

Land Tirol – Landesstraßenverwaltung

B179 Fernpassstraße

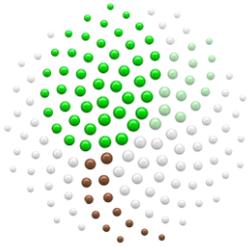
Fernpassstunnel

Ökobilanzstudie 2023

Änderung	Datum	Bearbeiter	Prüfer

<p>Projektbericht</p>	<p>Inhalt</p>
------------------------------	---------------

Dokument Nr.	01
Einlage Nr.	ÖBS-01
Ausfertigung	A
Datum	2023-06-20
Bearbeiter	FGS
Ökobilanzierer	FGS
Geprüft	GG+CM

<p>floGeco GmbH</p> <p>Hinteranger 61d A-6161 Natters Österreich 0043(0)664 1351523 office@flogeco.com www.flogeco.com UID-Nr.: ATU78463208</p>		<p>Planer</p>
---	---	---------------

<p>Sachbearbeiter</p>
<p>Vorstand / Leiter</p>



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Zusammenfassung	4
1 Ausgangslage	5
2 Aufgabenstellung	5
3 Beschreibung Grundlagenstudien.....	6
3.1 Trassenstudie Fernpasstunnel (2012) – ILF [1]	6
3.2 Verkehrsuntersuchung (2014) – Ingenieurbüro Köll [2]	8
3.2.1 Simulationsmodelle Reiseverkehrstage	8
3.2.2 Verkehrsmodell Werktagsverkehr	11
4 Ökobilanz	14
4.1 Methodik.....	14
4.2 Ökobilanz Tunnel	16
4.2.1 Ziel und Untersuchungsrahmen nach ÖNORM EN ISO 14040	16
4.2.2 Systemgrenzen und funktionale Einheit	16
4.2.3 Sachbilanz und Datenerhebung Sachbilanz und Datenerhebung	16
4.2.3.1 Tunnel-Neubau	16
4.2.3.2 Tunnelbetrieb.....	23
4.2.3.3 Tunnelerhaltung.....	24
4.2.4 Wirkungsabschätzung und Ergebnisse Ökobilanz Tunnel.....	24
4.2.4.1 Tunnelneubau	24
4.2.4.2 Tunnelbetrieb.....	30
4.3 Ökobilanz Verkehr Fernpass-Strecke	32
4.3.1 Ziel und Untersuchungsrahmen.....	32
4.3.2 Analyse Einzeltage	32
4.3.2.1 Systemgrenzen und funktionale Einheit	32
4.3.2.2 Sachbilanz	33
4.3.2.3 Wirkungsabschätzung und Ergebnisse Ökobilanz	40
4.3.3 Analyse Jahr 2025 und Jahr 2037.....	41
4.3.3.1 Systemgrenzen und funktionale Einheit	41
4.3.3.2 Sachbilanz	41
4.4 Gegenüberstellung Tunnel und Verkehr	43
5 Fazit.....	46
6 Quellen.....	47
Anhang 1 Datenerhebung Sachbilanz Vortrieb und Innenschale	48
A. Vortrieb Kalotte	48

B. Vortrieb Strosse	49
C. Vortrieb Sohle	50
D. Vortrieb Stollen	51
E. Innenschale	52
F. Auswertung Vortrieb und Innenschale gesamt	53
G. Baugeräte Vortrieb und Innenschale	54
Anhang 2 Datenerhebung Sachbilanz Tunnelbetrieb	55
Anhang 3 Ökobilanz Fernpasstunnel.....	56
A. Tunnelneubau gesamt	56
B. Vortrieb gesamt	58
C. Innenschale gesamt	59
D. Straßenoberbau gesamt	60
E. Stollenvortrieb gesamt	61
F. Transport gesamt.....	62
G. Vergleich Vortrieb nach Vortriebsklassen je lfm.....	63
H. Vergleich Innenschale nach Vortriebsklassen je lfm.....	65
Anhang 4 Sachbilanzdatensätze.....	67
A. Materialproduktion.....	67
B. Vortrieb und Innenschale	72
a. Vortrieb.....	72
b. Innenschale.....	75
c. Vortrieb Stollen	77
C. Straßenoberbau	80
D. Deponierung Tunnel und Stollenausbruch	87
Anhang 5 Verkehr und Kraftstoffverbrauch.....	88
A. Höhenprofile	88
B. Detaillierte Auswertung Verbrauch unbeeinflusste Fahrt	90
C. Vergleich Verbräuche mit gesteigertem Zufluss.....	94
D. Detaillierte Auswertung Verbrauch Reiseverkehrstage.....	96
E. Anzahl Fahrten an Einzeltagen.....	102
F. Sachbilanzen Treibstoffverbrauch	106
Anhang 6 Ökobilanz Verkehr.....	109
A. Vergleich Einzeltage.....	109

Zusammenfassung

In der „Ökobilanzstudie 2023 – Fernpasstunnel“ werden die ökologischen Auswirkungen der Realisierung eines Fernpasstunnels unter Berücksichtigung der damit verbundenen verkehrlichen Auswirkungen bewertet. Dazu werden die ökologischen Reduktionspotentiale aus der Nutzung des Tunnels (verkürzte Strecke und Vermeidung Passhöhe) den Neubau-, Betriebs- und Erhaltungsprozessen des Tunnels gegenübergestellt und der Zeitraum der „ökologische Amortisierung“ des Tunnels ermittelt. Die Analysen und Untersuchungen erfolgten auf Basis der ÖNORM EN 17472:2022 (Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Ingenieurbauwerken – Rechenverfahren).

Im Zuge der Ökobilanzstudie werden folgende ökologische Wirkungsindikatoren untersucht:

- Treibhauspotential (*GWP – Global Warming Potential*) [t bzw. kg CO₂ äquiv]
- Versauerungspotential (*AP – Acidification Potential*) [mol H⁺ äquiv]
- Nicht-erneuerbarer Kumulierter Energieaufwand (*nr-CED – non renewable Cumulative Energy Demand*) [GJ bzw. MJ äquiv]

Die notwendigen Aufwendungen für Bau, Betrieb und Erhaltung wurden basierend auf einer Trassenstudie für den Fernpasstunnel bzw. gemeinsam mit Experten aus der Bauwirtschaft prognostiziert. Die ökobilanzielle Bewertung der Verkehrssituation bzw. möglicher Reduktionen an Umweltbelastungen durch die Nutzung des Tunnels basiert auf einer umfassenden Verkehrsstudie und den darin erarbeiteten Analysen und Prognosen. Die ökobilanzielle Modellierung der analysierten Prozesse erfolgte mit Hilfe der Ökobilanzdatenbank ecoinvent 3.8.

Die Gegenüberstellung der Neubau-, Betriebs- und Erhaltungsprozesse zu den verkehrlichen Reduktionspotentialen zeigt ein eindeutiges Bild mit klaren Aussagen hinsichtlich der ökologischen Effekte des Fernpasstunnels. Die Nutzung des Tunnels bewirkt eine Verringerung der Umweltbelastungen in einem derartigen Ausmaß, dass innerhalb einer Bandbreite von 6-7 Jahren die Kompensation der Umweltbelastungen aus den Bau-, Betriebs- und Erhaltungsprozessen erfolgt und somit eventuelle (Langzeit-)Unsicherheiten (z.B. aus der Verkehrsprognose) noch nicht greifen (siehe z.B. Abbildung 1 – Auswirkung Fernpasstunnel – GWP).

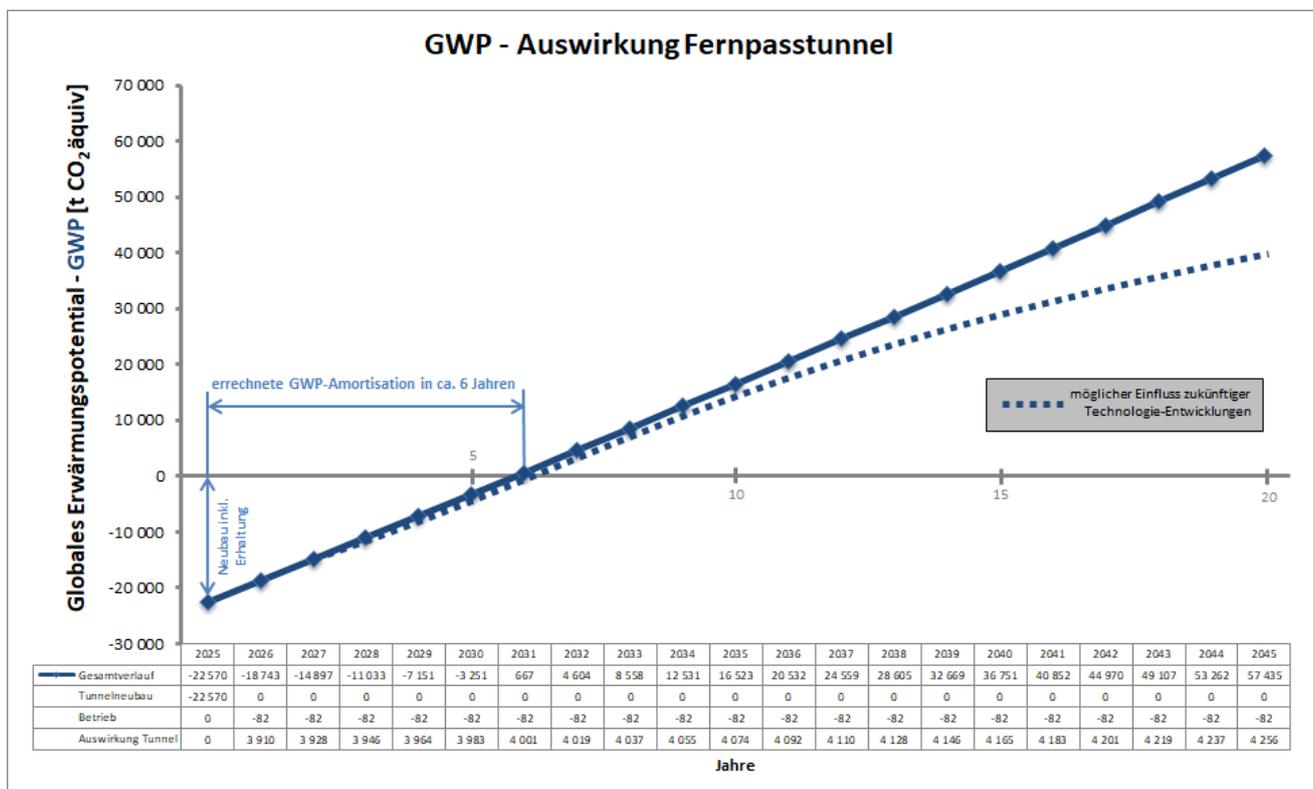


Abbildung 1: Auswirkung Fernpasstunnel – Treibhauspotential (GWP)

1 Ausgangslage

Die B179 Fernpassstraße ist eine der am stärksten frequentierten und belasteten Landesstraßen in Tirol. Vor allem an Wochenenden und zur Hauptreisezeit kommt es speziell auf dem Streckenabschnitt Fernpasshöhe (von der Kehre an der Südrampe bis zum Blindsee) häufig zu Stausituationen. Deshalb gibt es seit einiger Zeit Überlegungen, diesen Streckenabschnitt mit einem Tunnel zu umgehen bzw. zu entschärfen.

Die ILF Beratende Ingenieure Ziviltechniker GmbH wurde deshalb im Jahr 2012 von der Abteilung Verkehr und Straßenbau (heute: Abteilung Landesstraßen und Radwege) des Amtes der Tiroler Landesregierung beauftragt, eine „Trassenstudie Fernpasstunnel“ zu erstellen. Im Zuge dieser Studie wurden vier Trassenvarianten ausgearbeitet, wobei sich die Variante 1a (aufgrund einer maximalen Längsneigung von 4%, einer geringeren Tunnellänge und geringeren Herstellkosten) als optimale Variante herausstellte (siehe 3.1).

Im Jahr 2021 wurde vom Ingenieurbüro Haller ein Einreichprojekt für den Fernpasstunnel erstellt. Die dabei entwickelte Ausführungsvariante weicht etwas von der in der Trassenstudie entwickelten Variante 1a ab. Hier ist vor allem der Unterschied hinsichtlich der Tunnellängen von 1.443 m (Variante IB Haller) und 1.570 m (Variante 1a ILF-Trassenstudie) zu erwähnen. Nach Rücksprache mit der Abteilung Landesstraßen und Radwege des Amtes der Tiroler Landesregierung wurde beschlossen, dass trotz einzelner Abweichungen der beiden Tunnelvarianten aus dem Jahr 2012 und 2021 für diese Ökobilanzstudie die Variante 1a aus der Trassenstudie 2012 herangezogen wird, weil hierfür auch entsprechende Aussagen zur geologischen Situation vorhanden sind und die dazugehörige Verkehrsstudie aus dem Jahr 2014 auf diese Ausführungsvariante abgestimmt ist. Aufgrund der größeren Tunnellänge der Ausführungsvariante aus der Trassenstudie 2012 kann hier von einem konservativen Ansatz ausgegangen werden.

Wie vorher schon angesprochen führte das Ingenieurbüro Köll im Auftrag der Abteilung Straße und Verkehr im Jahr 2014 eine Verkehrsuntersuchung durch, um die verkehrlichen Auswirkungen eines Tunnels am Fernpass zu ermitteln.

Basierend auf der Trassenstudie der ILF und der Verkehrsstudie des Ingenieurbüros Köll wurde bereits im Jahr 2014 eine Ökobilanzstudie durchgeführt, welche die ökologischen Auswirkungen der Realisierung eines Fernpasstunnels unter Berücksichtigung der damit verbundenen verkehrlichen Auswirkungen bewertet. Dabei wurde bei der Analyse der verkehrlichen Auswirkungen jeweils einmal die Situation mit bzw. ohne Tschirgantunnel (Zuständigkeit ASFINAG) berücksichtigt.

2 Aufgabenstellung

Nachdem das Thema Fernpasstunnel in den letzten Jahren aus dem (politischen) Fokus geraten ist, traten in den letzten Wochen und Monaten wieder konkrete Realisierungsabsichten zu Tage. Die Abteilung Landesstraßen und Radwege des Amtes der Tiroler Landesregierung beauftragt deshalb eine Aktualisierung der Ökobilanzstudie für den Fernpasstunnel nach den aktuellen Rahmenbedingungen (Methodik, Normung, Datenbasis) für Nachhaltigkeitsbewertungen von Ingenieurbauwerken.

Basierend auf den vorhandenen Studien (Trassenstudie und Verkehrsuntersuchungen) soll die Ökobilanzstudie die ökologischen Auswirkungen der Realisierung des Fernpasstunnels unter Berücksichtigung der damit verbundenen verkehrlichen Auswirkungen darlegen. Da die Realisierung des Tschirgantunnels von der ASFINAG mittlerweile mit geringerer Priorität bzw. Notwendigkeit eingestuft wird, betrachtet die Ökobilanzstudie rein die verkehrliche Situation mit dem Fernpasstunnel (ohne Tschirgantunnel).

