

Asphaltrechner

Hintergrundbericht des Asphalt-Ökobilanzrechners



Umtec Technologie AG
Eichtalstrasse 54, 8634 Hombrechtikon
Tel: 055 211 02 82


Im Auftrag bzw. mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt BAFU

Datum: 24. November 2025

IBU | Institut für
Bau und Umwelt

 **UTech**
Umtec Technologie AG

BAFU

 Tiefbauamt Graubünden
Uffizi da construcziun bassa dal Grischun
Ufficio tecnico dei Grigioni

asphaltsuisse



 **Kanton Zürich
Baudirektion
Tiefbauamt**

ASTRA

**Kanton St.Gallen
Tiefbauamt**



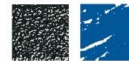
Thurgau

Kantonales Tiefbauamt



Kanton Basel-Stadt

PRO
ENGINEERS AG



Impressum

Autoren und Autorinnen

Thomas Pohl
Nick Spitzhofer
Dominik Osterwalder

Umtec Technologie AG
Eichtalstrasse 54
8634 Hombrechtikon

Auftragnehmer

Thomas Pohl, Umtec Technologie AG
Susanne Kytzia, OST Institut für Bau und Umwelt

Finanzierungs- und Projektpartner

Peter Gerber, Bundesamt für Umwelt BAFU
Bernhard Kunz, Verband asphaltuisse
Bernhard Hirschi, Verband asphaltuisse
Gion Dosch, Tiefbauamt Kanton GR
Christoph Abegg, Tiefbauamt Kanton ZH
Manfred Huber, Tiefbauamt Kanton SG
Benedikt Eberle, Tiefbauamt Kanton TG
Michael Schweizer, Tiefbauamt Kanton BS
Mirko Ruchay, Tiefbauamt Kanton BS

Kritische Prüfung

Rolf Frischknecht, treeze Ltd.

Technische Begleitung

Federico Irali, Bundesamt für Strassen ASTRA

IT-Umsetzung

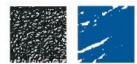
Andreas Bauer, Pro Engineers AG

Diese Studie wurde mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.



Inhalt

Glossar	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	5
1. Einleitung	7
1.1 Ausgangslage und Problemanalyse	7
1.2 Zielsetzung	7
1.3 Projektorganisation	8
1.4 Inhalt	10
2. Ziel und Untersuchungsrahmen	11
2.1 Ziel.....	11
2.2 Untersuchungsrahmen	13
2.3 Asphaltflüsse in der Schweiz.....	18
2.4 Allokation	21
2.5 Funktionelle Einheit	24
2.6 Datengrundlage	24
2.7 Lineare Interpolation	25
3. Sachbilanz	28
3.1 Energie	28
3.2 Inhaltsstoffe	30
3.3 Emissionen	35
3.4 Transport.....	35
3.5 Abfälle aus der Produktion	36
3.6 Infrastruktur und Betriebsmittel	37
3.7 Entsorgung.....	37
4. Ergebnisse und Diskussion.....	41
4.1 Eingabeparameter	41
4.2 Ergebnisse	42
4.3 Interpretationen	43
4.4 Fazit.....	45
Literaturverzeichnis	47
Anhang A. Reviewbericht	49



Glossar

Bezeichnung	Beschreibung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
CHF	Schweizer Franken
CO ₂ -eq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente («equivalents»)
EPD	Umweltproduktdeklaration, engl. Environmental Product Declaration
FE	Funktionelle Einheit
GWP	Treibhauspotenzial, engl. Global Warming Potential
IPB	Interessensgemeinschaft privater professioneller Bauherren
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
KEA	Kumulierter Energieaufwand (englisch CED)
LCA	Life Cycle Assessment
NMVOG	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (englisch Non-methane volatile organic compound)
Oil-eq	Öl-Äquivalente («equivalents»)
PmB	Polymermodifiziertes Bitumen
RAP	Recycling Asphalt Pavement, gebrochener und siebklassierter Ausbauasphalt, wird als sekundäre Gesteinskörnung verwendet
Sekundärsplitt	Ausbauasphalt, welcher gebrochen, in einer Attritionszelle behandelt und anschliessend siebklassiert wird. Enthält weniger Restbitumen als RAP.
UBP	Umweltbelastungspunkt
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation



Abbildungsverzeichnis

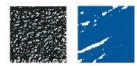
Abbildung 1: Beeinflussbarkeit der Nachhaltigkeit in Abhängigkeit des Projektfortschritts	8
Abbildung 2: Systemabgrenzung gemäss der Norm 15643:2021	17
Abbildung 3: Systemabgrenzung gemäss den Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz [2].	17
Abbildung 4: Asphaltflüsse in der Schweiz	20
Abbildung 5: Stoffflüsse bei der Herstellung von RAP in der Aufbereitung	22
Abbildung 6: Allokation in der End-of-Life Phase des Asphalts.....	23
Abbildung 7: Stoffflüsse bei der Herstellung von Sekundärsplitt in der Aufbereitung	23
Abbildung 8: Allokation in der End-of-Life Phase des Asphalts.....	24
Abbildung 9: Ermittlung sämtlicher Rezepturen bei unterschiedlichen RC-Gehalten	26
Abbildung 10: Ergebnisse des Variantenvergleichs mittels der Treibhausgasemissionen.....	42
Abbildung 11: Ergebnisse des Variantenvergleichs mittels der ökologischen Knappheit.....	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Involvierte Institutionen und namentliche Vertreter/-innen	9
Tabelle 2: Untersuchte Asphaltmischgüter im Asphaltrechner für Planende.....	13
Tabelle 3: Kernindikatoren für die Umweltwirkungen nach SN EN 15804+A2:2019	14
Tabelle 4: Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren nach SN EN 15804+A2:2019.....	15
Tabelle 5: Indikatoren zur Sachbilanz nach SN EN 15804+A2:2019	16
Tabelle 6: Asphaltflüsse in der Schweiz	18
Tabelle 7: Im Inland behandelter Ausbauasphalt gemäss Sonderabfallstatistik 2018.....	19
Tabelle 8: In der Studie verwendete Entsorgungs- und Verwertungswege.....	20
Tabelle 9: Verwertungswege einer Tonne Ausbauasphalt im Asphaltrechner	20
Tabelle 10: Input- und Output-basierte Massenströme der Aufbereitung von Ausbauasphalt zu RAP.	21
Tabelle 11: Input- und Output-basierte Massenströme der Aufbereitung von Ausbauasphalt zu Sekundärsplitt.	21
Tabelle 12: Datenquellen der verwendeten Vordergrunddaten für die Sachbilanzen	24
Tabelle 13: Wärmeenergiebedarf der Herstellung von Asphalt.....	28
Tabelle 14: Strombedarf der Herstellung von Asphalt	28
Tabelle 15: Verfügbare Wärmemixe im Asphaltrechner inkl. Datenquelle	29
Tabelle 16: Verfügbare Strommixe im Asphaltrechner inkl. Datenquelle.....	29
Tabelle 17: Sachbilanz von 1 t Asphaltgranulat aus einer dieselbetriebenen Anlage.....	31
Tabelle 18: Sachbilanz von 1 t Asphaltgranulat aus einer elektrisch betriebenen Anlage	31
Tabelle 19: Sachbilanz von 1 t Sekundärsplitt aus einer dieselbetriebenen Anlage	32
Tabelle 20: Sachbilanz von 1 t Sekundärsplitt aus einer elektrisch betriebenen Anlage	33
Tabelle 21: Sachbilanz von 1 kg Füller	34
Tabelle 22: Sachbilanz von 1 t polymermodifiziertes Bitumen	34
Tabelle 24: Emissionen aus den periodischen Emissionsmessungen.....	35
Tabelle 25: Transportdistanzen der Inhaltsstoffe vom Herstellungsort zum Mischgutwerk...36	
Tabelle 26: Abfallmengen pro 1 t produziertem Asphalt	36
Tabelle 27: Sachbilanz für ein typisches Schweizer Asphaltwerk.....	37
Tabelle 28: Mengen an verbrauchten Treib- und Schmierstoffen	37
Tabelle 29: Sachbilanz für den Rückbau von 1 t Asphalt mittels Strassenfräse	38
Tabelle 30: Transportdistanzen und -mengen in die Abfallbehandlung	38
Tabelle 31: Recycling von Ausbauasphalt (dieselbetrieben).	39
Tabelle 32: Verwertung von Ausbauasphalt.....	40



Tabelle 33: Entsorgung des während der Aufbereitung entstehend Abfalls.	40
Tabelle 34: Eingabeparameter Variantenvergleich	41
Tabelle 35: Variantenvergleich mittels der Treibhausgasemissionen.....	42
Tabelle 36: Variantenvergleich mittels der ökologischen Knappheit.....	43
Tabelle 37: Reduktion der Umweltauswirkungen der Kategorie übriges Asphaltherstellung .	44



1. Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemanalyse

In öffentlich-rechtlichen Ausschreibungen gewinnt die ökologische Nachhaltigkeit zunehmend an Bedeutung. Dies stellt die im Baubereich involvierten Stakeholder wie Planende, Bauherren/Bauherrinnen und Bauunternehmungen sowie Verbände und Herstellende vor neue Herausforderungen. Denn die Quantifizierung der Umweltwirkung von Baumaterialien und deren Interpretation ist selbst für Umweltfachleute anspruchsvoll. Seitens der Bauherrschaften und Planenden von Gebäuden wird mehrheitlich auf die fundierten und breit abgestützten Ökobilanzdaten im Baubereich von KBOB, ecobau und IPB (KBOB/ecobau-Liste «Ökobilanzdaten im Baubereich») [1] zurückgegriffen. Gerade im Tief- und Strassenbau wird pro ausgegebenem CHF ein sehr hoher Materialumsatz erwirkt. Dabei stehen die Baustoffe «Asphalt» und «Beton» massenmässig im Fokus. Zur Abschätzung der Umweltwirkungen von Beton gibt es bereits zwei in der Branche akzeptierte Ökobilanzrechner:

- [Betonrechner für Planende](#)
- [Betonrechner für Herstellende](#)

Allerdings gibt es in der Schweiz weder in der öffentlich zugänglichen KBOB/ecobau-Liste «Ökobilanzdaten im Baubereich» noch in Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declaration, EPD) oder in einem allgemein akzeptierten Ökobilanzrechner Umweltkennwerte für Asphalt. Im Tief- und Strassenbau besteht bei verschiedenen Akteuren der Wunsch nach einem Asphalt-Ökobilanzrechner – nachfolgend kurz Asphaltrechner genannt. Mit diesem sollen die gesamtheitliche Umweltbelastung, die Treibhausgasemissionen und die kumulierten Energieaufwände unterschiedlicher Asphaltarten mit variierendem Recycling-Gehalt sowie mit verschiedenen Bindemitteln ermittelt werden können. Zusätzlich sollen in einem Rechner für Herstellende spezifische Rezepturen inkl. Werkparameter bilanziert werden können.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieses Projekts ist die Erstellung eines wissenschaftlich fundierten Asphaltrechners, der von allen Akteuren kostenlos genutzt werden kann und einfach zu handhaben ist. Der Rechner soll sich methodisch an den KBOB/ecobau Bilanzierungsregeln [2] orientieren und den Ökobilanzdatenbestand der Bundesverwaltung [3] verwenden.

Der Asphaltrechner soll Planende dabei unterstützen, bereits in einer frühen Projektphase eine Reduktion der Umweltwirkungen, durch den Vergleich verschiedener Asphaltarten, vorzunehmen. In einer frühen Projektphase kann der Nachhaltigkeit am effizientesten Rechnung getragen werden (siehe Abbildung 1). Der Asphaltrechner ermöglicht es Planenden während der Submission Umwelanforderungen zu definieren und bei der Vergabe auch Umweltkriterien zu berücksichtigen.

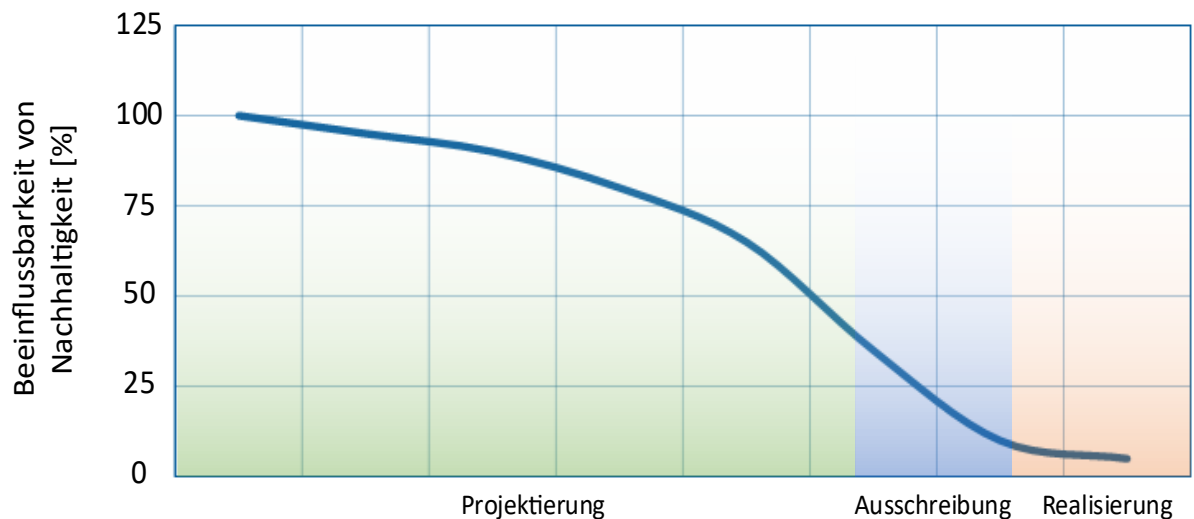


Abbildung 1: Beeinflussbarkeit der Nachhaltigkeit in Abhängigkeit des Projektfortschritts. Eigene Darstellung nach [4].

Für Asphaltherstellende besteht durch den Asphaltrechner die Möglichkeit, die Umweltwirkungen ihrer Produkte selbst zu ermitteln und in Kenntnis dieser Massnahmen zur Reduktion der Umweltwirkungen zu definieren und umzusetzen. Bisher mussten Asphaltherstellende eine Ökobilanz in Auftrag geben, um die Umweltwirkungen ihrer Produkte zu ermitteln. Mit dem Asphaltrechner haben Herstellende nun die Möglichkeit, anhand des Asphaltrechners ein PDF-Dokument zu erstellen, in welchem die Umweltwirkungen ihrer Produkte aufgeführt sind. Dieses Dokument können sie bei Ausschreibungen oder als Anhang bei Typprüfungen/Deklarationen beilegen.

1.3 Projektorganisation

Die Projektleitung und der Hauptteil der Bearbeitung des vorliegenden Projekts liegt bei der Umtec Technologie AG (nachfolgend kurz UTech genannt). Unterstützend für die Qualitätssicherung ist Frau Prof. Dr. Susanne Kytzia, Professorin für nachhaltiges Bauen an der Ostschweizer Fachhochschule mit dabei. Das Projekt ist durch eine grosse Anzahl an Projektpartner/-innen breit abgestützt. Seitens des Bundesamtes für Umwelt ist die Sektion Konsum und Produkte federführend involviert. Von Seiten öffentlich-rechtlicher Institutionen sind fünf Tiefbauämter (der Kantone BS, GR, SG, TG und ZH) an Bord. Seitens der Industrie ist die Mischgutindustrie der Schweiz über den Branchenverband asphaltuisse im Projekt dabei. Das Bundesamt für Strassen ASTRA hat als grösste Asphalt-Bestellerin der Schweiz eine wichtige Rolle im Projekt und übernimmt die Funktion der technischen Beraterin. Zusätzlich wird das Projekt durch ein externes projektbegleitendes KBOB-Review von Dr. Rolf Frischknecht von treeze Ltd. gestützt. Die Entwicklung der Webapplikation übernimmt das IT-Büro Pro Engineers AG. Tabelle 1 gibt eine Übersicht der involvierten Institutionen und den entsprechenden Rollen im Projekt.



Tabelle 1: Involvierte Institutionen und namentliche Vertreter/-innen sowie deren Funktion im vorliegenden Projekt.

Vorname, Nachname	Institution	Funktion / Rolle im Projekt
Peter Gerber	Bundesamt für Umwelt BAFU	Finanzierungs- & Projektpartner
Bernhard Kunz	Verband asphaltuisse	Finanzierungs- & Projektpartner
Bernhard Hirschi	Verband asphaltuisse	Finanzierungs- & Projektpartner
Gion Dosch	Tiefbauamt Kanton GR	Finanzierungs- & Projektpartner
Christoph Abegg	Tiefbauamt Kanton ZH	Finanzierungs- & Projektpartner
Manfred Huber	Tiefbauamt Kanton SG	Finanzierungs- & Projektpartner
Benedikt Eberle	Tiefbauamt Kanton TG	Finanzierungs- & Projektpartner
Michael Schweizer	Tiefbauamt Kanton BS	Finanzierungs- & Projektpartner
Mirko Ruchay	Tiefbauamt Kanton BS	Finanzierungs- & Projektpartner
Rolf Frischknecht	treeze Ltd.	Auftragnehmer kritische Prüfung
Federico Irali	Bundesamt für Strassen ASTRA	Technischer Berater
Andreas Bauer	Pro Engineers AG	IT-Umsetzungspartner
Susanne Kytzia	OST, Institut für Bau und Umwelt	Auftragnehmerin
Nick Spitzhofer	Umtec Technologie AG	Auftragnehmer
Dominik Osterwalder	Umtec Technologie AG	Auftragnehmer
Thomas Pohl	Umtec Technologie AG	Auftragnehmer



1.4 Inhalt

Im Rahmen des vorliegenden Projekts werden technische Vordergrunddaten von Belagswerken (z.B. Bitumengehalt im Asphalt, Wärmebedarf pro Tonne Asphalt etc.) in der Schweiz erfragt, ausgewertet und konsolidiert. Darauf basierend werden diese technischen Vordergrunddaten mit generischen Hintergrunddaten aus dem Ökobilanzdatenbestand der Bundesverwaltung [3] verknüpft und ein Ökobilanzmodell erstellt. Im Rahmen der Erstellung des Ökobilanzmodells werden Ökobilanzdaten für folgende Materialien erarbeitet, da diese noch nicht in den Ökoinventardaten der Bundesverwaltung vorliegen:

- Pflanzkohle (aus Pyrolyseverfahren)
- Polymermodifiziertes Bitumen
- Asphaltgranulat RAP und Sekundärsplitt

Nach der Erstellung dieser neuen Datensätze kann das Ökobilanzmodell erstellt werden. Aus dem Ökobilanzmodell wird eine Exceldatei erstellt für die beiden Nutzenden 1. Planende und 2. Herstellende. Dieses Exceldokument bildet anschliessend die Grundlage für die Entwicklung einer Webapplikation und dient gleichzeitig als Basis für die kritische Prüfung. Es wird den Projektpartner/-innen vor dem Start der Entwicklung der Webapplikation für ausgiebige Tests zur Verfügung gestellt.

