau möglich	--
	Rutschfestigkeit:	rutschfest	--

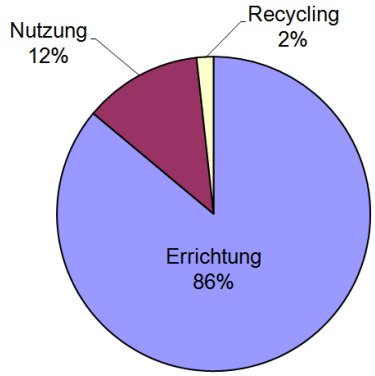
3. Anwendungsbeispiele *(Fotos: Swietelsky Ges.m.b.H.)*

Kunststoffbelag
Nutzung als Sportfläche im Freien

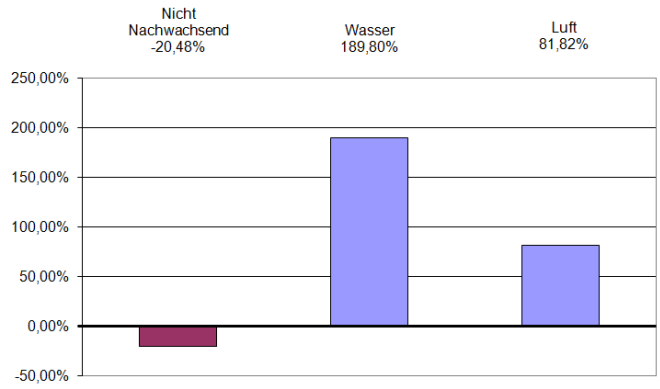
Kunststoffbelag
Nutzung als Sportfläche in der Halle

4. Ökologische Bewertung

Ökologischer Rucksack für „Nicht Nachwachsende“ Ressourcen



Abweichung vom Ökologischen Rucksack des Gesamtdurchschnitts aller Beläge

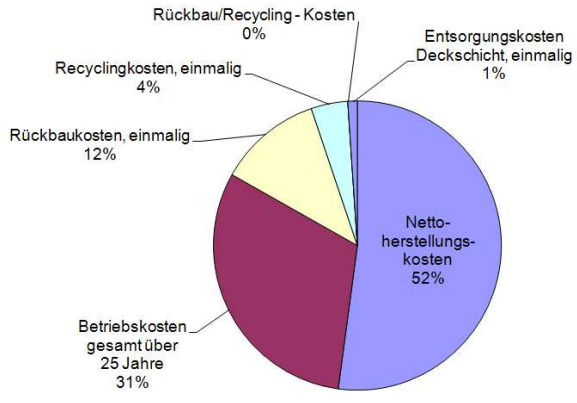


Ökoprofil

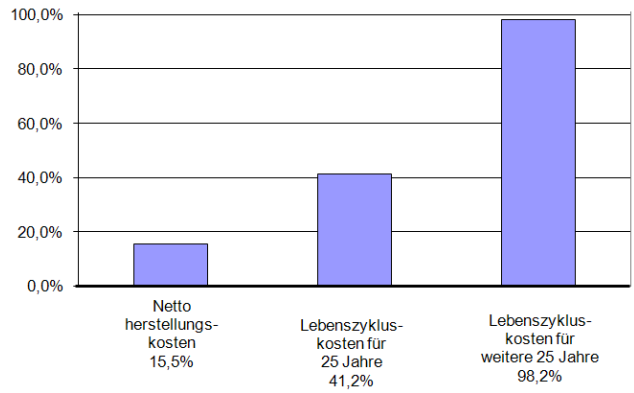
MIPS-Wert:	🔴	619,55 kg / m²a	--
CO_2-Äquivalenzwert:	🔴	7,1 kg / m²a	1000 m^2 * 25 Jahre: 178413 kg
Mikroklima:	🟡	durchschnittlich	geringe Wärmespeicherkapazität

5. Lebenszykluskostenbewertung

Gesamtkostenaufteilung



Abweichung von NHK und Lebenszykluskosten des Gesamtdurchschnitts aller Beläge



6. Schlussfolgerungen und Ausblick

In der Studie wurden fünfzehn Bodenbeläge nach ökologischen, ökonomischen und qualitativen Kriterien bewertet und verglichen. Eine umfassende Recherche und Datenerhebung bildete die Grundlage für die durchgeführten Bewertungen. Entlang des gesamten Lebenszyklus der Bodenbeläge wurden die erforderlichen Informationen anhand verschiedener Methoden ermittelt. Es wurden quantitative und qualitative Bewertungen, wie die ökologische Bewertung nach der MIPS Methode, die Kostenbewertung nach der Lebenszykluskostenmethode und die Produkt- und Nutzungseigenschaften nach der Ampelmethode durchgeführt. Die Bewertungsergebnisse wurden ausgewertet, aufbereitet und in einem zweiseitigen Bewertungsdatenblatt für jeden Belag zusammengestellt. Für einen schnellen Überblick wurden alle Ergebnisse in einer Bewertungsmatrix zusammengefasst und die Bodenbeläge in den drei Kategorien Ökologie, Kosten und Produkt- und Nutzungsprofil gereiht.

Mit den Bewertungen konnten zum einen die Unterschiede zwischen den Belagsarten aufgezeigt und zum anderen durch die Zusammenstellung der verschiedenen Ergebnisse ein umfassendes Datenblatt je Belag erstellt werden. Dadurch sind die fünfzehn betrachteten Bodenbeläge untereinander gut vergleichbar und zusätzlich können bei jedem einzelnen Belag Aussagen über dessen Auswirkungen auf Ökologie, Kosten und Produkt- und Nutzungseigenschaften über den gesamten Lebenszyklus getroffen werden. Basierend auf dieser Grundlage können zum einen die am besten geeigneten Beläge für eine bestimmte Nutzungen und die damit verbundenen Anforderungen ausgewählt werden und zum anderen die Stärken und Schwächen eines jeden Belages analysiert und mögliche Verbesserungspotentiale abgeleitet werden.