Die Studie soll zwei zentrale Fragestellungen bezüglich der Realisierung eines Tunnels am Fernpass beantworten:

- Welche Umweltbelastungen bewirken Neubau, Betrieb und Erhaltung des Tunnels?
- Werden die Umweltbelastungen aus Bau, Erhaltung und Betrieb des Tunnels durch die Änderungen der Streckenverläufe und der Verkehrsverhältnisse auf der Fernpassstrecke kompensiert?

Die Ökobilanzstudie wird deshalb in drei Teilschritten erarbeitet:

1. Tunnel: Neubau bzw. Erhaltung und Betrieb über eine Lebensdauer von 100 Jahren

2. Verkehr: auf Fernpassstrecke und Zulauftrouten
(Planfälle aus Verkehrsuntersuchung: PF0 Bestand, PF3 Fernpasstunnel)
3. Gesamtstudie: Gegenüberstellung Tunnel und verkehrliche Reduktionspotentiale

Die Ökobilanzteile werden modular aufbereitet und ausgewertet, d.h. Gesamtergebnisse für Teilschritte werden aus einzelnen Modulen (z.B. Tunnelvortrieb nach Klassen, Innenschale nach Klassen, Straßenoberbau im Tunnel, Einzelfahrten auf Fernpassstrecke...) zusammengesetzt, um die Gesamtergebnisse besser nachvollziehen und interpretieren zu können. Die einzelnen Module werden zusätzlich detailliert ausgewertet und analysiert. Die Ökobilanz wird dabei mit drei Wirkungsindikatoren durchgeführt (siehe 4.1).

Ökobilanz-Wirkungsindikatoren:

- Treibhauspotential (*GWP – Global Warming Potential*) [t bzw. kg CO₂ äquiv]
- Versauerungspotential (*AP – Acidification Potential*) [mol H⁺ äquiv]
- Nicht-erneuerbarer Kumulierter Energieaufwand (*nr-CED – non renewable Cumulative Energy Demand*) [GJ bzw. MJ äquiv]

3 Beschreibung Grundlagenstudien

3.1 Trassenstudie Fernpasstunnel (2012) – ILF [1]

Ziel und Inhalt:

- Ausarbeitung von Trassenführungen zur Unterfahrung der Fernpasshöhe
- Vergleich von 4 Varianten
- Grobkosten aller Varianten
- Empfehlungen für die weitere Vorgehensweise

Geologische und hydrologische Verhältnisse:

Der Fernpass und die angrenzenden Talräume sind von mächtigen karbonatischen Bergsturzablagerungen in Form von "Block-in-Matrix"-Gestein geprägt (chaotische und heterogene Mischung von größeren Gesteinstrümmern in einer feiner-körnigen Matrix).

Je nach Korngrößenverteilung und Grundwasserverhältnissen ist in den Bergsturzablagerungen rolliges bis fließendes Gebirgsverhalten beim Errichten von Baugruben und Untertagebauwerken zu erwarten.

Bezüglich der Bergwasserverhältnisse im eigentlichen Vorhabengebiet (z.B. mögliche Poren-, Schicht- bzw. Kluftwässer in den Bergsturzablagerungen) sind derzeit noch keine Daten vorhanden.

Ergänzend zu den in der ILF-Studie beschriebenen geologischen Verhältnissen sind möglicherweise Erschwernisse infolge Gipskarst nicht auszuschließen.

Trassenvarianten:

Alle untersuchten Varianten beginnen ca. 300 m vor der Kehre auf der Südrampe der Fernpassstraße mit einer freien Strecke und haben das Südportal im Nahbereich der Kehre situiert. Vom Südportal aus erfolgt die Trassenführung Richtung Nordosten bis zum Projektende beim Zufahrtsweg Blindsee.

Eine der Trassenvariante sieht einen durchgehenden Tunnel vor (Variante 2). Die drei weiteren Varianten sehen zwei (durch eine freie Strecke im Bereich Blindsee getrennte) Tunnelabschnitte vor. Sämtliche Varianten erlauben durch entsprechende Anschlüsse die Benutzung der bestehenden Straße über die Fernpasshöhe.

Ein Problem bei der Trassenfindung war der relativ große Höhenunterschied zwischen Südportal (ca. 1070 m) und Nordportal (ca. 1115 m-1140 m) und die dadurch entstehende hohe Längsneigung der Tunnelstrecke.

Die Regelabstände der Flucht- und Rettungswege wurden für alle Varianten mit maximal 500 m angesetzt, um eine sinnvolle Gegenüberstellung der Varianten zu ermöglichen.

Die Charakteristika der ausgearbeiteten Trassenvarianten können in Tabelle 1 eingesehen werden.

Tabelle 1: Charakteristika Trassenvarianten

		Variante 1	Variante 1a	Variante 2	Variante 3
Verkehr + Technik / Sicherheits- und Betriebs- technische Ausrüstung	Gesamtlänge [m]	2.289	2.380	2.342	3.096
	Länge Tunnel 1 [m]	995	1.070	1.870	1.730
	Länge Tunnel 2 [m]	500	500	---	460
	max. Längsneigung freie Strecke [%]	6,00	6,00	5,60	5,60
	max. Längsneigung im Tunnel [%]	5,90	4,00	3,90	3,95
	Anzahl Fahrstreifen im Tunnel	3	2	2	2
	Länge Fluchtstollen begehrbar (GA und GQ) [m]	500	30	470	390
	Länge Fluchtstollen befahrbar (EA und EQ) [m]	0	575	730	830
	Anzahl Pannenbuchten	0	1	1	1
	Länge Zwischendecke im Tunnel [m]	0	0	1.370	1.230
	Lüftungssystem	Längslüftung	Längslüftung	Halbquerlüftung	Halbquerlüftung
	Anschlussmöglichkeiten an Bestand	Nord/Mitte/Süd	Nord/Süd	Nord/Süd	Nord/Mitte/Süd
Aufteilung in verkehrswirksame Bauweise möglich	ja	ja	nein	ja	
Geologische Verhältnisse / Tunnelbau- technische Besonderheiten	Länge Vortrieb im Festgestein [m]	0	450	850	1610
	Länge Vortrieb in Felssturzlagerungen [m]	1495	1120	1020	580
	vortriebstechnische Besonderheiten	3-streifiger Tunnelquerschnitt Vortrieb komplett in Felssturz-	2-streifiger Tunnelquerschnitt Vortrieb größtenteils in Felssturzlagerungen	2-streifiger Tunnelquerschnitt	2-streifiger Tunnelquerschnitt Vortrieb größtenteils im Festgestein
Kosten	Herstellkosten Brutto [Mio. €]	82,3	66,7	77,2	75,4

Wahl der Variante 1a:

Aufgrund Längsneigung im Tunnel (max. 4 %), der geringen Tunnellänge und deshalb deutlich weniger aufwändigen betriebs- und sicherheitstechnischen Anlagen wurde die Variante 1a als beste Trassenvariante bewertet. Zusätzlich sind die Herstellkosten der Variante 1a wesentlich niedriger (2-streifiger Tunnelquerschnitt kombiniert mit geringer Tunnellänge) als die drei anderen untersuchten Varianten.

Wie in Kapitel 1 schon erwähnt wurde im Jahr 2021 vom Ingenieurbüro Haller ein Einreichprojekt für den Fernpasstunnel erstellt. Die dabei entwickelte Ausführungsvariante weicht etwas von der in der Trassenstudie entwickelten Variante 1a ab. Hier ist vor allem der Unterschied hinsichtlich der Tunnellängen von 1.443 m (Variante IB Haller) und 1.570 m (Variante 1a ILF-Trassenstudie) zu erwähnen. Nach Rücksprache mit der Abteilung Landesstraßen und Radwege des Amtes der Tiroler Landesregierung wurde beschlossen, dass trotz einzelner Abweichungen der beiden Tunnelvarianten aus dem Jahr 2012 und 2021 für diese Ökobilanzstudie die Variante 1a aus der Trassenstudie 2012 herangezogen wird, weil hierfür auch entsprechende Aussagen zur geologischen Situation vorhanden sind und die dazugehörige Verkehrsstudie aus dem Jahr 2014 auf diese Ausführungsvariante abgestimmt ist. Aufgrund der größeren Tunnellänge der Ausführungsvariante aus der Trassenstudie 2012 kann hier von einem konservativen Ansatz ausgegangen werden.

3.2 Verkehrsuntersuchung (2014) – Ingenieurbüro Köll [2]

Die Verkehrsuntersuchung beschäftigt sich mit der zentralen Frage, welche verkehrlichen Effekte der Fernpasstunnel bewirkt. Dabei werden die Zeitbereiche „Reiseverkehrstag“ (Wintersamstage bzw. Sommerwochenenden) und „Werktag“ unterschieden und die folgenden Fragen detailliert behandelt:

- Wie wirkt sich der Fernpasstunnel auf die Stausituation an Reiseverkehrstagen im Winter und im Sommer aus?
- Welche verkehrlichen Wirkungen sind an Normalwerktagen durch den Fernpasstunnel zu erwarten?

Zur Darstellung der verkehrlichen Auswirkungen wurden die folgenden Planfälle (PF) definiert:

- Fernpass-Strecke Bestand (PF0)
- Fernpass-Strecke mit Tschirganttunnel (PF1)
- Fernpass-Strecke mit Tschirganttunnel & Fernpasstunnel (PF2)
- Fernpass-Strecke mit Fernpasstunnel (PF3)

3.2.1 Simulationsmodelle Reiseverkehrstage

Basierend auf einer Literatur- und Grundlagenrecherche, den Daten zur Blockabfertigung von der Leitstelle Tirol, den Zähl- und Geschwindigkeitsdaten der automatischen Zählstellen Nassereith-Fernstein, Tarrenz und Obsteig-Holzleiten wurde festgestellt, bei welchen Verkehrsfrequenzen die Kapazitätsgrenze erreicht wird, d.h. eine Stausituation eintritt. Die Ursachen, der Ausgangsort und die Entwicklung der Staubildung (Überlastung, Witterung, etc.) wurden zusätzlich durch Lokalaugenscheine und Verkehrskameras analysiert.

Der Übergang zur Blockabfertigung am Lermooser Tunnel (für eine Fahrtrichtung) erfolgt, wenn der Rückstau einen festgelegten Querschnitt überschreitet. Liegt der Tunnelbefüllungsgrad unter 200 KFZ (beide Fahrtrichtungen zusammen) und löst sich der Rückstau auf, so erfolgt die erneute Grünschaltung. Im Zeitraum von Ende Dezember 2011 bis März 2012 wurde am Lermooser Tunnel an 11 Samstagen und weiteren Tagen rund um Weihnachten und Dreikönig blockabgefertigt. Im Sommer 2012 (von Anfang Juni bis Ende September) waren 29 Blockabfertigungen am Lermooser Tunnel zu zählen.

Die Beobachtungen vor Ort zeigten mehrere Bereiche auf den untersuchten Strecken, welche den Verkehrsfluss auf der Bestandsstrecke beeinflussen. Dabei handelt es sich vor allem um die Raststätte am Fernsteinsee, die Kehre an der Südrampe, die Passhöhe und den Abschnitt Lermoos-Lähn (Rollenmühlensteig), der aufgrund seiner Steigung, wechselnder Geschwindigkeiten, plangleicher Knoten und verringerter Querschnitte als Hauptgrund für Blockabfertigungen am Lermooser Tunnel in Richtung Norden zu bezeichnen ist.

Mit Hilfe von Verkehrssimulationen wurden für das Verkehrsnetz von der A12 Anschlussstelle Imst (km 132,57) bzw. der A12 Anschlussstelle Mötz (km 130,56) bis Bichlbach (5,6 km nördlich von Nordportal Lermooser Tunnel, B179 km 25,0) die durchschnittlichen Reisezeiten (tatsächliche Fahrzeit inkl. Standzeit), Verlustzeiten (Differenz Reisezeit zu Fahrzeit unbeeinflusste Fahrt) und Anzahl an Rotschaltungen an den Tunneln (in Abhängigkeit des untersuchten Planfalls) für einen Winter- bzw. einen Sommerreisetag ermittelt. Diese Kerngrößen sollen den Einfluss der beiden Tunnel (Tschirgant und Fernpass) auf die verkehrliche Situation an Reisetagen demonstrieren.

Die Simulationen wurden für Reisetage durchgeführt an denen auch Blockabfertigungen am Lermooser Tunnel registriert wurden. Zur Durchführung der Simulationen wurden kalibrierte Modelle angewandt, welche die Blockabfertigungs- und Stausituationen an diesen Tagen abbilden (PF0) und weiterführend in die Blockabfertigungsszenarien für den Tschirgant- und den Fernpasstunnel eingearbeitet wurden.

Der Verkehrszufluss wurde aus der stündlichen Auswertung der Dauerzählstellen für die Simulationszeiträume ermittelt. Durch eine Steigerung der Zuflüsse auf 105 % und 110 % wurden die Verkehrsnetzte der verschiedenen Planfälle hinsichtlich ihrer Sensitivität getestet. Die Tagesbelastung (100 %) an den drei Zählstellen für die ausgewählten Reiseverkehrstage wird in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Tagesbelastung (100 %) an Reiseverkehrstagen

Nassereith-Fernstein	Winterreisetag			Sommerreisetag		
	PkwÄ	LkwÄ	Kfz	PkwÄ	LkwÄ	Kfz
Beide Fahrtrichtungen	23.356	973	24.329	24.704	1.499	26.203
Fahrtrichtung Norden (Reutte)	10.973	480	11.453	11.261	672	11.933
Fahrtrichtung Süden (Nassereith)	12.383	493	12.876	13.443	827	14.270

Imst-Tarrenz	Winterreisetag			Sommerreisetag		
	PkwÄ	LkwÄ	Kfz	PkwÄ	LkwÄ	Kfz
Beide Fahrtrichtungen	21.815	578	22.393	17.181	671	17.852
Fahrtrichtung Norden (Nassereith)	9.762	267	10.029	8.355	306	8.661
Fahrtrichtung Süden (Imst)	12.053	311	12.364	8.826	365	9.191

Mötz-Holzleiten	Winterreisetag			Sommerreisetag		
	PkwÄ	LkwÄ	Kfz	PkwÄ	LkwÄ	Kfz
Beide Fahrtrichtungen	7.137	378	7.515	15.825	649	16.474
Fahrtrichtung Norden (Nassereith)	3.755	200	3.955	7.027	245	7.272
Fahrtrichtung Süden (Telfs)	3.382	178	3.560	8.798	404	9.202

Tabelle 3 und Tabelle 4 zeigen die ermittelten Reisezeiten und Verlustzeiten für die Planfälle PF0, PF1 und PF2 für die entsprechenden Zuflüsse (100 %, 105 %, 110 %). Für den Planfall PF3 (nur Fernpasstunnel) wurden keine Verlustzeiten ermittelt, weil in den Verkehrsuntersuchungen ursprünglich der Tschirgantunnel als Voraussetzung für die Realisierung des Fernpasstunnels angesetzt wurde. Da wie schon erwähnt die Realisierung des Tschirgantunnels von der ASFINAG mittlerweile mit geringerer Priorität bzw. Notwendigkeit eingestuft wurde, wurden die Verkehrsuntersuchungen nachträglich um den PF3 (nur Fernpasstunnel) jedoch mit reduziertem Aufwand (nur Werktagsanalyse) ergänzt. Für den PF3 werden dann in der Ökobilanzstudie deshalb die Verlustzeiten für den Planfall PF2 angesetzt.

