

PROJEKTBERICHT

Projektnummer: 23421

Variantenstudie der Treibhausgasemissionen von Asphaltmischgut

von

**DI Dr.
Michael R. Gruber**

und

**Univ. Prof. DI Dr.
Bernhard Hofko**

Im Auftrag der
GESTRATA
Karlgasse 5
A-1040 Wien

Wien, Oktober 2024

Dieser Projektbericht enthält 11 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung und bisherige Datenlage	3
2. Variantenumfang und Annahmen	4
2.1. Auswahl von Mischguttypen und Recyclingasphalt – Modul A1.....	4
2.2. Materialtransport und Asphaltmischanlagenausstattung – Modul A2 und A3	6
2.3. Anpassungsmaßnahmen des RA-Tools	7
3. Hintergrunddaten der ökologischen Betrachtung	7
3.1. Bindemittel	7
3.2. Gestein, Eigen- und Fremdfüller.....	8
3.3. Kalkhydrat	8
3.4. Energieträger	8
3.5. Transporte	8
4. Ergebnisse	8
5. Zusammenfassung.....	10

1. Aufgabenstellung und bisherige Datenlage

Für das Planungstool des Projekts „LZInfra“ werden die zugrundeliegenden Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen; Einheit CO₂-Äquivalente je Tonne Asphaltmischgut) für in Österreich gebräuchliche Mischgüter und Produktionsrahmenbedingungen anhand des von der TU Wien entwickelten RA-Tools ermittelt. Ein Screenshot des Tools ist in Abbildung 1 zu sehen.

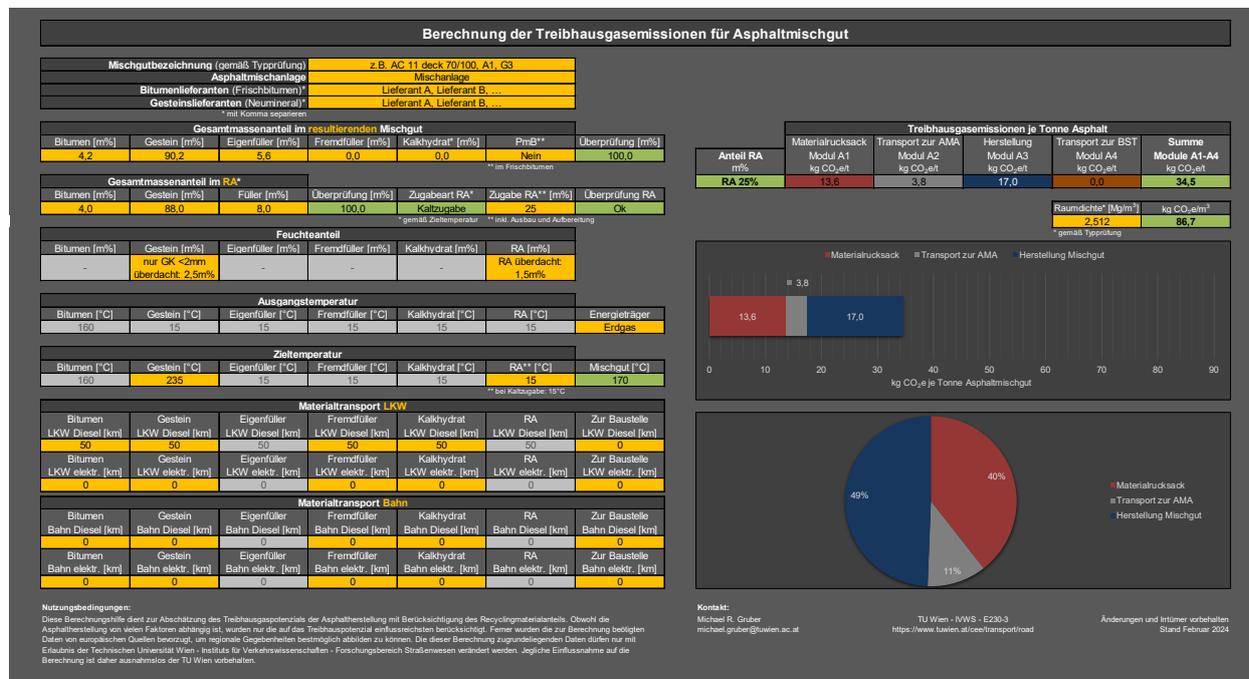


Abbildung 1: RA-Tool Version 1.7.1

Diese Studie umfasst die Betrachtung der Herstellungsphase, also der Module A1–A3 (Rohstoffbereitstellung, Rohstofftransport und Herstellung) gemäß Abbildung 2. Die restlichen Module sollen mit dem Planungstool LZInfra abgedeckt werden.