Die Ermittlung des ökologischen Rücksacks nach der MIPS Methode ergab Werte zwischen 200 und 600 kg/m^{2}a und damit einen Faktor 3 zwischen geringstem und höchstem Ressourcenverbrauch. Für die einzelnen Beläge sind die Zusammensetzungen der ökologischen Rucksäcke für die Errichtung, für den Betrieb und für den Rückbau und das Recycling, sowie die Abweichungen der einzelnen MIPS Kategorien (abiogen, biogen, Wasser, Luft) von Interesse. Diese Auswertungen geben Aufschluss über den derzeitigen Ressourcenverbrauch und ermöglichen die Entwicklung von Verbesserungen für den Belag für die jeweilige Produktphase (Einbau, Nutzung, Recycling). So können derzeit eingesetzte Bindemittel mit sehr hohem Materialintensitäten verbesser oder durch andere ersetzt werden.

Zum Beispiel gibt es für den herkömmlichen Zement als Bindemittel eine wesentlich ressourceneffizientere Lösung auf Basis von Schlackerückständen aus der Stahlerzeugung.
Was die Kostendifferenz zwischen günstigsten und teuersten Belag betrifft, ist der Unterschied, je nachdem ob Nettoherstellungskosten oder Lebenszykluskosten betrachtet werden, sehr verschieden. Bei den Nettoherstellungskosten liegt der Faktor zwischen dem Belag mit den niedrigsten Kosten und dem mit den höchsten bei zirka fünf und bei den Lebenszykluskosten für 25 Jahre bei zwei bis zweieinhalb. Betrachtete man weiter 25 Jahre so kommt es zu einer Erhöhung des Faktors auf vier.
Der Belag mit dem besten Produkt- und Nutzungsprofil weist elf positive Eigenschaften auf und jener mit dem schlechtesten nur sechs positive und drei negative.
Ein interessanter Aspekt ist, dass traditionelle Wegebauweisen, wie Wasser gebundene Decke, Kalkschotterdecke oder Granitpflaster großteils sehr gut bewertet wurden. Die neueren Belagstarten, vor allem jene mit Bindemitteln auf Kunstharzbasis oder aus Polyurethan punkten vor allem beim Produkt- und Nutzungsprofil. Diese Ergebnisse führen zur weiteren Schlussfolgerung, dass es nicht einen optimalen Bodenbelag für alle Anwendungen gibt, sondern, dass ganz genau die Anforderungen an den Belag definiert werden müssen und dann der am besten geeignete ausgewählt werden kann, wobei die Studienergebnisse dabei eine Unterstützung bei der Entscheidungsfindung bieten.

Für die Zukunft gilt es vor allem im Bereich der Instandhaltung von Bodenbelägen Maßnahmen zu setzen, um eine möglichst lange Nutzungsdauer zu gewährleisten, denn die kostengünstigsten und ökologischsten Beläge sind jene, die nicht erneuert werden müssen. Zahlreiche Beispiele dafür finden sich unter den historischen Wegen und Plätzen. Dazu sind umfassende Ausbildungs- und Bewußtseinsbildungsaktivitäten notwendig. Außerdem können Demonstrationsprojekte die Akzeptanz und das Verständnis für das Thema Bodenbeläge und die damit verbundenen ökologischen Aspekte, wie Ressourcenverbrauch, Bodenschutz, Regenwasserbewirtschaftung und Mikroklima unterstützen. Solche Versuchs- und Demonstrationsflächen könnten auch dazu beitragen, das derzeitige Defizit im Bereich der Datenverfügbarkeit zu den Aufwendungen für die Instandhaltung verschiedener Beläge abzubauen.

7. Glossar

Baugrund	Boden, der die Lasten der darüberliegenden Schichten trägt und die Ebenheit dieser Schichten gewährleisten soll
Deckschicht	Oberster Teil des → Oberbaus im Straßen- und Wegebau
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (Deutschland)
FSV	Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr
Kantkorn (KK)	werden aus Grobkomponenten, die größer als 32 mm sind, gebrochen Brechsand: Körnung 0-4 mm Splitt: Körnung 2-32 mm Schotter: Körnung 32-63 mm
LCC	(Life Cycle Costing): Methode zur Ermittlung der anfallenden Kosten über den gesamten Lebenszyklus
MIPS	(Material-Input Pro Serviceeinheit): Materialintensitätsanalyse zur Bestimmung der Umweltbelastung von Produkten, Dienstleistungen, Technologien oder Systemen. Gibt an, wie viele Ressourcen insgesamt zur Herstellung einer Serviceeinheit verbraucht wurden (z. B. in Kilogramm oder Tonnen). Dabei werden direkte Stoffströme (zur Herstellung) und indirekte Stoffströme (aus vor- und nachgelagerten Prozessen) berücksichtigt.
Oberbau	Schichten oberhalb des → Planums, bestehend aus → Tragschichten und → Deckschicht. Wird auf den angelegten → Unterbau oder auf dem gewachsenen → Untergrund aufgebracht.
Ökologischer Rucksack	Form der Darstellung im Rahmen der Ökobilanz. Gibt die Menge von Ressourcen an, die ein Produkt oder eine Dienstleistung bei der Herstellung, Nutzung und Entsorgung/Recycling verbraucht. Durch die sinnbildliche Darstellung können Produkte leicht und anschaulich miteinander verglichen werden.
ÖNORM	Österreichisches Normungsinstitut; Entwicklung von Normen, Standards und Regelwerken
Planum	eben hergestellte Oberfläche (mit leichtem Gefälle zur Oberflächenentwässerung), auf der weitere Baumaßnahmen stattfinden

Rundkorn (RK)	ungebrochene Gesteinskörner, aus natürlichen Lockergesteinen gewonnen (Kiesgruben, Seen, Flüsse)
	Rundsand: Körnung 0-4 mm
	Rundkies: Körnung 4-63 mm
RVS	Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen, herausgegeben von der → FSV
Tragschicht	lastverteilende Schicht zwischen → Deckschicht und → Planum. Muss im verdichteten Zustand ausreichend tragfähig und wasserdurchlässig sein.
Unterbau	eine unter Umständen notwendige Aufschüttung auf dem → Untergrund zum Ausgleich von Unebenheiten. Bereitet plane und tragfähige Flächen vor, auf die der → Oberbau aufgebaut wird.
Untergrund	natürlich anstehender Boden

8. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Flächenverbrauch von 2001 bis 2009 nach Kategorien Verkehr und Wohnen..... 3
Abb. 2: Zahlen der verbrauchten Fläche nach Bundesland und bundesweit von 2001 bis 2009 sowie Zunahme absolut und relativ..... 4
Abb. 3: Systemgrenzen der durchgeführten Bewertung 9
Abb. 4: Regelfläche Parkplatz..... 12
Abb. 5: dreischichtiger Aufbau 14
Abb. 6: zweischichtiger Aufbau..... 14
Abb. 7: einschichtiger Aufbau 14
Abb. 8: Ungebundene Deckschicht – Schotterrasen Abb. 9: Gebundene Deckschicht – Asphalt..... 15
Abb. 10: Bundesweites Abfallaufkommen 2004 20
Abb. 11: Energiebilanz für versiegelte und Grünflächen tagsüber (links) und nachts (rechts) 23
Abb. 12: Thermographie von Gras- und Granitsteinflächen (am 10. 6. 2008 um 13:00)..... 23
Abb. 13: Mikroklimatische Folgen der Bodenversiegelung 24
Abb. 14: Thermographie eines Parkplatzes (Asphalt und Rasensteine) 24
Abb. 15: Temperaturverlauf verschiedener Oberflächen im Laufe eines Tages..... 25
Abb. 16: Gleichbleibende Lebenszykluskosten trotz höherer Anschaffungskosten (rechts)... 29
Abb. 17: Kostenaufteilung für Granit-Kleinsteinpflaster mit kunstharzgebundenem Fugensand 30
Abb. 18: Kostenaufteilung für Kalkschotterdecke..... 30
Abb. 19: Kostenaufteilung für Stabilizer-Belag..... 30
Abb. 20: Belag mit Fugen – Betonsickerpflaster Abb. 21: Ebener und glatter Belag – Terraway 34
Abb. 22: Online-Farbkonfigurator für Stabilizer-Belag Abb. 23: Verlegemuster für Pflastersteine 40
Abb. 24: In der ÖNORM 1600 für Blinde vorgesehene taktile Kennzeichnung unerwarteter Hindernisse inkl. Höhenunterschiede, in cm..... 41
Abb. 25: Taktiles Blindenleitsystem 42
Abb. 26: Gesamtübersicht und Vergleich der bewerteten Bodenbeläge.....
Abb. 27: Erklärung der Datenblätter 47

9. Literaturverzeichnis

Basedow H.-W., Bolze I., Gunreben M., Jacob P., Sbresny J., Schrage T., Steininger A., Weichselbaum J. (2009): Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen. GeoBerichte 14. Hannover, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie.

Bischoff Gert (2008): Begrünbare Flächenbefestigungen aus Kunststoff. In: Freiraum. Grünraum. Bauen. Erhalten. Wien.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2002): Österreichs Zukunft Nachhaltig Gestalten – Die Österreichische Strategie zur Nachhaltigen Entwicklung.

Doblhammer Rupert; Drexel Anita (2005): Gehölze und Wege in formalen historischen Gartenanlagen Österreichs. Frankfurt am Main.

Egger Walter (2009): GPS als Optimierungsinstrument bei Straßenreinigung und Winterdienst, Erste Erfahrungswerte nach der Einführung, Kommunale Betriebe der Stadt Villach, Vortrag beim 2. Grazer Forum zu aktuellen Themen der Kommunalwirtschaft am 5.11.2009.

Hauptverband der allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen Österreichs (Hg.) (2006): Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteile. Wien.

Hohensinner Hannes; Wimmer Robert (2006): Konzept für die Verbreitung von nachhaltiger Gartengestaltung in Niederösterreich – Grundlageninformationen, Entscheidungshilfen, Demonstrationsmöglichkeiten. Wien.

Gestrata (2002): Asphalt Handbuch, 3. Auflage.

Lebensministerium (2006): Bundes-Abfallwirtschaftsplan.

Matzarakis A. (2001): Die thermische Komponente des Stadtklimas. Meteorologisches Institut Freiburg.

Mursch-Radlgruber Erich (2009): Klima. Der Einfluss von grünen Flächen. http://www.belbozon.eu/pdf/symposium/08-Klima-Prof.Dr.Mursch-Radlgruber.pdf [27.11.2009]

ÖROK (2009): Raumszenarien Österreichs 2030. Regionale Herausforderungen und Handlungsstrategien. ÖROK-Schriftenreihe 176/II. Wien.

Stehno Gerhard (1992): Untersuchungsbericht über Ermittlung der Lärmemissionen von 12 Betonsteinpflasterbelägen.

Volpi Luca (o.J.): Mikroklima. http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,id_32,s_Papers.fb15 [26.11.2009].

Internetquellen

http://de.wikipedia.org/wiki/Life_Cycle_Costing [30.11.2009]

http://info.tuwien.ac.at/uniability/b1600.htm [26.11.2009]

http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/raumordnung/flaechenverbrauch [18.11.2009]

Rechtsquellen, Richtlinien und Normen

FLL: Fachbericht zu Planung, Bau und Instandhaltung von Wassergebundenen Wegen, Bonn, April 2007

FLL: Richtlinie für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen, Bonn, Juli 2007

NÖ Bautechnikverordnung 1997

NÖ Raumordnungsgesetz 1976 (NÖ ROG 1976)

ÖNORM B 2606-3 „Sportplatzbeläge - Bitumen und kunststoffgebundene Schicht mit oder ohne Kunststoffbelag Ausgabe 1. März 2007“

ÖNORM B 3130 „Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen - Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 13043“

ÖNORM EN 13043 „Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen“

ÖNORM EN 14877 „Kunststoffflächen auf Sportanlagen im Freien – Anforderungen Ausgabe 1. September 2006“

ÖNORM 1600, Planungsgrundsätze für barrierefreies Bauen, 2005

Regionalinformation der Grundstücksdatenbank [BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen]; Stand: 1.1. des jeweiligen Jahres.