Tabelle 3: Reisezeiten Reiseverkehrstage

Winterreisetag							
Fahrtrichtung Norden				Fahrtrichtung Süden			
A 12 Imst - Bichlbach				Bichlbach - A 12 Imst			
Reisezeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3	Reisezeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3
100 % Zufluss	65	68	65	100 % Zufluss	56	53	49
105 % Zufluss	72	74	71	105 % Zufluss	60	57	53
110 % Zufluss	79	80	76	110 % Zufluss	62	60	55
A 12 Mötzt - Bichlbach				Bichlbach - A 12 Mötzt			
Reisezeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3	Reisezeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3
100 % Zufluss	69	72	69	100 % Zufluss	59	54	50
105 % Zufluss	76	83	79	105 % Zufluss	63	58	53
110 % Zufluss	84	93	90	110 % Zufluss	65	60	55
Sommerreisetag							
Fahrtrichtung Norden				Fahrtrichtung Süden			
A 12 Imst - Bichlbach				Bichlbach - A 12 Imst			
Reisezeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3	Reisezeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3
100 % Zufluss	73	76	68	100 % Zufluss	56	57	51
105 % Zufluss	79	97	84	105 % Zufluss	65	68	62
110 % Zufluss	94	108	92	110 % Zufluss	78	79	65
A 12 Mötzt - Bichlbach				Bichlbach - A 12 Mötzt			
Reisezeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3	Reisezeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3
100 % Zufluss	77	74	68	100 % Zufluss	59	57	52
105 % Zufluss	84	98	91	105 % Zufluss	69	68	62
110 % Zufluss	98	115	108	110 % Zufluss	82	80	66

Tabelle 4: Verlustzeiten Reiseverkehrstage

Winterreisetag							
Fahrtrichtung Norden				Fahrtrichtung Süden			
A 12 Imst - Bichlbach				Bichlbach - A 12 Imst			
Verlustzeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3	Verlustzeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3
100 % Zufluss	26	29	31	100 % Zufluss	18	17	16
105 % Zufluss	33	35	36	105 % Zufluss	22	21	20
110 % Zufluss	40	41	41	110 % Zufluss	24	23	22
A 12 Mötzt - Bichlbach				Bichlbach - A 12 Mötzt			
Verlustzeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3	Verlustzeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3
100 % Zufluss	27	33	35	100 % Zufluss	16	17	16
105 % Zufluss	34	43	44	105 % Zufluss	20	21	20
110 % Zufluss	42	53	54	110 % Zufluss	22	23	22
Sommerreisetag							
Fahrtrichtung Norden				Fahrtrichtung Süden			
A 12 Imst - Bichlbach				Bichlbach - A 12 Imst			
Verlustzeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3	Verlustzeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3
100 % Zufluss	34	38	34	100 % Zufluss	18	20	18
105 % Zufluss	40	59	50	105 % Zufluss	27	31	29
110 % Zufluss	55	69	57	110 % Zufluss	40	43	32
A 12 Mötzt - Bichlbach				Bichlbach - A 12 Mötzt			
Verlustzeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3	Verlustzeiten in [min]	PF0	PF1	PF2/3
100 % Zufluss	35	37	35	100 % Zufluss	16	20	18
105 % Zufluss	42	61	58	105 % Zufluss	26	31	29
110 % Zufluss	56	76	74	110 % Zufluss	39	43	32

Für die Untersuchung der Reiseverkehrstage wurde für die Ökobilanzberechnung zusätzlich noch jener Anteil der Tagesbelastung ausgeworfen, welcher im Zeitraum mit Staubbildung und Blockabfertigungen auftritt.

Tabelle 5: Vergleich Reiseverkehrstage – Fahrten in Simulation zu Tagesbelastung

Zulauf	100%				105%				110%		
	Tagesbel	Sim	Anteil		Tagesbel	Sim	Anteil		Tagesbel	Sim	Anteil
Winterreisetag											
Nassereith-Fernstein FR Reutte	11.453	3.791	33%		12.026	3.890	32%		12.598	3.990	32%
Nassereith-Fernstein FR Nassereith	12.876	4.258	33%		13.520	4.316	32%		14.164	4.303	30%
Obsteig FR Nassereith	3.955	1.646	42%		4.153	1.726	42%		4.351	1.803	41%
Obsteig FR Telfs	3.560	1.104	31%		3.738	1.145	31%		3.916	1.153	29%
Tarrenz FR Nassereith	10.029	2.641	26%		10.530	2.765	26%		11.032	2.898	26%
Tarrenz FR Imst	12.364	3.370	27%		12.982	3.458	27%		13.600	3.478	26%
Sommerreisetag											
Nassereith-Fernstein FR Reutte	11.933	6.986	59%		12.530	7.230	58%		13.126	7.489	57%
Nassereith-Fernstein FR Nassereith	14.270	8.732	61%		14.984	9.146	61%		15.697	9.526	61%
Obsteig FR Imst	7.272	3.196	44%		7.636	3.351	44%		7.999	3.499	44%
Obsteig FR Telfs	9.202	3.495	38%		9.662	3.709	38%		10.122	3.796	38%
Tarrenz FR Nassereith	8.661	4.362	50%		9.094	4.576	50%		9.527	4.800	50%
Tarrenz FR Imst	9.191	4.390	48%		9.651	4.571	47%		10.110	4.700	46%

Für die Sommerreiserverkehrstage wurden in den Verkehrsuntersuchungen außerdem noch die detaillierten Ergebnisse einer Befragung am Fernpass (August 2014) hinsichtlich Ziel- und Ausgangsort der Fahrten dargestellt.

Tabelle 6: Auswertung der Befragung Tag 1 und Tag 2

02.08.14	FR Reutte	FR Nassereith
über Imst mit ASt	22,2%	18,1%
über Imst ohne ASt	24,8%	25,6%
über Obsteig mit ASt	41,8%	48,2%
über Obsteig ohne ASt	9,2%	6,0%
von/nach Nassereith	2,0%	2,0%

03.08.14	FR Reutte	FR Nassereith
über Imst mit ASt	14,7%	23,1%
über Imst ohne ASt	38,1%	30,8%
über Obsteig mit ASt	43,1%	40,6%
über Obsteig ohne ASt	2,5%	3,8%
von/nach Nassereith	1,5%	1,7%

3.2.2 Verkehrsmodell Werktagsverkehr

Für den Normalwerktagsverkehr erfolgte mittels Befragungen am Fernpass eine Feinkalibrierung des Verkehrsmodells Tirol (Teil des Verkehrsmodell Österreich) mit Berücksichtigung der Transitrouten zwischen den Kordonbezirken Würzburg (D) und Bozen (I). Dabei wurde der Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr über den Fernpass im Verkehrsmodell ermittelt und aktualisiert.

Die Planfälle wurden im Zuge einer Verkehrsprognose für das Jahr 2025 basierend auf dem Verkehrsmodell Österreich analysiert. Die Zuwachsraten für den Binnenverkehr, Durchgangsverkehr, Quell und Zielverkehr in Tirol im Zeitraum bis 2025 wurden dazu zusammen mit der Abteilung Verkehr und Straße (heute: Abteilung Landesstraßen und Radwege) des Amtes der Tiroler Landesregierung festgelegt.

Da bei der Ökobilanzstudie die Anzahl der Fahrten pro Streckenabschnitt und Werktag benötigt wird, wurde eine Spinnenauswertung aller Planfälle für einen Werktag des Prognosejahrs 2025 erstellt (Tabelle 7). Zur Ermittlung der Anzahl der Fahrten für den Werktag 2013 wurde das prozentuale Verhältnis der Fahrten aus der Spinnenauswertung 2025 für die Zählstellenergebnisse aus dem Jahr 2013 übernommen. Für die Ökobilanzstudie erfolgt über die jeweilige Steigerungsrate der Anzahl der Fahrten auf den einzelnen Streckenabschnitten für das Jahr 2025 (im Verhältnis zu 2013) eine lineare Fortschreibung der Fahrten für das Jahr 2037. Für Streckenabschnitte bzw. Fahrzeugtypen mit weniger Fahrten im Jahr 2025 als im Jahr 2013 wurde für das Jahr 2037 dieselbe Anzahl an Fahrten wie 2025 angesetzt.

Tabelle 7: Spinnenauswertung DTVw 2025-Umlegungsmodell

PF0	PkwÄ	LkwÄ		PF1	PkwÄ	LkwÄ		PF2	PkwÄ	LkwÄ		PF3	PkwÄ	LkwÄ
Zst Tarrenz Ri Nassereith	6533	204		Zst Tarrenz Ri Nassereith	5675	170		Zst Tarrenz Ri Nassereith	5789	164		Zst Tarrenz Ri Nassereith	6712	210
vor Knoten B189/B179	2295	180		vor Knoten B189/B179	1556	160		vor Knoten B189/B179	1670	153		vor Knoten B189/B179	2480	185
an Zst Fernstein	1010	163		an Zst Fernstein	458	134		an Zst Fernstein	514	136		an Zst Fernstein	1188	169
an Zst Obsteig	106	5		an Zst Obsteig	80	5		an Zst Obsteig	82	5		an Zst Obsteig	110	5
				Tschirganttunnel	0	12		Tschirganttunnel	0	4				
Zst Tarrenz Ri Imst	6478	221		Zst Tarrenz Ri Imst	5716	182		Zst Tarrenz Ri Imst	5873	168		Zst Tarrenz Ri Imst	6661	221
nach Knoten B189/B179	2225	196		nach Knoten B189/B179	1579	171		nach Knoten B189/B179	1726	156		nach Knoten B189/B179	2408	196
an Zst Fernstein	974	179		an Zst Fernstein	425	131		an Zst Fernstein	546	131		an Zst Fernstein	1158	180
an Zst Obsteig	84	6		an Zst Obsteig	78	7		an Zst Obsteig	82	7		an Zst Obsteig	82	6
				Tschirganttunnel	0	27		Tschirganttunnel	0	12				
Zst Fernstein Ri Reutte	4000	669		Zst Fernstein Ri Reutte	4520	664		Zst Fernstein Ri Reutte	4993	671		Zst Fernstein Ri Reutte	4492	672
B189 westl. Kn B189/B179	1079	167		B189 westl. Kn B189/B179	520	139		B189 westl. Kn B189/B179	580	141		B189 westl. Kn B189/B179	1260	174
an Zst Tarrenz	1010	163		an Zst Tarrenz	458	134		an Zst Tarrenz	514	136		an Zst Tarrenz	1188	169
an Zst Obsteig	2676	495		an Zst Obsteig	122	10		an Zst Obsteig	147	40		an Zst Obsteig	2984	491
				Tschirganttunnel	3638	508		Tschirganttunnel	4025	483				
Zst Fernstein Ri Nasser.	4020	667		Zst Fernstein Ri Nasser.	4667	668		Zst Fernstein Ri Nasser.	5172	664		Zst Fernstein Ri Nasser.	4612	671
B189 westl. Kn B189/B179	1054	180		B189 westl. Kn B189/B179	496	132		B189 westl. Kn B189/B179	623	132		B189 westl. Kn B189/B179	1248	181
an Zst Tarrenz	974	179		an Zst Tarrenz	425	131		an Zst Tarrenz	546	131		an Zst Tarrenz	1158	180
an Zst Obsteig	2697	480		an Zst Obsteig	111	2		an Zst Obsteig	120	16		an Zst Obsteig	3092	482
				Tschirganttunnel	3794	528		Tschirganttunnel	4165	509				
Zst Obsteig-H. Ri Nassereith	3445	521		Zst Obsteig-H. Ri Nassereith	644	20		Zst Obsteig-H. Ri Nassereith	674	52		Zst Obsteig-H. Ri Nassereith	3741	516
B189 westl. Kn B189/B179	153	9		B189 westl. Kn B189/B179	138	7		B189 westl. Kn B189/B179	143	8		B189 westl. Kn B189/B179	147	8
an Zst Tarrenz	84	6		an Zst Tarrenz	78	7		an Zst Tarrenz	82	7		an Zst Tarrenz	82	6
an Zst Fernstein	2676	495		an Zst Fernstein	122	10		an Zst Fernstein	147	40		an Zst Fernstein	2984	491
				Tschirganttunnel	67	2		Tschirganttunnel	42	2				
Zst Obsteig-H. Ri Mieming	3496	504		Zst Obsteig-H. Ri Mieming	617	9		Zst Obsteig-H. Ri Mieming	623	24		Zst Obsteig-H. Ri Mieming	3888	505
B189 westl. Kn B189/B179	176	7		B189 westl. Kn B189/B179	137	6		B189 westl. Kn B189/B179	141	6		B189 westl. Kn B189/B179	177	7
an Zst Tarrenz	106	5		an Zst Tarrenz	80	5		an Zst Tarrenz	82	5		an Zst Tarrenz	110	5
an Zst Fernstein	2697	480		an Zst Fernstein	111	2		an Zst Fernstein	120	16		an Zst Fernstein	3092	482
				Tschirganttunnel	43	1		Tschirganttunnel	23	1				

4 Ökobilanz

4.1 Methodik

Die Methodik der Ökobilanz [3] untersucht Umweltaspekte und potentielle Umweltwirkungen im Verlauf des Lebensweges (Lebenszyklus) eines Produktes bzw. einer Dienstleistung.

Eine vollständige Ökobilanz nach ISO 14040 und ISO 14044 umfasst die folgenden Elemente:

- Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen
- Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung
- Auswertung

Ziel der Studie:

Ziel der Ökobilanzstudie ist es einerseits die Realisierung eines Fernpasstunnels und andererseits die dadurch zu erwartenden verkehrlichen Veränderungen ökologisch zu bewerten und gegenüberzustellen.

Untersuchungsrahmen der Studie:

Die Vorgehensweise dieser Studie entspricht exakt dem Grundgedanken der europäischen Norm für Nachhaltigkeitsbewertungen von Tiefbau- und Infrastrukturprojekten (*ÖNORM EN 17472:2022 – Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Ingenieurbauwerken - Rechenverfahren*).

Diese Norm beschreibt vier Begriffe die Definiert werden müssen, um den Untersuchungsrahmen für eine Nachhaltigkeitsstudie eines Infrastruktur-Projektes festzulegen:

- Gegenstand der Bewertung
- Funktionales Äquivalent
- Systemgrenzen
- Referenzstudiendauer

Die Norm besagt, dass die ökologischen, ökonomischen und sozialen Effekte eines Tiefbau- bzw. Infrastrukturprojekts nicht nur für das gebaute Objekt selbst erfasst werden sollen, sondern dass auch die Auswirkungen des neuen Objekts auf die beeinflusste Umwelt erfasst werden müssen. Das Bauprojekt zusammen mit der davon beeinflussten Umwelt wird in der Norm als „Gegenstand der Bewertung“ (object of assessment) bezeichnet. Für diese Studie wird der Gegenstand der Bewertung als „Fernpasstunnel und seine verkehrlichen Auswirkungen auf die Fernpasstrecke“ definiert.