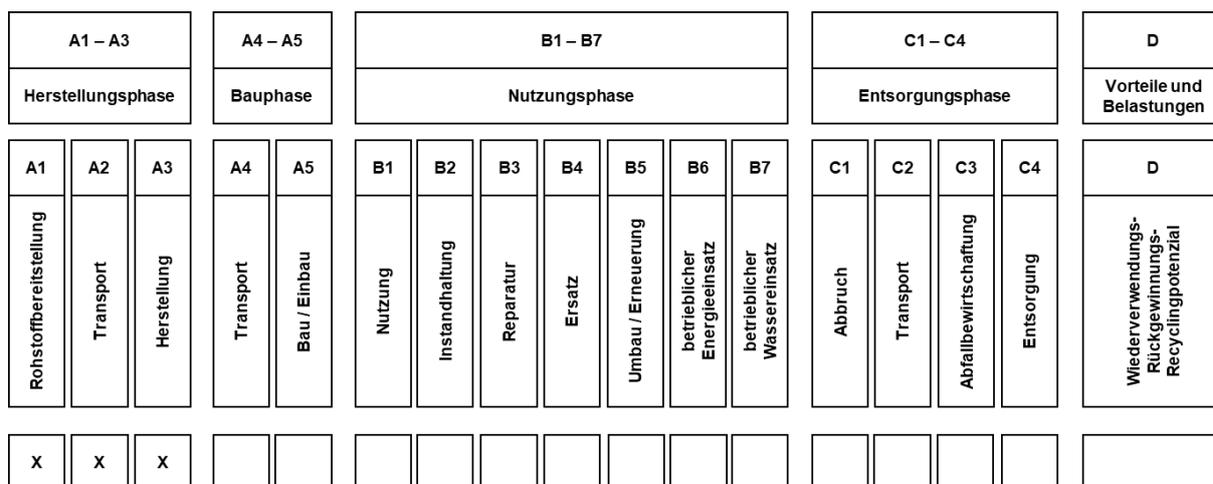


Abbildung 2: Betrachtete Module gemäß EN 15804

Die derzeitigen THG-Emissionen für die Module A1-A3 in LZInfra basieren auf Daten aus Deutschland und sind in Abbildung 3 abgebildet. Es existieren jedoch deutliche Unterschiede zur Produktion in Österreich, darunter die Energiebereitstellung für elektrischen Strom und für die

Befuerung der Trockentrommel sowie auch kürzere Transportdistanzen. Daher liegen die deutschen Werte für die Asphaltproduktion, die derzeit in LZInfra verwendet werden, deutlich über den in Österreich erwartbaren THG-Emissionen.

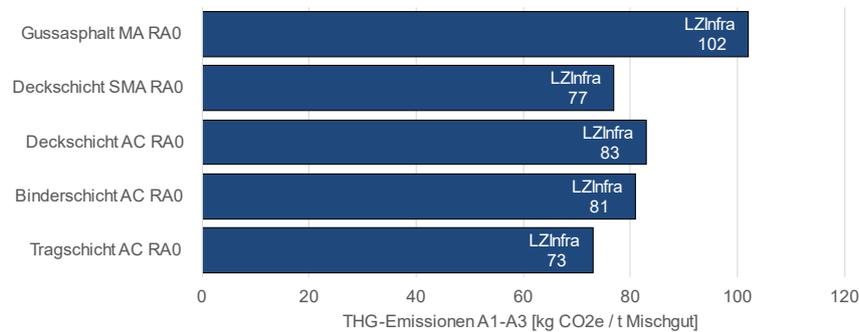


Abbildung 3: Derzeitige THG-Emissionen in LZInfra

2. Variantenumfang und Annahmen

2.1. Auswahl von Mischguttypen und Recyclingasphalt – Modul A1

Für die Variantenstudie wurden bestimmte Mischgutrezepte für unterschiedliche Einsatzzwecke identifiziert. Die für das Modul A1 (Rohstoffbereitstellung) relevante Zusammensetzung und Produktionstemperatur des jeweiligen Mischguts sind in folgender Tabelle 1 dargestellt. Rezepte mit polymermodifiziertem Bitumen (PmB) sind farblich hervorgehoben und unterscheiden sich zudem, ebenso wie Gussasphalt, durch eine höhere Produktionstemperatur. Die Temperaturen wurden 10°C unterhalb der oberen Temperaturgrenzen für Asphaltmischgut gemäß ÖNORM B 358x-x gewählt.

