

# Ökobilanzierung von Kaltmischfundationen im Einsatz für Tragschichten

## Kurzversion



### Verfasser

Thomas Pohl (UMTEC)  
Susanne Kytzia (IBU)  
Andrea Bachmann (IBU)

### Verantwortlich

Thomas Pohl (UMTEC)

Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC  
Institut für Bau und Umwelt IBU  
Ostschweizer Fachhochschule  
Oberseestrasse 10  
8640 Rapperswil

Datum: 12.03.2021

---

Im Auftrag des Tiefbauamts des Kantons Zürich TBA ZH, Projektleitung: Christoph Abegg,  
Projektmitarbeit: Pascal Menzi

## 1 Abstract

**Obwohl sich Asphaltgranulat in der Schweiz auf allen Werkhöfen der Mischgutwerke und auf den Werkplätzen der Baustofflieferanten türmt, löst die Verwendung des Asphaltgranulats in Form von Kaltmischfundationen dieses Problem nicht zufriedenstellend. In einer Ökobilanzstudie kommen Experten der OST Ostschweizer Fachhochschule zum Schluss, dass der Einsatz von Kaltmischfundationen AFK in Tragschichten von Radwegen keine ökologischen Vorteile bringt. Hohe Zugaberraten von Recyclinggranulat vermindert zwar die Umweltwirkungen der Fundationsschicht, aber dieser Vorteil wird durch eine erhöhte Einbauschichtdicke und Breite überkompensiert.**

## 2 Hintergrund und Zielsetzung

In der Schweiz türmt sich das Asphaltgranulat auf den Werkhöfen der Asphaltproduzenten und auf den Werkplätzen vieler Baustofflieferanten. Asphaltgranulat fällt in der Schweiz in grossen Mengen in Strassensanierungsprojekten an, entweder als Fräsasphalt oder als Ausbruchasphalt in Form ganzer Schollen. Es wird auf dem Werkhof eines Asphaltproduzenten zerkleinert, trockenmechanisch durch eine Siebung klassiert und im besten Fall überdacht gelagert (Schutz vor Auswaschung von Schadstoffen). Danach kann das Asphaltgranulat im Belagswerk wieder eingesetzt werden zur Herstellung unterschiedlicher Mischgüter, die im Strassenoberbau eingesetzt werden. Gemäss einer Studie der EMPA [1] fallen in der Schweiz pro Jahr rund 3 Mio. Tonnen Ausbauasphalt an. Davon gelangt mit rund 2.5 Mio. Tonnen der grösste Teil auf die Werkhöfe der Asphaltproduzenten in der Schweiz und wird in Form von neuem Asphalt mit Recyclinganteil wieder dem Baustoffkreislauf zurückgeführt. 0.5 Mio. Tonnen gelangen in die Entsorgung in eine Deponie [1]. Aufgrund der Diskrepanz zwischen Asphaltgranulat-Anfall und Asphaltgranulat-Einsatz erhöhen sich die zwischengelagerten oder deponierten Mengen in der Schweiz konstant. Als vielversprechende Einsatzmöglichkeit für Asphalt mit Recyclinganteil gilt eine Verwendung als Kaltmischfundationen AFK. Kaltmischfundationen AFK werden je nach Asphaltrezeptur zu fast 100% aus Asphaltgranulat hergestellt.

AFK benötigt im Vergleich zu herkömmlichen AC T (Asphaltbeton-Tragschicht) Belägen einen höheren Anteil an Bitumen und ein hydraulisches Bindemittel um die technischen Anforderungen zu erfüllen. Im Gegensatz zur Anwendung von herkömmlichen Asphaltbeton-Belägen für Tragschichten benötigt der Einsatz von Kaltmischfundationen AFK mit sehr hohen Recyclinganteilen eine höhere Verdichtung. Das führt zur Verbreiterung des Profils sowie zur Erhöhung der Einbaudicke und damit auch zu erhöhtem Materialeinsatz. Auf der anderen Seite spart der Einsatz von Kaltmischfundationen AFK durch die reduzierte Temperatur in der Produktion im Belagswerk Energie und Emissionen ein. Zudem wird durch den Einsatz von Asphaltgranulaten der Verbrauch von primären Ressourcen vermindert (Splitt und Brechsand). Dadurch werden Materialkreisläufen geschlossen und wertvoller Deponieraum geschont.