RVS 03.08.63 Oberbaubemessung, Wien 2008

RVS 08.15.01 Ungebundene Tragschichten, Wien 2008

RVS 08.16.01 Anforderungen an Asphaltdeckschichten

RVS 08.16.08 Schichten für den ländlichen Wegebau

RVS 08.18.01 Pflasterstein- und Pflasterplattendecken, Randeinfassungen, Ausgabe 1. Mai 2009

RVS 08.97.05 Anforderungen an Asphaltmischgut

RVS 03.08.64 Bautechnische Details, Oberbauverstärkung von Asphaltstraßen

10. Projektpartner

grünplan Ing. Werner Sellinger
freiraumplanung • gartenkunst
Rohrbacher Straße 10
A-2100 Leobendorf
Tel +43 (2262) 68777 11
Fax +43 (2262) 68777 20
E-Mail: office@gruenplan.at
Homepage: www.gruenplan.at

Faktor 10 Institut (Austria)
Dipl.-Ing. Christopher Manstein
Lindengasse 2/14
A-1070 Wien
Tel.: +43 (1) 9580330
Fax: +43 (1) 5246847-20
E-Mail: manstein(a)chello.at
Homepage: www.faktor10.at

11. Mitwirkende Firmen

Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. Kompetenzzentrum

Kontakt:
Styriastraße 40a
4050 Traun
Tel.: (+43 732) 6971-0
Fax: (+43 732) 6971-7410
E-Mail: office@swietelsky.at
Homepage: www.swietelsky.com, www.perma-zyme.de

Wopfinger Baustoffindustrie GmbH

Kontakt:
Wopfing 156
2754 Waldegg/Wopfing
Homepage: www.baumit.at

Ing. Rudolf Richter GmbH

Kontakt:
Wimpffengasse 43
1220 Wien
Tel.: +43(0)1 / 282 32 24
Fax: +43(0)1 / 282 32 24 DW 25
E-Mail: office@richter-ing.at
Homepage: www.richter-ing.at

Steinbauer Development GmbH

Kontakt:
Favoritenstr. 50
1040 Wien
Tel.: +43 (1) 505 80 11
E-Mail: office@steinbauer.co.at
Homepage: www.steinbauer.co.at

Poschacher Natursteinwerke GmbH & Co KG

Kontakt:
Poschacherstraße 7
4222 St. Georgen an der Gusen
Tel.: +43 7237 3333-0
Fax: +43 7237 3333-444
E-Mail: office@poschacher.com
Homepage: www.poschacher.com

Pflastermeister Manfred Leichtfried

Kontakt:
Seepromenade 22
3293 Lunz/See
office@manfred-leichtfried.at
Tel.: +43 (0)7486 / 200 22
Fax: +43 (0)7486 / 200 47
E-Mail: office@manfred-leichtfried.at
Homepage: www.manfred-leichtfried.at

Semmelrock Ebenseer Baustoffindustrie GmbH & CoKG

Kontakt:
Stadlweg 30
9020 Klagenfurt am Wörthersee
Tel.: +43(0) 50 /38 38-2
Fax: +43(0) 50 /38 38-2139
E-Mail: office@semmelrock.com
Homepage: www.ebenseer.at

Weissenböck Baustoffwerk Gesellschaft m.b.H.

Kontakt:
Weissenböck Str. 1
A-2620 Neunkirchen
Tel.: 02635/701
E-Mail:
office@weissenboeck.co.at
Homepage:
www.weissenboeck.co.at

Forum Qualitätspflaster, c/o Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke

Kontakt:
Kinderspitalgasse 1/3
1090 Wien
Tel.: +43 (0)1 403 48 00
Fax: +43 (0)1 403 48 00 19
E-Mail: info@fqp.at
Homepage: www.fqp.at

NUA Abfallwirtschafts GmbH

Kontakt:
Wiener Neustädter Straße 141-143
2514 Wienersdorf, Traiskirchen
Tel.: +43 2252 80 504-0
Fax: +43 2252 80 504-333
E-Mail: www.brantner.at
Homepage: gke@brantner.com

Quarzsande GmbH

Kontakt:
Unterrudling 18
4070 Eferding
Tel.: +43 (0) 72 72 / 57 77
Fax: +43 (0) 72 72 / 40 73
E-Mail: office@quarzsande.at
Homepage: www.quarzsande.at

12. Anhang

Fragebogen-Vorlage

	Bodenbelag:	
	FIRMA/INSTITUTION:	
Quantifizierung der Bodenbeläge: Eigenschaften und Beschaffenheit	**Technische Daten**	**Anmerkungen**
Baugrund, Erdplanum/Planum: Anforderungen gemäß RVS, FLL-Richtlinien ...		
*) Verdichtungsgrad D_{Pr}, Soll, zulässige Abweichung		
*) Verformungsmodul E_{v1}-Wert, E_{v2}-Wert Soll, zulässige Abweichung		
*) E_{v2}/E_{v1}-Verhältnis Soll, zulässige Abweichung		
*) Wasserdurchlässigkeit Soll, zulässige Abweichung		
Regelaufbauten gemäß RVS, FLL-Richtlinien ...		
1. Tragen Sie folgende quantifizierbaren Größen ein		
*) Bauweise: 1-Schichtbauweise, 2-Schichtbauweise, 3-Schichtbauweise		
*) Mindestdicken des gesamten Oberbaues		
*) Mindestdicken der einzelnen Oberbau-Schichten		
*) Baustoffe: Gewinnungsstätte, Herkunft, Einbauort, Temperatur beim Transport – z.B. Asphalt erforderliche Feuchtigkeit beim Einbau z.B. wassergebundene Deckschichte		
*) Übliche Körnungen: Sieblinienbereich Soll, zulässige Abweichung		
*) Widerstand gegen Frost Soll, zulässige Abweichung		
*) Verdichtungsgrad D_{Pr} Soll, zulässige Abweichung		
*) Verformungsmodul E_{v1}-Wert, E_{v2}-Wert Soll, zulässige Abweichung		
*) Ev2/Ev1-Verhältnis Soll, zulässige Abweichung		
*) Oberflächenscherfestigkeit Soll, zulässige Abweichung		
*) Verschleißfestigkeit Soll, zulässige Abweichung		
*) Quellverhalten Soll, zulässige Abweichung		
*) Wasserdurchlässigkeit Soll, zulässige Abweichung		
*) Wasserkapazität W_k Soll, zulässige Abweichung		
*) Abflußbeiwert: % oberflächennah abgeleitet / versickert Soll, zulässige Abweichung		
*) Herstellung: z.B. Zwischenschritte, wie Haftgrund, Wässerung des Planums zur Verbesserung des Verdichtungsgrades; geringere Verdichtungsgrade (= Energieaufwand) für Schotterrasen als z.B. für mechanisch stabilisierte Tragschichten u.dgl.m.		
2. Stellen Sie die Regelaufbauten konstruktiv dar		
3. Wie viel Materialmengen inkl. „Verschnitt" werden für die Errichtung benötigt?		
4. Stellen Sie, falls vorhanden, den Energieaufwand oder sonstigen Aufwand, der in der Herstellung anfällt, dar		
5. Wie groß sind die Transportentfernungen für die Anlieferung von Materialien/Ausgangsstoffen usw.?		
Entwässerung		
1. Wie sehen die Beschaffenheiten des Baugrunds aus? Z.B. Frostschutz, Dränage, usw.		
2. Beschreiben Sie die erforderlichen abflusswirksamen Neigungen! Längs-/Querneigung, Fließlängen		
3. Welche Einrichtungen zur Oberflächenentwässerung sind erforderlich (Möglichkeiten/Alternativen)?		
Nettoherstellungskosten		
1. Wie hoch sind die Netto-Herstellungskosten (NHK) für die Regelfläche von 1.000 m²?		
Recycling/Entsorgung:		
1. Wie hoch ist der Prozentsatz des Stoffeinsatzes (Recyclingart/Entsorgungsart)?		
2. Welche erforderlichen Rückbaumaßnahmen werden getroffen?		
3. Baurestmassenverordnung, BGBl.Nr. 259/1991: Zuordnung, Maßnahmen, Entstehende Kosten		