Um Recyclingasphalt (RA) nicht zu übervorteilen, wurde von 4,0 m% tatsächlich wiederverwendbarem Bitumenanteil im RA ausgegangen. Dies liegt an der unteren Grenze des enthaltenen Bindemittelanteils der betrachteten Rezepte. Weiters wird der Massenanteil des Fasergranulats für SMA-Mischgut als Massenanteil Fremdfüller behandelt, da für Fasergranulat kein THG-Fußabdruck zur Verfügung steht und zudem der Massenanteil mit 2 bis 4 kg je Tonne Asphaltmischgut (das entspricht 0,2 bis 0,4m%) sehr gering ist. Die Rezepturen stammen dabei aus der durchschnittlichen Zusammensetzung von in Mischanlagen regelmäßig produzierten Mischgütern.

Tabelle 1: Mischguttypen und Produktionstemperaturen für Variantenstudie

Mischgutbezeichnung	Temperatur [°C]	Bitumen [m%]	Gestein [m%]	Eigenfüller [m%]	Fremdfüller [m%]	Kalkhydrat [m%]	Fasergranulat [m%]
Deckschicht							
AC 11 deck, A1, G1	170	5,2	86,3	3,5	5,0		
AC 11 deck PmB, A1, G3	180	5,2	86,8	3,0	5,0		
AC 11 deck PmB, A2, GS-Ka20	180	5,6	86,4	2,8	2,7	2,5	
AC 8 deck, A1, G3	170	5,5	86,0	3,5	5,0		
AC 8 deck PmB, A1, G3	180	5,5	86,0	3,5	5,0		
AC 8 deck PmB, A2, G1, Ka18	180	5,8	86,9	2,3	3,0	2,0	
SMA 11 deck PmB, S1, GS	180	5,6	85,2	2,3	6,7		0,2
SMA 11 deck PmB, S2, GS-Ka20	180	5,8	85,8	1,5	4,4	2,2	0,3
SMA 11 deck PmB, S3, GS-Ka18	180	5,5	87,8	2,0	2,7	1,8	0,2
SMA 8 deck PmB, S1, GS	180	6,3	84,9	2,1	6,3		0,4
SMA 8 deck PmB, S3, GS	180	6,2	85,2	2,0	6,2		0,4
SMA 8 deck PmB, S3, GS-Ka20	180	6,2	85,2	2,0	4,0	2,2	0,4
SMA 8 deck PmB, S3, GS-Ka25	180	6,2	84,7	2,0	4,0	2,7	0,4
Binderschicht							
AC 22 bin PmB, H1, G4	180	4,2	90,4	2,5	2,9		
AC 16 bin PmB, H1, G4, Ka15	180	5,0	89,5	2,8	1,2	1,5	
AC 16 bin PmB, H1, G4, Ka20	180	5,0	89,5	2,5	1,0	2,0	
Tragschicht							
AC 32 trag, T3, G4	170	4,2	89,8	2,3	3,7		
AC 32 trag PmB, T3, G4	180	4,2	91,3	2,0	2,5		
AC 16 trag, T3, G4	170	4,9	88,6	2,5	4,0		
AC 16 trag PmB, T3, G4	180	4,9	89,7	2,3	3,1		
Tragdeckschicht							
AC 16 deck, A5, G7	170	5,2	87,0	3,0	4,8		
AC 16 deck PmB, A5, G7	180	5,3	86,8	3,0	4,9		
Gussasphalt							
MA 8, M1, G1, KE36	200	8,9	62,3	10,0	18,8		
MA 8 PmB, M1, G1, KE36	200	8,9	62,3	10,0	18,8		
Recyclingasphalt							
RA Dummy für RA25	-	4,0	88,0	8,0			

Für eine Betrachtung der Mischguttypen mit RA (Binder- und Tragschichten) wurde ein Anteil von 25m% RA (RA25) angenommen. Die Zusammensetzung der jeweiligen Mischgüter mit RA25 ergibt sich aus dem Zielrezept ohne RA gemäß Tabelle 1 sowie der Zusammensetzung des RA in derselben Tabelle. Beispielhaft sei dies für ein Binderschicht in folgender Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Beispielhafte Zusammensetzung eines RA25 Mischguts