Wir stehen nun also vor einem Zielkonflikt: Auf der einen Seite haben wir die offensichtlichen Vorteile der Kaltmischfundation wie die reduzierte Produktionstemperatur sowie der hohe Einsatz an Asphaltgranulat. Dem steht jedoch ein erhöhter Materialeinsatz pro Laufmeter Strasse gegenüber.

Die Institute IBU und UMTEC der Ostschweizer Fachhochschule Campus Rapperswil (ehemals Hochschule für Technik Rapperswil HSR) wurden vom Tiefbauamt des Kantons Zürich beauftragt, am Beispiel zweier realisierter Radweg-Bauprojekte einen Variantenvergleich für die Ausführung mit AFK (Variante 1) und mit AC T (Variante 2) zu erstellen, um den oben geschilderten Sachverhalt zu prüfen. Die beiden Normalprofile der betrachteten Radwege sind in Abb. 1 dargestellt. Die verwendeten Asphaltrezepturen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Mittels einer Ökobilanz wird ermittelt, welche der beiden Varianten zu geringeren Umweltwirkungen führt. Die Ökobilanz ist eine umfassende und aussagekräftige Methode um die Umweltwirkungen von Produkten und Systemen über ihren gesamten Lebenszyklus zu beurteilen. Wichtig dabei ist, dass alle Emissionen und Ressourceninanspruchnahmen während der Herstellung der Baumaterialien, der Bauausführung, über die eigentliche Nutzungsdauer bis zu Rückbau und Entsorgung oder Wiederverwertung in die Lebenszyklusanalyse einfließen - «von der Wiege bis zur Bahre».

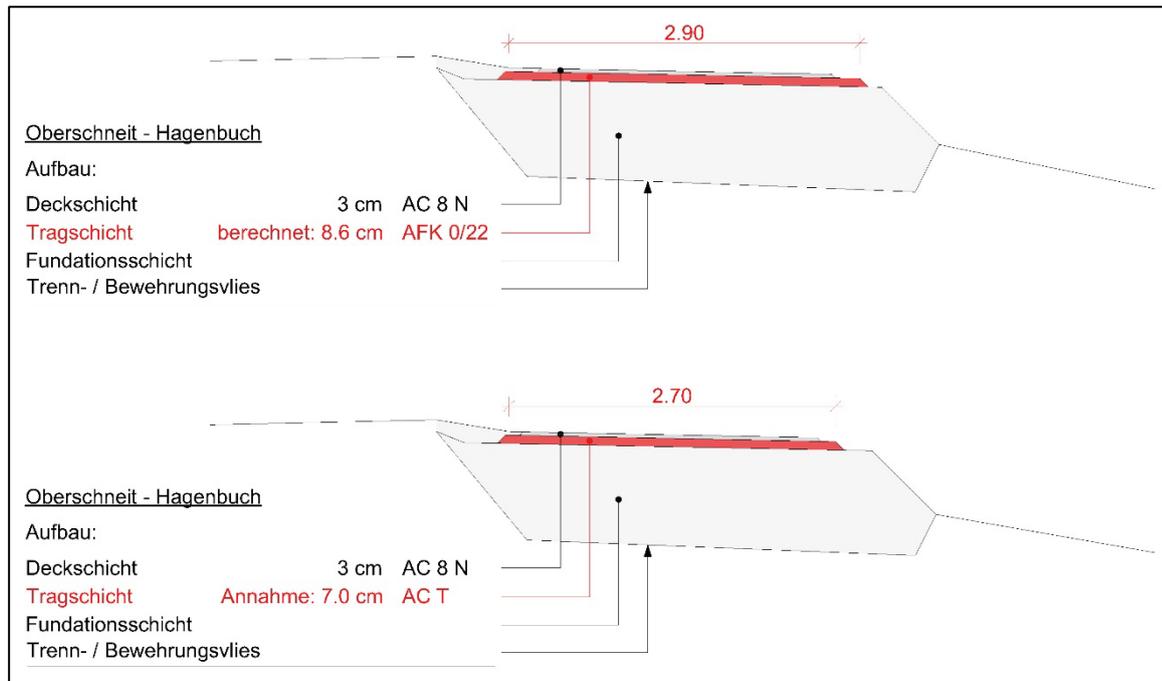


Abb. 1: Normalprofil des Radwegs 1. Oben: Radweg mit Kaltmischfundation AFK in der Tragschicht, unten: AC T Asphaltbeton in der Tragschicht.