Folgende Endprodukte werden durch das vorliegende Projekt geliefert:

- Ökobilanzrechner in Form einer Exceldatei
- Asphaltrechner als Webapplikation
- Hintergrundbericht
- Grundlage zur EPD-Erstellung für Asphalt in der Schweiz

Die UTech garantiert den inhaltlichen und technischen Support (zusammen mit Pro Engineers AG) für die folgenden fünf Jahre nach Abschluss dieses Projekts.



2. Ziel und Untersuchungsrahmen

2.1 Ziel

Ziel des vorliegenden Ökobilanz-Asphaltrechners ist es, Asphaltherstellenden und Planenden ein wissenschaftlich fundiertes, den Bedürfnissen entsprechendes und in der Handhabung einfaches Tool zur Verfügung zu stellen. Dazu soll der Asphaltrechner folgende Anforderungen erfüllen:

Planende

Der Asphaltrechner soll Planenden bereits in einer frühen Projektphase dabei unterstützen, die Umweltauswirkungen von Bauprojekten zu reduzieren. Planende können mittels eines Variantenvergleichs ökologisch vorteilhafte Varianten identifizieren und diese Erkenntnisse in der Ausschreibung nutzen (z.B. durch die Vorgabe einer maximalen Umweltwirkung oder eines minimalen Anteils an Recyclingmaterial). Ausserdem erlaubt der Asphaltrechner während des Angebotsvergleichs eine Bewertung der Angebote im Vergleich zum Schweizer Durchschnitt einer spezifischen Asphaltsorte.

Planende sollen folgende Auswahlmöglichkeiten haben:

- Mischguttyp (Deck-, Binder, Trag-, Fundations- und Sickerschicht sowie Gussasphalt)
- Asphaltsorte (siehe Tabelle 2)
- Recyclinganteil (in 10%-Schritten von 0% bis 90%)
- Produktionstemperatur (zwei Auswahlmöglichkeiten: Niedertemperatur- oder Heissasphalt)

Asphaltherstellende

Asphaltherstellende erhalten durch den Asphaltrechner die Möglichkeit, die Umweltwirkungen ihrer Mischgutsorten qualitätsgesichert, kostenlos und auf einfache Weise zu ermitteln. Sie haben die Möglichkeit, ein PDF-Dokument mit einer Ökobilanz nach den methodischen Setzungen der KBOB-Liste «Ökobilanzdaten im Baubereich» zu generieren. Diese können sie für Ausschreibungen nutzen, bei welchen Anforderungen an die Nachhaltigkeit gestellt werden oder als Anhang zur Typprüfung¹ verwenden. Dadurch verschaffen Sie sich einen Vorteil gegenüber Anbietern, welche die Umweltwirkungen ihrer Mischgutsorten nicht deklarieren. Durch einen nachweisbaren Umweltvorteil können höhere Produktkosten gerechtfertigt werden. Ausserdem besteht die Möglichkeit einer Auswertung nach den Anforderungen einer Umweltproduktdeklaration (EPD) nach EN SN 15804+A2:2019 [5]. Das dadurch generierte Dokument kann als Grundlage für eine EPD dienen. Durch eine differenzierte Auswertung erlaubt der Asphaltrechner den Herstellenden ausserdem, die grössten Umweltwirkungen ihres Mischgutes zu identifizieren und daraus Massnahmen zu deren Reduktion abzuleiten. Ausserdem können Asphaltherstellende ihre Mischgutsorten mit dem Schweizer Durchschnitt aus dem Rechner für Planende vergleichen. Auf diese Weise werden sie dazu animiert, nachhaltiger als der Schweizer Durchschnitt zu produzieren. Der Asphaltrechner kann von vielen weiteren Interessensgruppen genutzt werden z.B. von Ingenieurbüros oder Ökobilanzierenden und ist über die Domain <https://asphaltrechner.ch> kostenlos verfügbar.

¹ Mischgutsorten müssen alle 5 Jahre, oder bei Rezeptänderungen, welche sich nicht innerhalb der zulässigen Toleranzen bewegen, einer Typprüfung unterzogen werden. Die Ergebnisse der Typprüfung müssen von den Asphalthersteller/-innen an die Bauunternehmen und Auftraggeber/-innen abgegeben werden. Daher könnten die Umweltkennwerte als Anhang zur Typprüfung ebenfalls angegeben werden.



Asphaltherstellende haben im Asphaltrechner folgende Auswahlmöglichkeiten und Eingabeoptionen:

- Mischguttyp (Deck-, Binder, Trag-, Fundations- und Sickerschicht sowie Gussasphalt)
- Anteil Füller (kg pro Tonne)
- Anteil Feine Gesteinskörnung (kg pro Tonne, Brechsand)
- Anteil Grobe Gesteinskörnung (kg pro Tonne, Splitt)
- Anteil RAP (kg pro Tonne, Reclaimed Asphalt Pavement)
- Anteil Sekundärsplitt (kg pro Tonne)
- Anteil bituminöses Bindemittel (kg pro Tonne)
- Anteil Zellulosefasern (kg pro Tonne)
- Anteil Summe an Rejuvenatoren / Regeneratoren (kg pro Tonne)
- Anteil Pflanzkohle (kg pro Tonne)
- Bitumenart (Polymermodifiziertes Bitumen, Strassenbaubitumen)
- Wärmemix (Braunkohlestaub, Erdgas, Flüssiggas, Heizöl, Holzstaub)
- Wärmemenge (kWh pro Tonne)
- Strommix (Verbrauchermix, AKW- oder Ökostrom, Schweiz oder Deutschland)
- Strommenge (kWh pro Tonne)
- Herstellung RAP (Diesel oder elektrisch)
- Produktionstemperatur (Niedertemperatur- oder Heissasphalt)

Mit Default-Werten hinterlegt und bei Bedarf individuell anpassbar:

- Jahresproduktion und jährliche Laufzeit des Asphaltwerks (Mittelwert)
- Transportdistanzen aller Inputmaterialien (Gesteinskörnung, Bindemittel etc.)
- Transportart aller Inputmaterialien (Anteil LKW und Anteil Güterzug)
- Menge der bei der Asphaltproduktion anfallenden Abfälle (Mittelwert)
- Anlagenspezifische Emissionen von Luftschadstoffen (Feinstaub, CO, NO_x) gemäss den periodischen Emissionsmessungen (Mittelwert)
- Treib- und Schmierstoffbedarf (Mittelwert)

Nicht auswählbar, jedoch im Hintergrund programmiert, sind folgende Parameter (in beiden Fällen: für die Planenden als auch für die Herstellenden):

- Die Luftschadstoffe NMVOC, CO₂, Benzol, Toluol, PAK (Benzo(a)pyren), CH₄, SO₂ werden als Mittelwert miteinberechnet - basierend auf der Wahl des Wärmemixes)
- Materialeffizienz (Leer- und Rückläufe, Ausschuss)
- Strassenbaubitumen-Sorte (Mittelwert) und Sorte des Polymermodifizierten Bitumens (Mittelwert)
- Infrastruktur (Trocknertrommel, Doseure, Hochelevatoren, Siebtürme, Bitumentanks etc. als Proxy)
- Gebäude (als Proxy)



2.2 Untersuchungsrahmen

2.2.1 Untersuchte Produkte

Bei den untersuchten Produkten handelt es sich um bitumengebundene Asphaltmischgüter, welche für den Strassenoberbau verwendet werden. Die untersuchten Asphaltarten sind in Tabelle 2 aufgelistet. Zusätzlich wurde eine Klassifizierung nach den unterschiedlichen Beanspruchungsanforderungen und Einsatzbedingungen vorgenommen (N, S, H und L). Die Klassifizierung ist nicht abschliessend.

Tabelle 2: Untersuchte Asphaltmischgüter im Asphaltrechner für Planende

<u>Deckschichten</u>		<u>Tragschichten</u>	
Asphaltbeton	AC 4	Asphaltbeton	ACT 11
Asphaltbeton	AC 8	Asphaltbeton	ACT 16
Asphaltbeton	AC 11	Asphaltbeton	ACT 22
Asphaltbeton	AC 16	Asphaltbeton	ACT 32
Rauasphalt	AC MR 8	Hochmodul-Asphaltbeton	AC EME 22 C1
Rauasphalt	AC MR 11	Hochmodul-Asphaltbeton	AC EME 22 C2
Splittmastix	SMA 8	Tragdeckschicht	ACTDS 16
Splittmastix	SMA 11	Tragdeckschicht	ACTDS 22
Semidichter Asphalt	SDA 4-12		
Semidichter Asphalt	SDA 8-12	<u>Sickerschichten</u>	
Offenporiger Asphalt	PA 8	Offenporiger Asphalt	PA S 11
Offenporiger Asphalt	PA 11	Offenporiger Asphalt	PA S 16
		Offenporiger Asphalt	PA S 22
<u>Binderschichten</u>		<u>Gussasphalt</u>	
Asphaltbeton	AC B 11	Gussasphalt	MA 4
Asphaltbeton	AC B 16	Gussasphalt	MA 8
Asphaltbeton	AC B 22	Gussasphalt	MA 11
Offenporiger Asphalt	PA B 16	Gussasphalt	MA 16
Offenporiger Asphalt	PA B 22		
<u>Foundationsschichten</u>			
Foundationsschicht	AC F 16		
Foundationsschicht	AC F 22		
Foundationsschicht	AC F 32		
Foundationsschicht	AFK 22		

2.2.2 Wirkungsabschätzungsmethoden

Im Asphaltrechner werden die Ökobilanzen nach den drei folgenden Wirkungsabschätzungsmethoden bzw. Indikatoren ausgewertet:

Kumulierter Energieaufwand (KEA): Das Wirkungsabschätzungsmodell kumulierter Energieaufwand (Englisch, Cumulative Energy Demand, CED) quantifiziert den Primärenergiebedarf. Dabei wird unterschieden in erneuerbare und nicht erneuerbare Primärenergie. Letztere umfasst Energie aus fossilen und nuklearen Energieträgern sowie Holz aus Kahlschlag von Primärwäldern. Erneuerbare Primärenergie umfasst Energie aus Wasserkraft, Holz und Biomasse (ohne Kahlschlag von Primärwäldern), Sonne, Wind, Erdwärme und Umgebungswärme. Bewertet wird die geerntete Energiemenge [6]. Die Summe aus erneuerbarer und nicht erneuerbarer



erbarer Primärenergie ergibt den kumulierten Energieaufwand, gesamt. Rohöl bildet in diesem Modell die Referenzsubstanz und die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung werden in kWh Öl-eq angegeben. Es wird die Methode Cumulative Energy Demand Version 1.09 verwendet.

Treibhausgasemissionen (IPCC 2021 GWP 100a): Der Indikator Treibhausgasemissionen quantifiziert die Wirkung verschiedener Treibhausgase basierend auf ihrem Treibhauspotenzial (Englisch, Global Warming Potential, GWP) bezogen auf die Leitsubstanz Kohlendioxid (CO₂) über einen Zeitraum von 100 Jahren. Die Quantifizierung der Treibhauswirkung erfolgt auf Basis der Treibhauspotenziale des 6. Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [7].

Methode der ökologischen Knappheit – Umweltbelastungspunkte (UBP 2021): Der Indikator der Umweltbelastungspunkte 2021 (UBP 2021) quantifiziert die Umweltauswirkungen, die durch die Nutzung von Energie- und stofflichen Ressourcen sowie von Land und Süsswasser, durch Emissionen in Luft, Gewässer und Boden, durch Ablagerung von Rückständen aus der Abfallbehandlung und durch Verkehrslärm entstehen. Die Beurteilung mittels den Ökofaktoren Schweiz 2021 zeigt in der Masseinheit Umweltbelastungspunkte (UBP 2021) ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen und nimmt auf die schweizerischen Umweltziele Bezug [8]. Sie entspricht den Anforderungen einer Beurteilung nach dem «True and fair view»-Prinzip. Der Indikator UBP hat den positiven Effekt, dass die Umweltauswirkungen mit Bezug auf die Schweizer Umweltziele gewichtet erfasst werden. In der Schweiz gilt die Verwendung der UBP-Methode als Standard bei Ökobilanzen [9], [10], [11]. Sie ist periodisch mit Unterstützung durch das BAFU weiterentwickelt worden und dient als eine Entscheidungsgrundlage und in der Umweltgesetzgebung der Schweiz.

Die oben genannten Wirkungsabschätzungsmethoden werden gemäss den «Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz» [2] der KBOB gefordert. Ausserdem wird der biogene Kohlenstoff im Produkt (in kg C) deklariert.

Für eine EPD werden die gemäss SN EN 15804+A2:2019 [5] geforderten Kernindikatoren und die zusätzlichen Umweltwirkungsindikatoren ermittelt. Zur Berechnung der Kernindikatoren und der zusätzlichen Umweltwirkungsindikatoren wurden die Langzeitwirkungen vernachlässigt. Der Grund dafür ist, dass über einen sehr langen Betrachtungszeitraum unrealistisch hohe Werte entstehen (insbesondere bei der Eutrophierung), welche in der Realität gar nicht auftreten, da vorher Massnahmen ergriffen werden.

Tabelle 3: Kernindikatoren für die Umweltwirkungen nach SN EN 15804+A2:2019 [5]

Wirkungskategorie	Indikator	Einheit (angegeben je FE)
Klimawandel — gesamt	Treibhauspotenzial insgesamt (GWP-gesamt)	kg CO ₂ -Äq.
Klimawandel — fossil	Treibhauspotenzial fossiler Energieträger und Stoffen (GWP-fossil)	kg CO ₂ -Äq.
Klimawandel — biogen	Treibhauspotenzial biogen (GWP-biogen)	kg CO ₂ -Äq.
Klimawandel — Landnutzung und Landnutzungsänderung	Treibhauspotenzial der Landnutzung und Landnutzungsänderung (GWP-luluc, en: land use and land use change)	kg CO ₂ -Äq.



Ozonschichtabbau	Potenzial des Abbaus der stratosphärischen Ozonschicht (ODP, en: Ozone Depletion Potential)	kg CFC-11-Äq.
Versauerung	Versauerungspotenzial, (AP, en: Acidification Potential)	mol H ⁺ -Äq.
Eutrophierung Süßwasser	Eutrophierungspotenzial, in das Süßwasser gelangende Nährstoffanteile (EP-Süßwasser)	kg PO ₄ -Äq.
Eutrophierung Salzwasser	Eutrophierungspotenzial, in das Salzwasser gelangende Nährstoffanteile (EP-Salzwasser)	kg N-Äq.
Eutrophierung Land	Eutrophierungspotenzial, kumulierte Überschreitung (EP-Land)	mol N-Äq.
photochemische Ozonbildung	troposphärisches Ozonbildungspotenzial (POCP, en: Photochemical Ozone Creation Potential)	kg NMVOC-Äq.
Verknappung von abiotischen Ressourcen — Mineralien und Metalle	Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen für nicht fossile Ressourcen (ADP-Mineralien und Metalle)	kg Sb-Äq.
Verknappung von abiotischen Ressourcen — fossile Energieträger	Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen für fossile Ressourcen (ADP-fossile Energieträger)	MJ, unterer Heizwert
Wassernutzung	Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer), entzugsgewichteter Wasserverbrauch (WDP)	m ³ Welt-Äq. entzogen

Tabelle 4: Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren nach SN EN 15804+A2:2019 [5]

Wirkungskategorie	Indikator	Einheit (angegeben je FE)
Feinstaubemissionen	potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen (PM)	Auftreten von Krankheiten
ionisierende Strahlung, menschliche Gesundheit	potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235 (IRP)	kBq U235-Äq.
Ökotoxizität (Süßwasser)	potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme (ETP-fw)	CTUe (en: Comparative Toxic Unit for ecosystems)
Humantoxizität, kanzerogene Wirkungen	potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (HTP-c)	CTUh (en: Comparative Toxic Unit for humans)
Humantoxizität, nicht kanzerogene Wirkungen	potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (HTP-nc)	CTUh (en: Comparative Toxic Unit for humans)
mit der Landnutzung verbundene Wirkungen/Bodenqualität	potenzieller Bodenqualitätsindex (SQP)	dimensionslos

Für die EPD werden nebst den Wirkungsabschätzungsmethoden auch Indikatoren zur Sachbilanz ermittelt, welche den Ressourceneinsatz beschreiben. Diese Parameter sind in Tabelle 5 dargestellt.



Tabelle 5: Indikatoren zur Sachbilanz nach SN EN 15804+A2:2019 [5]

Indikator	Abkürzung	Einheit (angegeben je FE)
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger	PERE	MJ
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung	PERM	MJ
Total erneuerbare Primärenergie	PERT	MJ
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger	PENRE	MJ
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung	PENRM	MJ
Total nicht erneuerbare Primärenergie	PENRT	MJ
Einsatz von Sekundärstoffen	SM	kg
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe	RSF	MJ
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe	NRSF	MJ
Einsatz von Süsswasserressourcen	FW	m ³

2.2.3 Verwendete Ökobilanzdatenbanken

Die verwendeten Hintergrunddaten (generischen Einheitsprozesse) für die Auswertung nach den Bilanzierungsregeln von KBOB/ecobau stammen aus der aktuellen Ökobilanzdatenbank der Bundesverwaltung [3], ehemals UVEK-Datenbank.