Mischgutbezeichnung	Bitumen [kg/t]	Gestein [kg/t]	Eigenfüller [kg/t]	Fremdfüller [kg/t]	Summe [kg/t]
AC 22 bin PmB, H1, G4	42	904	25	29	1.000
Recyclingasphalt	40	880	80		1.000
RA25: 25 m% Recyclingasphalt	10	220	20		250
Notwendiges Neumaterial für Zielrezept	32	684	5	29	750
AC 22 bin PmB, H1, G4, RA25	42	904	25	29	1.000

Nachstehende Tabelle 3 zeigt die möglichen Szenarien für die Variantenstudie, die sich aus der normativen Möglichkeit der Zugabe von RA in bestimmte Asphaltsschichten sowie der Forderung zur Verwendung von Recyclingmaterial gemäß „Aktionsplan für eine nachhaltige öffentliche Beschaffung“ (NaBe) ergeben.

Tabelle 3: Mögliche Szenarien für Variantenstudie

Mischgutbezeichnung	RA0	RA25
Deckschicht		
AC 11 deck, A1, G1	1	0
AC 11 deck PmB, A1, G3	1	0
AC 11 deck PmB, A2, GS-Ka20	1	0
AC 8 deck, A1, G3	1	0
AC 8 deck PmB, A1, G3	1	0
AC 8 deck PmB, A2, G1, Ka18	1	0
SMA 8 deck PmB, S1, GS	1	0
SMA 8 deck PmB, S3, GS	1	0
SMA 8 deck PmB, S3, GS-Ka20	1	0
SMA 8 deck PmB, S3, GS-Ka25	1	0
SMA 8 deck PmB, S1, GS	1	0
SMA 8 deck PmB, S3, GS	1	0
SMA 8 deck PmB, S3, GS-Ka20	1	0
SMA 8 deck PmB, S3, GS-Ka25	1	0
Binderschicht		
AC 22 bin PmB, H1, G4	0	1
AC 16 bin PmB, H1, G4, Ka15	0	1
AC 16 bin PmB, H1, G4, Ka20	0	1
Tragschicht		
AC 32 trag, T3, G4	0	1
AC 32 trag PmB, T3, G4	0	1
AC 16 trag, T3, G4	0	1
AC 16 trag PmB, T3, G4	0	1
Tragdeckschicht		
AC 16 deck, A5, G7	0	1
AC 16 deck PmB, A5, G7	0	1
Gussasphalt		
MA 8, M1, G1, KE36	1	0
MA 8 PmB, M1, G1, KE36	1	0
Anzahl Szenarien	16	9
Summe Anzahl Szenarien		25

2.2. Materialtransport und Asphaltmischanlagenausstattung – Modul A2 und A3

Der Transport der Ausgangsmaterialien vom jeweiligen Produktionsort zur Asphaltmischanlage wird im Modul A2 dargestellt und unterliegt den in Tabelle 4 dargestellten angenommenen Transportdistanzen. Eigenfüller wird während der Trocknung von Gesteinsmaterial gewonnen, daher ist die Transportdistanz von Gestein und Eigenfüller gleichgesetzt. Wie bereits erwähnt, wird der Massenanteil von Fasergranulat in dieser Betrachtung durch Fremdfüller substituiert, daher ist die Transportdistanz jener des Fremdfüllers gleichzusetzen.

Tabelle 4: Transportdistanzen der Ausgangsstoffe für Modul A2

Mischgutbezeichnung	Bitumen [km]	Gestein [km]	Eigen- füller [km]	Fremd- füller [km]	Kalk- hydrat [km]	RA- Mischgut [km]
Transport (LKW Diesel)	100	50	50	50	50	50

Das Modul A3 (Mischgutherstellung) umfasst die Trocknung und Erhitzung von Gesteinsmaterial, das Warmhalten von Bitumen, sowie das Mischen der Komponenten. Folgende Ausstattung der Asphaltmischanlage wurde vorausgesetzt:

- Trockentrommel mit Erdgas befeuert
- Tägliche Produktionsmenge mindestens 1.000 t Asphaltmischgut
- Recyclingmaterial überdacht (Wassergehalt im Mittel 1,5 m%)

- Grobe Gesteinskörnung (GK > 4 mm) nicht überdacht, feine Gesteinskörnung (GK bis 4 mm) überdacht (Wassergehalt aller GK im Mittel 2,5 m%)

2.3. Anpassungsmaßnahmen des RA-Tools

Der Einsatz von RA erfordert den Asphaltaußbau aus einer bestehenden Asphaltfahrbahn (Modul C1) sowie den Transport (C2) und die Aufbereitung des Ausbaumaterials (C3). Das RA-Tool ist auf die Module A1–A4 begrenzt, daher ist dieser Aufwand (C1 bis C3) durch den Materialrucksack des RA im Modul A1 abgebildet.