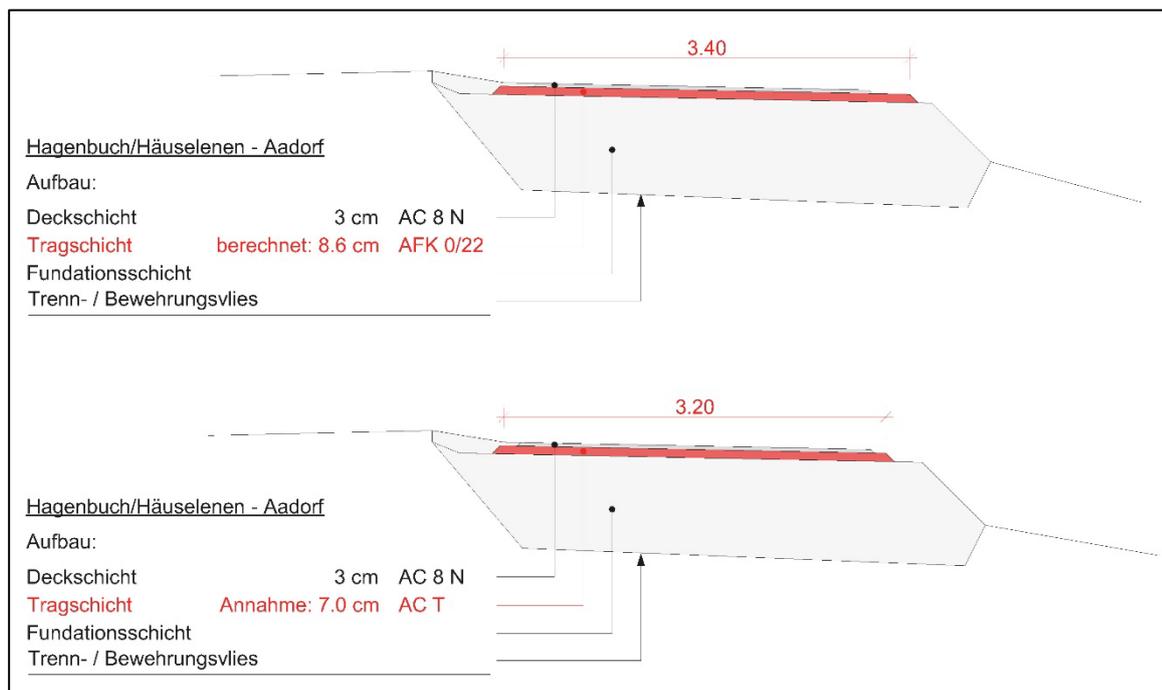


Abb. 2: Normalprofil des Radwegs 2. Oben: Radweg mit Kaltmischfundation AFK in der Tragschicht, unten: AC T Asphaltbeton in der Tragschicht.

Folgende Asphaltrezepturen werden in der Ökobilanz verwendet:

*Tabelle 1: Zusammensetzung der betrachteten Asphaltrezepturen. Angaben stammen von zwei führenden Asphaltproduzenten.*

Zusammensetzung	AC T [kg/t], Referenz für beide Radwege	AFK 1 [kg/t] für Radweg 1	AFK 2 [kg/t] für Radweg 2
Brechsand	40	0	78
Splitt	344	0	0
Bitumen	16	25	30
Wasser	0	34	30
Zement (Doroport)	0	10	10
Recyclingasphaltgranulat	600	931	852

### 3 Methodik

In einem ersten Schritt wurde das Mengengerüst aufgrund der Pläne des ausgeführten Werks (inkl. Normalprofil) der beiden Radwege ermittelt. Für die konventionelle Bauweise (AC T-Variante) wurde ein fiktives Normalprofil verwendet. Danach wurden die Daten als Grundlage der Ökobilanzierung verwendet. UMTEC verfügt aus früheren Projekten über gute Datengrundlagen zur Modellierung der Umweltwirkung aller relevanten Lebenszyklusphasen von Asphaltbelägen [2], [3]. Die Ermittlung der Umweltbelastungspunkte UBP und der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde daher auf bereits vorhandene Inventare abgestützt. UMTEC hat für die in den Radwegen eingesetzten Kaltmischfundationen AFK eine enge Zusammenarbeit mit den Lieferanten der Beläge angestrebt und Produktionsdaten, wo immer möglich, in die Ökobilanz eingebunden.