2.2.4 Zeitlicher Geltungsbereich

Der Asphaltrechner basiert auf Vordergrunddaten, welche durch eine Herstellerbefragung im Jahre 2024 erhoben wurden. Die ermittelten Daten stammen aus den Geschäftsjahren 2019 – 2023 woraus für den Asphaltrechner jeweils die ungewichteten Mittelwerte über diese 5 Jahre berechnet wurden.

2.2.5 Geographischer Geltungsbereich

Der Asphaltrechner berücksichtigt die Mischgutproduktion von Walz- und Gussasphalt in der gesamten Schweiz.

2.2.6 Repräsentativität

Die ermittelten Vordergrunddaten stammen aus einer Herstellerbefragung unter den Mitgliedern des schweizerischen Fachverbandes «asphaltsuisse». Insgesamt haben 20 Asphaltwerke an der Herstellerbefragung teilgenommen. Diese Asphaltwerke decken mit knapp 2 Mio. Tonnen Jahresproduktion ca. 40% des gemäss der Studie «Modellierung der Asphaltflüsse in der Schweiz» [12] jährlichen Bedarfs an Asphalt in der Schweiz ab.

2.2.7 Systemgrenze und Gliederung

In der Norm SN EN 15804+A2:2019 [5] sind die Grundregeln für die Erstellung von Umweltproduktdeklarationen (EPD) für Bauprodukte in der Schweiz geregelt. Darin ist definiert, dass für alle EPD mindestens die Informationsmodule A1-A3 (Herstellungsphase), die Module C1-C4 (Entsorgungsphase) und das Modul D (Informationen ausserhalb des Lebenszyklus des Bauwerks) deklariert werden müssen, siehe Abbildung 2.

In der Schweiz wurden von der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB), ecobau und der Interessensgemeinschaft professioneller Bauherren (IPB) eigene Regeln für die Bilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz definiert [2]. Darin ist festgelegt, dass für Gebäude, Energieträger und Bauprodukte neben den direkten Emissionen auch diejenigen der Lieferkette zu berücksichtigen sind. Somit



ist neben der Herstellungsphase (Module A1-A3) auch die Entsorgungsphase (Module C1-C4) des Produktes zu bilanzieren. Die Umweltwirkungen der Lebenszyklusphasen A1-A3 werden in aggregierter Form ausgewiesen. Die Errichtungsphase (Module A4-A5) und die Nutzungsphase (Module B1-B7) werden nicht betrachtet, siehe Abbildung 3. Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenze werden gemäss den Regeln für die Bilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz keine ausgewiesen.

Abgesehen von den Vorteilen und Belastungen ausserhalb der Systemgrenze (Modul D) entsprechen die Regeln für die Bilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz [2] mit denjenigen der Norm SN EN 15804+A2:2019 und seinem Nationalen Anhang [5]. Gemäss den Regeln für die Bilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz ist das Ausweisen von Vorteilen und Belastungen ausserhalb der Systemgrenzen (Modul D) nicht zulässig, während diese in der Norm SN EN 15804+A2:2019 erlaubt sind.

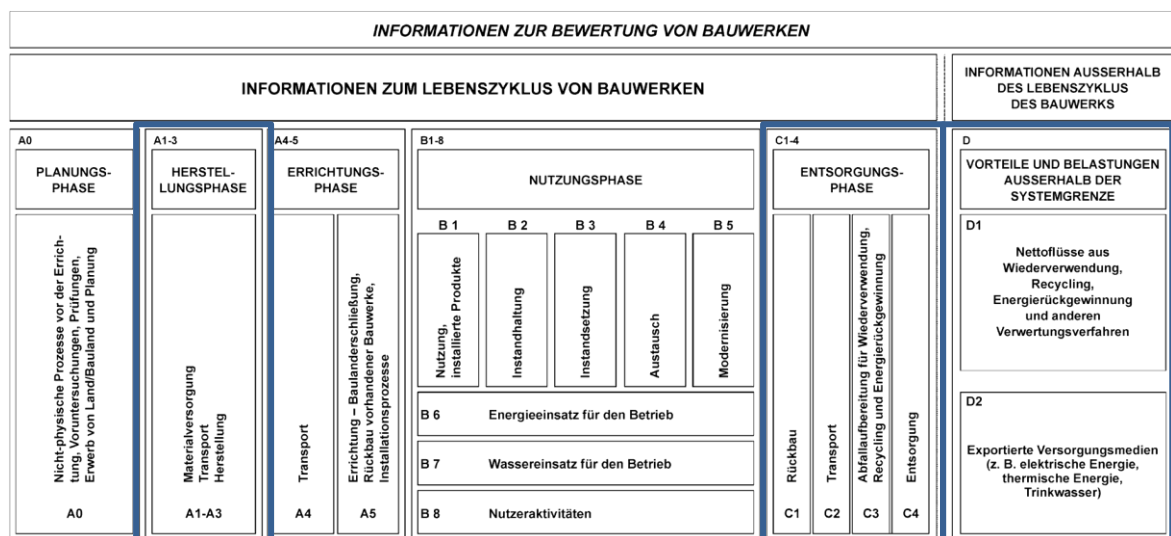


Abbildung 2: Systemabgrenzung gemäss der Norm 15643:2021 «Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken» [13]

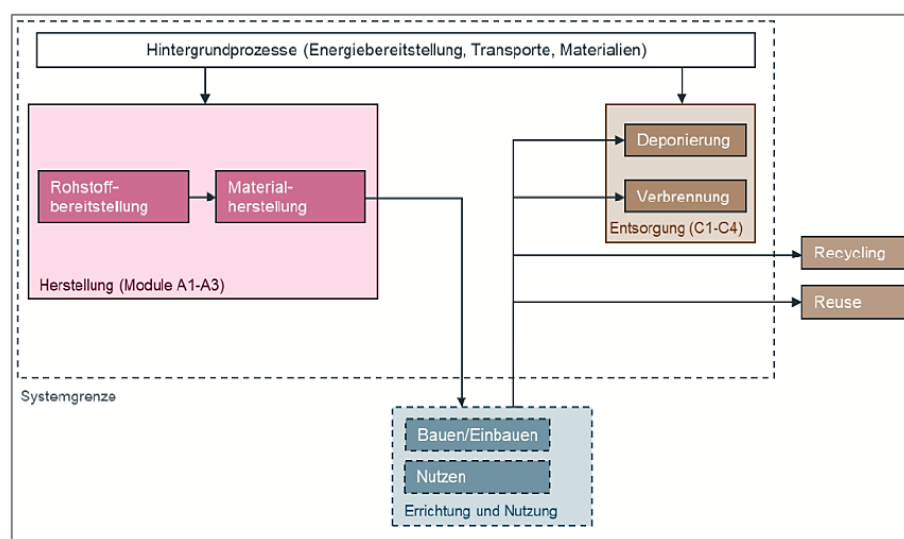


Abbildung 3: Systemabgrenzung gemäss den Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz [2].



Folgende Module werden im Asphaltrechner betrachtet:

1. Herstellungsphase (Module A1 – A3)
2. Entsorgungsphase (Module C1 – C4)
3. Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenze (nur EPD, Modul D)

Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenze (Modul D) werden im Hintergrund berechnet und ausschliesslich im generierten Dokument für die Auswertungen nach SN EN 15804:2012+A2:2019 [5] berücksichtigt. Dieses soll als Grundlage für eine EPD dienen. Bei der Verwendung von Pflanzenkohle in der Version für Asphaltherstellende wird normkonform der eingelagerte biogene Kohlenstoff in kg C ausgewiesen. Es erfolgt keine Anrechnung der äquivalenten CO₂ Menge als Negativemission. Die Herstellung der Pflanzenkohle wird analog zu Herstellung der restlichen Inhaltsstoffe als Belastung angerechnet.

Folgende Module nach SN EN 15804:2012+A2:2019 werden explizit nicht betrachtet:

1. Transport auf die Baustelle und Einbau (Module A4 und A5)
2. Die gesamte Nutzungsphase (Modul B)

2.3 Asphaltflüsse in der Schweiz

2.3.1 Systemgrenze Schweiz

Die Energie- und Ressourcen-Management GmbH hat im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) die Asphaltflüsse in der Schweiz modelliert. Gemäss dieser Studie werden pro Jahr ca. 5 Mio. Tonnen Asphalt verbaut und knapp 2.8 Mio. Tonnen Ausbauasphalt zurückgebaut. Anhand der Differenz zwischen den 5 Mio. Tonnen Asphalt welche verbaut werden und den 2.8 Mio. Tonnen Ausbauasphalt, welche zurückgebaut werden, lässt sich ein Lageraufbau von ca. 2.2 Mio. Tonnen Asphalt identifizieren, welcher in der Infrastruktur gebunden ist. Der Ausbauasphalt wird gemäss den Massenflüssen in Tabelle 6 verwertet bzw. entsorgt.

Tabelle 6: Asphaltflüsse in der Schweiz [12]

Bezeichnung	Menge (t/a)	Angenommene Verwertung	Quelle
Asphaltgranulat lose Einsatzform	427'139	Downcycling	ARV und FSKB
Asphaltgranulat im Recycling-Kiessand A	139'193	Recycling	ARV und FSKB
Asphaltgranulat gebundene Einsatzform	1'544'368	Recycling	ARV und FSKB
Asphaltgranulat PAK >250ppm in Verwertung in CH	336'374	Recycling	Sonderabfallstatistik BAFU
Verwertung Ausland PAK >250ppm	105'533	Recycling	Sonderabfallstatistik BAFU
Deponierung Inland PAK >250ppm	97'261	Deponierung	Sonderabfallstatistik BAFU
Deponierung Inland PAK <250ppm	-	Deponierung	
Materiallageraufbau (Zwischenlager)	131'670	Deponierung	ARV und FSKB
Summe	2'781'538		



Mit 2.1 Mio. Tonnen wird rund 76% des Ausbausphaltes als Asphaltgranulat verwertet. Davon werden gut 1.5 Mio. Tonnen wieder zur Produktion von Asphalt verwendet, 139'193 Tonnen werden als Recycling Kiessand A und 427'139 Tonnen in loser Einsatzform wiederverwendet [12]. Sekundärsplitt ist ein neues Produkt und wird noch nicht in vielen Werken hergestellt. Für die Schweiz wurden deshalb noch keine jährliche Produktionsdaten erhoben. Folglich wurde für die Modellierung der Entsorgung angenommen, dass in der Aufbereitung von Ausbausphal² nur RAP entsteht und kein Sekundärsplitt. Die Wiederverwendung in loser Einsatzform stellt ein Downcycling dar, weshalb durch die Verwendung in loser Einsatzform keine Entsorgungsaufwendungen entstehen. Die Verwendung in loser Einsatzform verlässt das Produktesystem in der vorliegenden Studie ohne Belastungen. Rund 336'374 Tonnen Ausbausphal mit einem PAK Gehalt >250 mg/kg werden in der Schweiz verwertet. Diese Verwertung lässt sich mittels der Sonderabfallstatistik weiter aufschlüsseln. Gemäss der Sonderabfallstatistik des BAFU [14] wurden 2018 325'000 Tonnen Ausbausphal in der Schweiz aufbereitet und verwertet, 11'311 Tonnen zwischengelagert, 97'261 Tonnen deponiert, 16 Tonnen thermisch behandelt und 47 Tonnen biologisch behandelt. Die Mengen an Ausbausphal, welche thermisch oder biologisch behandelt werden, machen weniger als ein Promille der gesamten Menge an Ausbausphal aus und werden deshalb dem Recycling angerechnet, aber nicht separat modelliert. Für die Menge an Ausbausphal mit PAK >1'000 mg/kg, welche zwischengelagert wird, wurde angenommen, dass diese nicht aufbereitet, sondern schlussendlich deponiert wird.

Tabelle 7: Im Inland behandelter Ausbausphal gemäss Sonderabfallstatistik 2018 [14]

Verwertung	PAK Gehalt [mg/kg]	Menge (t/a)	Angenommene Verwertung
Deponierung	250 – 1'000	7'100	Deponierung
	> 1'000	90'161	
Recycling/Aufbereitung	250 – 1'000	325'000	Recycling
Zwischenlager	> 1'000	11'311	Deponierung
Thermische Behandlung	> 1'000	16	Recycling
Biologische Behandlung	> 1'000	47	Recycling
Total		433'635	

Gemäss der Studie «Modellierung der Asphaltflüsse in der Schweiz» werden 105'533 Tonnen Ausbausphal im Ausland verwertet. Diese Menge stimmt mit der Sonderabfallstatistik von 2018 überein. Gemäss Sonderabfallstatistik wird der ins Ausland exportierte Ausbausphal aufbereitet und verwertet. Das Materiallager an Ausbausphal, welcher nicht unmittelbar verwertet wird, sondern zunächst auf ein Zwischenlager gelangt, wächst jährlich um 130'000 Tonnen [12].

² Vereinfachend wurde angenommen, dass 100 % des Ausbausphalts dieselbetrieben aufbereitet wird.

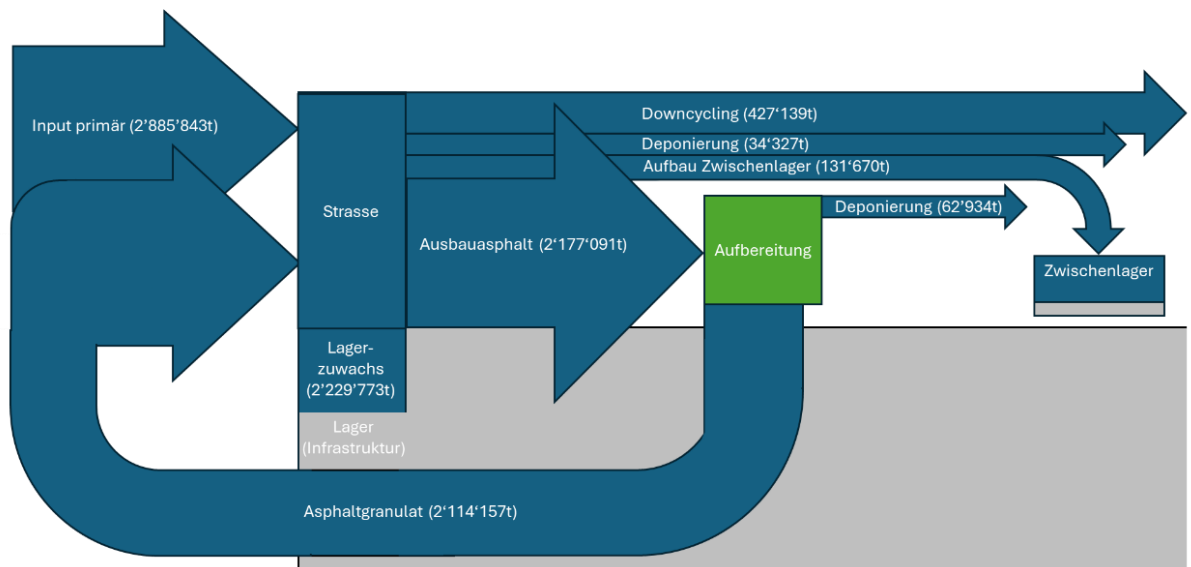


Abbildung 4: Asphaltflüsse in der Schweiz

Im Sinne einer konservativen Bilanzierung wird davon ausgegangen, dass dieses Zwischenlager deponiert wird. Zusammenfassend werden in der vorliegenden Studie folgende Entsorgungs- und Verwertungswege verwendet:

Tabelle 8: In der Studie verwendete Entsorgungs- und Verwertungswege

Verwertungsprodukte	Menge (t/a)	Anteil
Downcycling	427'139	15.4%
RAP	2'114'157	76.0%
Deponierter Abfall (direkt und indirekt)	240'242	8.6%
Summe	2'781'538	100%

Für die Modellierung der Entsorgungs- und Verwertungswege von Ausbauasphalt im Asphaltrechner, wurden die Mengen auf eine Tonne skaliert. Die Aufteilung des Asphaltflusses, welcher in die Deponie gelangt in einen Asphaltfluss, welcher direkt von der Baustelle zur Deponie (direkt) gelangt und einen Asphaltfluss, welcher aus der Aufbereitungsanlage in die Deponie (indirekt) gelangt, wurde gemäss der MatCH-Studie 2016 [15] vorgenommen. Gemäss dieser gelangen 64.7% des Ausbauasphaltes aus der Aufbereitung in die Deponie und 35.3% direkt von der Baustelle.

Tabelle 9: Verwertungswege einer Tonne Ausbauasphalt im Asphaltrechner

Bezeichnung	Menge (kg/t)	Entsorgungsweg
Asphaltgranulat lose Einsatzform	154	Downcycling
Asphaltgranulat gebundene Einsatzform	760	Recycling
Deponierung	30	Deponierung direkt
	56	Deponierung indirekt

2.3.2 Systemgrenze Aufbereitung

Aus einer Tonne rückgebautem Ausbauasphalt gelangen 154 kg ins Downcycling und 30 kg direkt ab Baustelle in eine Deponie (Deponie direkt). Aus der Aufbereitung ergeben sich 760 kg Asphaltgranulat und 56 kg Abfall, welcher deponiert wird (Deponie indirekt), vgl. Tabelle 9. Somit gelangen rund 816 kg Ausbauasphalt von der Baustelle in eine Aufbereitung.



Bezogen auf den Input der Aufbereitung können aus einer Tonne Ausbauasphalt, welcher in die Aufbereitung gelangt, somit 931.5 kg Asphaltgranulat produziert werden und es entstehen dabei 68.5 kg Abfall, welcher deponiert wird. Auf den Output bezogen müssen zur Produktion einer Tonne Asphaltgranulat rund 1073.5 kg Ausbauasphalt aufbereitet werden, wobei 73.5 kg Abfall entstehen (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Input- und Output-basierte Massenströme der Aufbereitung von Ausbauasphalt zu RAP.