Im Planungstool LZInfra werden hingegen die Module C1-C3 getrennt betrachtet, daher wurde dieser Umstand im RA-Tool angepasst, um doppelte Betrachtungen des Aufwands von RA zu verhindern. Das bedeutet, dass für diese Variantenuntersuchung der RA nur durch die Aufbereitung zur Wiederverwendung (d.h. Brechen und Laden) belastet wird und so in Modul A1 eintritt.

3. Hintergrunddaten der ökologischen Betrachtung

Nachstehende Unterkapitel sollen einen Überblick über die verwendeten Hintergrunddaten zur Berechnung der THG-Emissionen bieten. Für die Herstellung der zur Asphaltproduktion benötigten Rohstoffe (Modul A1 – Rohstoffbereitstellung) wird die Summe der Module A1 bis A3 des jeweiligen Rohstoffes herangezogen. Das bedeutet beispielsweise für Bitumen: Rohölextraktion (A1), Transport des Rohöls zur Raffinerie (A2) und Gewinnung des Bitumens aus Rohöl (A3).

3.1. Bindemittel

Das Raffinieren von Erdölprodukten ist ein komplexer Prozess mit vielen (Neben)Produkten, daher ist die Allokation der benötigten Energie und Ressourcen zu einem einzelnen Produkt schwierig. Zudem werden die genauen Aufteilungen und Energieverbräuche von den Herstellern vertraulich behandelt, somit fehlen Primärdaten zur Berechnung. Aus diesem Grund können hier nur Daten aus der Literatur verwendet werden, wobei es zusätzlich noch sowohl geographisch bedingte Unterschiede in der Qualität des Rohöls als auch in der Effizienz der Raffinerie gibt. Dadurch, und aufgrund unterschiedlicher Allokationsmethoden, sind große Unterschiede in den Fußabdrücken zu sehen. Diese Emissionen sind in Tabelle 6 mit den Bezugsquellen dargestellt. Um ein robusteres Ergebnis zu erhalten, wurde der höchste und niedrigste Wert nicht bei der Berechnung des Mittelwertes (365 kg CO_{2e} pro Tonne Bitumen) berücksichtigt.

Tabelle 5: THG-Fußabdruck der Herstellung von Bitumen

Quelle	A1–A3 [kg CO _{2e} /t]
Eurobitume v3.1—European Bitumen Association	450
Butt—KTH Royal Institute	173
Stripple—IVL Swedish Environm. Res. Inst.	173
Yang—CEE U Illinois	324
GaBi DB—Mean of EU/US Bitumen at Refinery (Thinkstep)	327
Hakkinen—Techn. Res. Center of Finland	330
Mukherjee—CEE Michigan TU	390
Athena Sust. Mat.—Inst. f. Cement Assoc. Canada	400
Samieadel—NC State U	534
Thinkstep—LCA of Asphalt Binder f. Asphalt Inst.	637
Jungbluth—ESU Switzerland	720
Mittelwert (n = 11 - 2 = 9)	365
Standardabweichung	142

3.2. Gestein, Eigen- und Fremdfüller

Zur Beurteilung des THG-Fußabdrucks von Gesteinsmaterial wurden die Verbrauchsdaten (Diesel, elektrischer Strom, Sprengstoff, Heizöl und Wasser) von drei Steinbrüche über mehrere Jahre analysiert. Im Durchschnitt wurden je produzierter Tonne Gesteinsmaterial 2,51 kg CO₂e (Standardabweichung von 0,41 kg CO₂e/t) emittiert. Eigenfüller wird während des Trockenvorgangs von Gestein in der Trockentrommel produziert und hat dadurch denselben THG-Fußabdruck. Fremdfüller wird separat hergestellt und benötigt daher deutlich mehr Energie beim Brechen und Mahlen (8,37 kg CO₂e/t).