Zur Berechnung der Ökobilanz wurden folgende Methoden verwendet:

#### 3.1 Treibhauspotenzial

Diese Umweltwirkungskategorie berücksichtigt nur klimaschutzrelevante Emissionen eines Produktes oder Prozesses über den gesamten Lebenszyklus. Die Bewertung wird anhand eines Charakterisierungsfaktors in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente vorgenommen. Das Treibhausgas Methan ist rund 28mal klimaschädlicher als das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid und wird daher mit dem Charakterisierungsfaktor 28 verrechnet. Ein Kilogramm Methan entspricht damit 28 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Diese Methode des Treibhauspotenzials wird im angrenzenden Ausland häufig verwendet. Schadstoffemissionen lassen sich mit dieser Methode allerdings nur ungenügend bis gar nicht abbilden (toxizitätsrelevante Schadstoffemissionen in Luft, Wasser und Boden) [4], [5]. Durch die Wahl der Wirkungsabschätzungsmethode wird keine Gewichtung gefordert und somit ist die Ökobilanz konform mit der ISO Norm 14'040ff [6], [7].

### 3.2 Ökologische Knappheit (UBP-Methode)

Diese Methode wurde mit dem Ziel entwickelt, die verschiedenen Umweltauswirkungen zu einem Gesamtindex (Umweltbelastungspunkte) zusammenzufassen. Diese Ökobilanzierungsmethode beruht auf dem Vergleich der aktuellen Belastung der Umwelt (aktueller Fluss, „Ist-Menge“) mit der gesellschaftspolitisch als zulässig angesehen Belastung (kritischer Fluss, „Toleranzmenge“). Das Verhältnis von aktuellem zu kritischem Fluss resp. der „Ist-Menge“ zur „Toleranzmenge“ wird als ökologische Knappheit bezeichnet. Je grösser die Differenz zwischen dem aktuellen Fluss und der als zulässig angesehen Belastung, desto «umweltbelastender» ist die jeweils betrachtete Emission bzw. Ressourceninanspruchnahme. Diese Methode wird auch Umweltbelastungspunkte-Methode (kurz UBP-Methode) genannt. Denn diese Ökobilanzierungsmethode berücksichtigt eine grosse Anzahl an Wirkungskategorien, welche anhand einer Gewichtung, basierend auf politischen Zielen der Schweizer Umweltgesetzgebung abgestützt, ein gesamt aggregiertes eindimensionales Ergebnis in der Einheit UBP liefert. In diesem Projekt wurde die Version 2013 [8] als Hauptbewertungsmethode verwendet. Die Wirkungskategorie der ökologischen Knappheit ist nicht durch das Regelwerk dieser ISO-Norm abgedeckt. Sie ist aber in der Schweiz sehr gut etabliert und soll bei der Übernahme der EN 17472 ins Schweizer Normenwerk zukünftig im nationalen Vorwort ausdrücklich als zulässiges Bewertungsverfahren benannt werden.

## 4 Ergebnisse

Abb. 3 zeigt das Ergebnis der Ökobilanz für die Herstellung einer Tonne Asphalt für die Tragschicht der Radwege. Dabei wird ersichtlich, dass pro Tonne Asphalt die Kaltmischfundation AFK ökologisch leicht besser abschneidet als der herkömmliche Asphaltbeton AC T. Abb. 3 zeigt, dass die Hauptbeiträge der Ökobilanz der Asphaltproduktion in der Bereitstellung der Rohstoffe in der Prozessvorkette liegen. Die Umweltbelastung der Bereitstellung der Gesteinskörnung und vor allem des Bitumens schenken ökologisch am stärksten ein. Vernachlässigbar sind die Infrastruktur sowie die Abfälle. Der ökologische Vorteil der Kaltmischfundation AFK in der Asphaltproduktion liegt in der Vermeidung der anlagenspezifischen Emissionen einerseits und in der Einsparung an Splitt als Primärressource. Die Produktion von AFK verursacht keine anlagenspezifischen Emissionen, da der Asphalt nicht erhitzt werden muss (kein Erdgas oder Heizöl wird verbrannt). Es ist in Abb. 3 jedoch auch ersichtlich, dass der ökologische Beitrag des Bitumens beim AFK grösser ist als beim AC T, da der AFK mehr Bitumen pro Tonne Asphalt enthält (siehe dazu auch Tabelle 1). Beim AFK wirkt sich zudem die Verwendung von Zement (Doroport) ökobilanziell stark aus. Dies vor allem bei den Treibhausgasen, da die Zementproduktion (vor allem die Klinkerherstellung) sehr CO<sub>2</sub>-intensiv ist. Bei der Bewertung mittels Treibhauspotenzial wirken sich beim AC T die Luftemissionen der Asphaltanlage stark aus. Diese kommen aus der Asphalt-Trommel (Drehofen, in dem die Gesteinskörnung durch Verbrennung von Öl oder Erdgas erwärmt werden) durch die Verbrennung von Heizöl oder Erdgas zustande.