Massenströme	Input-basiert [kg]	Output-basiert [kg]
Input Aufbereitung	1000	1'073.5
Output RAP	931.5	1'000.0
Output Deponie	68.5	73.5

Aufgrund fehlender Daten, da es sich bei Sekundärsplitt um ein neues Produkt handelt, wurde angenommen, dass bei der Aufbereitung von Ausbauasphalt zu Sekundärsplitt, rund 5% weniger Produkt entsteht als bei der Aufbereitung zu RAP. Daraus ergeben sich folgende Input- und Output-basierte Massenströme der Aufbereitung von Ausbauasphalt zu Sekundärsplitt:

Tabelle 11: Input- und Output-basierte Massenströme der Aufbereitung von Ausbauasphalt zu Sekundärsplitt.

Massenströme	Input-basiert [kg]	Output-basiert [kg]
Input Aufbereitung	1000.0	1'130.0
Output Sekundärsplitt	884.9	1'000.0
Output Deponie	115.1	130.0

2.4 Allokation

Im Rahmen der Ökobilanzierung sind Allokationsentscheidungen zu treffen, sofern ein Produkt oder Prozess mehrere Lebenszyklen durchläuft oder mehrere Produkte gleichzeitig erzeugt werden (Mehrproduktsystem, beispielsweise bei den Erdölprodukten aus der Erdölraffinerie). Die Allokation bestimmt, wie Umweltwirkungen auf die verschiedenen Produkte oder Lebenszyklen verteilt werden. Im Kontext der End-of-Life-Phase erlangt das Thema der Allokation beim Asphalt Relevanz. Es muss eruiert werden, ob die Aufbereitung des Ausbauasphalts als Entsorgungsleistung zu werten ist und folglich dem ersten Lebenszyklus in Modul C1 bis C4 angerechnet werden soll, oder ob die Aufbereitung des Ausbauasphalts dem neuen Lebenszyklus des RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) und des Sekundärsplitts zuzuordnen ist.

Die Allokation der Umweltwirkung der Aufbereitung von Ausbauasphalt in der Ökobilanz von Asphalt ist komplex und kann variieren, abhängig von den gewählten Allokationsprinzipien und dem spezifischen Kontext (z. B. Markt). Die Entscheidung darüber, ob die Aufbereitung dem ursprünglichen Lebenszyklus oder dem des recycelten Produkts zugerechnet wird, sollte transparent und nachvollziehbar sein, um die Glaubwürdigkeit der Ökobilanz zu gewährleisten. In der vorliegenden Studie wird für RAP und Sekundärsplitt der Ansatz der ökonomischen Allokation verwendet, bei dem die Umweltwirkung anhand der Geldflüsse zugeordnet wird.



Asphaltwerke, welche Ausbauasphalt entgegennehmen, erhalten eine Gate-Fee, welche sie zur Aufbereitung des Materials verwenden. Daraus stellen sie entweder RAP oder Sekundärsplitt her (abhängig von der installierten Verfahrenstechnik). Der RAP kann dann entweder selbst wiederverwendet werden, um neuem Asphalt zu produzieren oder er kann an Externe abgegeben werden. Aufgrund starker regionaler und zeitlicher Schwankungen, variiert der Preis für Recycling-Asphalt (RAP) zwischen -31 CHF/t und 22 CHF/t. Eine Auswertung von 28 Preislisten aus 4 Jahren und von 14 unterschiedlichen Asphaltwerken ergab einen mittleren Verkaufspreis von ca. 7.5 CHF/t für den RAP und eine mittlere Annahmehöhe (Gate-Fee) für Ausbauasphalt von 44.5 CHF/t. Dies bedeutet, dass die Abfalleigenschaft bei der Aufbereitung von Ausbauasphalt zu RAP verloren geht.

Nachfolgend werden die Aufbereitung zu RAP beziehungsweise zu Sekundärsplitt einzeln beschrieben. Derzeit wird aus dem überwiegenden Anteil des in Aufbereitungsanlagen behandelten Ausbauasphalts RAP hergestellt. Die Jahresmengen des in der Schweiz hergestellten Sekundärsplitts ist nicht bekannt.

Aus einer Tonne Ausbauasphalt, welcher in die Aufbereitung gelangt, können 931.5 kg RAP hergestellt werden, welcher stofflich wiederverwendet wird und 68.5 kg Abfall, welcher deponiert wird (vgl. Tabelle 10).

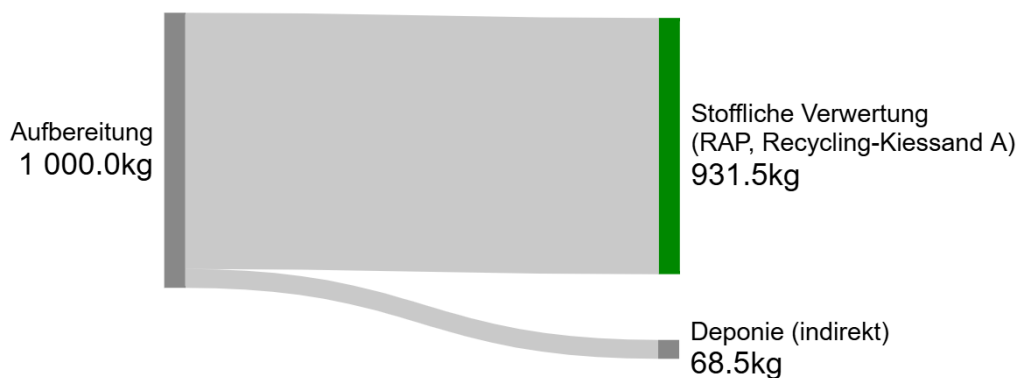
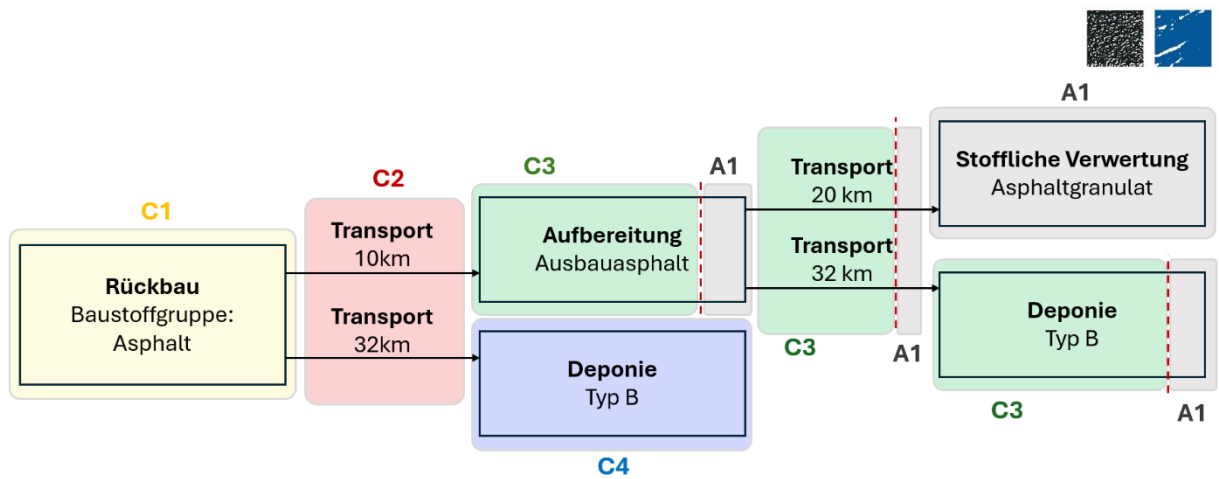


Abbildung 5: Stoffflüsse bei der Herstellung von RAP in der Aufbereitung von 1 t Ausbauasphalt.

Gemäss ökonomischer Allokation werden demnach die Umweltwirkungen aus dem Aufwand der Aufbereitung, dem Transport von RAP an Externe und der Deponierung der während der Aufbereitung anfallenden Abfallstoffe zu einem Anteil von 14% dem neuen Lebenszyklus angerechnet. Folglich werden die restlichen 86% der Umweltwirkungen als Entsorgungsdienstleistung dem alten Lebenszyklus angerechnet, siehe Abbildung 6.



Alter Lebenszyklus, Entsorgung:

C1: Rückbau

C2: Transport

C3: Abfallaufbereitung für Wiederverwendung

C4: Entsorgung

Neuer Lebenszyklus, Herstellung:

A1: Materialversorgung

Cut-off nach ökonomischer Allokation

Abbildung 6: Allokation in der End-of-Life Phase des Asphalts. Die Umweltwirkung der Aufbereitung des Ausbauasphalts werden anhand der ökonomischen Allokation auf den alten und neuen Lebenszyklus aufgeteilt.

Im Falle des Sekundärsplitts stellt sich die Situation ähnlich dar. Allerdings ist die Aufbereitung von Ausbauasphalt zu Sekundärsplitt mit einem höheren Aufwand verbunden. Dies bildet sich in einem höheren Verkaufspreis für Sekundärsplitt ab (ca. 30 CHF/t). Durch die aufwändigere Aufbereitung von Sekundärsplitt gegenüber RAP entstehen mehr Abfälle, welche deponiert werden müssen. Dafür enthält Sekundärsplitt weniger Bitumenanhaftungen als RAP.

Aufgrund fehlender Daten wurde angenommen, dass bei der Herstellung von Sekundärsplitt 5% weniger Produkt (Sekundärsplitt) entsteht als bei der Herstellung von RAP. Aus einer Tonne Ausbauasphalt, welcher in die Aufbereitung gelangt, können 884.9 kg Sekundärsplitt hergestellt werden, welcher stofflich wiederverwendet wird und 115.1 kg Abfall, welcher deponiert wird (vgl. Tabelle 11).

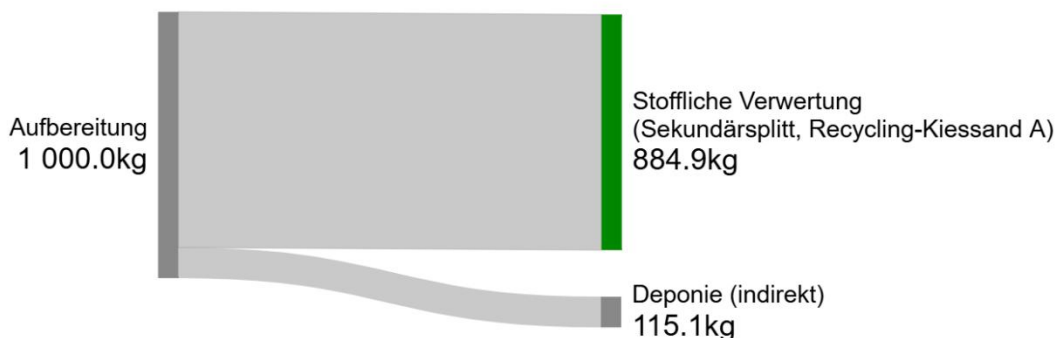
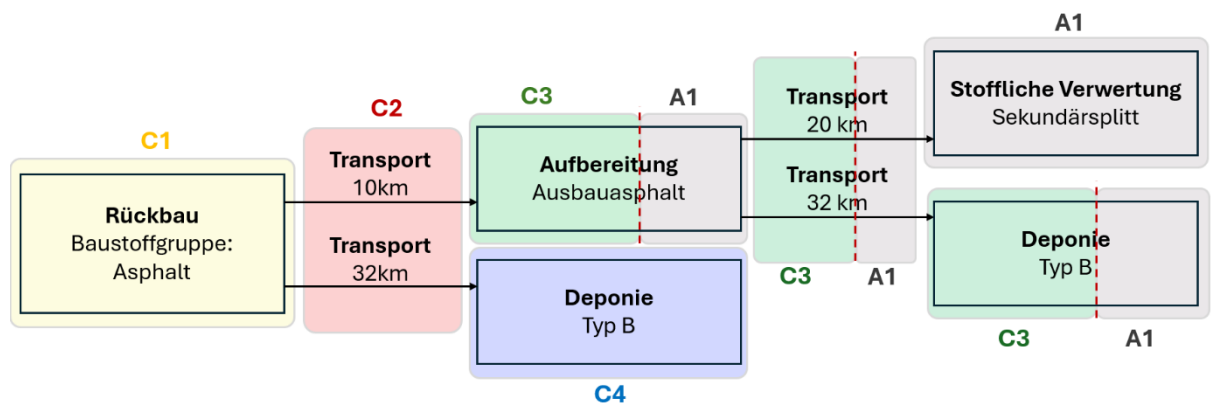


Abbildung 7: Stoffflüsse bei der Herstellung von Sekundärsplitt in der Aufbereitung von 1 t Ausbauasphalt.

Gemäss ökonomischer Allokation werden demnach die Umweltwirkungen aus dem Aufwand der Aufbereitung, dem Transport von Sekundärsplitt an Externe und der Deponierung der während der Aufbereitung anfallenden Abfallstoffe zu einem Anteil von 37% der Umweltwirkungen dem neuen Lebenszyklus angerechnet und 63% als Entsorgungsdienstleistung dem alten Lebenszyklus, siehe Abbildung 8.



Alter Lebenszyklus, Entsorgung:

C1: Rückbau

C2: Transport

C3: Abfallaufbereitung für Wiederverwendung

C4: Entsorgung

Neuer Lebenszyklus, Herstellung:

A1: Materialversorgung

Cut-off nach ökonomischer Allokation

Abbildung 8: Allokation in der End-of-Life Phase des Asphalts. Die Umweltwirkung der Aufbereitung des Ausbausphalts werden anhand der ökonomischen Allokation auf den alten und neuen Lebenszyklus aufgeteilt.

2.5 Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit für die Ökobilanz im Asphaltrechner ist wie folgt definiert und wird pro Tonne angegeben:

«Herstellung und Entsorgung³ von einer Tonne Asphaltmischgut für den Strassenoberbau.»

2.6 Datengrundlage

Die im Asphaltrechner verwendeten Daten stammen aus Datenaufzeichnungen und Befragungen aus der Schweizer Asphaltindustrie, jüngst vergangener Projekte der UTech AG sowie des Ökobilanzdatenbestands der Bundesverwaltung [3]. Aus den ermittelten Daten wurden jeweils ungewichtete Mittelwerte berechnet. Folgende Datenquellen werden im Asphaltrechner verwendet:

Tabelle 12: Datenquellen der verwendeten Vordergrunddaten für die Sachbilanzen

Bezeichnung Vordergrunddaten	Quelle	Anzahl [-]
Energieverbräuche der Herstellung	Energieagentur der Wirtschaft (EnAW)	>60 Asphaltwerke
Asphaltrezepturen	Schweizerischer Fachverband für die Schweizerische Asphaltindustrie (asphaltsuisse)	>100 Rezepturen
Herstellung RAP	Befragung mehrerer Asphaltwerke, Materialflussanalyse Kapitel 2.3	11 Asphaltwerke
Herstellung Sekundärsplitt	Befragung mehrerer Asphaltwerke, Materialflussanalyse Kapitel 2.3	3 Asphaltwerke (Neues Produkt)

³ Da nur 56% der jährlich verbauten Asphaltmenge im selben Zeitraum wieder als Ausbausphalt anfällt, findet ein Lagerzuwachs statt. Bei der Entsorgung wird angenommen, dass dieser Lagerzuwachs zukünftig über die gleichen Entsorgungswege entsorgt wird, wie der heutige anfallende Ausbausphalt.



Produktionsabfälle	Befragung mehrerer Asphaltwerke	20 Asphaltwerke
Transportdistanzen	Befragung mehrerer Asphaltwerke	20 Asphaltwerke
Infrastruktur Asphaltwerk	Ammann Schweiz AG	1 Anlagenbauer (grösster der Schweiz)
Anlagenspezifische Luftemissionen	Ökobilanzdatenbestand der Bundesverwaltung, Befragung mehrerer Asphaltwerke	49 Emissionsmessungen aus 16 Asphaltwerken
Pflanzkohle	UTech AG	
Polymermodifiziertes Bitumen	UTech AG	

Die Befragung mehrerer Schweizer Asphaltwerke erfolgte über den Fachverband für die Schweizerische Asphaltindustrie (asphaltuisse) mittels Fragebogen. In der Schweiz gibt es ca. 100 Asphaltwerke, wovon 70 des Schweizerischen Fachverbandes für die Schweizerische Asphaltindustrie (asphaltuisse) angeschlossen sind. Insgesamt kamen Rückmeldungen von 20 Asphaltwerken aus der Deutschschweiz, der französischsprachigen und der italienischsprachigen Schweiz. Diese Asphaltwerke produzieren mit ca. 2 Mio. Tonnen Asphalt ca. 40% des jährlich in der Schweiz und Lichtenstein produzierten Asphalts.

Die Daten der Energieverbräuche stammen von der Energieagentur der Wirtschaft (EnAW), welche jährlich die Energieverbräuche der Asphaltwerke, welche dem Branchenverband asphaltuisse angeschlossen sind, aufzeichnet. Auswertbar waren die Energieverbrauchsdaten von gut 60 Asphaltwerken. Diese produzieren mit ca. 3.7 Mio. Tonnen Asphalt knapp 75% des jährlich in der Schweiz produzierten Asphaltes.

Die Rezepturen für die unterschiedlichen Mischgutsorten wurden vom Branchenverband asphaltuisse beschafft. Die Rezepturen stammen von einem der schweizweit führenden Institute für Baustofftechnologie im Verkehrswegebau, insbesondere im Bereich von Asphalt, Bindemitteln, Mineralstoffen und rezyklierten Materialien. Insgesamt wurden von asphaltuisse über 100 unterschiedliche Rezepturen geliefert. Aufgrund der Vielzahl an möglichen Recyclinggehalten in den Rezepturen wurden fehlende Datenpunkte mittels einer linearen Interpolation ermittelt, siehe Kapitel 2.7.