	Bodenbelag:	
	FIRMA/INSTITUTION:	
Qualitative Bewertung	**qualitative Daten**	**Anmerkungen**
Nutzung		
1. Beschreiben Sie die Nutzungsmöglichkeiten nach Art der Bauweise!		
2. Wie sieht die Regel-Belastung aus? (Für welche Anwendungen wird der Belag eingesetzt und für welche Belastung wird der Belag üblicherweise ausgelegt?)		
Nutzungseinschränkungen		
1. Beschreiben Sie die Nutzungseinschränkungen nach Art der Bauweise!		
Beschreiben Sie die haptischen und emotionalen Qualitäten bzw. die Wahrnehmung noch folgenden Kriterien!		
*) Ebenmässigkeit, z.B. Nutzung für Stöckelschuhe, Kinderwagen, Rollstuhlfahrer …		
*) Härte beim Auftritt, „weich", steinig, …		
*) Geräusch beim Auftreten (laut, lesie, störend, angenehm)		
*) Geräusch beim Befahren, z.B. mit PKW		
*) Staubentwicklung (keine, niedrig, hoch)		
*) Staubbelastung, z.B. Verschmutzung von Schuhwerk und Kleidung		
*) Verschlammung		
*) Aufspritzhöhe bei Niederschlägen (cm Angabe oder gering, hoch)		
Einfassungen / angrenzende Beläge		
1. Welche Einfassungen bzw. angrenzenden Beläge sind vorhanden?		
Eigenleistungen / Fremdvergabe		
*) Beschreiben Sie im folgenden was durch Eigenlesitung hergestellt ist, wie Eigenleistung definiert ist und wer diese Eigenleistungen durchfuehrt (z.B. Gemeinde, Landwirt)		
*) Welche Eigenleistungen können z.B. kommunalen Betrieben durchgeführt werden?		
*) Wie viel Prozent der der NHK (Netto-Herstellungskosten) können als Eigenleistungen ausgeführt werden?		
*) Beantworten Sie oben gestellte Frage des Anteils an Eigenleistung getrennt nach Errichtung und Instandhaltung		
Instandhaltung		
1. Beschreiben Sie die Unterhaltspflege! (Arbeiten, Zeitraum)		
2. Welche Reparaturen und Renovierungsarbeiten fallen an? (Reparaturen, Zeitraum)		
Winterdienst		
1. Geben Sie Art und Durchführung nach Angabe der Hersteller / Nutzer (Pflegedienstleiter) an!		
2. Welche technische Lösungen beim Winterdienst können nicht zum Einsatz gelangen? Erklaeren Sie auch warum!		
3. Für welche Belagsarten ist der Pflegeaufwand höher (Pflegeklassen niedrig, mittel, hoch)?		
Wertschöpfung / Beschäftigungseffekte		
1. Beschreiben Sie die Wertschöpfung und Beschäftigungseffekte in der Region getrennt nach Errichtung und Instandhaltung! (Welche regionalen Firmen, Know-how, Materialien kommen zum Einsatz)		

	Bodenbelag:	
	FIRMA/INSTITUTION:	
Ökonomische Bewertung	**Kosten für den Regelaufbau**	**Anmerkungen**
Die ökonomische Bewertung ermittelt alle Kosten, die über den gesamten Lebenszyklus des Bodenbelages anfallen, das heißt die kostenmäßige Bewertung von den Errichtungskosten bis zu den Deponiekosten.		
1. Wie hoch sind die Errichtungskosten: NHK (Netto-Herstellungskosten)?		
2. Wie hoch sind die Betriebskosten: Instandhaltung (Unterhaltspflege, Reparatur und Renovierung)? Geben Sie die Kosten pro Jahr für die Regelfläche an.		
3. Wie hoch sind die Rückbaukosten unter der Annahme, dass die Rückbaukosten den Netto-Herstellungskosten entsprechen (NHK)		
4. Wie hoch sind die Entsorgungskosten für Regelfläche: inkl. Deponiekosten (Baurestmassenverordnung, Bauschutt, …)?		
5. Ermittlung der Kostenverursacher und der Kostenübernehmer für NÖ: Bsp. Schulbau (Freiflächen in Schulen), Gemeindeflächen (Parkplätze, Ortsplätze, Gehwege, Fahrradwege, ...)		

Ökologische Bewertung / Material- und Energieaufwand		
	Bodenbelag:	
	FIRMA/INSTITUTION:	
	Technische Daten	Anmerkungen
Bewerten Sie den Material- und Energieaufwand, der für die Errichtung anfällt, für folgende Punkte:		
*) Erdbewegungen (z. B. Erdaushub in kg oder t)		
*) Materialzusammensetzung (inkl. Verschnitt, Verluste etc.)		
*) Energieaufwand (z. B. Maschinen, Stromverbrauch u. ä.)		
*) Transporte, z. B. Anlieferung (Entfernungen, Transportmittel)		
Nutzung:		
1. Wie hoch ist die Lebensdauer des Bodenbelags (getrennt nach technischer und realer Lebensdauer)?		
2. Wie hoch ist der Material- und Energieaufwand für Reparaturen, Instandhaltung, Pflege etc. (z. B. Schlaglöcher, Winterschäden, Verschleiß, Reinigung u. ä.)?		
Entsorgung / Recycling:		
1. Wie hoch ist der Anteil der Entsorgung (in %)?		
2. Beschreiben Sie die Art der Entsorgung (z. B. Art der Deponie, Verbrennung)		
3. Wie hoch ist der Recyclinganteil (in %)?		
4. Beschreiben Sie die Art des Recyclings (z. B. Wiederverwendung, Aufbereitung)		
5. Beschreiben Sie gegebenenfalls das Recycling-Verfahren		
6. Beschreiben Sie die anfallenden Transporte (Entfernungen, Transportmittel usw.)		
7. Wie hoch ist der Aufwand fuer Rückbau (Material- und Energieaufwand, zusätzliche Transporte)? - falls relevant!		
Weitere Informationen (falls vorhanden):		
1. Führen Sie eventuell vorhandene Ökolabels an!		
2. Haben Sie bereits Umweltpreise bekommen?		
3. Sonstiges		