3.3. Kalkhydrat

Die Produktion von Kalkhydrat ist energieintensiv und umfasst die Gewinnung von Kalkstein, das Brennen zu Branntkalk, das Mahlen sowie das Löschen zu Kalkhydrat. Die Grundlage zur Berechnung basiert auf Daten aus Deutschland und beträgt 774 kg CO₂e/t. Mittlerweile gibt es Daten aus Österreich; Diese liegen aufgrund des österreichischen Energiemixes ungefähr 10-15% unterhalb der deutschen THG-Emissionen. Dieser Umstand konnte in der Berechnung noch nicht berücksichtigt werden, würde jedoch zu einer Reduktion von bis zu 3 kg CO₂e führen.

3.4. Energieträger

Zur Berechnung der emittierten THG wurden Daten des österreichischen Umweltbundesamtes herangezogen. Die Herstellung und Verbrennung von 1 m³ Erdgas (Energiegehalt 10,8 kWh/m³) emittiert 0,268 kg CO₂e je kWh, von 1 Liter Diesel 0,321 kg CO₂e je kWh. Der österreichische Energiemix wurde mit 0,202 kg CO₂e je kWh bewertet.

Zur Produktion von Asphaltmischgut wurde ein durchschnittlicher Feuchtegehalt des überdachten Recyclingmaterial von 1,5 m% angenommen. Grobe Gesteinskörnung (nicht überdacht) und feine Gesteinskörnung (überdacht) wurden mit einem mittleren Feuchtegehalt von 2,5 m% modelliert. Das Gesteinsmaterial wird in der Trockentrommel durch Erdgasbefeuerung getrocknet und erhitzt, sodass eine Mischguttemperatur von 170°C bzw. 180°C bei Nutzung von PmB erreicht wird.

3.5. Transporte

Der Transport der Rohstoffe zu Asphaltmischanlage erfolgt durch LKW mit Sattelanhänger (Nutzlast 28 Tonnen). Zudem wurde angenommen, dass die Rückfahrt des LKW leer erfolgt und somit eine 50%-Beladung ergibt. Dies emittiert 0,074 kg CO₂e je Tonnenkilometer. Die jeweilige Transportdistanz ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

4. Ergebnisse

Für die in Tabelle 3 gewählten Szenarien wurden mit Hilfe des RA-Tools folgende THG-Emissionen für die Module A1 bis A3 ermittelt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 aufgeteilt in die einzelnen Module (A1 Rohstoffbereitstellung, A2 Rohstofftransport, A3 Produktion) ersichtlich. Die gerundeten gesamten THG-Emissionen (A1 bis A3) sind rechts neben jeweiligen dem Balken dargestellt.