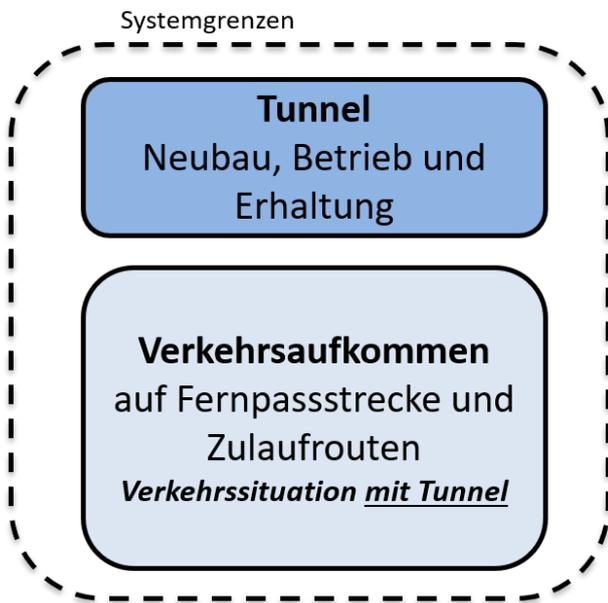
Um die Auswirkungen des Infrastrukturprojekts auf seine Umwelt ermitteln zu können, müssen die Situationen mit bzw. ohne die neue Infrastruktur miteinander verglichen werden. Die beiden zu vergleichenden Varianten müssen laut ÖNORM EN 17472:2022 ein „funktionales Äquivalent“ besitzen, d.h. die beiden Varianten müssen dieselbe Funktion erfüllen, damit sie miteinander verglichen werden können. Für diese Studie wird das funktionale Äquivalent mit folgender Funktion definiert:

Aufnahme des Verkehrsaufkommens auf der Fernpasstrecke

Basierend auf dieser Funktion können die verkehrlichen Situationen ohne bzw. mit dem Fernpasstunnel verglichen werden.

Für eine Ökobilanz bzw. eine Nachhaltigkeitsbewertung müssen auch immer Systemgrenzen, welche die in der Studie analysierten Prozesse beinhalten, definiert werden. Beide untersuchten Varianten analysieren den Prozess „Verkehr“. Die Variante, welche die Verkehrssituation mit dem Fernpasstunnel analysiert, beinhaltet auch noch sämtliche Neubau-, Betriebs- und Erhaltungsprozesse für den Tunnel Abbildung 2.

Variante 1:



Variante 2:

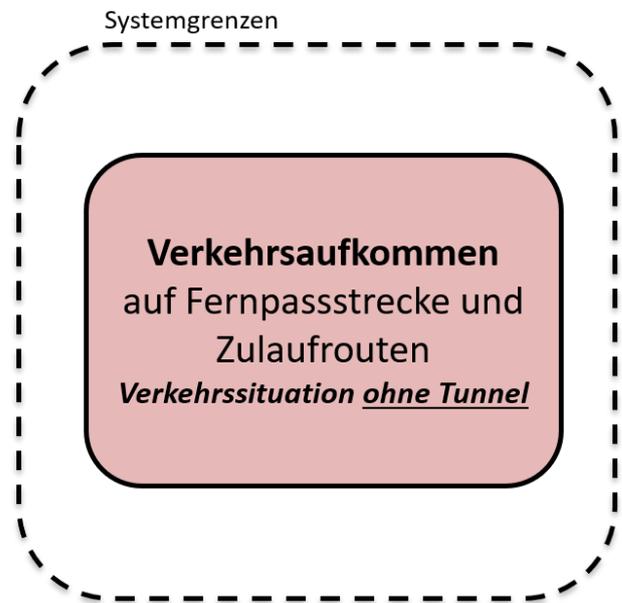


Abbildung 2: Systemgrenzen der Vergleichsvarianten

Ein weiterer Parameter zur Definition des Untersuchungsrahmens ist die Referenzstudiendauer. Da die Lebensdauer eines Straßentunnels auf 100 Jahre ausgelegt ist, wird bei der Tunnel-Ökobilanz eine Referenzstudiendauer von 100 Jahren angesetzt.

Die Verkehrsökobilanz untersucht basierend auf der Verkehrsstudie des Ingenieurbüro Köll die Verkehrssituation für Reisetage und Normalwerktag. Über die Anzahl der Reisetage und Normalwerktag wird dann die Verkehrssituation für die Untersuchungsjahre 2025 und 2037 analysiert.

Die Differenz der Ökobilanzergebnisse aus dem Planfall mit Fernpasstunnel (PF3) zum Planfall ohne Fernpasstunnel (PF0) stellt dann die ökologischen Auswirkungen der veränderten Verkehrsverhältnisse durch den Fernpasstunnel für die zwei Referenzjahre dar.

Über die Differenz der Verkehrsplanfälle mit bzw. ohne Tunnel kann über eine Entwicklung vom Differenzwert für das Jahr 2025 bis hin zum Differenzwert für das Jahr 2037 der „ökologische Amortisierungszeitraum“ gegenüber den Neubau-, Betriebs- und Erhaltungsprozessen ermittelt werden.

Sachbilanz:

In der Sachbilanz werden die für die Ökobilanz benötigten Stoff- und Energieflüsse (Inputs und Outputs) der Prozesse der analysierten Lebenszyklusphasen ermittelt.

Wirkungsabschätzung:

Die Wirkungsabschätzung dient zum Erkennen und Beurteilen der Größe bzw. der Bedeutung von potentiellen Umweltwirkungen eines Produktes oder einer Dienstleistung im Laufe seines Lebensweges. Dabei werden die Ergebnisse der Sachbilanz nach wissenschaftlich basierten, qualitativen Gesichtspunkten in verschiedene Wirkungskategorien eingeteilt und in Form von Wirkungsindikatoren quantifiziert.

Angewandte Wirkungsindikatoren:

- Treibhauspotential (*GWP – Global Warming Potential*) [t bzw. kg CO₂ äquiv]
- Versauerungspotential (*AP – Acidification Potential*) [mol H⁺ äquiv]
- Nicht-erneuerbarer Kumulierter Energieaufwand (*nr-CED – non renewable Cumulative Energy Demand*) [GJ bzw. MJ äquiv]

4.2 Ökobilanz Tunnel

4.2.1 Ziel und Untersuchungsrahmen nach ÖNORM EN ISO 14040

Das Ziel der Ökobilanz für den Fernpasstunnel ist die ökologische Bewertung des Tunnel-Neubaus sowie dessen Betrieb und Erhaltung über eine Lebensdauer von 100 Jahren.

In Absprache mit der Abteilung Landesstraßen und Radwege des Amtes der Tiroler Landesregierung wurde der Untersuchungsrahmen so definiert, dass die maßgebenden Lebenszyklusphasen und Prozesse zum Erbauen, Betreiben und Erhalten des Tunnels nach ÖNORM EN 17472:2022 (Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Ingenieurbauwerken – Rechenverfahren) berücksichtigt werden:

- Materialproduktion Tunnel-Neubau (A1-A3)
- Materialtransportprozesse Tunnel-Neubau (A4)
- Bauprozesse Tunnel-Neubau (A5)
- Belüftung Tunnel in Betriebsphase (B6)
- Beleuchtung Tunnel in Betriebsphase (B6)
- Materialproduktion, Transportprozesse und Bauprozesse für Tunnel-Erhaltung (B2)

4.2.2 Systemgrenzen und funktionale Einheit

Die Systemgrenze beinhaltet die oben angeführten Prozesse zum Erbauen, Erhalten und Betreiben des Fernpasstunnels entsprechend der Variante 1a der Trassenstudie der ILF Beratende Ingenieure Ziviltechniker GmbH.

Als funktionale Einheit (beschreibt die Funktion des analysierten Objekts) kann

„die sichere Aufnahme des Verkehrsaufkommens über 100 Jahre von der Kehre an der Südrampe der Fernpass-Strecke bis zur Zufahrtsstraße Blindsee durch eine Tunnelkonstruktion“

definiert werden.

4.2.3 Sachbilanz und Datenerhebung Sachbilanz und Datenerhebung

Im Zuge der Sachbilanz werden sämtliche Inputs (Ressourcen, Materialien, Energie) und Outputs (Produkte, Emissionen, Abfälle) der untersuchten Prozesse erhoben.

Die Erhebung der Sachbilanzdaten für den Tunnel-Neubau erfolgte in Abstimmung mit der Firma BeMo Tunneling GmbH.

Die Modellierung der einzelnen Sachbilanzdatensätze erfolgt basierend auf der Ökobilanzdatenbank ecoinvent (Version 3.8 – Systemmodell „Cut off by classification“).

4.2.3.1 Tunnel-Neubau

4.2.3.1.1 Produktion Baumaterialien

Als erster Schritt der Sachbilanzdatenerhebung wurden die Produktionsprozesse der angewandten Baumaterialien je Produktionseinheit (m³ bzw. t) analysiert. Im Tunnelvortrieb kommen dabei Spritzbeton sowie Baustahlgitter, Bögen und Anker als Stützmittel je nach Vortriebsklasse in entsprechenden Mengen zum Einsatz. Bei der Tunnel-Innenschale wird zwischen Gewölbe- bzw. Sohlbeton unterschieden. Im Straßenoberbau kommen eine Deck- (SMA 11), Binder- (AC 22 binder) und Tragschicht (AC 32 trag) aus Asphalt und ungebundene Tragschichten (mineralische Gesteinskörnung) entsprechend der Oberbaudimensionierung der Abteilung Landesstraßen und Radwege des Amtes der Tiroler Landesregierung zum Einsatz.

Die Modellierung der Produktion der spezifischen Baumaterialien für den Tunnelvortrieb und die Tunnelinnenschale wurde ausgehend Datensätzen aus ecoinvent 3.8 und weiterführend basierend auf Rezepturen und Angaben von

Materialproduzenten und -prüfanstalten erstellt. Tabelle 8 zeigt die mit der TVFA der Universität Innsbruck abgestimmten Betonrezepturen für den Spritz-, Gewölbe- und Sohlbeton.

Tabelle 8: Betonrezepturen

	<i>Spritzbeton</i>	<i>Beton Innenschale Gewölbe</i>	<i>Beton Innenschale Sohle</i>
Zementart	<i>CEM II/A-M(S-L) 42,5 R</i>	<i>CEM II/A-M(S-L) 42,5 R</i>	<i>CEM II/A-M(S-L) 42,5 R</i>
Zementgehalt	360 kg/m ³	320 kg/m ³	280 kg/m ³
Zusatzstoffart	<i>AHWZ</i>	<i>AHWZ</i>	<i>AHWZ</i>
Zusatzstoffgehalt	60 kg/m ³	50 kg/m ³	50 kg/m ³
Wassergehalt	200 kg/m ³	180 kg/m ³	176 kg/m ³
Zuschlaggehalt	1.819 kg/m ³	1.862 kg/m ³	1.908 kg/m ³
Zusatzmittel 1 Art	Fließmittel	Luftporenbildner	Luftporenbildner
Zusatzmittel 1 %-(Zem)	0,8	0,15	0,15
Zusatzmittel 1 Gehalt	2,9 kg/m ³	0,5 kg/m ³	0,4 kg/m ³
Zusatzmittel 2 Art	Erstarrungsbeschleuniger	Fließmittel	Fließmittel
Zusatzmittel 2 %-(Zem)	6	0,8	0,8
Zusatzmittel 2 Gehalt	21,6 kg/m ³	2,5 kg/m ³	2,2 kg/m ³
w/z-Wert	0,49	0,50	0,55
Frischbetonrohddichte	2.463,5 kg/m ³	2.415 kg/m ³	2.416,6 kg/m ³

Datensätze für den angewandten Zement und AHWZ (Aufbereiteter hydraulisch Wirksamer Zusatzstoff) wurden ausgehend von vorhandenen ecoinvent-Datensätzen für Zement basierend auf Daten aus der VÖZ-EPD (Umweltproduktdeklaration) für „Durchschnittlichen Österreichischen Zement (Referenzjahr 2017)“ [4] modelliert (Tabelle 33 und Tabelle 34). Der angewandte Zement-Datensatz weist seine GWP-Ergebnisse entsprechend dem Verursacherprinzip nach ÖNORM EN 15804:2022 [5], CEN/TR 16970:2016 [6] und ÖNORM EN 16908:2022 [7] mit Netto-CO₂-Emissionen aus. D.h., Emissionen aus der Verbrennung von Sekundärbrennstoffen, die noch einen Abfallstatus haben, werden dem verursachenden Systemzugeordnet und nicht im Zement-System berücksichtigt. Für die Zuteilung der Umweltlasten auf den im AHWZ angewandten Hüttensand (granulierte Hochofenschlacke) kommt die ökonomische Allokation zur Anwendung (Verhältnis Umsatz Hüttensand zu Stahl 1:100) [8, 9]. Für die zur Anwendung kommenden Betonzusatzmittel (Fließmittel, Erstarrungsbeschleuniger, Luftporenbildner) wurden Durchschnitts-EPDs für die jeweiligen Zusatzmittel der European Federation of Concrete Admixture Association (EFCA) verwendet [10-12]. Für die mineralischen Zuschlagstoffe bzw. das Anmachwasser der Betone wurden Datensätze aus ecoinvent 3.8 herangezogen. Die Produktionsprozesse im Betonmischwerk wurden vom ecoinvent-Datensatz für einen durchschnittlichen österreichischen C25/30 übernommen. Die Datensätze für den in der Studie bewerteten Spritz-, Gewölbe und Sohlenbeton können in Tabelle 27 bis Tabelle 29 eingesehen werden.

Für die Modellierung der Produktion der Baustahlgitter, Bögen und Anker wurde der ecoinvent-Datensatz für die Produktion von Österreichischen Bewehrungsstahl herangezogen.

Die Datensätze zur Produktion der angewandten Asphaltarten für den Straßenoberbau wurden aus einem Forschungsprojekten entnommen (Tabelle 30 bis Tabelle 32) [13].

4.2.3.1.2 Vortrieb und Innenschale

Die Prozesse des Tunnelvortriebs und der Erstellung der Tunnelinnenschale sind aufgrund der hohen Energie- und Materialaufwände jene Prozesse mit dem größten Einfluss auf die Ergebnisse der Ökobilanz des Tunnelneubaus. Die Datenerhebung wurde dabei in enger Zusammenarbeit mit der BeMo Tunneling GmbH durchgeführt, um praxisnahe Prozessdaten zu erheben und zu modellieren.

Die Ermittlung der für die Ökobilanz maßgebenden Stoff- und Energieflüsse (Inputs und Outputs) erfolgt über ein Modell, das die zentralen Prozesse des Vortriebes (Kalotte/Strosse/Sohle Haupttunnel und Stollen) und des Innenausbau (Beton Sohle und Gewölbe) detailliert erfasst. Alle untergeordneten Bauteile eines Tunnelprojektes wie z.B. Nischen, Querschläge, Kabelkanäle, Schächte, Betriebsgebäude etc. werden durch einen prozentualen Zuschlag erfasst.

Die Tabellen in Anhang 1 (Datenerhebung Sachbilanz Vortrieb und Innenschale) zeigen die Stoff- und Energieflüsse für die folgenden Neubauprozesse:

- gesamter Rohbau des Tunnelbauwerkes ohne Straßenoberbau
- alle Transporte ab Baustelleneinrichtungsfläche BE (z.B. Beton, Stahl etc.) bzw. bis zur BE (z.B.: Ausbruchsmaterial) – jedoch nicht den Antransport vom Werk zur Baustelle

Die Herstellung von installierten elektromechanischen Ausrüstungen (Lüfter, Kabel, Telefone, etc.) sind in der Datenerhebung nicht berücksichtigt worden.