MIPS-Bewertung

Materialintensitätsanalyse Bodenbeläge (Ergebnis-Übersicht)

Stand: 21.12.2009 — Sortiert nach $MI_{Nicht\ Nachwachsend}$

A) Recycling-Variante	$MI_{Nicht\ Nachwachsend}$	$MI_{Nachwachsend}$	MI_{Wasser}	MI_{Luft}	CO_2 (Schätzwert)	**Aufbau**
01 Schotterrasen	64 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	225 [kg/(m²*a)]	1,6 [kg/(m²*a)]	**1,9** [kg/(m²*a)]	0,30 [m]
15 Kunststoffbelag	66 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	568 [kg/(m²*a)]	6,0 [kg/(m²*a)]	**7,1** [kg/(m²*a)]	0,34 [m]
10 Quarzcolor	68 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	161 [kg/(m²*a)]	4,7 [kg/(m²*a)]	**5,6** [kg/(m²*a)]	0,38 [m]
03 Wassergebundene Decke	71 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	148 [kg/(m²*a)]	1,9 [kg/(m²*a)]	**2,2** [kg/(m²*a)]	0,40 [m]
05 Permazyme	72 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	123 [kg/(m²*a)]	1,9 [kg/(m²*a)]	**2,2** [kg/(m²*a)]	0,40 [m]
09 Terraway	78 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	217 [kg/(m²*a)]	3,3 [kg/(m²*a)]	**3,9** [kg/(m²*a)]	0,44 [m]
07 Asphalt	85 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	171 [kg/(m²*a)]	2,5 [kg/(m²*a)]	**2,9** [kg/(m²*a)]	0,52 [m]
08 Splitt Mastix	87 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	174 [kg/(m²*a)]	2,5 [kg/(m²*a)]	**3,0** [kg/(m²*a)]	0,54 [m]
02 Kalkschotterdecke	88 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	170 [kg/(m²*a)]	2,2 [kg/(m²*a)]	**2,7** [kg/(m²*a)]	0,45 [m]
12 Kleinsteinpflaster ohne Verbund	84 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	168 [kg/(m²*a)]	2,4 [kg/(m²*a)]	**2,9** [kg/(m²*a)]	0,51 [m]
11 Kleinsteinpflaster mit Verbund	84 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	185 [kg/(m²*a)]	2,8 [kg/(m²*a)]	**3,3** [kg/(m²*a)]	0,51 [m]
06 Parkwegebeton	89 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	259 [kg/(m²*a)]	2,5 [kg/(m²*a)]	**3,0** [kg/(m²*a)]	0,50 [m]
04 Stabilizer	95 [kg/(m²*a)]	0,1 [kg/(m²*a)]	200 [kg/(m²*a)]	2,5 [kg/(m²*a)]	**3,0** [kg/(m²*a)]	0,56 [m]
16 Betonstein ohne Verbund 6 cm	95 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	177 [kg/(m²*a)]	2,7 [kg/(m²*a)]	**3,2** [kg/(m²*a)]	0,59 [m]
13 Betonsteine mit Verbund	101 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	200 [kg/(m²*a)]	3,1 [kg/(m²*a)]	**3,7** [kg/(m²*a)]	0,61 [m]
14 Betonsteine ohne Verbund	99 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	185 [kg/(m²*a)]	2,8 [kg/(m²*a)]	**3,4** [kg/(m²*a)]	0,61 [m]

B) Deponie-Variante	$MI_{Nicht\ Nachwachsend}$	$MI_{Nachwachsend}$	MI_{Wasser}	MI_{Luft}	CO_2 (Schätzwert)	**Aufbau**
01 Schotterrasen	77 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	227 [kg/(m²*a)]	1,6 [kg/(m²*a)]	**1,9** [kg/(m²*a)]	0,30 [m]
15 Kunststoffbelag	83 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	574 [kg/(m²*a)]	6,2 [kg/(m²*a)]	**7,4** [kg/(m²*a)]	0,34 [m]
10 Quarzcolor	86 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	163 [kg/(m²*a)]	4,7 [kg/(m²*a)]	**5,7** [kg/(m²*a)]	0,38 [m]
03 Wassergebundene Decke	90 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	150 [kg/(m²*a)]	1,9 [kg/(m²*a)]	**2,2** [kg/(m²*a)]	0,40 [m]
05 Permazyme	90 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	124 [kg/(m²*a)]	1,9 [kg/(m²*a)]	**2,2** [kg/(m²*a)]	0,40 [m]
09 Terraway	99 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	219 [kg/(m²*a)]	3,3 [kg/(m²*a)]	**4,0** [kg/(m²*a)]	0,44 [m]
02 Kalkschotterdecke	109 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	172 [kg/(m²*a)]	2,3 [kg/(m²*a)]	**2,7** [kg/(m²*a)]	0,45 [m]
07 Asphalt	111 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	180 [kg/(m²*a)]	2,7 [kg/(m²*a)]	**3,2** [kg/(m²*a)]	0,52 [m]
12 Kleinsteinpflaster ohne Verbund	108 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	164 [kg/(m²*a)]	2,3 [kg/(m²*a)]	**2,8** [kg/(m²*a)]	0,51 [m]
06 Parkwegebeton	113 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	261 [kg/(m²*a)]	2,5 [kg/(m²*a)]	**3,0** [kg/(m²*a)]	0,50 [m]
08 Splitt Mastix	113 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	183 [kg/(m²*a)]	2,7 [kg/(m²*a)]	**3,2** [kg/(m²*a)]	0,54 [m]
11 Kleinsteinpflaster mit Verbund	108 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	181 [kg/(m²*a)]	2,6 [kg/(m²*a)]	**3,1** [kg/(m²*a)]	0,51 [m]
04 Stabilizer	121 [kg/(m²*a)]	0,1 [kg/(m²*a)]	203 [kg/(m²*a)]	2,5 [kg/(m²*a)]	**3,0** [kg/(m²*a)]	0,56 [m]
16 Betonstein ohne Verbund 6 cm	123 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	181 [kg/(m²*a)]	2,7 [kg/(m²*a)]	**3,2** [kg/(m²*a)]	0,59 [m]
13 Betonsteine mit Verbund	131 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	212 [kg/(m²*a)]	3,4 [kg/(m²*a)]	**4,0** [kg/(m²*a)]	0,61 [m]
14 Betonsteine ohne Verbund	128 [kg/(m²*a)]	0,0 [kg/(m²*a)]	189 [kg/(m²*a)]	2,9 [kg/(m²*a)]	**3,4** [kg/(m²*a)]	0,61 [m]