Allfällige Datenlücken wurden durch Daten aus jüngst vergangenen Projekten der UTech AG, mittels Literaturrecherchen oder durch Experteneinschätzungen geschlossen.

2.7 Lineare Interpolation

In der Version für Planende des Asphaltrechners besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Mischgutsorten miteinander zu vergleichen. Zu diesem Zweck wurden die Umweltwirkungen der in Tabelle 2 aufgeführten Asphaltarten für unterschiedliche RC-Gehalte berechnet und in einer Datenbank hinterlegt. Für jede Mischgutsorte wurden zwei Rezepturen mit unterschiedlichen RC-Gehalten von asphaltuisse zur Verfügung gestellt. Die Rezepturen für die fehlenden RC-Gehalte, wurden anschliessend mittels einer linearen Interpolation ermittelt.



Zur Ermittlung sämtlicher Rezepturen bei unterschiedlichen RC-Gehalten wurde wie folgt vorgegangen:

1. Lineare Interpolation zwischen zwei bestehenden Rezepturen
2. Negative Mengen werden gleich Null gesetzt
3. Massenproportionale Aufteilung der Differenz zwischen grober und feiner Gesteinskörnung

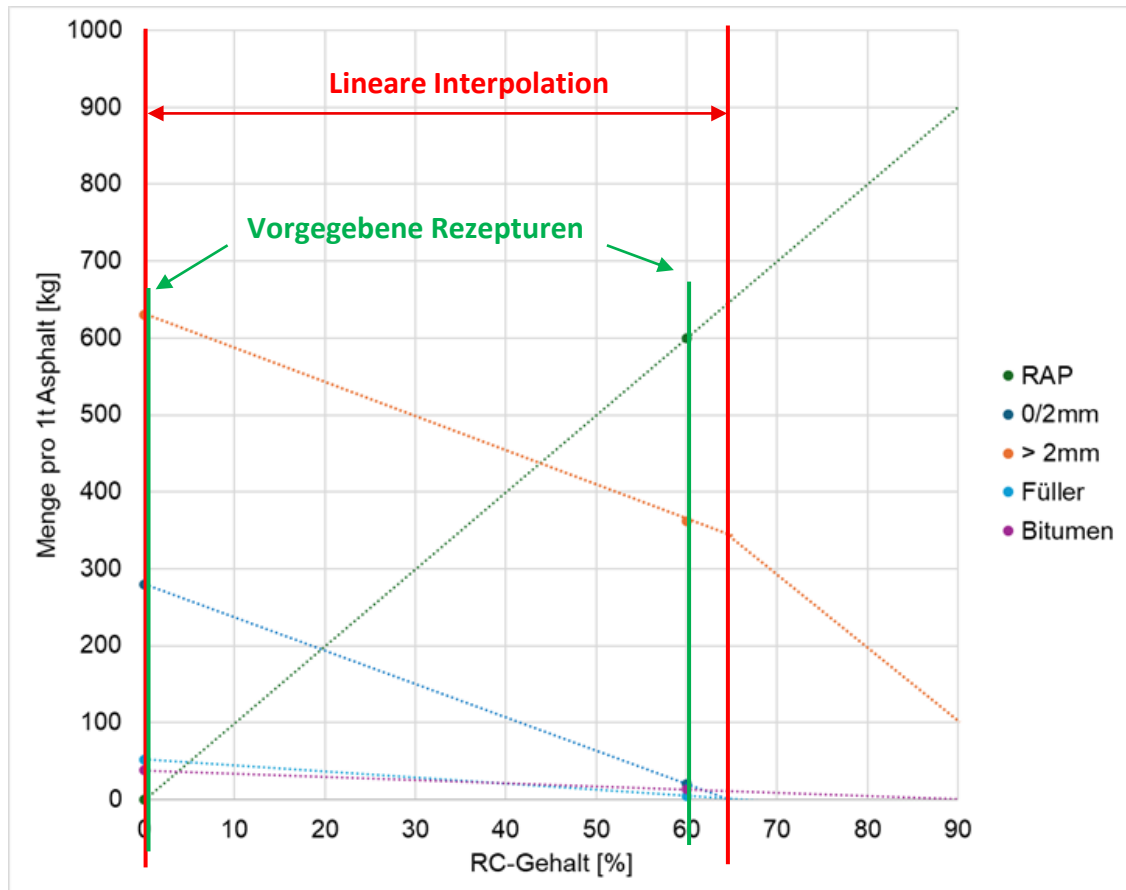


Abbildung 9: Ermittlung sämtlicher Rezepturen bei unterschiedlichen RC-Gehalten anhand von zwei vorhandenen Rezepturen mittels linearer Interpolation.

Ein bekanntes Problem bei der Verwendung von RAP in Asphaltmischgut ist, dass der Anteil feiner Gesteinskörnung mit zunehmendem RC-Gehalt steigt. Gemäss asphaltsuisse ist der technisch maximal mögliche RC-Gehalt an jenem Punkt erreicht, an welchem die Menge an Füller pro Tonne Asphalt Null wird (in Abbildung 9 bei ca. 65% RC-Gehalt). Angesichts dieser Tatsache ist es sinnvoll, dass nach Erreichen dieses RC-Gehaltes, kein Füller und praktisch keine feine Gesteinskörnung (< 2 mm) mehr zugegeben wird.

Bemerkung: Die Interpolationen wurden anhand von jeweils zwei vorgegebenen Rezepturen mit RC-Gehalten zwischen 0% bis ca. 40% durchgeführt. Die interpolierten Rezepturen zwischen 0% und ca. 40% weisen deshalb eine gute Repräsentativität auf. Die extrapolierten Werte mit RC-Gehalten über ca. 40% weisen jedoch eine gewisse Unsicherheit auf.

In Asphalt für Deckschichten ist gemäss der Norm SN EN 13108 [16] bei Warmzugabe ein maximaler Ausbausphalanteil von 0 % für die Mischgutsorten AC H und AC MR sowie von 40 %



für AC S, AC N und AC L zulässig. Bei der Kaltzugabe liegt der maximal zulässige Anteil an Ausbauasphalt für AC H und AC MR ebenfalls bei 0 %, während er für AC S, AC N und AC L auf lediglich 15 % begrenzt ist.

Für Binderschichten erlaubt die Norm bei Warmzugabe einen Ausbauasphaltanteil von bis zu 60 %, für Tragschichten sogar bis zu 80 %. Bei Kaltzugabe verringern sich diese Werte deutlich: auf maximal 15 % für Binderschichten und 25 % für Tragschichten. Um dennoch eine grobe Potenzialabschätzung des Umweltnutzens bei erhöhtem Recyclinganteil vornehmen zu können, wurden für höhere RC-Gehalte interpolierte Rezepturen herangezogen, auch wenn diese nicht der Norm entsprechen.

In der Praxis ist es in vielen Asphaltwerken derzeit technisch noch nicht möglich, Mischgüter mit hohen Recyclinganteilen wirtschaftlich und prozesssicher herzustellen. Ein zentraler Grund dafür liegt in der eingesetzten Anlagentechnik: Viele, insbesondere ältere Asphaltmischanlagen verfügen lediglich über eine einfach beheizte Trockentrommel zur Erwärmung der Frischzuschläge, wie sie in direktbeheizten Chargenmischanlagen üblich ist. Eine separate Einheit zur schonenden Erwärmung des Ausbauasphalts, wie sie modernere Paralleltrommelanlagen bieten, ist in älteren Anlagen nicht vorhanden.

In solchen Fällen muss das Asphaltgranulat im kalten Zustand direkt in das Mischwerk eingebracht werden, was zu einer Abkühlung des gesamten Mischguts führt. Da die Mischguttemperatur jedoch nicht unter ein bestimmtes Mindestniveau sinken darf, um die Verarbeitbarkeit und die Reaktivierung, des im RAP enthaltenen Bitumens sicherzustellen, ist die Zugabe von Ausbauasphalt technisch begrenzt. Gleichzeitig lässt sich die Temperatur im Mischwerk nicht beliebig erhöhen, da Bitumen bei zu hohen Temperaturen thermisch zersetzt wird. Die Kombination aus thermischen Einschränkungen und anlagentechnischen Begrenzungen limitiert somit den maximal möglichen Anteil an Ausbauasphalt bei der Herstellung von Frischasphalt.



3. Sachbilanz

3.1 Energie

3.1.1 Energiebedarf

Der Wärmebedarf der Herstellung von Asphalt unterscheidet sich je nach Mischgutsorte und Herstellungstemperatur. Heissasphalte werden im Vergleich zu Niedertemperaturasphalten unter höheren Temperaturen hergestellt, was generell einem höheren Wärmebedarf entspricht. Gussasphalte haben einen hohen Wärmebedarf aufgrund des hohen Bitumenanteils und der speziellen Anforderungen der späteren Einbauweise. Deckschichten benötigen ebenfalls hohe Temperaturen in der Herstellung, um eine beständige, gut verdichtete Oberfläche zu schaffen, während Binder- und Tragschichten durch ihren geringeren Bitumenanteil weniger Hitze für die Verarbeitung benötigen. Der Strombedarf der Herstellung ist unabhängig von der Herstellungstemperatur, variiert jedoch je nach Mischgutsorte. Diese haben unterschiedliche Rührzeiten, die mit unterschiedlichem Strombedarf einhergehen. In Tabelle 13 sind die Energiebedarfe der Herstellung der Mischgutsorten aufgeführt.

Tabelle 13: Wärmeenergiebedarf der Herstellung von Asphalt

Wärme [kWh/t]	Heissasphalt	Niedertemperaturasphalt
Deckschicht	75.0	66.0
Binderschicht	61.4	54.0
Tragschicht	61.4	54.0
Fundationsschicht	61.4	54.0
Sickerschicht	61.4	54.0
Gussasphalt	83.4	73.4

Tabelle 14: Strombedarf der Herstellung von Asphalt

Strom [kWh/t]	Heissasphalt	Niedertemperaturasphalt
Deckschicht	6.5	6.5
Binderschicht	6.3	6.3
Tragschicht	6.3	6.3
Fundationsschicht	6.3	6.3
Sickerschicht	6.3	6.3
Gussasphalt	6.8	6.8

Der Energiebedarf für die Herstellung von Asphalt wurde aus Daten der Energieagentur der Wirtschaft (EnAW) ermittelt. Die EnAW erfasst im Auftrag des Schweizerischen Fachverbandes für die Schweizerische Asphaltindustrie (asphaltsuisse) jährlich die verbrauchten Mengen an Brennstoffen zur Wärmeerzeugung, die verbrauchte Elektrizität sowie die produzierten Mengen an Asphaltgranulat, Guss- und Walzasphalt. Die Daten von EnAW stammen aus den Jahren 2019 – 2023 und von über 60 Asphaltwerken, welche nach Aussage von asphaltsuisse mehr als 80% der jährlich produzierten Menge an Asphalt in der Schweiz ausmachen.



3.1.2 Wärme

In der Herstellung von Asphalt werden je nach Hersteller unterschiedliche Energieträger für die Wärmeerzeugung eingesetzt. Im Asphaltrechner für Herstellende kann zwischen sechs unterschiedlichen Wärmemixen ausgewählt werden (vgl. Tabelle 15). Von den ursprünglichen Datensätzen des BAFU Ökobilanzdatenbestands [3] für Wärme wurden die Luftemissionen Kohlenstoffmonoxid, Stickoxide und Feinstaub entfernt, da diese im Rechner werksspezifisch eingetragen werden. Dadurch wird eine Doppelzählung verhindert. Die Werte der Luftemissionen können von den periodischen Emissionsmessungen der Asphaltmischanlagen in den Rechner übertragen werden, oder es können die hinterlegten Defaultwerte verwendet werden. Die Defaultwerte sind ein Mittelwert aus 49 Emissionsmessungen von 15 unterschiedlichen Asphaltwerken aus der ganzen Schweiz. Im Asphaltrechner für Planende ist ein Wärmemix von 37% Heizöl und 63% Erdgas hinterlegt. Dieser Wärmemix entspricht dem Mittelwert über die Jahre 2019 – 2023 aus den Daten der EnAW.

Tabelle 15: Verfügbare Wärmemixe im Asphaltrechner inkl. Datenquelle

Wärmemix	Datensatz aus dem Ökobilanzdatenbestand der Bundesverwaltung (BAFU:2023)
Erdgas	heat, natural gas, at industrial furnace 1MW/MJ/CH
Biogas	heat, biomethane, at industrial furnace 1MW/MJ/CH
Flüssiggas	heat, propane/butane, at boiler condensing modulating 50kW/MJ/CH
Heizöl	heat, light fuel oil, at industrial furnace 1MW/MJ/CH
Braunkohlestaub	heat, lignite briquette, at stove 5-15kW/MJ/RER
Holzstaub	wood chips, from industry, softwood, burned in furnace 1000kW/MJ/CH

3.1.3 Strom

Im Asphaltrechner für Herstellende können verschiedene Strommixe für die Herstellung ausgewählt werden. In Tabelle 16 sind die verfügbaren Strommixe und die entsprechenden Datenquellen aufgeführt. Gemäss Bilanzierungsregeln KBOB/ecobau müssen Produktion und Herkunftsnachweis aus denselben Kraftwerken eingekauft werden, damit der entsprechende Strommix in der Ökobilanz verwendet werden kann.

Tabelle 16: Verfügbare Strommixe im Asphaltrechner inkl. Datenquelle

Strommix	Datensatz aus dem Ökobilanzdatenbestand der Bundesverwaltung (BAFU:2023)
Strommix CH	electricity, medium voltage, at grid/kWh/CH
Ökostrom CH	electricity, medium voltage, certified electricity, at grid/kWh/CH
Strommix AKW CH	electricity, medium voltage, production from nuclear power, at grid/kWh/CH
Strommix DE	electricity, medium voltage, at grid/kWh/DE
Ökostrom DE	electricity, medium voltage, certified electricity, at grid/kWh/CH, angepasst

Da im Ökobilanzdatenbestand der Bundesverwaltung kein Prozess für deutschen Ökostrom existiert, wurde der Prozess für den Schweizer Ökostrom verwendet und der enthaltene Prozess electricity, high voltage, certified electricity, at grid/kWh/CH U durch folgende Prozesse ersetzt:



Menge [kWh]	Prozess
0.0707	electricity, high voltage, production from hydro power, run-of-river RER, at grid/kWh/CH U
0.2483	electricity, high voltage, production from photovoltaic mix DE, at grid/kWh/CH U
0.5398	electricity, high voltage, production from wind power RER, at grid/kWh/CH U
0.1412	electricity, high voltage, production from CHP wood RER, at grid/CH U

Diese Stromzusammensetzung basiert auf den Anteilen der erneuerbaren Stromproduktion im Jahre 2024 in Deutschland. Die Daten stammen von der Bundesnetzagentur [17].

3.2 Inhaltsstoffe

3.2.1 Gesteinskörnung

Die Hintergrunddaten der Herstellung für feine und grobe Gesteinskörnung basieren auf den Datensätzen «sand, at mine/CH» resp. «gravel, crushed, at mine/CH» aus dem Ökobilanzdatenbestand der Bundesverwaltung [3].

Am Ende des Lebenszyklus kann Asphalt in Form von RAP oder Sekundärsplitt wiederverwendet werden, wodurch ein Anteil der primären Gesteinskörnung nicht endgültig verbraucht wird und sich weiter im Kreislauf bewegt. Dies wird in der UBP-Methode mit einer Ressourcenkorrektur der primären Gesteinskörnung im Asphalt angerechnet. Als Faktor wird die Recyclingrate von Asphalt mit 61% verwendet (siehe 3.7.3).

3.2.2 Recyclingmaterial

Bei der Herstellung von Asphalt werden Recyclingmaterialien wie Asphaltgranulat (RAP) und Sekundärsplitt verwendet. Beide Recyclingmaterialien werden aus sogenanntem Ausbauasphalt hergestellt. Der Unterschied zwischen RAP und Sekundärsplitt liegt in der unterschiedlichen Aufbereitung. Während RAP im wesentlichen Ausbauasphalt ist, welcher in einem Prallbrecher gebrochen und anschliessend nach Korngrösse klassiert wird, erfolgt zur Herstellung von Sekundärsplitt eine zusätzliche Behandlung in einer Attritionszelle mit einer erneuten Siebklassierung [18]. Dadurch werden bei der Herstellung von Sekundärsplitt Anhaftungen von Bindemittel, im wesentlichen Bitumen, gezielt von der Gesteinskörnung entfernt. Der Sekundärsplitt enthält deshalb weniger Bindemittel-Rückstände als RAP.

Die Prozess- und Materialdaten zur Herstellung von RAP und Sekundärsplitt wurden mittels einer Befragung von 11 Asphaltwerken, welche diese Recyclingmaterialien produzieren, ermittelt. Gemäss Abschätzungen produzieren die befragten Asphaltwerke mit ca. 860'000 Tonnen Asphaltgranulat rund 40% des jährlich produzierten Asphaltgranulates von 2.1 Mio. Tonnen [19]. Dabei wurde eine Unterscheidung nach RAP, welcher auf dieselbetriebenen Anlagen und RAP, welcher auf elektrisch betriebenen Anlagen produziert wird, vorgenommen. Diese Unterscheidung rührt daher, dass in einigen Betrieben mobile Aufbereitungsanlagen eingesetzt werden, welche mit Diesel betrieben sind. Die Sachbilanzen dieser beiden Anlagentypen unterscheiden sich nur in der verwendeten Energiequelle.

Die für den Materialumschlag verwendeten Maschinen (Radlader/Hydr. Bagger) werden durch den Prozess «Building machine/RER/I U» sowie den anhand des Prozesses «diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH» hochskalierten Mengen an Schmieröl und der Entsorgung von Altöl abgebildet. In der Sachbilanz wird dies mit Baumaschine Materialumschlag gekennzeichnet.