Erläuterung der Tabellen Vortrieb Kalotte, Vortrieb Strosse, Vortrieb Sohle und Vortrieb Stollen (Anhang 1 A - D, Tabelle 19 bis Tabelle 22)

Diese vier Tabellen sind ident aufgebaut: Sie beginnen links oben mit der Summe an installierter Leistung und dem Einsatzgewicht des gesamten Vortriebsgerätes. Kalotte, Strosse und Sohle werden dabei hintereinander und daher mit derselben Geräteeinheit aufgeföhren.

Danach folgt eine Annahme für zu erwartende Vortriebsklassenverteilung (VKL) für die Tunnelvariante 1a. Diese ist auf die prognostizierte Geologie abgestimmt und wurde gemeinsam mit der Abteilung Landesstraßen und Radwege (bei der ersten Studie noch: Abteilung Verkehr und Straße) des Amtes der Tiroler Landesregierung festgelegt. Im rechten oberen Bereich werden die Mengen für Ausbruch und Stützmittel je Laufmeter (lfm) für die VKL dargestellt. Als VKL wurden die Regelstützmaßnahmen des Tunnels Kaltenbach der S35 Brucker Schnellstraße herangezogen. Zu jeder Vortriebsklasse und ihren Mengen wurde gemeinsam mit Kalkulanten der BeMo Tunneling GmbH eine Annahme für realistische Vortriebsleistungen getroffen.

Der mittlere Bereich erfasst die Stoffe je Einheit (pro m³ Ausbruch, m³ Spritzbeton, m² Baustahlgitter, lfm Bogen, usw.), unterteilt in Beriebs-, Verbrauchs- und Baustoffe. Hier handelt es sich um realistische Kalkulationsansätze, die von der BeMo Tunneling GmbH auf Basis von Erfahrungswerten vieler Tunnelbaustellen erhoben wurden. Die Ansätze enthalten im Bereich der Baustoffe die Mehrverbrauchs-faktoren, d.h. den Faktor zwischen abrechenbaren und anzuliefernden Mengen.

Im untersten Bereich werden die Kalkulationsansätze dann mit den Mengen je lfm Tunnel multipliziert und aufsummiert. Daraus ergeben sich die VKL-bezogenen Stoff- und Energieflüsse (Inputs und Outputs) je lfm Tunnelvortrieb.

Anzumerken ist, dass in der Tabelle Vortrieb Sohle nur Werte für den Ausbruch je lfm errechnet werden. Dies liegt daran, dass bei keiner der Sohlklassen Stützmittel z.B. in Form eines Spritzbetonsohlgewölbes vorgesehen sind und der Sohlbeton in der Tabelle Innenschale erfasst wird.

Erläuterung der Tabelle Innenschale (Anhang 1 E, Tabelle 23)

Diese Tabelle ist ähnlich wie jene der Vortriebe aufgebaut: Links oben die Summe an installierter Leistung und Einsatzgewicht des Betongerätes, danach die Vortriebsklassenverteilung (VKL), die sich hinsichtlich des Überprofils auch auf den Beton auswirkt.

Der mittlere Bereich beschreibt den Ansatz für elektrische Energie (Pumpen des Betons) und den Mehrverbrauchs-faktor.

Im untersten Bereich erfolgt wiederum die Berechnung der Mengen je lfm Tunnel unterteilt in Sohle und Gewölbe.

Erläuterung der Tabelle Auswertung Vortrieb und Innenschale gesamt inklusive Bergsturz und Karst (Anhang 1 F, Tabelle 24)

Diese Tabelle ist eine Zusammenfassung der zuvor beschriebenen Tabellen und errechnet die jeweiligen Gesamtmengen der Stoff- und Energieflüsse (Inputs und Outputs) für den gesamten Tunnel. Es zeigt, dass im Bereich der Betriebsstoffe

(Energie) der Vortrieb und im Bereich der Baustoffe die Innenschale dominiert. Die jeweiligen Anteile am Gesamtverbrauch (ausgeworfen in Prozent) sind entsprechend dargestellt.

In der Tabelle „Summe Vortrieb+Beton“ werden schließlich alle Tabellen aufsummiert und die Teilsummen um 10% erhöht. Dieser Faktor soll die nur für die Hauptprozesse ermittelten Mengen auf den Gesamttunnel, d.h. das Gesamtbauwerk mit allen Details wie Nischen, Querschläge, Kabelkanäle, Schächte, Betriebsgebäude, hochrechnen. Der Faktor wurde über Mehrmengen aus einer Detailkalkulation eines konkreten Tunnelbauwerkes erhoben (mit Hilfe des sogenannten „Warenkorb“ eines Bieters, welcher sämtliche Ausschreibungsmengen berücksichtigt). Nach Abstimmung mit der Abteilung Landesstraßen und Radwege (bei der ersten Studie noch: Abteilung Verkehr und Straße) des Amtes der Tiroler Landesregierung wurde beschlossen, dass der Aufschlag von +10 % als sehr konservativ anzusehen ist und dieser nicht nur die Hochrechnung auf den gesamten Rohbau beinhaltet, sondern auch die als untergeordnet eingestufte Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen des Tunnelneubaues sowie die bauliche Erhaltung des Tunnels im Betrieb berücksichtigt.

Bergsturz/Karst in der Tabelle Auswertung Vortrieb und Innenschale gesamt inklusive Bergsturz und Karst (Anhang 1 F, Tabelle 24)

Eine Besonderheit des Fernpastunnels ist die geologische Prognose eines Bergsturzgebietes bzw. das Antreffen von Gipskarstphänomenen. Diese Phänomene wurden wie folgt modelliert:

Es wird davon ausgegangen, dass Karst oder Bergsturzphänomene zu offenen Hohlräumen führen, die für diesen konkreten Fall mit 1% abgeschätzt werden, d.h. dass zum Beispiel bei einem Ausbruchquerschnitt von 90 m³ im Mittel 0,9 m³ an Hohlräumen zu erwarten sind. Da für die beiden Phänomene der doppelte Radius des Ausbruchshohlraumes als statisch wirksam einzustufen ist, bedeutet dies, dass ein Bereich in der Größenordnung des 3-fachen Ausbruchquerschnittes zur Ermittlung der benötigten Mengen zu berücksichtigen ist ($(4r^2\pi - r^2\pi)/r^2\pi = 300\%$). Weiters geht man davon aus, dass 50% dieser Hohlräume unentdeckt bleiben und nur 50% mit Beton verfüllt werden.

Nachdem diese Phänomene auch auf die Stützmittelmengen ihren Einfluss haben, wird in einer vereinfachenden Annahme von einer Erhöhung der Stützmittelmengen von 1% ausgegangen.

Geräteaufwand

Die ecoinvent-Datenbank beinhaltet einen Datensatz, der die Herstellung eines durchschnittlichen Baugeräts modelliert. Dieses durchschnittliche Baugerät wird mit einem Eigengewicht von 10 Tonnen und 10'000 Servicestunden definiert.

Über den Umkehrwert der Vortriebs- bzw. Tagesleistungen für Kalotte, Strosse, Sohle und Innenschale wurde der Zeitaufwand für einen Meter Vortrieb bzw. Innenschale je VKL ermittelt. Die Geräteeinsatzzeit wurde aus dem Zeitaufwand je Meter und den von der österreichischen Baugeräteliste vorgegebenen Werten (Monat mit 30 Tagen, 172 Stunden pro Monat, Einsatzfaktor 0,7) für die verschiedenen VKL pro Meter und entsprechend der Aufteilung der VKL für den gesamten Tunnel ermittelt. Das Eigengewicht der für den Tunnelvortrieb und Innenschale eingesetzten Geräte wird in den Erhebungsblättern in Anhang 1 A bis E (Tabelle 19 bis Tabelle 23) angegeben.

Über das Verhältnis zur Servicezeit und zum Eigengewicht des durchschnittlichen Baugerätedatensatz in ecoinvent (10 t bzw. 10'000 h) kann so über das Gesamteigengewicht und die ermittelt Einsatzzeit der Geräteaufwand als ein Vielfaches des ecoinvent-Datensatzes ausgegeben werden (Anhang 1 F, Tabelle 25).

$$\text{Baugerät pro lfm} = \frac{\text{Eigengewicht}}{10 \text{ t}} * \frac{\text{Geräteeinsatzzeit [Stk.]}}{10.000 \text{ h}} \frac{[\text{Stk.}]}{[\text{lfm}]}$$

Das Eigengewicht der Geräte für den Stollenvortrieb beträgt 60 % der Geräte für den Tunnelvortrieb. Der Zeitaufwand je Meter Stollenvortrieb ist identisch zu jenem der Kalotte. Deshalb wird für den Geräteaufwand des Stollenvortriebs jener des Kalottenvortriebs mit dem Faktor 0,6 multipliziert.

Der Geräteaufwand für die Phänomene Bergsturz und Karst wurden vereinfacht über einen 1-prozentigen Gerätemehraufwand für den gesamten Vortrieb und die gesamte Innenschale ermittelt.

Sachbilanzdatensätze

Die Sachbilanzdatensätze basieren auf den erhobenen Input- bzw. Outputdaten und wurden mit Hilfe der erstellten Materialsachbilanzdaten aus 4.2.3.1.1 und Datensätzen aus ecoinvent 3.8 modelliert.

Die Daten wurden wie von mit der Abteilung Landesstraßen und Radwege gewünscht modular entsprechend den verschiedenen VKL gegliedert und in Datensätzen je Laufmeter Vortrieb (inkl. Bergsturz/Karst) sowie je Laufmeter Innenschale (Gewölbe bzw. Sohle) ausgegeben.

Entsprechend der festgelegten Vortriebsklassenaufteilung für den Fernpasstunnel (Tabelle 9) und für den Zugangsstollen (Tabelle 10) wurden Gesamtdatensätze für Vortrieb und Innenschale (inkl. des 10%-Aufschlags) erstellt.

Tabelle 9: Aufteilung Vortriebsklassen Tunnel

K7 – ST5 – S4/3	K6 – ST4 – S3/3	K5 – ST3 – S2/2	K4 – ST2 – S1/2	K3 – ST1 – S1/1	Gesamt
60%	35%	4%	1%	0%	100%
942 lfm	550 lfm	63 lfm	16 lfm	0 lfm	1.570 lfm

Tabelle 10: Aufteilung Vortriebsklassen Stollen

K7	K6	K5	K4	K3	Gesamt
60%	35%	4%	1%	0%	100%
363 lfm	212 lfm	24 lfm	6 lfm	0 lfm	605 lfm

Der modulare Ansatz erlaubt eine detaillierte Auswertung der einzelnen Vortriebsklassen und des gesamten Tunnelrohbaus und ermöglicht die Darstellung des Einflusses der einzelnen Module.

Die einzelnen Sachbilanzdatensätze für den Tunnelvortrieb und die Betoninnenschale können in Anhang 4 B.a bis B.c (Tabelle 35 bis Tabelle 58) eingesehen werden.

Die in der Datenerhebung für den Vortrieb ermittelte Anzahl an Zünder wurde aufgrund des zu erwartenden geringfügigen Einflusses auf die Ergebnisse nicht in den Sachbilanzdatensätzen berücksichtigt.

4.2.3.1.3 Straßenoberbau

Die Sachbilanzen der Straßenoberbauten bzw. Straßenbaumaterialien wurden wie erwähnt basierend auf den Daten und Ergebnissen eines Forschungsprojekts ermittelt [13].

Entsprechend den Regelquerschnitten der ILF-Trassenstudie und der Oberbaudimensionierung der Abteilung Landesstraßen und Radwege werden drei verschiedene Straßenoberbauabschnitte mit leicht unterschiedlichen Aufbauten unterschieden (Tabelle 11).

Tabelle 11: Regelquerschnitte Straßenoberbauten

RQ offene Sohle (S2/2, S1/2, S1/1)		RQ mit Sohlgewölbe (S4/3, S3/3)		RQ freie Strecke	
<i>Abschnittslänge</i>	79 m	<i>Abschnittslänge</i>	1492 m	<i>Abschnittslänge</i>	810 m
SMA 11	3 cm	SMA 11	3 cm	SMA 11	3 cm
AC 22 binder	7 cm	AC 22 binder	7 cm	AC 22 binder	7 cm
AC 32 trag	8 cm	AC 32 trag	8 cm	AC 32 trag	8 cm
Obere ungebundene Tragschicht	30 cm	Obere ungebundene Tragschicht	30 cm	Obere ungebundene Tragschicht	20 cm
		Füllbeton	10 cm	Untere ungebundene Tragschicht	40 cm

Die notwendigen Massen an Oberbaumaterialien ergeben sich aus den Abschnittslängen und den entsprechenden Regelquerschnitten und können mit den Sachbilanzdatensätzen aus Anhang 4 A (Tabelle 30 bis Tabelle 32).

Für die Fernpass-Studie wurden die einzelnen Konstruktionsprozesse (Einbau, Walzen, Verdichten) der einzelnen Schichten zu je einem Konstruktionssachbilanzdatensatz entsprechend Schichtentyp und -stärke zusammengefasst.

Die Sachbilanzdatensätze für die Konstruktion eines Quadratmeters Deckschicht (SMA 11, 3cm), Binderschicht (AC 22 binder, 7 cm), Tragschicht (AC 32 trag, 8cm) bzw. ungebundener Tragschicht (20cm, 30cm, 40cm) können in Anhang 4 C (Tabelle 59 bis Tabelle 64) eingesehen werden. Bezüglich des Füllbetons für den RQ mit Sohlgewölbe wird angenommen, dass der Antransport mit Hilfe eines Betonmischers erfolgt (Transportprozess) und der Einbau nur händisch unterstützt wird (kein Konstruktionsdatensatz).

Tabelle 65 im Anhang 4 A zeigt die Sachbilanz für den gesamten Straßenoberbau.

4.2.3.1.4 Material An- und Abtransport

Die Modellierung der Material Antransporte (Baumaterialien) und Abtransporte (Tunnelausbruch) erfolgt über durchschnittliche Transportdistanzen, durchschnittliche Transportmengen und -dichten der Materialien und Festlegung der typischen Transportvehikel für die verschiedenen Materialien. Die Transportcharakteristika wurden mit Abteilung Landesstraßen und Radwege abgestimmt (Tabelle 12).