C) Recycling-Variante (je 1 m Aufbau)	$MI_{Nicht\ Nachwachsend}$	$MI_{Nachwachsend}$	MI_{Wasser}	MI_{Luft}	CO_2 (Schätzwert)	**Aufbau**
08 Splitt Mastix	160 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	323 [kg/(m³*a)]	4,6 [kg/(m³*a)]	**5,5** [kg/(m³*a)]	0,54 [m]
16 Betonstein ohne Verbund 6 cm	161 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	300 [kg/(m³*a)]	4,5 [kg/(m³*a)]	**5,4** [kg/(m³*a)]	0,59 [m]
14 Betonsteine ohne Verbund	162 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	303 [kg/(m³*a)]	4,6 [kg/(m³*a)]	**5,5** [kg/(m³*a)]	0,61 [m]
07 Asphalt	164 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	329 [kg/(m³*a)]	4,7 [kg/(m³*a)]	**5,6** [kg/(m³*a)]	0,52 [m]
13 Betonsteine mit Verbund	165 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	328 [kg/(m³*a)]	5,0 [kg/(m³*a)]	**6,0** [kg/(m³*a)]	0,61 [m]
04 Stabilizer	169 [kg/(m³*a)]	0,1 [kg/(m³*a)]	357 [kg/(m³*a)]	4,4 [kg/(m³*a)]	**5,3** [kg/(m³*a)]	0,56 [m]
12 Kleinsteinpflaster ohne Verbund	164 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	329 [kg/(m³*a)]	4,8 [kg/(m³*a)]	**5,7** [kg/(m³*a)]	0,51 [m]
11 Kleinsteinpflaster mit Verbund	165 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	362 [kg/(m³*a)]	5,4 [kg/(m³*a)]	**6,5** [kg/(m³*a)]	0,51 [m]
09 Terraway	178 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	492 [kg/(m³*a)]	7,5 [kg/(m³*a)]	**9,0** [kg/(m³*a)]	0,44 [m]
03 Wassergebundene Decke	178 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	369 [kg/(m³*a)]	4,6 [kg/(m³*a)]	**5,6** [kg/(m³*a)]	0,40 [m]
06 Parkwegebeton	179 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	518 [kg/(m³*a)]	5,0 [kg/(m³*a)]	**6,0** [kg/(m³*a)]	0,50 [m]
05 Permazyme	179 [kg/(m³*a)]	0,1 [kg/(m³*a)]	306 [kg/(m³*a)]	4,6 [kg/(m³*a)]	**5,5** [kg/(m³*a)]	0,40 [m]
10 Quarzcolor	180 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	424 [kg/(m³*a)]	12,4 [kg/(m³*a)]	**14,9** [kg/(m³*a)]	0,38 [m]
02 Kalkschotterdecke	195 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	377 [kg/(m³*a)]	5,0 [kg/(m³*a)]	**5,9** [kg/(m³*a)]	0,45 [m]
15 Kunststoffbelag	196 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	1.680 [kg/(m³*a)]	17,7 [kg/(m³*a)]	**21,1** [kg/(m³*a)]	0,34 [m]
01 Schotterrasen	213 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	751 [kg/(m³*a)]	5,2 [kg/(m³*a)]	**6,3** [kg/(m³*a)]	0,30 [m]

D) Deponie-Variante (je 1 m Aufbau)	$MI_{Nicht\ Nachwachsend}$	$MI_{Nachwachsend}$	MI_{Wasser}	MI_{Luft}	CO_2 (Schätzwert)	**Aufbau**
08 Splitt Mastix	209 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	339 [kg/(m³*a)]	5,0 [kg/(m³*a)]	**6,0** [kg/(m³*a)]	0,54 [m]
16 Betonstein ohne Verbund 6 cm	208 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	306 [kg/(m³*a)]	4,6 [kg/(m³*a)]	**5,5** [kg/(m³*a)]	0,59 [m]
14 Betonsteine ohne Verbund	210 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	310 [kg/(m³*a)]	4,7 [kg/(m³*a)]	**5,6** [kg/(m³*a)]	0,61 [m]
07 Asphalt	213 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	346 [kg/(m³*a)]	5,1 [kg/(m³*a)]	**6,1** [kg/(m³*a)]	0,52 [m]
13 Betonsteine mit Verbund	215 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	347 [kg/(m³*a)]	5,5 [kg/(m³*a)]	**6,6** [kg/(m³*a)]	0,61 [m]
04 Stabilizer	216 [kg/(m³*a)]	0,1 [kg/(m³*a)]	362 [kg/(m³*a)]	4,5 [kg/(m³*a)]	**5,3** [kg/(m³*a)]	0,56 [m]
12 Kleinsteinpflaster ohne Verbund	211 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	322 [kg/(m³*a)]	4,5 [kg/(m³*a)]	**5,4** [kg/(m³*a)]	0,51 [m]
11 Kleinsteinpflaster mit Verbund	212 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	355 [kg/(m³*a)]	5,1 [kg/(m³*a)]	**6,1** [kg/(m³*a)]	0,51 [m]
09 Terraway	225 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	497 [kg/(m³*a)]	7,5 [kg/(m³*a)]	**9,0** [kg/(m³*a)]	0,44 [m]
03 Wassergebundene Decke	225 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	374 [kg/(m³*a)]	4,7 [kg/(m³*a)]	**5,6** [kg/(m³*a)]	0,40 [m]
06 Parkwegebeton	225 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	523 [kg/(m³*a)]	5,1 [kg/(m³*a)]	**6,1** [kg/(m³*a)]	0,50 [m]
05 Permazyme	226 [kg/(m³*a)]	0,1 [kg/(m³*a)]	311 [kg/(m³*a)]	4,7 [kg/(m³*a)]	**5,6** [kg/(m³*a)]	0,40 [m]
10 Quarzcolor	227 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	429 [kg/(m³*a)]	12,5 [kg/(m³*a)]	**14,9** [kg/(m³*a)]	0,38 [m]
02 Kalkschotterdecke	242 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	382 [kg/(m³*a)]	5,0 [kg/(m³*a)]	**6,0** [kg/(m³*a)]	0,45 [m]
15 Kunststoffbelag	245 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	1.697 [kg/(m³*a)]	18,3 [kg/(m³*a)]	**21,8** [kg/(m³*a)]	0,34 [m]
01 Schotterrasen	258 [kg/(m³*a)]	0,0 [kg/(m³*a)]	755 [kg/(m³*a)]	5,3 [kg/(m³*a)]	**6,3** [kg/(m³*a)]	0,30 [m]