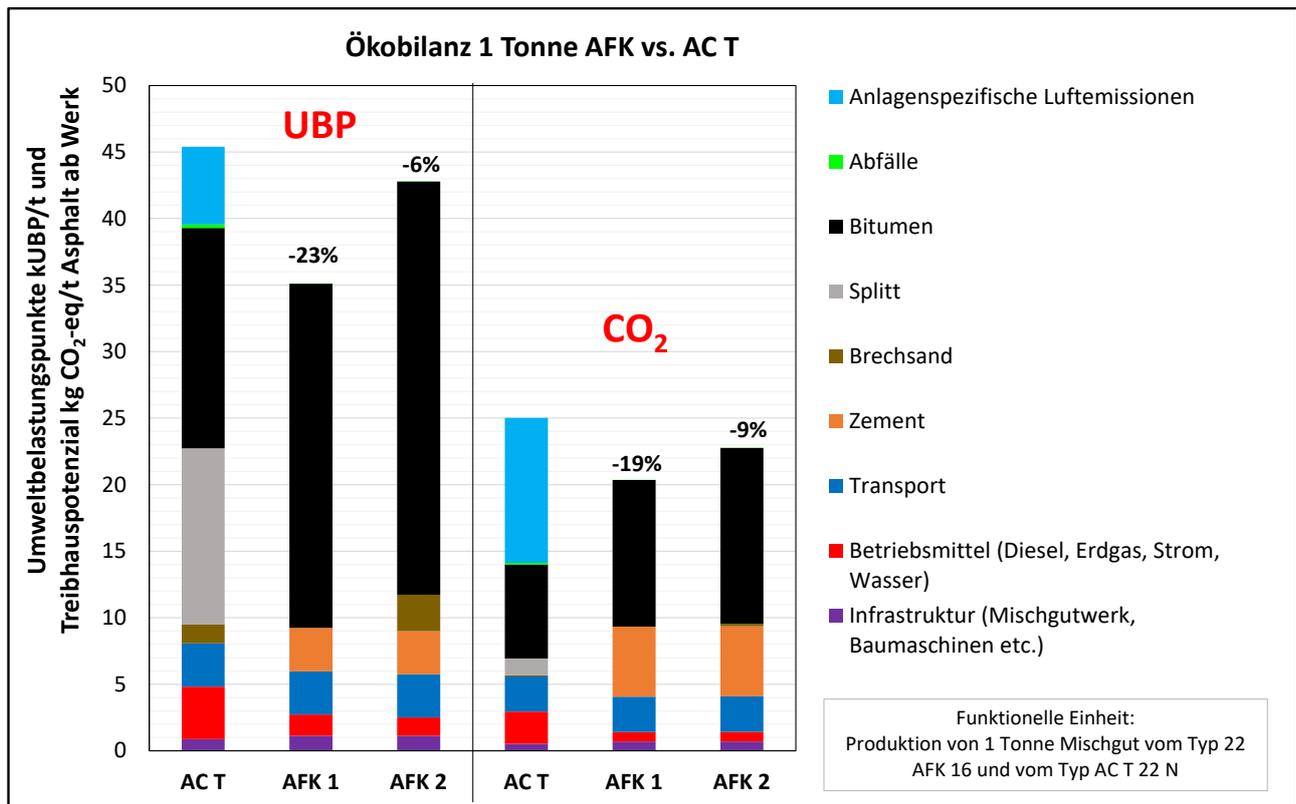


Abb. 3: Ein direkter ökobilanzieller Vergleich von jeweils einer Tonne AFK- bzw. AC T-Asphalt zeigt, dass sich die Umweltwirkungen beider Varianten nur leicht unterscheiden. Die geringeren Umweltwirkungen der AFK-Variante im Belagswerk werden ausgeglichen durch höhere Umweltwirkungen in der Prozess-Vorkette durch die Gewinnung der Primärrohstoffe. AFK-Mischgut enthält eine grössere Menge an Bitumen als AC T-Mischgut und zusätzlich ein hydraulisches Bindemittel. Die Umweltwirkungen der Herstellung dieser beiden Stoffe kompensiert die Vorteile tieferer Temperaturen bei der Mischgut-Herstellung.