Tabelle 12: Transportcharakteristika

Material	Transportdistanz	Transportmenge	Transportdichte	Transportprozess	Transportvehikel
	[km]	[EH]	[t/EH]	[t*km]	
<i>Ausbruchmaterial (lose) Tunnel</i>	5	243'567 m ³	1,7	208'820	LKW 4-Achser
<i>Spritzbeton Tunnel</i>	15	19'757 m ³	2,4	711'252	Betonmischer 4-Achser
<i>Beton Innenschale Tunnel</i>	15	41'795 m ³	2,4	1'504'62	Betonmischer 4-Achser
<i>Baustahlgitter Tunnel</i>	25	324,367 t	1	8'109	LKW 4-Achser
<i>Bögen Tunnel</i>	25	463,603 t	1	11'590	LKW 4-Achser
<i>Anker Tunnel</i>	25	1'301,399 t	1	32535	LKW 4-Achser
<i>Füllbeton Tunnel</i>	25	2'270 m ³	2,4	136'200	Betonmischer 4-Achser
<i>Geräte Tunnel</i>	30	350 t (2x)	1	33'000	LKW 4-Achser
<i>Ausbruchmaterial (lose) Stollen</i>	5	24'124 m ³	1,7	205'054	LKW 4-Achser
<i>Spritzbeton Stollen</i>	15	4'211 m ³	2,4	151'596	Betonmischer 4-Achser
<i>Baustahlgitter Stollen</i>	25	67,753 t	1	1'694	LKW 4-Achser
<i>Bögen Stollen</i>	25	121,876 t	1	3'047	LKW 4-Achser
<i>Anker Stollen</i>	25	197,101 t	1	4'928	LKW 4-Achser
<i>Füllbeton Stollen</i>	25	250 m ³	2,4	15'000	Betonmischer 4-Achser
<i>Geräte Stollen</i>	30	175 t (2x)	1	5'250	LKW 4-Achser
<i>Asphalt Straße</i>	20	3'500 m ³	2,4	16'8000	LKW 4-Achser
<i>Ungebundene Tragschicht Straße</i>	20	14'218 t	1	284'360	LKW 4-Achser
<i>Füllbeton Straße</i>	20	1'194 m ³	2,4	57'312	Betonmischer 4-Achser
<i>Geräte Rest</i>	30	25 t (2x)	1	750	LKW 4-Achser

Der Antransport der Baumaterialien bzw. Abtransport des Tunnelausbruchs erfolgt mit Hilfe des ecoinvent Datensatzes „Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro6 [14] market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6“, welcher den Transportprozess in Tonnen-Kilometer bewertet und dabei eine Leerfahrt zurück zum Ausgangspunkt berücksichtigt.

Bezüglich des Antransports der Baustelleneinrichtung und Geräte wurde ein Gesamttransportgewicht von 550 Tonnen angesetzt (350 t – Tunnel, 175 t – Sollen, 25 t Rest). Als durchschnittliche Transportdistanz wurden 30 km angesetzt.

4.2.3.1.5 Deponierung Tunnelausbruch

Es wurde angenommen, dass die Deponierung des Tunnelausbruchs in durchschnittlich 5 Kilometer von der Baustelle entfernten Deponien stattfindet.

Die zu deponierende Masse wurde über das feste Tunnel- bzw. Stollenausbruchsvolumen, den Auflockerungsfaktor 1,45 und die Transportdichte von 1,7 t/m³ ermittelt. So erhält man für den Tunnel eine Deponiemasse von 414'064 Tonnen und für den Stollen von 41'011 Tonnen (jeweils inkl. 10%-Aufschlag).

Zur Modellierung der Deponierung des Tunnelausbruchs wurde der ecoinvent-Datensatz zur Deponierung von inerten Materialien verwendet („Inert waste, for final disposal“).

4.2.3.1.6 Sachbilanz Tunnel-Neubau gesamt

Die Modellierung der Sachbilanzdaten für den gesamten Tunnelneubau erfolgt in zwei Schritten.

In einem ersten Schritt werden die in den vorangegangenen Schritten modellierten Datensätzen zu Datensätze für Tunnelbau, Straßenbau und Stollenbau zusammengefasst, um daraus den gesamten Tunnelneubau zu modellieren und um den Einfluss der drei Neubau-Elemente demonstrieren zu können (Tabelle 13).

Tabelle 13: Sachbilanz Tunnelneubau gesamt (nach Neubau-Elemente)

Produktion [x/Tunnel]	
Tunnelbau gesamt [p]	1
Straßenbau gesamt [p]	1
Stollen gesamt [p]	1

Im nächsten Schritt werden die Datensätze der Neubau-Elemente in Datensätze für Antransporte, Bauprozesse (inkl. Materialproduktion), Abtransporte und Deponierung (Tunnel- bzw. Stollenausbruch) aufgefächert (Tabelle 14).

Tabelle 14: Sachbilanz Tunnelneubau gesamt (nach Prozesse der Neubau-Elemente)

Produktion [x/Tunnel]	
Tunnelbau Antransport [p]	1
Tunnelvortrieb [p]	1
Tunnelausbruch Abtransport [p]	1
Tunnelinnenschale [p]	1
Straßenbau Antransporte [p]	1
Straßenoberbau [p]	1
Stollen Antransporte [p]	1
Stollenvortrieb [p]	1
Stollenausbruch Abtransport [p]	1
Abfälle [x/m3]	
Tunnelausbruch Deponierung [p]	1
Stollenausbruch Deponierung [p]	1

Die einzelnen Datensätze der Tunnelneubau-Gesamtanalyse werden mit Hilfe der in den vorangegangenen Schritten modellierten Datensätzen im Detail untersucht.

4.2.3.2 Tunnelbetrieb

Die Hochrechnung der Stoff- und Energieflüsse konzentriert sich hier auf den Energieverbrauch der E&M-Installationen (Elektro- und Maschinenteknik). Diese sind von Belüftung und Beleuchtung dominiert. Im Anhang 2 (Tabelle 26) sind die maßgebenden Eingangsparameter für die Modellberechnung angeführt. Als Vergleichstunnel für die Modellierung des Betriebs des Fernpasstunnels wurden der Landecker Tunnel und der Brettfalltunnel herangezogen:

Das Berechnungsmodell wurde mit Herrn Stroppa (ehemals ILF, jetzt TIWAG) und mit Herrn Außerlechner (Abteilung Landesstraßen und Radwege, E&M Technik) abgestimmt.

4.2.3.2.1 Belüftung

Die installierte Leistung für Belüftung ist bei Tunneln ein Vielfaches der Beleuchtung. Dies gilt allerdings nur für die installierte Leistung, die auf den Brandfall ausgelegt ist. Beim Betrieb ist die Belüftung jedoch sehr gering ausgelastet. Dies zeigt der kWh-Verbrauch beim Landecker Tunnel (mit einer installierten Leistung von 3.030 kW für Belüftung wurden in einem Referenzjahr im Mittel etwa 105.000 kWh pro Monat verbraucht. Gegenüber der Volllast von 3.030 kW x 24h/Tag x 30 Tage/Monat sind dies nur 3%.

Modellparameter für Belüftung:

Die Belüftung wird über die Verkehrsmenge und gemessene Daten gesteuert. Über diese Parameter wird der erforderliche Zuluftvolumenstrom ermittelt.

Der Energiebedarf ist in der dritten Potenz von diesem Zuluftvolumenstrom abhängig (siehe Heft 246 „Regelverhalten von Straßentunnellüftungen“ der Straßenforschung des Bundesministeriums [15]).

Der Energiebedarf ist weiters von folgenden Parametern abhängig, welche eine zusätzliche Änderung des benötigten Zuluftvolumenstroms bewirken (siehe Anhang 2, Tabelle 26):

- Längsneigung des Tunnels: Faktor für Schadstoffemissionen (1+10 x Steigung in %)
- Kolbenwirkung durch Richtungsverkehr: Reduktion der erforderlichen Zuluft in %
- Kaminwirkung: Reduktion der Zuluft in % (abhängig vor allem von Länge und Höhendifferenz der Portale)
- Verkehr/Maximum: Zuluftvolumenstrom bei aktueller Verkehrsfrequenz im Vergleich zum Maximum = Volllast im Brandfall

Die Formel für die Längsneigung im Tunnel ergibt sich aus dem Ansatz, dass ein PKW bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h für jedes Prozent mehr Steigung um 20% mehr Treibstoff verbraucht und dieser Mehrverbrauch bei der Abwärtsfahrt nur zu 50% kompensiert wird. Kolbenwirkung und Kaminwirkung sind Einschätzungen aus der Erfahrung bestehender Tunnel. Der Faktor Verkehr/Maximum basiert auf dem Vergleich der Vollast im Brandfall mit dem tatsächlichen Energieverbrauch der betrachteten Referenztunnel.

4.2.3.2.2 Beleuchtung

Nachdem die Portalbereiche unabhängig von der Tunnellänge verstärkt beleuchtet sind, wird dafür ein Pauschalanteil an installierter Leistung von 5kW angesetzt. Der von der Tunnellänge abhängiger Anteil für die Beleuchtung wird mit 5 kW/km Tunnel definiert. Für den Energieverbrauch der Beleuchtung wird eine mittlere Auslastung von 33% angesetzt.

4.2.3.2.3 Sonstiges

Schließlich werden für sonstige Installationen (Nischen, Buchten, Betriebsräume etc.) 5% der benötigten Energie für Belüftung und Beleuchtung angesetzt.

4.2.3.2.4 Tunnelbetrieb gesamt

Mit den beschriebenen Ansätzen, Modellparametern und -zusammenhängen wird in Anhang 2 (Tabelle 26) der Energieverbrauch pro Tag prognostiziert und mit bestehenden Tunnels verglichen.

Die Ansätze für den Fernpasstunnel ergeben sich aus der Längsneigung von 4%, der fehlenden Kolbenwirkung aufgrund des Gegenverkehrs, der Einschätzung eines Zuluftvolumens von 40% zufolge der Kaminwirkung aus der Höhendifferenz der Portale, sowie dem Ansatz für den Zuluftvolumenstrom Verkehr/Brandfall, der sich aus der Rückrechnung bestehender Tunnels mit 30% ergibt.

4.2.3.3 Tunnelerhaltung

Bei der Tunnelerhaltung handelt es sich um Leistungen, die auf die für die Ökobilanz maßgebenden Stoff- und Energieflüsse eine im Vergleich zu Vortrieb und Innenausbau untergeordnete Bedeutung haben. Wie bereits in Punkt 4.2.3.1.2 erwähnt, wurde daher der Einfluss der Tunnelerhaltung vereinfachend mit dem Erhöhungsprozentsatz von 10 % miteinbezogen.

4.2.4 Wirkungsabschätzung und Ergebnisse Ökobilanz Tunnel

Die Ökobilanzergebnisse werden für die drei Hauptindikatoren Treibhauspotential (GWP), Versauerungspotential (AP) und nicht-erneuerbaren Kumulierten Energieaufwand (nr-CED) dargestellt.

Die in den folgenden Kapiteln dargestellten Grafiken zeigen die Ergebnisse für die drei Hauptindikatoren in einem auf 100 % normierten Balkendiagramm mit Datentabelle. Damit soll der Einfluss der einzelnen Prozesse auf die Ergebnisse prozentuell (in Balken- und Tabellen-Form) dargestellt werden. Die Datentabelle zeigt in der letzten Zeile das absolute Gesamtergebnis in der entsprechenden Einheit.

4.2.4.1 Tunnelneubau

Die Auswertung des Tunnelneubaus erfolgt im ersten Schritt aufgeteilt auf die Einflüsse der Neubau-Elemente Tunnelbau, Straßenbau und Stollen (Abbildung 3). Der Tunnelbau hat mit einem Anteil von 81 bis 88 % den größten Anteil bezüglich der Ergebnisse für alle drei Hauptindikatoren.

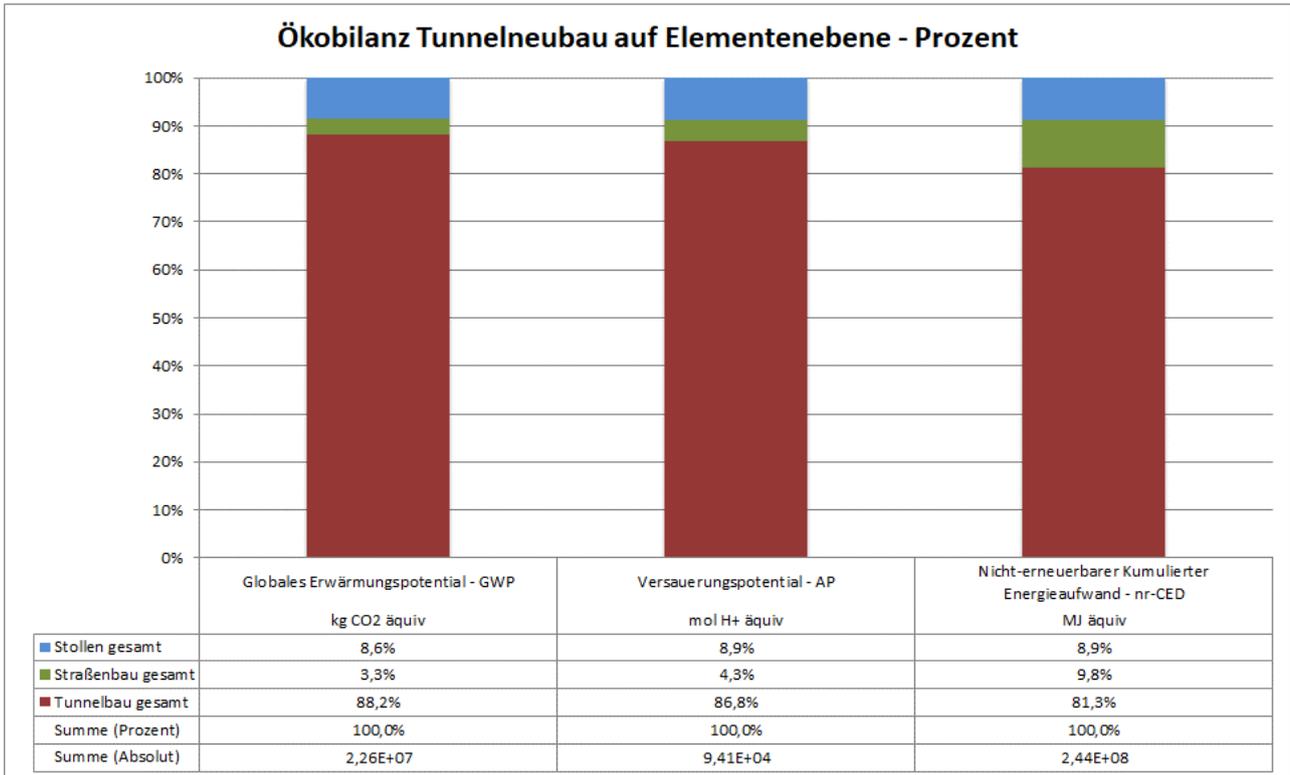


Abbildung 3: Ökobilanz Tunnelneubau gesamt (nach Neubau-Elementen)

Abbildung 4 zeigt, dass für diesen großen Einfluss hauptsächlich der Tunnelvortrieb (Anteil zwischen 36,4 und 42,0 %) und die Tunnelinnenschale (Anteil zwischen 17 und 35,1 %) verantwortlich sind.