Effekte auf das Mikroklima

KRITERIEN	Beläge	Asphalt	Splitt-Mastix	Schotterrasen	Parkwegebeton	Kalkschotterdecke	Betonstein	Wassergebundene Decke	PermaZyme	Quarzcolor	Terraway	Stabilizer	Granit-Kleinsteinpflaster	Betonsickerstein	BetonsteinVS maschinell	Kunststoffbelag	Anmerkungen
Wärmespeicherkoeffizient		1,01	1,01	0,84	0,88	0,84	0,88	0,84	0,84	kA	kA	0,84	0,84	0,88	0,88	kA	
Wärmespeicherkapazität		0,92	0,92	0,835	0,88	kA	0,88	0,835	0,84	0,835	0,84	0,84	0,79	0,88	0,88	kA	
Wärmeleitfähigkeit		0,75	0,75	0,042	1,51	0,042	1,51	0,042	0,042	kA	kA	0,042	2,19	1,51	1,51	kA	
Wasserdurchlässigkeit		0	0	kA	kA	kA	kA	kA	10 ^-3	10 ^-3	4x10 ^-3	kA	kA	kA	kA	4x10 ^-3	
Wasserspeicherkapazität		0	0	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	0,50%	kA	kA	kA	
Dichte		2,11	2,11	1,6	2,4	1,6	2,4	1,6	1,6	kA	1,3	1,6	2,68	2,4	2,4	kA	
kurzwellige Albedo in %		5 - 20	5 - 20	25-45	10-35	25-45	10-35	25-45	25-45	25-45	25-45	25-45	20-35	10-35	10-35	ka	abhängig von der Farbe
langwellige Albedo in %		4 - 5	4 - 5	10	4	10	4	10	10	10	10	10	5-15	4	4	kA	
Verdunstungseffekt		kein	kein	mäßig	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	
Ampelwertung		rot	rot	grün	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	

Kostenbewertung

Ökonomische Bewertung der Bodenbeläge														
	Kostenkategorien entlang des Lebenszykluses													
Belagsart	Nettoherstellungskosten	Reinigungs-, Pflegekosten in Euro, jährlich	Wartungskosten in Euro, jährlich	Reparaturkosten in Euro, jährlich	Betriebskosten gesamt pro Jahr	Betriebskosten gesamt über 25 Jahre	Rückbaukosten, einmalig	Recycling kosten, einmalig	Rückbau/ Recycling Kosten	Entsorgungskosten Deckschicht, einmalig	Deponievolumen in m3	Deponieerhaltungskosten in Euro	Lebenszykluskosten für 25 Jahre Nutzungsjahre inkl. Deponie Deckschicht	Lebenszykluskosten für 25 Jahre ohne Deponie Deckschicht	Lebenszykluskosten für die zweiten 25 Jahre
Asfalt	37200	100		300	400	10000	7000	3500	10500	4025	70	1602,3	63327,3	57700	46540
Split-Mastix	40800	100		300	400	10000	7000	3500	10500	12375	90	2060,1	75735,1	61300	49060
Schotterrasen	14500	300	500	500	1300	32500	3500	0	3500	0			50500	50500	36000
Parkwegebeton	46200	100		300	400	10000	6000	300	6300	4600	100	2289	69389	62500	47254
Kalkschotterdecke	26100	200	900	500	1600	40000	4000	0	4000	0			70100	70100	44000
Betonstein, allseitige Verbundwirkung, maschinell verlegt	52540	200	500	100	800	20000	8000	300	8300	3174	60	1373,4	85387,4	80840	45638,2
Wasser gebundene Decke	26360	200	900	500	1600	40000	4500	0	4500	0			70860	70860	44500
PermaZyme	25800	200	600	500	1300	32500	5500	0	5500	0			63800	63800	38000
Quarz Color	86200	300	400	200	900	22500	6000	1000	7000	1380	30	686,7	117766,7	115700	89840
Terraway	94400	300	300	200	800	20000	6000	1000	7000	1840	40	915,6	124155,6	121400	93080
Stabilizer	34800	300	270	600	1170	29250	5500	0	5500	0			69950	69950	34750
Betonstein La Linea	93140	200	500	100	800	20000	8000	300	8300	4232	80	1831,2	127503,2	121440	59036,2
Pflastersteine Betonstein Rialta natur	93140	200	500	100	800	20000	8000	300	8300	4232	80	1831,2	127503,2	121440	59036,2
Betonsickerpflaster	59540	200	500	100	800	20000	8000	300	8300	4232	80	1831,2	93903,2	87840	47948,2
Granit-Kleinstein, Variante 1: ohne Fugenverfestigung	87340	200	500	0	700	17500	6000	0	6000	0			110840	110840	23500
Granit-Kleinstein, Variante 2: mit Fugenverfestigung	107340	200	500	0	700	17500	6000	0	6000	0			130840	130840	23500
Kunststoffbelag	67140	1000	500	100	1600	40000	15000	5300		1375	20	457,8	129272,8	127440	105283,8

Nachhaltige Freiraumgestaltung

mittels ökologischer und ökonomischer Lebenszyklusbewertung

von Bodenbelägen im Außenbereich

Kontakt
GrAT – Gruppe Angepasste Technologie
TU Wien
Wiedner Hauptstraße 8-10
A-1040 Wien
Tel.: +43 (1) 58801 49523
Fax: +43 (1) 58801 49533
www.grat.at
contact@grat.at

Auftraggeber
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung
Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr
Abteilung Umweltwirtschaft und Raumordnungsförderung
Landhausplatz 1
A-3109 St. Pölten