Abb. 4 und Abb. 5 zeigen die Ökobilanz für die beiden Radwege. Wird die Ökobilanz nun für den gesamten Radweg über alle Lebenszyklusphasen von der Rohstoffgewinnung, über den Bau, Unterhalt, Rückbau bis zur Entsorgung betrachtet, so fällt das Ergebnis zu Gunsten des AC T-Belags aus. Denn die vergleichende Ökobilanz für die beiden Radwege zeigt auf, dass sich aus ökologischer Sicht der Einsatz von Kaltmischfundationen AFK in Tragschichten von Radwegen nicht lohnt. Ursache ist der erhöhte Materialbedarf der AFK-Variante infolge der erhöhten Schichtdicke und Fahrbahnbreite. Auf den ganzen Radweg betrachtet wird der ökologisch positive Effekt in der Herstellung des AFK so überkompensiert. Die ökologischen «Hot-Spots» liegen auf den Lebenszyklusphasen der Rohstoffgewinnung & Produktion des Asphalts, dem Ein- und Ausbau des Asphalts sowie auf der Deponierung.

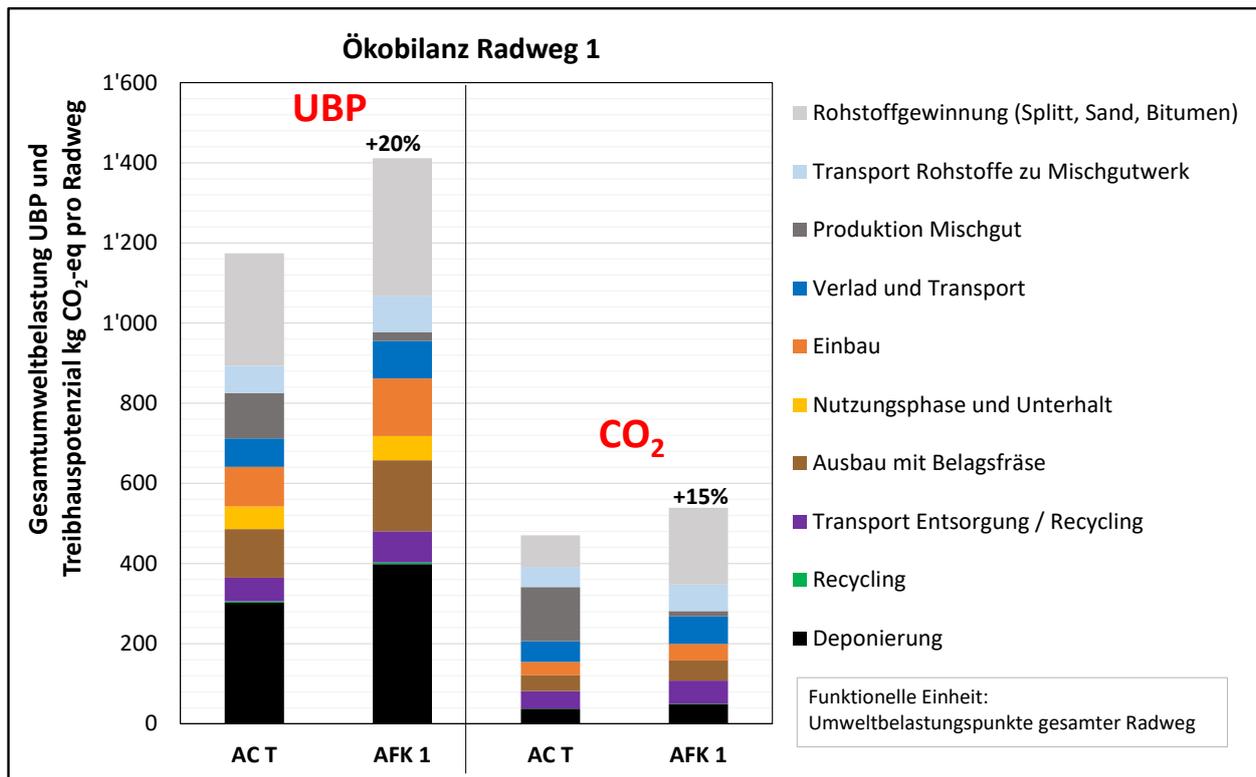


Abb. 4: Vergleichende Ökobilanz von ACT und AFK über den gesamten Lebenszyklus des Asphalts verbaut im Radweg 1 und ausgewertet mit der Umweltbelastungspunkte-Methode (UBP) und der Methode des Treibhauspotenzials (CO<sub>2</sub>).