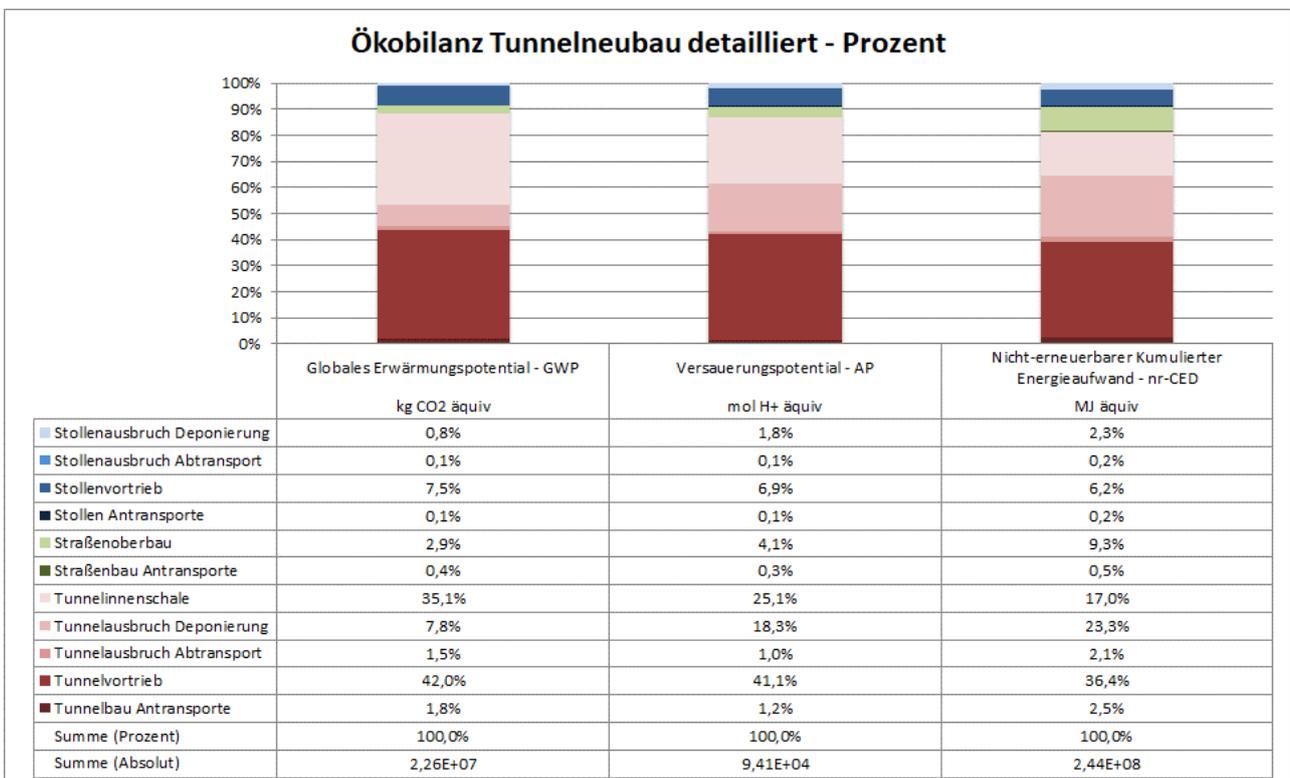


Abbildung 4: Ökobilanz Tunnelneubau gesamt (mit gegliederten Neubau-Elementen)

Aufgrund ihres großen Einflusses werden die Tunnel-Module Vortrieb und Innenschale im Detail untersucht, um die Hauptverursacher der Umweltbelastungen aus Tunnelneubau zu ermitteln. Abbildung 5 zeigt, dass der Spritzbeton mit Einfluss von 35,9 bis 52,9 % den größten Anteil der Umweltbelastungen bewirkt. Dahinter folgen Dieselverbrauch (12,5 bis 31,8 %), Elektrizität (12,5 bis 18,0 %) und Anker (6,4 bis 8,9 %).

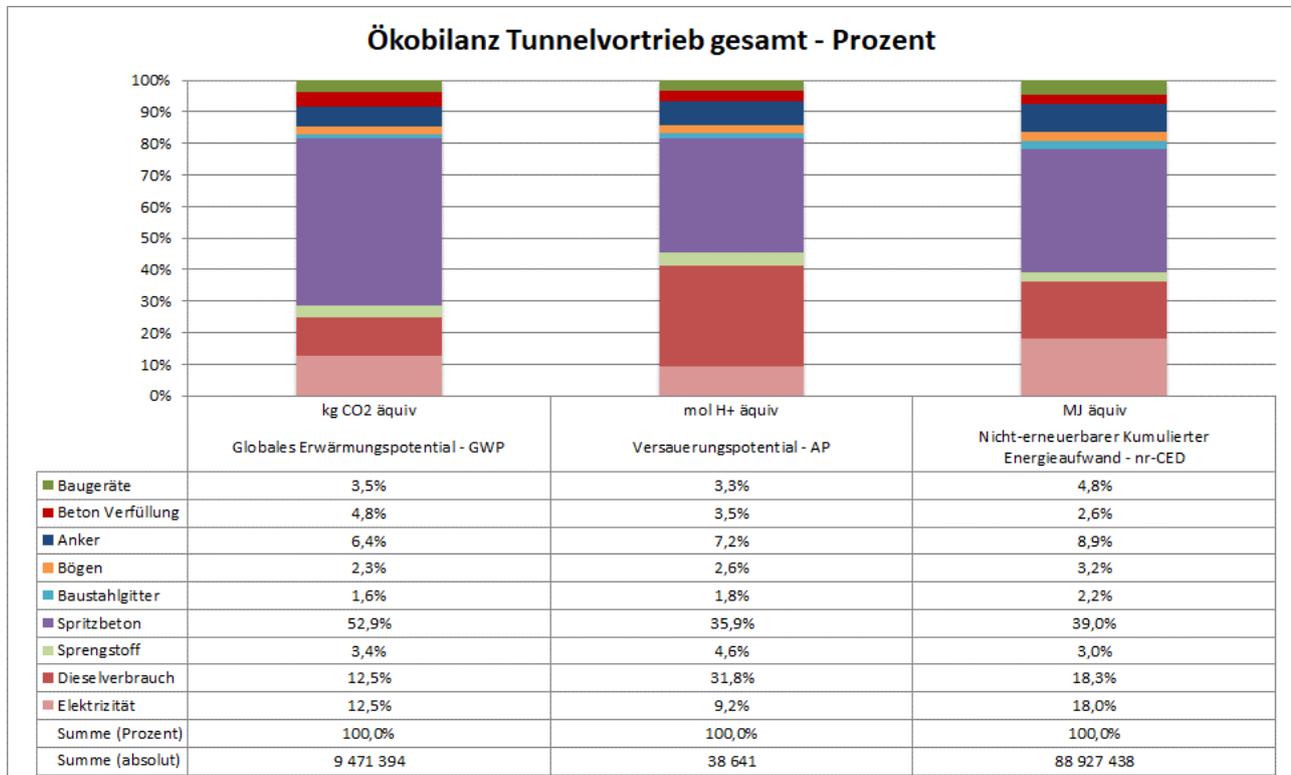


Abbildung 5: Ökobilanz Vortrieb gesamt

In Abbildung 6 wird der große Einfluss von Sohlbeton (57,5 bis 57,9 %) und Beton für Gewölbe (40,8 bis 41,8 %) auf die Gesamtergebnisse der Innenschale dargestellt.

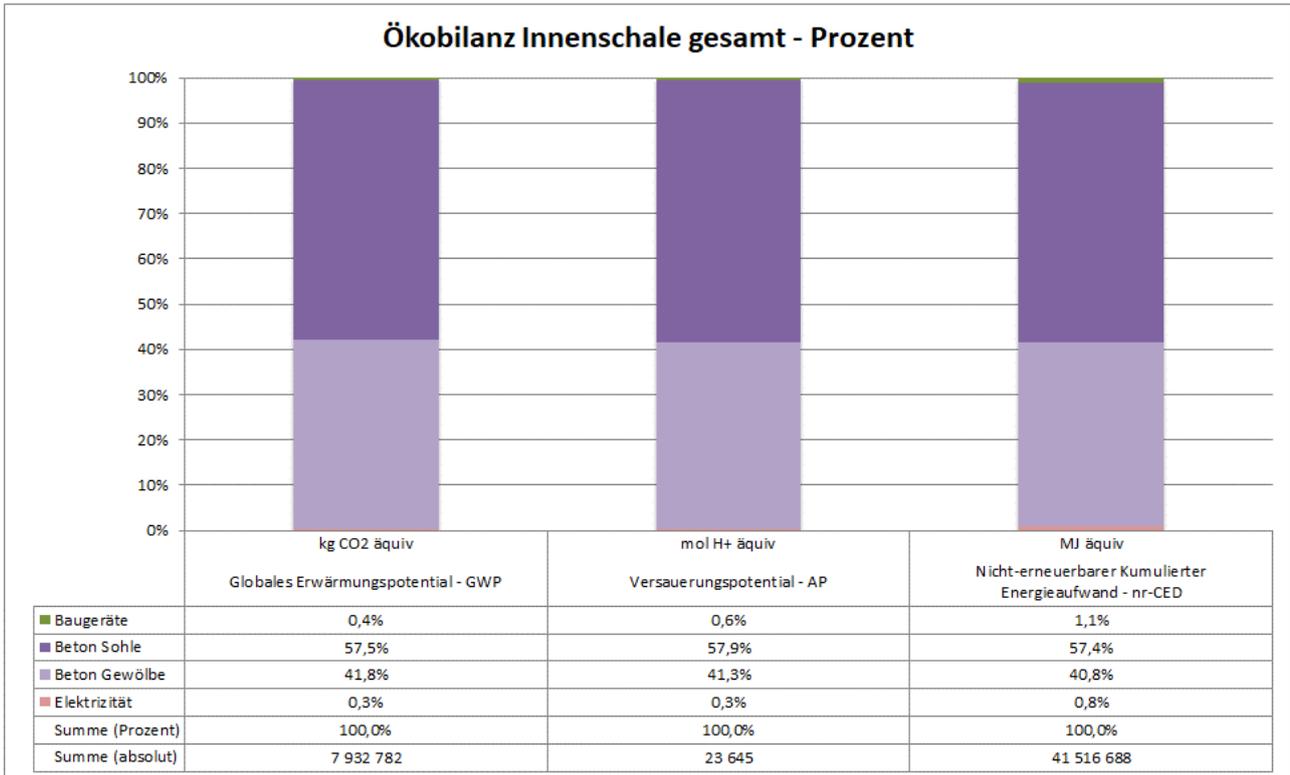


Abbildung 6: Ökobilanz Innenschale gesamt

Die Gesamt-Datensätze für Vortrieb und Innenschale wurden entsprechend der Verteilung der Vortriebsklassen modelliert. In Abbildung 7 und Abbildung 8 werden der Vortrieb und die Innenschale (je lfm) der verschiedenen VKL bezüglich des Treibhauspotentials (GWP) miteinander verglichen. Die beiden Abbildungen unterstreichen die Bedeutung der angewandten Betone. Ein steigender Bedarf an Spritz-, Sohl- bzw. Gewölbe-Beton verursacht höhere Umweltbelastungen.

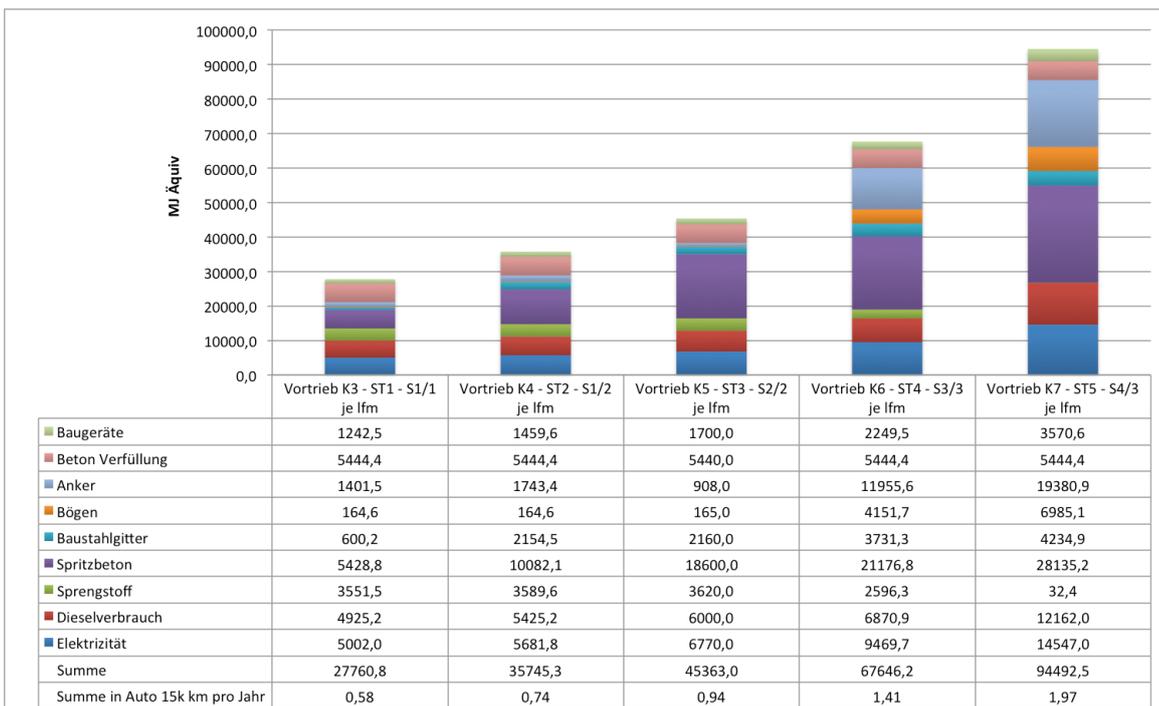


Abbildung 7: Vergleich Treibhauspotential (GWP) Vortrieb nach Klassen

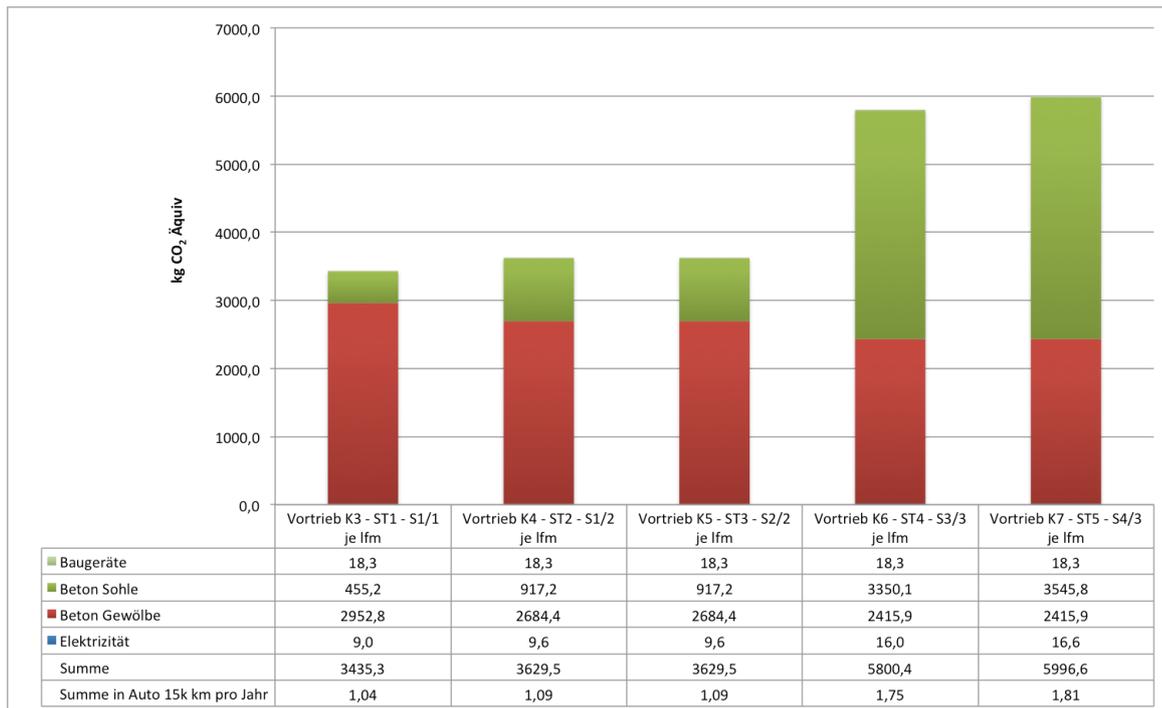


Abbildung 8: Vergleich Treibhauspotential (GWP) Innenschale nach Klassen

Abbildung 9, Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigen, dass die Produktionsprozesse der Betone im Vergleich zur Herstellung der Betonrohstoffe einen geringen Einfluss auf die Ökobilanzergebnisse hat. Den größten Anteil an den Gesamtergebnissen weist der Zement auf. Beim Spritzbeton hat auch der Erstarrungsbeschleuniger einen entsprechenden Einfluss auf die Ökobilanz-Ergebnisse. Der starke Einfluss des Zements stammt aus der energieintensiven Klinkerherstellung. Mit dem CEM II/A-M (S-L) ist ein Zement mit 80 – 94 % Klinkeranteil angewandt. Die angewandten Rezepturen können als Standardrezepturen für den Tunnelbau angesehen werden. Entsprechende betontechnologische Untersuchungen, mit der Bedingung die technische Qualität der Betonsorten zu halten, könnten (projektspezifische) ökologische Optimierungspotentiale bezüglich der Betonherstellung bewirken.