Tabelle 17: Sachbilanz von 1 t Asphaltgranulat aus einer dieselbetriebenen Anlage. Dieselverbrauch, Transportdistanz in stoffliche Verwertung und Maschinenparkdaten stammen aus der Befragung von 11 Asphaltwerken, Abfälle aus Materialflussanalyse Kapitel 2.3, Transportdistanz in Deponie [20]

Output	Menge		Bemerkung
RAP, dieselbetrieben, ab Werk	1	ton	-
Inputs	Menge		Bemerkung
Baumaschine Materialumschlag	4.12E-7	Stk/t	Radlader
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	0.201	kWh/t	Dieselverbrauch
Baumaschine Materialumschlag	4.82E-7	Stk/t	Radlader/Hydr. Bagger
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	0.256	kWh/t	Dieselverbrauch
industrial machine, heavy, unspecified, at plant/kg/RER/I	0.0167	kg/t	Prallbrecher
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	0.353	kWh/t	Dieselverbrauch Prallbrecher
Steel, low-alloyed, at plant/RER U	4.37E-6	t/t	Prallplatten
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet average/tkm/CH	2.74	tkm/t	Transport in stoffliche Verwertung: 1 t * 20km * Allokationsfaktor 0.137
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet average/tkm/CH	0.322	tkm/t	Transport 73.5kg Abfall aus Aufbereitung in Deponie: 73.5 kg * 32 km * Allokationsfaktor 0.137
Abfälle	Menge		Bemerkung
Disposal, asphalt, 0.1% water, to sanitary landfill/CH U	10.1	kg	Bei der Produktion einer Tonne RAP entstehen 73.5kg Abfall, welcher deponiert werden muss. Multipliziert mit dem Allokationsfaktor 0.137

Tabelle 18: Sachbilanz von 1 t Asphaltgranulat aus einer elektrisch betriebenen Anlage. Diesel- und Stromverbrauch, Transportdistanz in stoffliche Verwertung und Maschinenparkdaten stammen aus der Befragung von 11 Asphaltwerken, Abfälle aus Materialflussanalyse Kapitel 2.3, Transportdistanz in Deponie [20]

Output	Menge		Bemerkung
RAP, elektrisch betrieben, ab Werk	1	ton	-
Inputs	Menge		Bemerkung
Baumaschine Materialumschlag	4.12E-7	Stk/t	Radlader
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	0.201	kWh/t	Dieselverbrauch
Baumaschine Materialumschlag	4.82E-7	Stk/t	Radlader/Hydr. Bagger
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	0.256	kWh/t	Dieselverbrauch



industrial machine, heavy, unspecified, at plant/kg/RER/I	0.00573	kg/t	Prallbrecher
electricity, medium voltage, at grid/kWh/CH U	0.214	kWh/t	Stromverbrauch Prallbrecher
Steel, low-alloyed, at plant/RER U	4.37E-6	t/t	Prallplatten
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet average/tkm/CH	2.74	tkm/t	Transport in stoffliche Verwertung: 1t * 20km * Allokationsfaktor 0.137
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet average/tkm/CH	0.322	tkm/t	Transport 73.5kg Abfall aus Aufbereitung in Deponie: 73.5 kg * 32 km * Allokationsfaktor 0.137
Abfälle	Menge		Bemerkung
Disposal, asphalt, 0.1% water, to sanitary landfill/CH U	10.1	kg	Bei der Produktion einer Tonne RAP entstehen 73.5kg Abfall, welcher deponiert werden muss. Multipliziert mit dem Allokationsfaktor 0.137

Da Sekundärsplitt ein neues Produkt ist und erst sehr wenige Asphaltwerke Sekundärsplitt produzieren, konnten nur die Daten für zwei elektrisch und eine mit Diesel betriebene Anlage zur Produktion von Sekundärsplitt ermittelt werden.

Tabelle 19: Sachbilanz von 1 t Sekundärsplitt aus einer dieselbetriebenen Anlage. Dieserverbrauch, Transportdistanz in stoffliche Verwertung und Maschinenparkdaten stammen aus der Befragung von 11 Asphaltwerken, Abfälle aus Materialflussanalyse Kapitel 2.3, Transportdistanz in Deponie [20]

Output	Menge		Bemerkung
Sekundärsplitt, dieselbetrieben, ab Werk	1	ton	-
Inputs	Menge		Bemerkung
industrial machine, heavy, unspecified, at plant/kg/RER/I	0.0556	kg/t	Recyclinganlage
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	1.73	kWh/t	Dieserverbrauch Recyclinganlage
Baumaschine Materialumschlag	2.08E-6	Stk/t	Radlader
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	0.642	kWh/t	Dieserverbrauch
industrial machine, heavy, unspecified, at plant/kg/RER/I	0.0373	kg/t	Prallbrecher
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	1.38	kWh/t	Dieserverbrauch Prallbrecher
Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3.73E-6	t/t	Prallplatten
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet average/tkm/CH	7.46	tkm/t	Transport in stoffliche Verwertung: 1t * 20km * Allokationsfaktor 0.373
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet average/tkm/CH	1.55	tkm/t	Transport 130 kg Abfall aus Aufbereitung in Deponie:



			130 kg * 32 km * Allokationsfaktor 0.373
Abfälle	Menge		Bemerkung
Disposal, asphalt, 0.1% water, to sanitary landfill/CH U	48.5	kg	Bei der Produktion einer Tonne Sekundärsplitt entstehen 130kg Abfall, welcher deponiert werden muss. Multipliziert mit dem Allokationsfaktor 0.373

Tabelle 20: Sachbilanz von 1 t Sekundärsplitt aus einer elektrisch betriebenen Anlage. Diesel- und Stromverbrauch, Transportdistanz in stoffliche Verwertung und Maschinenparkdaten stammen aus der Befragung von 11 Asphaltwerken, Abfälle aus Materialflussanalyse Kapitel 2.3, Transportdistanz in Deponie [20]

Output	Menge		Bemerkung
Sekundärsplitt, elektrisch betrieben, ab Werk	1	ton	-
Inputs	Menge		Bemerkung
industrial machine, heavy, unspecified, at plant/kg/RER/I	0.0556	kg/t	Recyclinganlage
electricity, medium voltage, at grid/kWh/CH U	0.556	kWh/t	Stromverbrauch Recyclinganlage
Baumaschine Materialumschlag	2.08E-6	Stk/t	Radlader
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	0.642	kWh/t	Dieserverbrauch
industrial machine, heavy, unspecified, at plant/kg/RER/I	0.00537	kg/t	Prallbrecher
electricity, medium voltage, at grid/kWh/CH U	0.38	kWh/t	Stromverbrauch Prallbrecher
Steel, low-alloyed, at plant/RER U	3.73E-6	t/t	Prallplatten
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet average/tkm/CH	7.46	tkm/t	Transport in stoffliche Verwertung: 1t * 20km * Allokationsfaktor 0.373
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet average/tkm/CH	1.55	tkm/t	Transport 130kg Abfall in Deponie: 130kg * 32km * Allokationsfaktor 0.373
Abfälle	Menge		Bemerkung
Disposal, asphalt, 0.1% water, to sanitary landfill/CH U	48.5	kg	Bei der Produktion einer Tonne Sekundärsplitt entstehen 130kg Abfall, welcher deponiert werden muss. Multipliziert mit dem Allokationsfaktor 0.373

3.2.3 Füller

Der Füller wurde anhand folgender Zusammensetzung modelliert: 57% Quarzsand, 30% Kalkstein, 7% Feldspat und 6% Dolomit. Die Zusammensetzung des Füllers basiert auf einem Prüfbericht über die Mineralogie von Füller der Fabrique d'agglomérés Monthey SA und wurde aus dem Forschungsprojekt «Ökobilanzierung von Asphaltbelägen» der Plattform «Kies für



Generationen» übernommen [21]. Für den Mahlprozess von Dolomit, Quarzsand und Feldspat wurde derselbe Aufwand wie für Kalkstein angenommen.

In Tabelle 21 ist die Sachbilanz von 1 kg Füller inkl. der verwendeten Datensätzen des BAFU Ökobilanzdatenbestands [3] dargestellt.

Tabelle 21: Sachbilanz von 1 kg Füller

Output	Menge	Datensatz aus BAFU Ökobilanzdatenbestand
Füller, ab Werk	1 kg	-
Inputs	Menge	Datensatz aus BAFU Ökobilanzdatenbestand
Quarzsand	0.57 kg	silica sand, at plant/DE
Kalkstein	0.30 kg	limestone, milled, loose, at plant/CH
Feldspat	0.07 kg	feldspar, at plant/RER
Dolomit	0.06 kg	dolomite, at plant/RER
Mahlprozess	0.70 kg	milling, minerals/CH

3.2.4 Bindemittel

Als Bindemittel stehen bei der Anwendung des Asphaltrechners zwei Bitumensorten zur Verfügung. Für Strassenbaubitumen wurde der Datensatz «bitumen, at refinery/kg/RER» aus dem BAFU Ökobilanzdatenbestand [3] verwendet. Als Datengrundlage für Polymermodifiziertes Bitumen (PmB) dient ein jüngst vergangenes Projekt der Umtec Technologie AG. In Rahmen dieses Projektes wurden die Ökobilanzen von polymermodifiziertem Bitumen (PmB) und gummi-modifiziertem Bitumen (GRM) miteinander verglichen. Aus diesem Projekt wurden die Daten für das polymermodifizierte Bitumen übernommen, siehe Tabelle 22.

Tabelle 22: Sachbilanz von 1 t polymermodifiziertes Bitumen

Output	Menge	Bemerkung
Bitumen, PmB, at refinery	1 ton	-
Inputs	Menge	Bemerkung
chemical plant, organics/RER	9.52E-08 p	
conveyor belt, at plant/RER	1.95E-06 m	
bitumen, at refinery/kg/RER	9.65E+02 kg	
polybutadiene, at plant/RER	3.50E+01 kg	
electricity, medium voltage, at grid/kWh/DE	2.00E+01 kWh	
heat, natural gas, at industrial furnace 1MW/MJ/CH	1.00E+02 kWh	
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet average/RER	3.5 tkm	Transport Polybutadiene
transport, freight, rail/tkm/DE U	21 tkm	Transport Polybutadiene

3.2.5 Additive

Als Additive können Zellulosefasern, Rejuvenatoren und Pflanzenkohle im Asphaltrechner ausgewählt werden. Zellulosefasern und Rejuvenatoren werden durch die Datensätze «cellulose fibres (injected), at regional storage/kg/CH» ohne Transporte resp. «chemicals organic, at plant/kg/GLO» aus dem BAFU Ökobilanzdatenbestand [3] abgebildet. Die Datengrundlage für Pflanzenkohle stammt aus einem jüngst vergangenen Projekt der Umtec Technologie AG. Dabei wurde die Herstellung von Pflanzenkohle anhand einer geschlossenen Pyrolyse bilanziert.



3.3 Emissionen

3.3.1 Luftemissionen

Die Produktion von Asphalt erfolgt durch einen thermischen Prozess bei Temperaturen zwischen 100 °C und 250°C, abhängig von der Art des produzierten Mischgutes. Dabei entstehen Emissionen in die Luft, welche in periodischen Emissionsmessungen kontrolliert werden müssen. Die Luftreinhalte-Verordnung [22] schreibt vor, dass die periodischen Emissionsmessungen jährlich zu wiederholen sind. Mittels einer Befragung der Mitglieder von asphaltuisse wurden die durchschnittlichen Emissionen berechnet. Insgesamt wurden 49 Emissionsmessungen aus 16 unterschiedlichen Asphaltwerken ausgewertet. Diese 16 Asphaltwerke tragen mit 1.4 Mio. Tonnen knapp 30% der Schweizer Jahresproduktion an Asphalt bei. Folgende Emissionen müssen gemäss LRV gemessen und die gesetzlichen Grenzwerte eingehalten werden:

Tabelle 23: Emissionen aus den periodischen Emissionsmessungen inkl. der gesetzlichen Emissionsgrenzwerte

Emission	Emissionsgrenzwert LRV	Mittelwert Emissionsmessungen
Staub	20 mg/m ³	10 mg/m ³
Gesamtkohlenstoff	80 mg/m ³	63 mg/m ³
Stickoxide	100 mg/m ³	41 mg/m ³
Kohlenmonoxid	500 mg/m ³	233 mg/m ³

Um Doppelzählungen in der Ökobilanzierung zu vermeiden, wurden die Emissionen aus Tabelle 23 in den Datensätzen zur Wärme (siehe Tabelle 15) entfernt. Die Mittelwerte aus den Emissionsmessungen wurden in der Ökobilanzierung separat bilanziert. Weitere Emissionen in die Luft (PAK, Benzol etc.) werden nicht anhand der periodischen Emissionsmessungen berücksichtigt, da diese gemäss LRV nicht erfasst werden müssen und deshalb keine Daten der befragten Asphaltwerke vorliegen.

3.3.2 Emissionen in Gewässer

Für die Produktion von Asphalt wird gemäss Auskunft des Branchenverbandes asphaltuisse kein Wasser benötigt. Das durch die Asphaltwerke verbrauchte Wasser wird für Toiletten, Hände waschen etc. benötigt und ist vergleichbar mit Abwasser, welches auch aus privaten Haushalten in die kommunale Abwasserbehandlung gelangt. Die Behandlung dieses Abwassers wird durch den Prozess «Treatment, sewage, to wastewater treatment, class 3/CH U» abgebildet.

Die Menge an behandeltem Abwasser wurde anhand einer Befragung von 16 Asphaltwerken ermittelt. Diese 16 Asphaltwerke tragen mit 1.4 Mio. Tonnen knapp 30% der Schweizer Jahresproduktion an Asphalt bei. Die mittlere Abwassermenge pro Asphaltwerk beträgt 403.19 m³ pro Jahr beziehungsweise 4.6 Liter pro Tonne Asphalt.

3.4 Transport

3.4.1 Transportart

Als Transportmittel stehen im Asphaltrechner LKW und Güterzug zur Verfügung. Die Transporte mittels LKW sind durch den Prozess «transport, freight, lorry 32-40 metric ton, fleet



average/CH» abgebildet, welcher einem 40 Töner LKW resp. dem Prozess «transport, freight, rail, electricity with shunting/tkm/CH», welcher einen Transport mittels eines Güterzuges abbildet.⁴

3.4.2 Transportdistanzen

Die hinterlegten Defaultwerte der Transportdistanzen sind in Tabelle 24 aufgeführt. Die Transportdistanzen wurden überwiegend durch Befragung von Asphaltwerken ermittelt.

Tabelle 24: Transportdistanzen der Inhaltsstoffe vom Herstellungsort zum Mischgutwerk

Inhaltsstoff	Transportdistanz [km]	Quelle
Feine Gesteinskörnung	65	Mittelwert aus Befragung Asphaltwerke
Grobe Gesteinskörnung	45	
Füller	120	
RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)	20	
Sekundärsplitt	20	Annahme: Gleich wie RAP
Strassenbaubitumen	250	Mittelwert aus Befragung Asphaltwerke
Polymermodifiziertes Bitumen (PmB)	330	
Zellulosefasern	350	
Rejuvenatoren / Regeneratoren	460	
Pflanzkohle	50	Annahme

3.5 Abfälle aus der Produktion

In der Herstellung von Asphalt entstehen Produktionsabfälle, welche entsorgt werden müssen. Pro Tonne produziertem Asphalt entstehen folgende Mengen Abfälle, welche behandelt oder deponiert werden:

Tabelle 25: Abfallmengen pro 1 t produziertem Asphalt

Prozess	Menge	Einheit	Beschreibung
disposal, inert waste, 5% water, to construction waste landfill/kg/CH	6.84E-03	t	Füller
disposal, inert waste, 5% water, to construction waste landfill/kg/CH	1.30E-04	t	Platzschlamm
disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration/kg/CH	8.77E-05	t	Brennbarer Abfall
Treatment, sewage, to wastewater treatment, class 3/CH U	3.57E-03	m ³	Abwasser
disposal, packaging paper, 13.7% water, to municipal incineration/kg/CH U	2.50E-05	t	Altpapier
disposal, steel, as building waste/CH U	1.14E-04	t	Altmetall

⁴ Gemäss persönlicher Kommunikation mit Bernhard Kunz, Präsident asphaltuisse werden für die Belieferung der Asphaltwerke 40 Töner LKW verwendet.



3.6 Infrastruktur und Betriebsmittel

3.6.1 Asphaltwerk

Die Daten zur technischen Infrastruktur stammen von der Firma Ammann Schweiz AG, einem der weltweit führenden Hersteller von Mischanlagen und Maschinen für die Bauindustrie mit Kernkompetenz im Strassenbau und der Verkehrsinfrastruktur. In Tabelle 26 ist die Sachbilanz inkl. der verwendeten Datensätze aus dem BAFU Ökobilanzdatenbestand [3] abgebildet.

Gemäss Ammann Schweiz AG hat ein durchschnittliches Asphaltmischwerk eine Lebenserwartung von ca. 25 Jahren, bei einer Betriebsdauer von 750 h/a und einer Jahresproduktion von ca. 80'000 t.