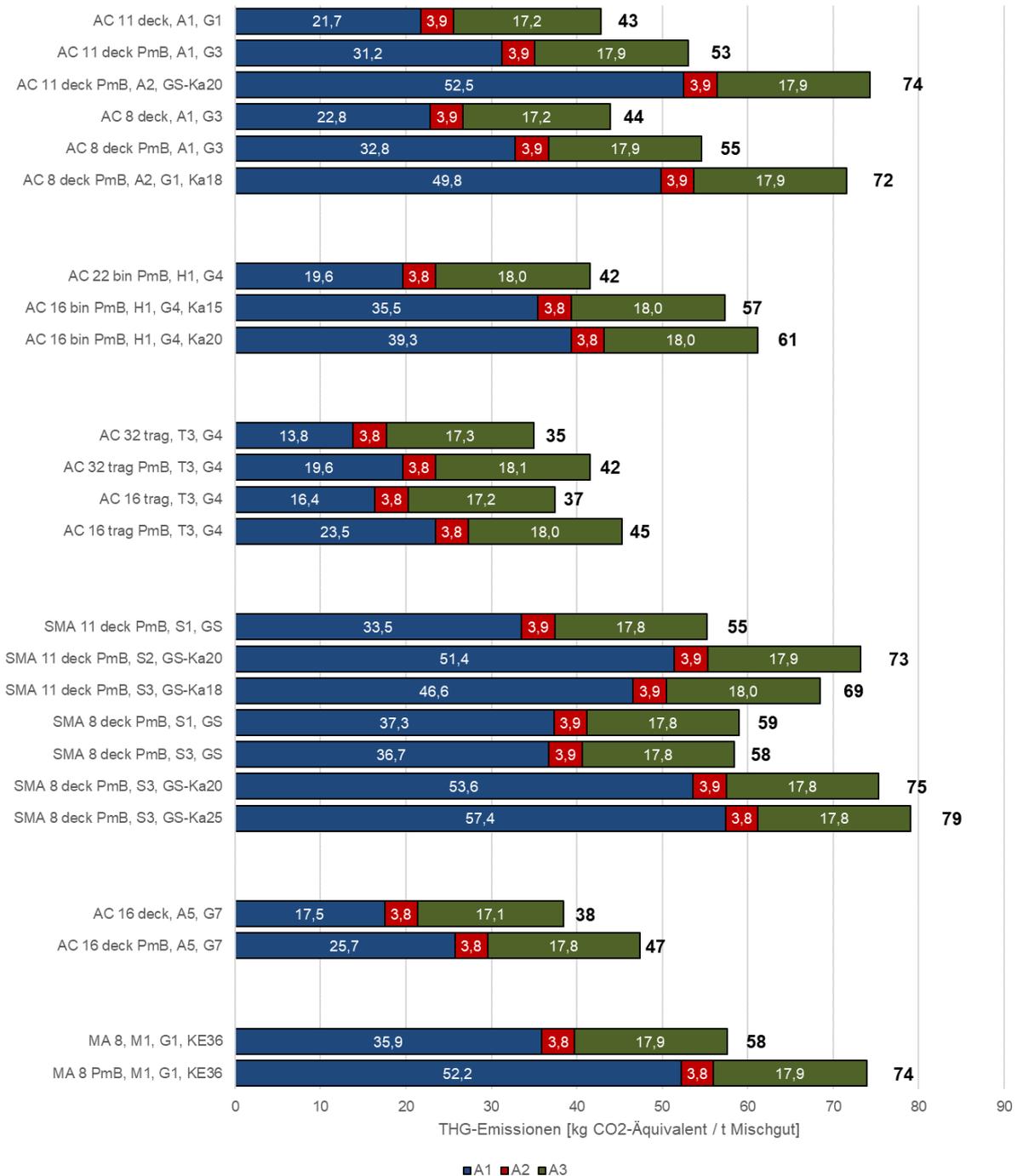


Abbildung 4: THG-Emissionen der gewählten Szenarien getrennt nach Modulen

Da die Korngröße bzw. Sieblinie nur geringen Einfluss auf die Resultate zeigt, sowie, um die Wahl des Mischguts in der Planungsphase, in der die exakte Mischgutsorte noch nicht bekannt ist, zu vereinfachen, werden in Abbildung 5 die Ergebnisse aller betrachteten Szenarien in Mischgutgruppen zusammengefasst und die THG für die Summe der Module A1 bis A3 dargestellt.