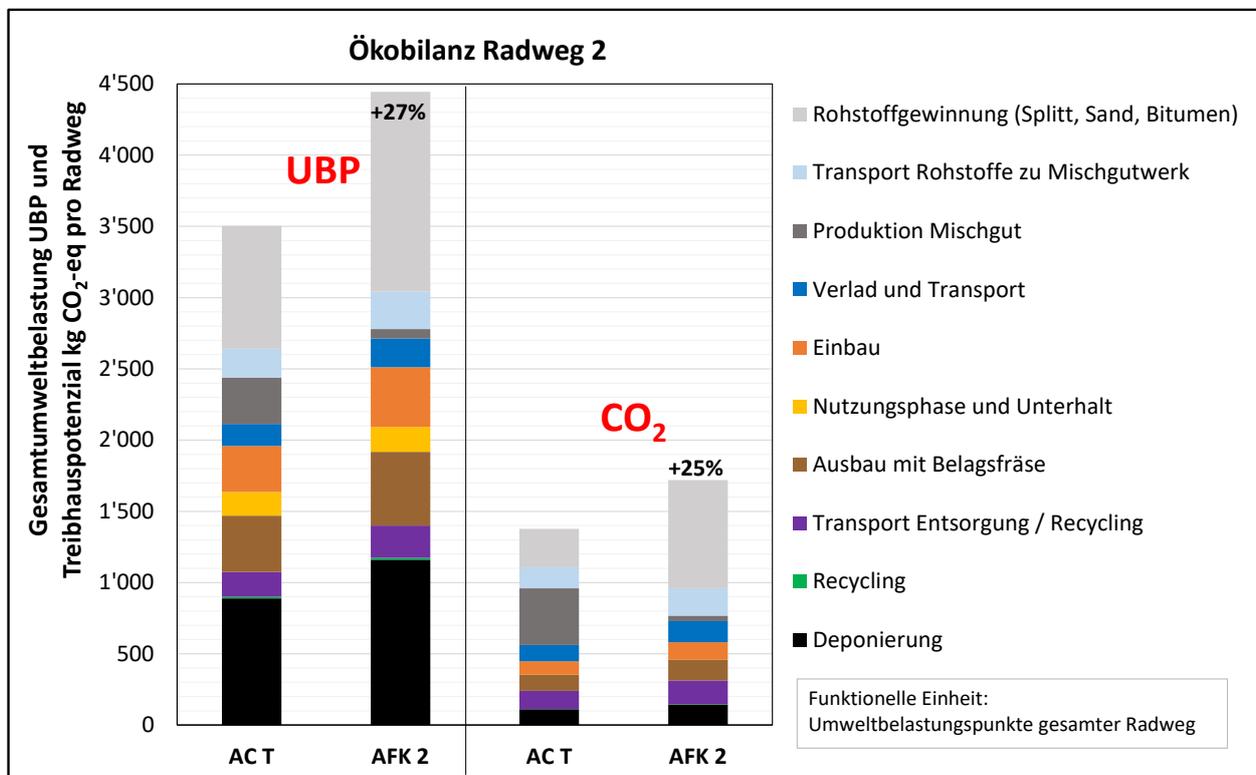


Abb. 5: Vergleichende Ökobilanz von ACT und AFK über den gesamten Lebenszyklus des Asphalts verbaut im Radweg 2 und ausgewertet mit der Umweltbelastungspunkte-Methode (UBP) und der Methode des Treibhauspotenzials (CO<sub>2</sub>).

## 5 Fazit, Diskussion und Ausblick

Die vergleichende Ökobilanz für die beiden Radwege zeigt auf, dass sich aus ökologischer Sicht der Einsatz von Kaltmischfundationen AFK in Tragschichten von Radwegen nicht lohnt. Der Einsatz von AFK führt heute zu einer erhöhten Schichtdicke und einer breiteren Fahrbahn. Der resultierende Mehrbedarf an Material überkompensiert den ökologisch positiven Effekt in der Herstellung des AFK. Dazu kommt, dass die Herstellung des AFK-Mischguts nur wenig besser abschneidet als die Herstellung des AC T-Mischgutes. Bei der Herstellung dominieren die Umweltbelastungen der Prozess-Vorkette durch die Gewinnung der Primärrohstoffe. Hier schneidet das AFK-Mischgut relativ schlecht ab, da es nicht nur mehr Bitumen benötigt, sondern auch noch ein hydraulisches Bindemittel dazugegeben werden muss mit hohen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in seiner Herstellung.