Tabelle 26: Sachbilanz für ein typisches Schweizer Asphaltwerk

Output	Menge		Bemerkung
Infrastruktur Asphaltmischwerk	1	p	Quelle: Ammann Schweiz AG
Inputs	Menge		Bemerkung
Occupation, industrial area, built up	200'000	m ² a	Werksgebäude inkl. Lagerplätze etc.
Transformation, from unspecified	8000	m ²	Werksgebäude inkl. Lagerplätze etc.
Transformation, to industrial area, built up	8000	m ²	Werksgebäude inkl. Lagerplätze etc.
Industrial machine, heavy, unspecified, at plant/RER/I U	159	t	Verfahrenstechnik
Steel, low-alloyed, at plant/RER U	340	t	Silos, Tanks und Abluftrohre
Conveyor belt, at plant/RER/I U	200	m	Förderbänder
Building, hall, steel construction/CH/I U	3000	m ²	Werksgebäude

3.6.2 Treib- und Schmierstoffbedarf

Für den internen Transport auf der Mischgutanlage und den Unterhalt des Anlagenparks werden Diesel und Schmieröl im Asphaltrechner berücksichtigt. Diesel wird durch den Datensatz «diesel, burned in building machine, average/MJ/CH» und Schmieröl durch «lubricating oil, at plant/RER» abgebildet. Folgende Defaultwerte wurden verwendet:

Tabelle 27: Mengen an verbrauchten Treib- und Schmierstoffen pro Asphaltwerk und Jahr

Bezeichnung	Menge	Einheit	Quelle
Dieserverbrauch Radlader	8500	l/a	[21]
Schmierölverbrauch Asphaltwerk	150	l/a	Ammann Schweiz AG

3.7 Entsorgung

3.7.1 Rückbau

Nach Ablauf der Nutzungsdauer, müssen Strassenbeläge aus Asphalt erneuert werden. Mittels einer Strassenfräse wird der Asphalt von der Fahrbahn entfernt. In Tabelle 28 ist die Sachbilanz inkl. der verwendeten Datensätze aus dem BAFU Ökobilanzdatenbestand [3] abgebildet. Der Prozess für den Rückbau von Asphalt wurde aus dem Projekt 3 «Einheitliches Verfahren zur Darstellung der Ökobilanz von Belägen» der Plattform Kies für Generationen übernommen. [21]



Tabelle 28: Sachbilanz für den Rückbau von 1 t Asphalt mittels Strassenfräse [21]

Output	Menge	Bemerkung
Rückbau Asphalt (C1)	1 t	
Inputs	Menge	Bemerkung
Building machine/RER/I U	12.37E-06 p	Strassenfräse
diesel, at regional storage/kg/CH U	0.498 kg	
transport, lorry 16-32t, EURO6/RER U	51.2 tkm	Transport Baumaschine
Emission in die Luft	Menge	Bemerkung
Ammonia	0.00572 g	[23]: Anhang Bau einer Teststrecke in Frick (Breite: 7.55 m und Länge: 150 m) mit dem Asphaltwerk GABAG . Lenk hat Luftschadstoffe der Ein- und Ausbaumaschinen selbst berechnet basierend auf dem Berechnungsmodell Tier 3 (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - non road mobile source and machinery).
Carbon black	0.00572 g	
Carbon dioxide, fossil	1568.7 g	
Carbon monoxide, fossil	9.21972 g	
Dinitrogen monoxide	0.10001 g	
Methane	0.00857 g	
Dinitrogen monoxide	20.08251 g	
NM VOC	0.75298 g	
Particulates, < 10 um	0.12859 g	
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	0.12087 g	

3.7.2 Transport in Abfallbehandlung

Nach dem Rückbau auf der Baustelle werden rund 816 kg des Ausbausphaltes per LKW in eine Aufbereitungsanlage transportiert. Rund 86 kg gelangen in eine Deponie und 154 kg werden in losere Form verwendet [12]. Von den 86 kg, welche deponiert werden, gelangen 30 kg direkt von der Baustelle zur Deponie und die restlichen 56 kg gelangen nach der Aufbereitung in die Deponie [15]. Der Transport mittels LKW wird durch den Datensatz «transport, freight, lorry 16-32 metric ton, fleet average/CH» abgebildet. Folgende Transportdistanzen [20] wurden verwendet:

Tabelle 29: Transportdistanzen und -mengen in die Abfallbehandlung

Strecke	Menge [kg/t]	Transportdistanz [km]	Quellen
Baustelle - Aufbereitungsanlage	816	10	[20], Transportdistanz zu Bauschutt-Aufbereitungsanlage
Baustelle – Verwertung in loser Einsatzform	154	10	[20]
Baustelle - Deponie Typ E	30	32	[20]

3.7.3 Abfallbehandlung

Die Aufteilung der Umweltwirkungen des Recyclings von Ausbausphaltes werden gemäss einer ökonomischen Allokation auf den alten (Entsorgungsdienstleistung C3), resp. den neuen Lebenszyklus (Materialbereitstellung RAP A1) aufgeteilt. Da sich die Daten der Herstellung von RAP auf eine Tonne Output (RAP) beziehen, wurden die Daten auf die Behandlung von einer Tonne Ausbausphaltes umgerechnet. Die Skalierung um den Faktor 0.9315 ergibt sich aus den 931.5 kg RAP, welche bei der Aufbereitung einer Tonne Ausbausphaltes entstehen (vgl. Tabelle 10). Daraus ergibt sich für das Recycling von Ausbausphaltes folgender Prozess:



Tabelle 30: Recycling von Ausbauasphalt (dieselbetrieben). Prozessdaten stammen aus der Befragung von 11 Asphaltwerken

Output	Menge		Bemerkung
Behandlung Ausbauasphalt, dieselbetrieben	1	ton	-
Inputs	Menge		Bemerkung
Baumaschine Materialumschlag	2.42E-6	Stk/t	Radlader
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	1.18	kWh/t	Dieserverbrauch
Baumaschine Materialumschlag	2.83E-6	Stk/t	Radlader/Hydr. Bagger
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	1.5	kWh/t	Dieserverbrauch
industrial machine, heavy, unspecified, at plant/kg/RER/l	0.0981	kg/t	Prallbrecher
diesel, burned in building machine, with particle filter/MJ/CH → ohne Schmieröl und Baumaschine	2.07	kWh/t	Dieserverbrauch Prallbrecher
Steel, low-alloyed, at plant/RER U	2.56E-5	t/t	Prallplatten
transport, lorry 16-32t, EURO6/RER U	16.1	tkm	Transport 1t RAP nach Aufbereitung in Asphaltwerk Distanz 20km aus Befragung Asphaltwerke multipliziert mit Allokationsfaktor 0.863 und skaliert um Faktor 0.9315
transport, lorry 16-32t, EURO6/RER U	1.89	tkm	Transport 73.5 kg Abfall aus der Aufbereitung von 1t RAP in die Deponie, Distanz 32km, multipliziert mit Allokationsfaktor 0.863 und skaliert mit dem Faktor 0.9315
Abfälle	Menge		Bemerkung
Disposal, asphalt, 0.1% water, to sanitary landfill/CH U	59.1	kg	73.5kg Abfall aus der Aufbereitung von Ausbauasphalt in die Deponie, multipliziert mit dem Allokationsfaktor 0.863 und skaliert mit dem Faktor 0.9315

3.7.4 Entsorgung

Rund 9% des gesamten Ausbauasphaltes gelangt in eine Deponie [15]. Die Art der Entsorgung von Ausbauasphalt hängt dabei vom PAK-Gehalt ab. Folgende Verwertungen werden gemäss VVEA-Vollzugshilfe vorgeschrieben:

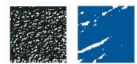


Tabelle 31: Verwertung von Ausbauasphalt [24]

PAK-Gehalt	Entsorgung heute	Entsorgung ab 2028
< 250 mg/kg Asphalt (< 5'000 mg/kg Bindemittel)	<ul style="list-style-type: none"> • Verwertung ohne Einschränkung • (Ablagerung auf einer Deponie Typ B) 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwertung ohne Einschränkung • (Ablagerung auf einer Deponie Typ E)
250-1000 mg/kg Asphalt (5'000-20'000 mg/kg Bindemittel)	<ul style="list-style-type: none"> • Bis zum 31.12.2025: Produktion von Asphaltbelägen mit einem PAK-Gehalt < 250mg/kg • (Ablagerung auf einer Deponie Typ E) 	<ul style="list-style-type: none"> • Behandlung zur Zerstörung der PAK und Verwertung der mineralischen Anteile.
> 1000mg/kg Asphalt (> 20'000mg/kg Bindemittel)	<ul style="list-style-type: none"> • Behandlung/Entsorgung mit Zerstörung PAK • (Ablagerung auf einer Deponie Typ E) 	<ul style="list-style-type: none"> • Behandlung zur Zerstörung der PAK und Verwertung der mineralischen Anteile.

Die Deponierung wird im Asphaltrechner durch den Datensatz „disposal, inert waste, 5% water, to construction waste landfill/kg/CH U“ abgebildet. Gemäss Auskunft von asphaltuisse, treten Stand heute nur noch geringe Mengen an Ausbauasphalt auf, welche die Grenzwerte für PAK überschreiten. Deshalb wird davon ausgegangen, dass der deponierte Ausbauasphalt in eine Deponie Typ B gelangt.

Tabelle 32: Entsorgung des während der Aufbereitung von Ausbauasphalt entstehend Abfalls.

Output	Menge		Bemerkung
Entsorgung, pro Tonne Asphalt (C4)	1	ton	-
Inputs	Menge		Bemerkung
Disposal, asphalt, 0.1% water, to sanitary landfill/CH U	30	kg	Deponierung Ausbauasphalt direkt ab Baustelle



4. Ergebnisse und Diskussion

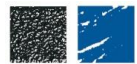
Der Asphaltrechner ermöglicht es Herstellenden, die Umweltwirkungen ihrer Asphaltmischgutsorten systematisch zu bilanzieren und potenzielle Auswirkungen von Änderungen in der Rezeptur oder den Produktionsbedingungen zu bewerten. Planende haben die Möglichkeit, Schweizer Mittelwerte von unterschiedlichen Mischgutsorten miteinander zu vergleichen und die Umweltauswirkungen einer projektspezifischen Menge an Asphaltmischgut zu ermitteln. In der vorliegenden Analyse wurde eine Binderschicht des Typs AC 11 S mit 30 % RC-Material (RAP-Anteil pro Tonne Mischgut) mittels des Asphaltrechners für Herstellende bewertet. Zusätzlich wurde ein Vergleichsszenario mit optimierten Produktionsparametern betrachtet, um die Wirkungspotenziale einer umweltfreundlicheren Produktion aufzuzeigen.

4.1 Eingabeparameter

Für die vorliegende Betrachtung wurden im Asphaltrechner für Herstellende die Rezepturen gemäss Tabelle 33 auf ihre Umweltwirkungen bilanziert. Die werksspezifischen Parameter basieren in beiden Varianten auf den hinterlegten Schweizer Mittelwerten (Defaultwerte). Aus diesem Grund wird in Tabelle 33 auf eine Auflistung der werksspezifischen Parameter verzichtet. Die Defaultwerte für die werksspezifischen Parameter sind im Asphaltrechner für Herstellende sichtbar und werden standardmässig für die Bilanzierung verwendet, wenn in den entsprechenden Eingabefeldern keine individuellen Werte eingetragen werden.

Tabelle 33: Eingabeparameter Variantenvergleich

Variante	Basisvariante	Vergleichsvariante
Mischgutttyp	Binderschicht	Binderschicht
Asphaltsorte	AC B 11 S, 30% RC	AC B 11 S, 60% RC «Öko»
<u>Produktionsparameter</u>		
Bitumensorte	Strassenbaubitumen	Strassenbaubitumen
Wärmemix	Erdgas	Holzstaub
Strommix	Strommix CH	Ökostrom CH
Temperatur	Heissasphalt	Heissasphalt
Herstellung RAP	Dieselbetriebener Prallbrecher	Elektrisch betriebener Prallbrecher
<u>Energie</u>		
Wärmemenge	61.4	60.0
Strommenge	6.3	6.0
<u>Rezeptur</u>		
Füller	17	0
Feine Gesteinskörnung	323	70
Grobe Gesteinskörnung	328.83	297.86
Recyclingasphalt (RAP)	300 (davon ca. 18 kg Bitumen)	600 (davon ca. 36 kg Bitumen)
Sekundärsplitt	0	0
Strassenbaubitumen	31	13
Zellulosefasern	0	0
Rejuvenatoren/Regeneratoren	0.07	0.14
Pflanzkohle	0	19



4.2 Ergebnisse

Die beiden Varianten in Tabelle 33 wurden mittels der Wirkungsabschätzungsmethode der Treibhausgasemissionen und der Methode der ökologischen Knappheit bezüglich ihrer Umweltwirkungen bilanziert.

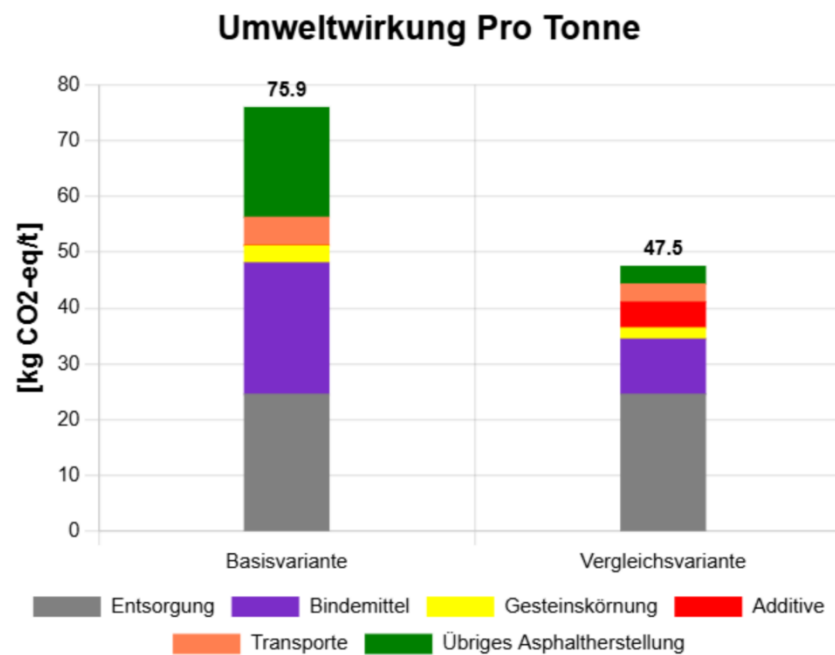


Abbildung 10: Ergebnisse des Variantenvergleichs mittels der Wirkungsabschätzungsmethode der Treibhausgasemissionen

Tabelle 34: Variantenvergleich mittels der Wirkungsabschätzungsmethode der Treibhausgasemissionen

	Einheit	Basisvariante	Vergleichsvariante
Herstellung	kg CO₂-eq/t	51.3	22.9
Bindemittel	kg CO ₂ -eq/t	23.5	9.9
Gesteinskörnung		3.1	2.0
Additive		0.1	4.6
Transporte		4.9	3.3
Übriges Asphaltherstellung		19.6	3.1
Entsorgung		kg CO₂-eq/t	24.6
Total	kg CO₂-eq/t	75.9	47.5
Biogener Kohlenstoff	kg C/t	0.0	16.2

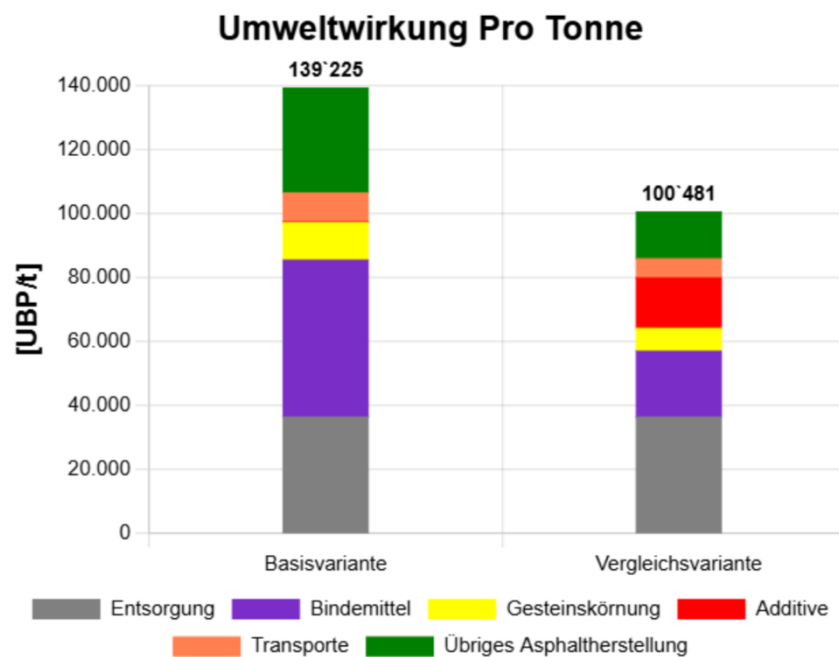
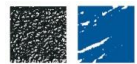


Abbildung 11: Ergebnisse des Variantenvergleichs mittels der Wirkungsabschätzungsmethode der ökologischen Knappheit

Tabelle 35: Variantenvergleich mittels der Wirkungsabschätzungsmethode der ökologischen Knappheit

	Einheit	Basisvariante	Vergleichsvariante
Herstellung	UBP/t	102'774	64'030
Bindemittel	UBP/t	49'016	20'555
Gesteinskörnung		11'695	7'144
Additive		210	15'727
Transporte		9'049	5'999
Übriges Asphalttherstellung		32'804	14'605
Entsorgung		UBP/t	36'451
Total	UBP/t	139'225	100'481
Biogener Kohlenstoff	kg C/t	0.0	16.2

4.3 Interpretationen

Der Vergleich der Basisvariante mit der Vergleichsvariante, bilanziert mittels der Wirkungsabschätzungsmethode der Treibhausgasemissionen, zeigt, dass die Vergleichsvariante mit 47.5 kg CO₂-eq/t rund 37% geringere CO₂-Emissionen aufweist als die Basisvariante mit 75.9 kg CO₂-eq/t. Mittels der Methode der ökologischen Knappheit ergibt sich eine Reduktion der Umweltauswirkungen gegenüber dem Basisszenario von 38'744 UBP/t, was einer Reduktion der Umweltauswirkungen von 28% entspricht. Die grösste Differenz zeigt sich dabei in der Kategorie «Übriges Asphalttherstellung». Diese Kategorie umfasst folgende Umweltwirkungen der Herstellungsphase:

- Asphaltwerk
- Wärmemenge und Wärmemix
- Strommenge und Stromart



- Schmierölverbrauch
- Produktionsabfälle
- Luftschadstoffe

Die Reduktion der Umweltauswirkungen innerhalb der Kategorie «übriges Asphaltherstellung» ergeben sich durch folgende Änderungen gegenüber dem Basisszenario.