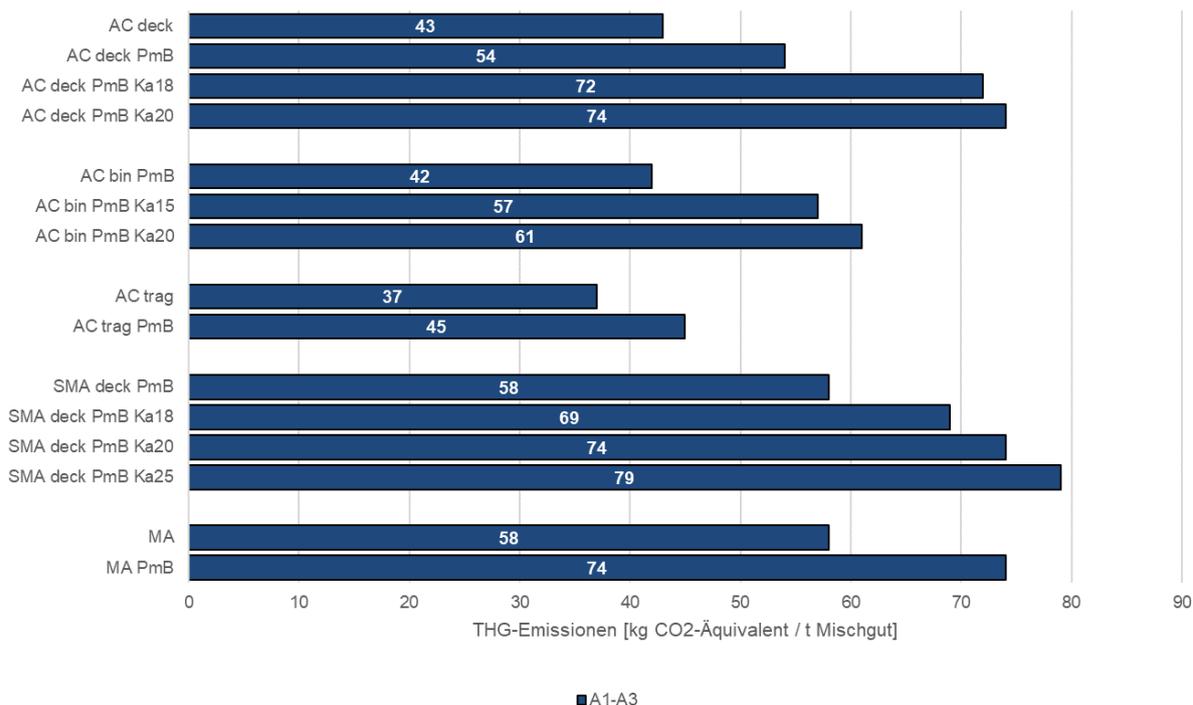


Abbildung 5: THG-Emissionen der zusammengefassten Mischgutgruppen (A1–A3)

Zudem sind die oben grafisch dargestellten Ergebnisse für die Mischgutgruppen in tabellarischer Form in Tabelle 6 gegeben.

Tabelle 6: THG-Emissionen für zusammengefasste Mischgutgruppen

Mischgutbezeichnung	THG A1–A3 [kg CO ₂ e/t]
Deckschicht	
AC deck	43
AC deck PmB	54
AC deck PmB Ka18	72
AC deck PmB Ka20	74
SMA deck	
SMA deck PmB	58
SMA deck PmB Ka18	69
SMA deck PmB Ka20	74
SMA deck PmB Ka25	79
Binderschicht	
AC bin PmB	42
AC bin PmB Ka15	57
AC bin PmB Ka20	61
Trag(deck)schicht	
AC trag	37
AC trag PmB	45
Gussasphalt	
MA	58
MA PmB	74

5. Zusammenfassung

Um in der Planungsphase von Straßeninfrastruktur in Asphaltbauweise bereits die Treibhausgasemissionen (kurz: THG-Emissionen, Einheit kg CO₂e) vorab abschätzen zu können, wurden

für gebräuchliche Mischgüter und Produktionsrahmenbedingungen mehrere Varianten untersucht. Dies umfasst insgesamt 25 Mischguttypen – von Deckschichtmischgut über Binder- und Tragschichtmischgut bis Gussasphalt.

Anhand des von der TU Wien entwickelten RA-Tools wurden diese Varianten bezüglich THG-Emissionen bewertet und die Ergebnisse gegenübergestellt. Um eine einfache Wahl der Mischgutsorte in der Planungsphase zu gewährleisten, wurden die Ergebnisse der Varianten in Mischgutgruppen zusammengefasst.

Haupteinflussfaktoren auf die THG-Emissionen sind die Verwendung von polymermodifiziertem Bitumen (ungefähr +10 kg CO₂e je Tonne Mischgut) und Kalkhydrat (je nach Gehalt +10 bis +20 kg CO₂e je Tonne Mischgut). Dabei ist anzumerken, dass etwaige Mehremissionen aufgrund von PmB oder Kalkhydrat unter Umständen über den gesamten Lebenszyklus der Straßeninfrastruktur gesehen kompensiert werden können – durch längere Lebensdauer oder geringere Instandsetzungsmaßnahmen. Zudem eignen sich diese Materialien auch zur Reduktion Asphaltstichtdicke – wodurch sich ein geringerer Materialverbrauch ergibt.

Jedenfalls ermöglichen die hier präsentierten Ergebnisse eine einfache Abschätzung der zu erwarteten THG-Emissionen der Asphaltproduktion. Die Auswahl der Mischgutsorte, der jeweiligen Schichtdicke des Straßenquerschnitts, sowie die Beurteilung der Sinnhaftigkeit des Einsatzes von PmB oder Kalkhydrat sollte jedenfalls durch Asphalttechniker erfolgen.



Univ. Prof. DI Dr. Bernhard Hofko
Forschungsbereichsleiter

Wien, im Oktober 2024



DI Dr. Michael R. Gruber
Projektleiter