Damit wird eine interessante Option für eine vermehrte Verwendung von Asphaltgranulat in Frage gestellt. Wäre es nicht angesichts der wachsenden Berge von nicht-verwendbarem Asphaltgranulat gerechtfertigt, diesen ökologischen «Malus» eines Einsatzes in der Kaltmischfundation in Kauf zu nehmen? Die Ökobilanzstudie der OST geht auch dieser Frage nach und schätzt die ökologischen Vorteile einer vermiedenen Deponierung des Ausbruchasphalts ab – im Sinne einer «Gutschrift» für den Einsatz von Asphaltgranulat in der Kaltmischfundation. Doch auch diese Erweiterung bringt für den AFK nur geringe Vorteile. Auf die Publikation dieser zusätzlichen Abschätzung wird verzichtet, da die Vergabe von ökologischen Gutschriften unter Ökobilanzexperten sehr kritisch diskutiert wird (aufgrund des Risikos von Mehrfachzählungen und intransparenter Darstellung von Ökobilanz-Ergebnissen). Aus der Perspektive der Nachhaltigkeit ist es ausserdem fragwürdig, den Oberbau eines Verkehrswegs als Alternative zur Deponierung von Abfällen einzusetzen, zumal das Material am Ende des Lebenszyklus wieder dem Materialkreislauf zugeführt wird.

Aus ökologischer Sicht wäre eine Erhöhung des Einsatzes von Asphaltgranulat (Recyclinganteil) bei der Herstellung von Deck-, Binder und Tragschichten in der herkömmlichen Asphaltbetonbauweise, die über die aktuell gültige Norm hinausgeht, wünschenswert. Im Projekt «RC-Plus Küsnacht» [9] wurde neben der Prüfung der technischen Machbarkeit, die Ökologie eines erhöhten Einsatzes von Asphaltgranulats analysiert und bewertet. Wird in der Deckschicht 30% RC anstelle von 0% und in der Binderschicht 60% anstelle von normkonformen 30% Recyclinganteil verbaut, können pro Kilometer Strasse bis zu 36 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden (entspricht rund 250'000 km Autofahren). Oberstes Ziel ist die ökologisch sinnvolle Schliessung der Materialkreisläufe. Im Bereich des Asphaltstrassenbaus liegt dort noch grosses Potential.

## 6 Quellen

- [1] M. Gauch, C. Matasci, I. Hincapié, R. Hörler und H. Böni, „Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz - im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU,“ EMPA, Dübendorf, 2016.
- [2] S. Kytzia und T. Pohl, „LCA MOAG Uznach Grynau - Ökobilanz der Herstellung von Asphaltbelägen,“ MOAG Baustoffe Holding AG, Mörschwil, 2016.

- [3] T. Pohl, „RC-Plus Küsnacht ZH - Ökobilanz von Asphaltbelägen mit erhöhten Recyclinganteilen - Berichtteil Ökobilanz,“ VIATEC Institut für Baustofftechnologie, Winterthur, 2020.
- [4] IPCC 2013, „Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group + to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,“ Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom an New York USA, 2013.
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change, „Climate Change 2007: Synthesis Report,“ Valencia, 2007.
- [6] I. 14040, „Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines,“ ISO, Geneva, 2006.
- [7] I. 14044, „Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines,“ ISO, Geneva, 2006.
- [8] R. Frischknecht und S. Büsser Knöpfel, „Ökofaktoren Schweiz 2013 gmäss der Methode der ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz,“ Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2013.
- [9] P. Bodmer, „RC-Plus Küsnacht - Grosstechnische Realisierung einer Teststrecke in der Gemeinde Küsnacht ZH bei der Mischgut mit erhöhten Asphaltgranulat-Zugaberaten sowohl in der Deck- als auch in der Binderschicht,“ Gemeinde Küsnacht, Küsnacht ZH, 2019.
- [10] ecoinvent, „ecoinvent 2019: Version 3.6 Swiss Life Cycle Inventories,“ ecoinvent, 2019.
- [11] P. Sustainability, „Herausgeber der Ökobilanzsoftware SimaPro,“ PRé Sustainability, Amersfoort Netherlands, 2020.