Tabelle 36: Reduktion der Umweltauswirkungen in der Kategorie «übriges Asphaltherstellung»

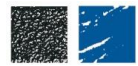
Änderung	Treibhausgasemissionen [kg CO ₂ -eq/t]	Umweltbelastungspunkte [UBP/t]
Erdgas → Holzstaub	-15.82	-15'542
Strommix CH → Ökostrom CH	-0.65	-2'542
Wärmemenge 61.4 kWh/t → 60 kWh/t	-0.02	-95
Strommenge 6.3 kWh/t → 6 kWh/t	-0.004	-19
Reduktion total	-16.49	-18'198

In der Kategorie «Bindemittel» zeigt sich im Vergleich zum Basisszenario eine deutliche Reduktion der Umweltwirkungen um -13.7 kg CO₂-eq/t beziehungsweise $-28'461$ UBP/t. Diese Einsparung ist direkt auf die verringerte Menge an Strassenbaubitumen zurückzuführen. Durch den höheren Anteil an Recyclingasphalt (RAP), der Altbitumen enthält und damit primäres Bitumen ersetzt, sinkt der Bedarf an primärem Bitumen deutlich.

Auch in der Kategorie «Gesteinskörnung» lassen sich Umweltentlastungen feststellen. Die Reduktion beträgt hier -1.1 kg CO₂-eq/t resp. $-4'551$ UBP/t im Vergleich zur Basisvariante. Diese Einsparung ist ebenfalls auf den verstärkten Einsatz von RAP zurückzuführen, der nicht nur Bitumen, sondern auch mineralische Gesteinskörnungen ersetzt. Da RAP bereits Gesteinskörnung aus dem vorangegangenen Lebenszyklus enthält, reduziert sich die Notwendigkeit für den Einsatz von primären mineralischen Rohstoffen entsprechend.

In der Kategorie «Additive» steigen die Umweltauswirkungen im Vergleich zum Basisszenario um 4.5 kg CO₂-eq/t beziehungsweise $15'517$ UBP/t. Ein Grund dafür ist der höhere Anteil an RAP im Vergleichsszenario, der eine grössere Menge an Rejuvenatoren/Regeneratoren erfordert, um die Eigenschaften des darin enthaltenen Altbitumens wiederherzustellen. Den grössten Beitrag zu dieser Zunahme leistet jedoch der Einsatz von Pflanzenkohle, die der Kategorie «Additive» zugeordnet wird und im Basisszenario nicht verwendet wird. Nach den Bilanzierungsregeln von KBOB/ecobau [2] darf der in der Pflanzenkohle enthaltene biogene Kohlenstoff nicht als Negativemission vom Asphaltmischgut abgezogen werden. Dies bedeutet, dass die potenziellen Kohlenstoffsenkeigenschaften der Pflanzenkohle im Rahmen der Ökobilanzierung auf Stufe Material unberücksichtigt bleiben. Der Umgang mit Negativemissionen und deren Anrechenbarkeit soll auf Stufe Bauwerk geregelt werden. Da die Herstellung von Pflanzenkohle mit höheren Umweltauswirkungen verbunden ist als die Herstellung einer äquivalenten Menge an Gesteinskörnung, resultieren insgesamt erhöhte Umweltauswirkungen für das Asphaltmischgut. Der biogene Kohlenstoffgehalt der Pflanzenkohle wird im Asphaltrechner separat ausgewiesen. Im Vergleichsszenario beträgt dieser $16,2$ kg C pro Tonne.

In der Kategorie «Transporte» ist eine merkliche Reduktion der Umweltwirkungen festzustellen. Diese resultiert primär aus der geänderten Zusammensetzung der Rezeptur im Vergleichsszenario. Recyclingasphalt (RAP) wird – im Gegensatz zu primären Gesteinskörnungen – häufig direkt am Standort des Asphaltwerks aufbereitet oder in unmittelbarer Nähe produziert.



Dadurch verringert sich die durchschnittliche Transportdistanz signifikant, was zu einer Reduktion der damit verbundenen Umweltwirkung führt.

Zusätzlich trägt die verringerte Menge an Strassenbaubitumen zur Entlastung in der Transportkategorie bei. Zwar ist der Massenanteil von Bitumen im Asphaltmischgut relativ gering, jedoch ist Bitumen in der Schweiz meist über weite Distanzen zu transportieren.

Die Umweltauswirkungen der Entsorgung sind in beiden Szenarien konstant und unabhängig von den Eingangsparametern. Die Entsorgung lässt sich im Asphaltrechner durch die Nutzen nicht verändern. Der Grund dafür ist, dass Asphaltwerke nicht wissen, wie der Asphalt am Ende seiner Lebensdauer, nach 10 – 50 Jahren, entsorgt wird und auch keinen Einfluss darauf haben.

4.4 Fazit

Die im Vergleichsszenario vorgenommenen Änderungen gegenüber dem Basisszenario führen zu den erwarteten und plausibel erklärbaren Reduktionen der Umweltauswirkungen. Besonders hervorzuheben ist der erhebliche Einfluss des erhöhten RAP-Anteils im Asphaltmischgut. Die Verwendung von Recyclingasphalt (RAP) reduziert die Umweltbelastung aus mehreren Gründen gleichzeitig:

- Substitution von primärem Bitumen: RAP enthält bereits eingebundenes Bitumen, wodurch der Bedarf an neuem Strassenbaubitumen deutlich sinkt.
- Substitution von primärer Gesteinskörnung: Die im RAP enthaltenen mineralischen Bestandteile ersetzen den Einsatz von Primärmaterialien.
- Reduktion von Transportemissionen: RAP wird in der Schweiz häufig direkt oder in unmittelbarer Nähe des Asphaltwerks aufbereitet. Die Transportdistanzen sind daher im Mittel kürzer als bei primären Gesteinskörnungen oder Bitumen, was sich positiv auf die Emissionsbilanz auswirkt.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Umweltwirkungen von RAP auf Grundlage einer ökonomischen Allokation aufgeteilt werden – einerseits auf die Entsorgungsdienstleistung des vorherigen Lebenszyklus, andererseits auf die Rohstoffgewinnung im neuen Lebenszyklus. Verliert ein Material seine Abfalleigenschaft und wird wieder als Produkt eingesetzt (typischerweise im Recycling), so können die Umweltauswirkungen des dafür erforderlichen Aufbereitungsprozesses auf den neuen und den alten Lebenszyklus aufgeteilt werden. Diesen Prozess nennt man Allokation. Im Asphaltrechner geschieht dies anhand einer ökonomischen Allokation. Bei einer ökonomischen Allokation werden die Umweltauswirkungen proportional zur generierten Wertschöpfung auf den neuen und den alten Lebenszyklus aufgeteilt. Da die Marktpreise für RAP regional variieren und stark schwanken können, unterliegt diese Allokation in Realität laufenden Veränderungen. Im Asphaltrechner ist die Allokation jedoch statisch und muss deshalb bei einem Update des Asphaltrechners überprüft und, falls erforderlich, angepasst werden.

Neben dem Einfluss des RAPs hat auch die Wahl des Wärmeträgers einen wesentlichen Effekt auf die Umweltwirkungen der Asphaltproduktion. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger – wie beispielsweise Holzstaub statt fossilem Erdgas – kann die Umweltwirkung pro Tonne Mischgut signifikant reduzieren. Dies unterstreicht die Bedeutung technischer Optimierungen sowohl in der Materialzusammensetzung als auch in den Produktionsbedingungen, um die Nachhaltigkeit von Asphaltmischgut zu verbessern.

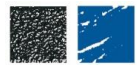


Die Umweltauswirkungen der Entsorgung von Asphalt unterliegen einem dynamischen Wandel. Künftige gesetzliche Anforderungen werden die Behandlung und Verwertung von Ausbauasphalt massgeblich beeinflussen. Insbesondere die ab dem Jahr 2028 geltende Pflicht zur thermischen Behandlung von Ausbauasphalt mit einem PAK-Gehalt > 250 mg/kg, verbunden mit der anschliessenden stofflichen Verwertung der mineralischen Rückstände, wird zu einer signifikanten Verlagerung der Massenflüsse innerhalb der Entsorgungswege führen. Dies führt auch zu einer Veränderung der Umweltwirkungen der Entsorgung von Asphalt und damit auch der Herstellung von RAP. Eine periodische Aktualisierung des Asphaltrechners wird deshalb notwendig sein, um stets aktuelle und verlässliche Daten bereitstellen zu können.



Literaturverzeichnis

- [1] KBOB, eco-bau und IPB, «UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv6.2:2024; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2022: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand 2024,» Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, Bern, 2024.
- [2] KBOB, ecobau, IPB, «Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz, Version 7.1,» Plattform Ökobilanzdaten im Baubereich, Bern, 2024.
- [3] Bundesamt für Umwelt BAFU, «Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2023,» auf Anfrage beim BAFU erhältlich, Bern, 2024.
- [4] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., «<https://www.dgnb.de/de>,» 14 07 2023. [Online]. Available: <https://www.dgnb.de/de/nachhaltiges-bauen/nachhaltigkeitsansatz-der-dgnb>. [Zugriff am 08 03 2024].
- [5] SN EN 15804+A2:2019, «Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte,» Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein, Zürich, 2022.
- [6] R. Frischknecht, F. Wyss, S. Büsser Knöpfel, T. Lützkendorf und M. Balouktsi, «"Cumulative energy demand in LCA: the energy harvested approach",» in *Life Cycle Assessment 20*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 2015, p. 959.
- [7] IPCC, «Climate Change 2023: Synthesis Report,» Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023, Genf, 2023.
- [8] BAFU (Hrsg.) 2021, «Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der kologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendungen auf die Schweiz,» in *Umwelt-Wissen Nr. 2121*, Bern, Bundesamt für Umwelt, 2021, p. 260.
- [9] A. Gautschi, «Green Economy - The Method of Ecological Scarcity in Policy Making, in Economics and Environmental Monitoring Division,» *Bundesamt für Umwelt (BAFU)*, 2013.
- [10] Bundesamt für Umwelt BAFU, «Methode der ökologischen Knappheit,» Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2022.
- [11] S. Hellweg, S. Rubli und R. Juraske, «Vorlesung: Grundzüge "Ökologische Systemanalyse",» ETH - Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, 2017.
- [12] D. S. Rubli, «Modellierung der Asphaltflüsse in der Schweiz,» Energie- und Ressourcen-Management GmbH, Freienbach, 2020.
- [13] EN 15643:2021, «Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden und Ingenieurbauwerken,» SIA, Zürich, 2021.
- [14] Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Abfall und Rohstoffe, «Sonderabfallstatistik 2018,» Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2019.
- [15] M. Gauch, C. Matasci, I. Hincapié, R. Hörler und H. Böni, «Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz - MatCH-Studie Bau,» Empa - Materials Science & Technologie, Abteilung Technologie und Gesellschaft, St. Gallen, 2016.
- [16] SN EN 13108-1:2022, «Asphaltemischgut - Teil 1: Asphaltbeton,» SNV, Zürich, 2022.
- [17] Bundesnetzagentur, «[bundesnetzagentur.de](https://www.bundesnetzagentur.de),» Bundesnetzagentur, 03 01 2025. [Online]. Available:



- https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2025/20250103_smard.html. [Zugriff am 06 03 2025].
- [18 BHZ Baustoff Verwaltungs AG, «Präsentation: "Herstellung von Sekundärsplitt aus Ausbauasphalt",» Küssnacht ZH.
- [19 A. Flacher und E. Säuberli, «Bewirtschaftung von bituminösen Abfällen in der Schweiz,» CSD INGENIEURS SA, Carouge, 2021.
- [20 M. Klingler, D. Savi und G. Doka, «"Harmonisierte Ökobilanzen der Entsorgung von Baustoffen" - Für die Liste der Ökobilanzdaten im Baubereich,» Büro für Umweltchemie, Zürich, 2019.
- [21 P. Fuchs, P. D. A. Chabrelie, P. Catalano und P. D. A. Öngel, «Einheitliches Verfahren zur Darstellung der Ökobilanz von Belägen,» Plattform "Kies für Generationen", Subgruppe Asphalt, Bern, 2024.
- [22 *Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV)*, Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft, Stand 1. Januar 2024.
- [23 J. Lenk, «Ökobilanz (LCA) von Gussasphalt als Deckschicht auf Schweizer Nationalstrassen, Anhang,» Masterthesis, Burgdorf, 2023.
- [24 D. Hiltbrunner, «Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien, Ein Teil des Moduls Bauabfälle der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA),» Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, 2023.
- [25 Bundesamt für Umwelt BAFU, «Statistik andere kontrollpflichtige Abfälle 2010-2023,» 2025.



Anhang A. Reviewbericht

Synthese zur kritischen Prüfung der Asphaltrechner und ihrer Dokumentation

Projekt	771 Review Asphaltrechner
Autor	Rolf Frischknecht (treeze Ltd.)
Datum	05.08.2025
Version	v1.0

Gegenstand der kritischen Prüfung

Die kritische Prüfung umfasste die Sachbilanzen und Ökobilanzen von Asphaltmischgütern sowie den darauf basierenden Asphaltrechner für Planende und Herstellende. Die folgenden Dokumente wurden geprüft:

Berichte und Rechenfiles:

- 2024_03_27_Entwurf_Bericht_Aspaltrechner.docx (März 2024);
- 2024_04_18_Entwurf_Bericht_Aspaltrechner.docx (April 2024);
- 2024_04_23_Entwurf_Bericht_Aspaltrechner.docx (April 2024);
- 2025_03_21_Bericht_Aspaltrechner.docx (März 2025);
- 2025_04_09_Aspaltrechner_V0.9_open.xlsx (April 2025);
- 2025_05_14_Bericht_Aspaltrechner.docx (April 2025);
- 2025_06_16_Bericht_Aspaltrechner_RoF_UTech.docx (Juni 2025);
- 2025_06_23_Bericht_Aspaltrechner_RoF_UTech.docx (Juni 2025);
- 20250721_Allokationsfaktoren_Stoffflüsse_Aspaltrechner.xlsx (Juli 2025);
- 2025_07_24_Bericht_Aspaltrechner_RoF02_UTech02.docx (Juli 2025)
- 2025_07_29_Bericht_Aspaltrechner_RoF03_UTech03.docx (Juli 2025)
- 2025_08_04_Bericht_Aspaltrechner_RoF03_UTech03.docx (August 2025)
- 20250804_Allokationsfaktoren_Stoffflüsse_Aspaltrechner.xlsx (August 2025);

Synthese zur kritischen Prüfung

Einführung

Grundlagen für die kritische Prüfung waren die fünf Schritte gemäss dem Datenbank-Protokoll der Datenbank der Bundesverwaltung (Frischknecht 2023), die KBOB/ecobau-Bilanzierungsregeln v 7.1 (KBOB et al. 2024) sowie die Prüfspezifikation des Asphaltrechners (Frischknecht 2024).

Vollständigkeit der Dokumentation

Die definitive Fassung des Berichts und der Sachbilanzen sind vollständig und informieren die Lesenden über die Struktur der Produktsysteme, die bilanzierten Rezepturen, die wesentlichen Informationsquellen und die Schritte der Datenverarbeitung. Das Beschreiben von ausgewählten Ergebnissen und Haupttreiber der Umweltauswirkungen hätte den Informationsgehalt des Berichts weiter erhöht.



Konsistenz mit den Bilanzierungsregeln

Alle definitive Sachbilanz-Datensätze entsprechen den Bilanzierungsregeln der Bundesverwaltung sowie den Bilanzierungsregeln von KBOB/ecobau.

Plausibilitätsprüfungen der Sachbilanz-Datensätze

Plausibilitäts- und Stichprobenprüfungen bei früheren Versionen des Berichts, der Datensätze und der Asphaltrechner haben zu Änderungen in den Sachbilanz-Datensätzen geführt. Die Prüfungen bei der definitiven Version von Datensätzen und Rechnern war erfolgreich. Es wurden keine Fehler oder Inkonsistenzen entdeckt.

Vollständigkeit der Inputs und Outputs

Die definitive Version der Datensätze berücksichtigen alle wichtigen Material- und Energieinputs sowie alle Schadstoffemissionen, mit Ausnahme der prozessspezifischen Emissionen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen sowie aromatischen Kohlenwasserstoffen.

Aktuell werden rund 5 Millionen Tonnen Asphalt hergestellt und rund 2.7 Millionen Tonnen Asphalt ausgebaut. Das Asphaltlager der Schweiz (Infrastruktur) wächst also jährlich um rund 2.2 Millionen Tonnen Asphalt. Zudem werden jährlich rund 140'000 Tonnen Ausbauasphalt bei den Werken zwischengelagert. Den nationalen Stoffflüssen von Asphaltmischgütern in der Schweiz (Einbau, Ausbau, Recycling, Entsorgung, Lagerveränderungen) sollte deshalb ein spezielles Augenmerk gewidmet werden, da es die Sachbilanzen von Herstellung und Entsorgung beeinflussen kann.

Mathematische Korrektheit der Berechnungen

Früherer Versionen der Sachbilanzdatensätze und Asphaltrechner enthielten nur wenige Berechnungsfehler. Bei der Prüfung der definitiven Version von Sachbilanz-Datensätzen und Rechnern wurden keine mathematischen Fehler entdeckt.

Der Rechner für Planende zeigt die Ergebnisse aggregiert für Herstellung und Entsorgung an. Eine detailliertere Resultatdarstellung analog dem Betonrechner für Planende wäre hilfreich.

Unterschrift

Uster, 5. August 2025, Dr. Rolf Frischknecht

Literatur

Frischknecht R. (2023) Database protocol; FOEN LCI data DQRv2. treeze Ltd., Uster, CH.

Frischknecht R. (2024) Prüfspezifikation für den Ökobilanzrechner für Asphalte. treeze Ltd., Uster, CH.

KBOB, ecobau and IPB (2024) Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz, Version 7.1. Plattform "Ökobilanzdaten im Baubereich", KBOB, eco-bau, IPB, Bern.