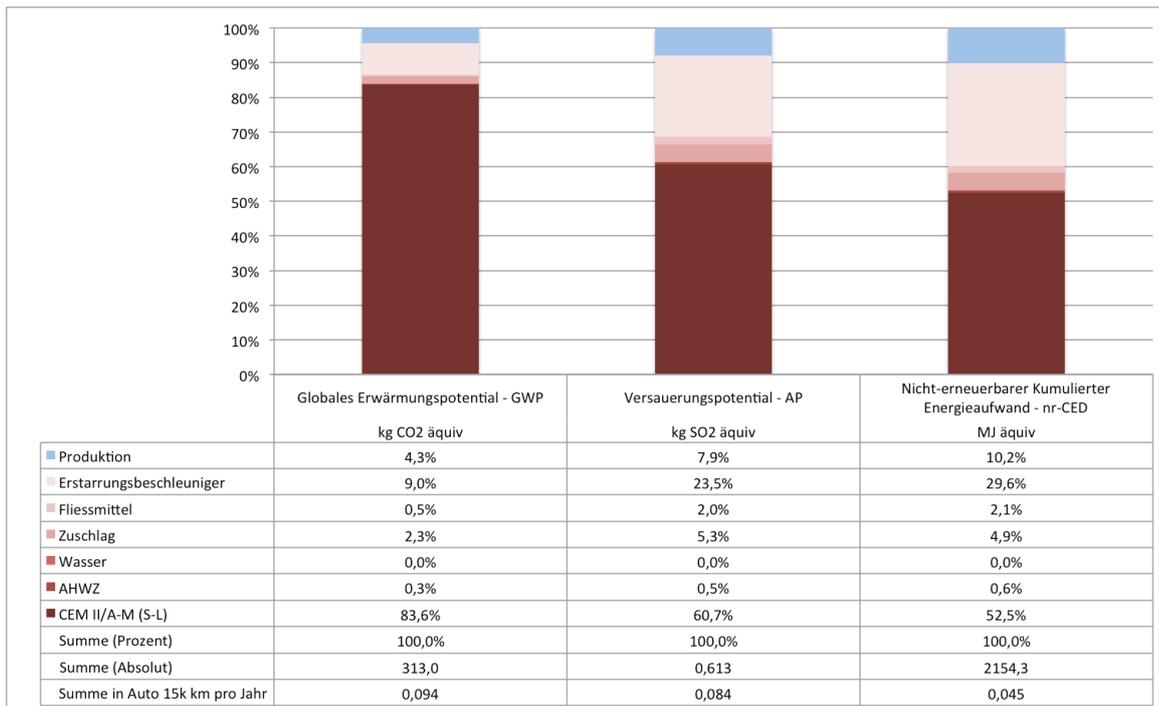


Abbildung 9: Ökobilanz Spritzbeton je Kubikmeter

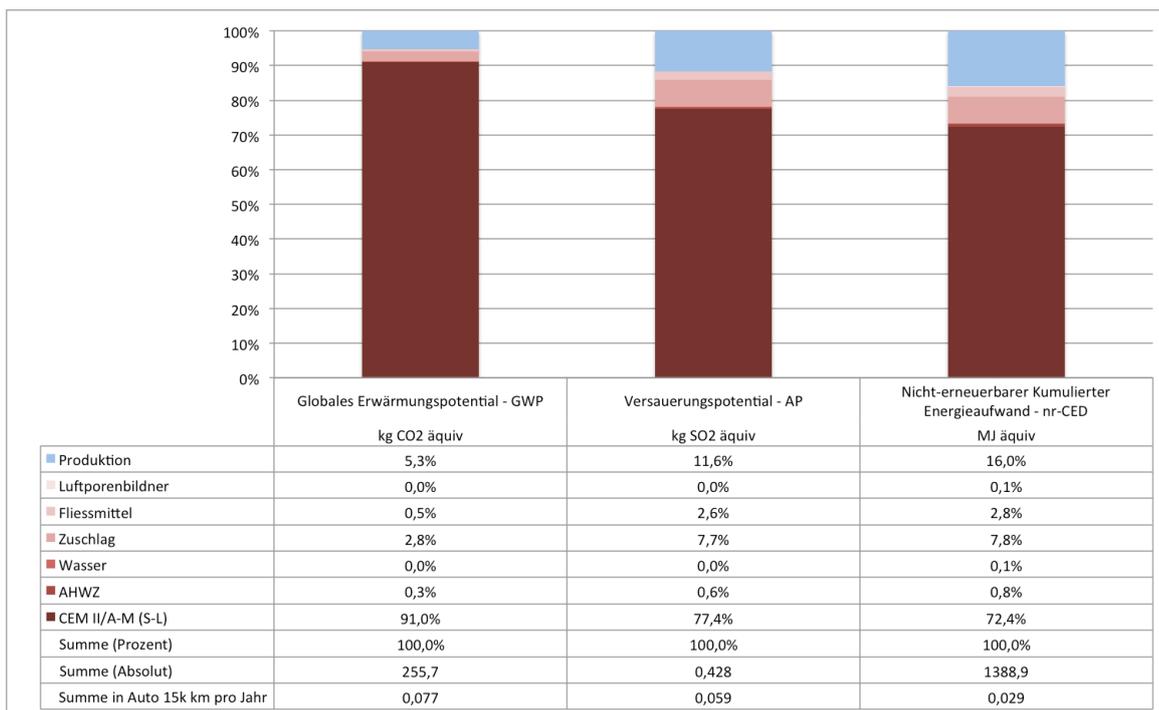


Abbildung 10: Ökobilanz Beton für Gewölbe je Kubikmeter

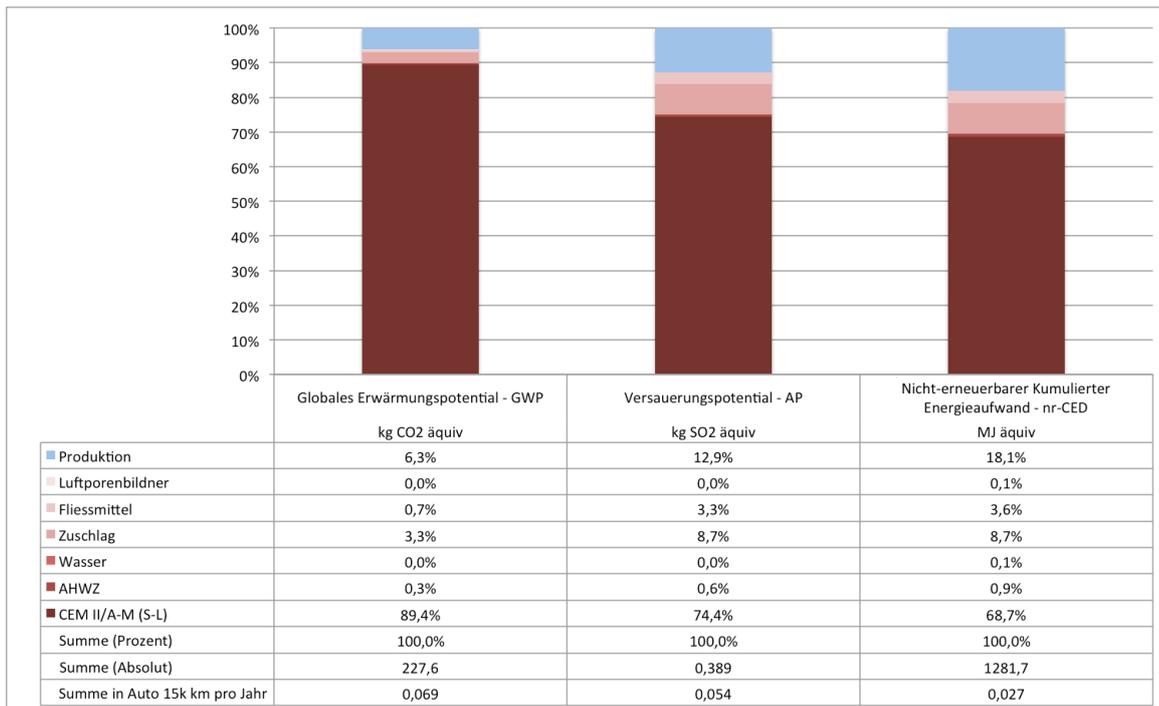


Abbildung 11: Ökobilanz Beton Sohlbeton je Kubikmeter

In diesem Bericht werden nur der gesamte Tunnelneubau bzw. die Hauptverursacher der Umweltbelastungen aus dem Tunnelneubau mit Hilfe der drei Hauptindikatoren untersucht. Detaillierte Ergebnisse für alle Tunnelneubau-Module sind in Anhang 3 A–F (Abbildung 25 bis Abbildung 38) zu finden. Für die Hauptmodule Tunnelvortrieb und Innenschale werden in Anhang 3 G–H (Abbildung 39 bis Abbildung 44) auch die Ergebnisse je lfm nach Vortriebsklassen dargestellt und für die drei Hauptindikatoren auch miteinander verglichen.

4.2.4.2 Tunnelbetrieb

Der Tunnelbetrieb teilt sich auf die Module Belüftung, Beleuchtung und Sonstiges auf. Die Ergebnisse wurden für eine Tag, ein Jahr bzw. 100 Jahre ermittelt. Das prozentuelle Verhältnis der Betriebsmodule untereinander verhält sich für alle drei Betrachtungszeiträume gleich (Abbildung 12). Die Herstellung der elektromechanischen Tunnelausrüstung (Lüfter, Beleuchtung, Telefone, etc.) wurden aufgrund der im Vergleich zum Betrieb selbst geringen Wirkung nicht detailliert modelliert.

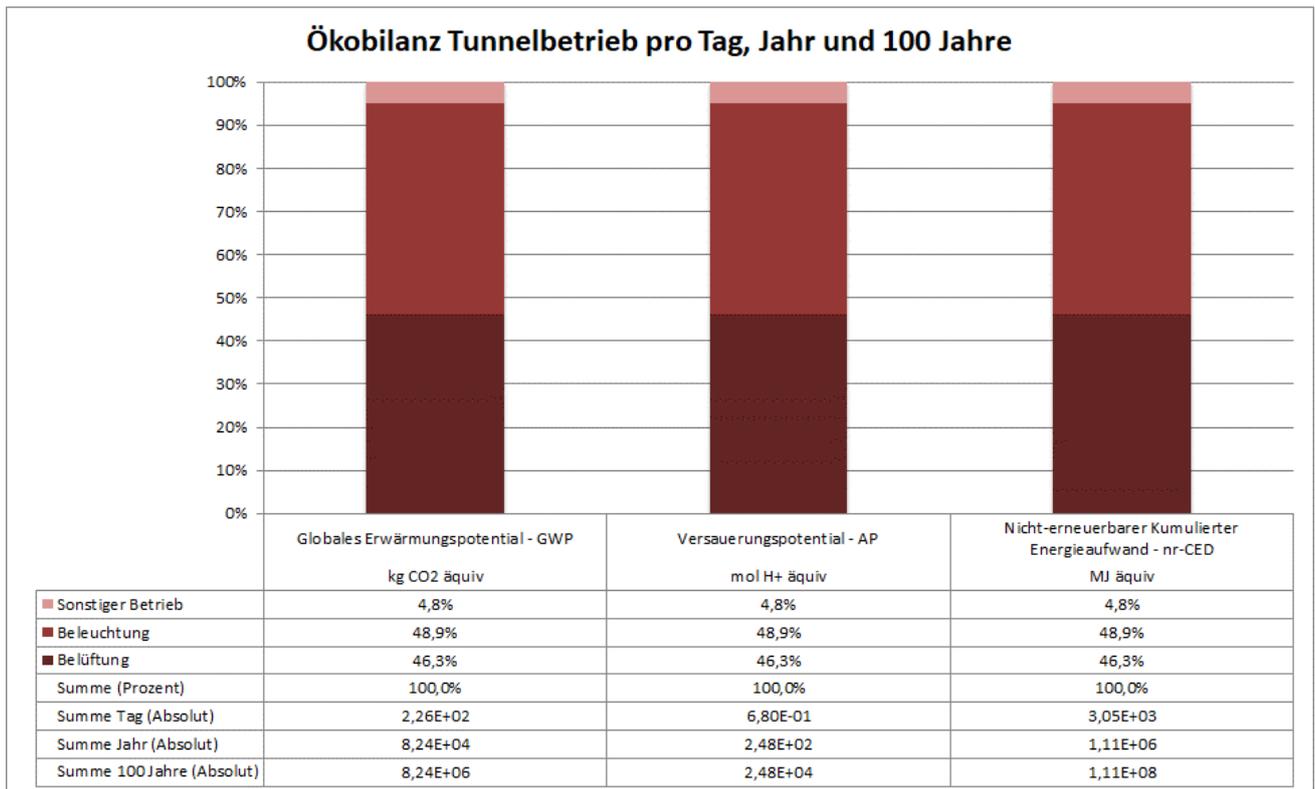


Abbildung 12: Ökobilanz Tunnelbetrieb

Der Vergleich des Tunnelbetriebes über 100 Jahre zu den gesamten Neubauarbeiten (inklusive der als untergeordnet eingestuften Erhaltungsmaßnahmen) zeigt, dass der Einfluss des Betriebs bei ca. einem Drittel liegt (zwischen 26,4 und 45,6% - Abbildung 13). Aufgrund der absoluten Notwendigkeit der Tunnelbelüftung bzw. -beleuchtung sowie der sonstigen Tunnelausrüstungen, sind für den Betrieb des Tunnels keine ökologischen Potentiale bestimmbar. Abbildung 13 zeigt in der Datentabelle (in der Zeile „Summe“) auch das Gesamtergebnis für Tunnelneu und Betrieb über 100 Jahre.

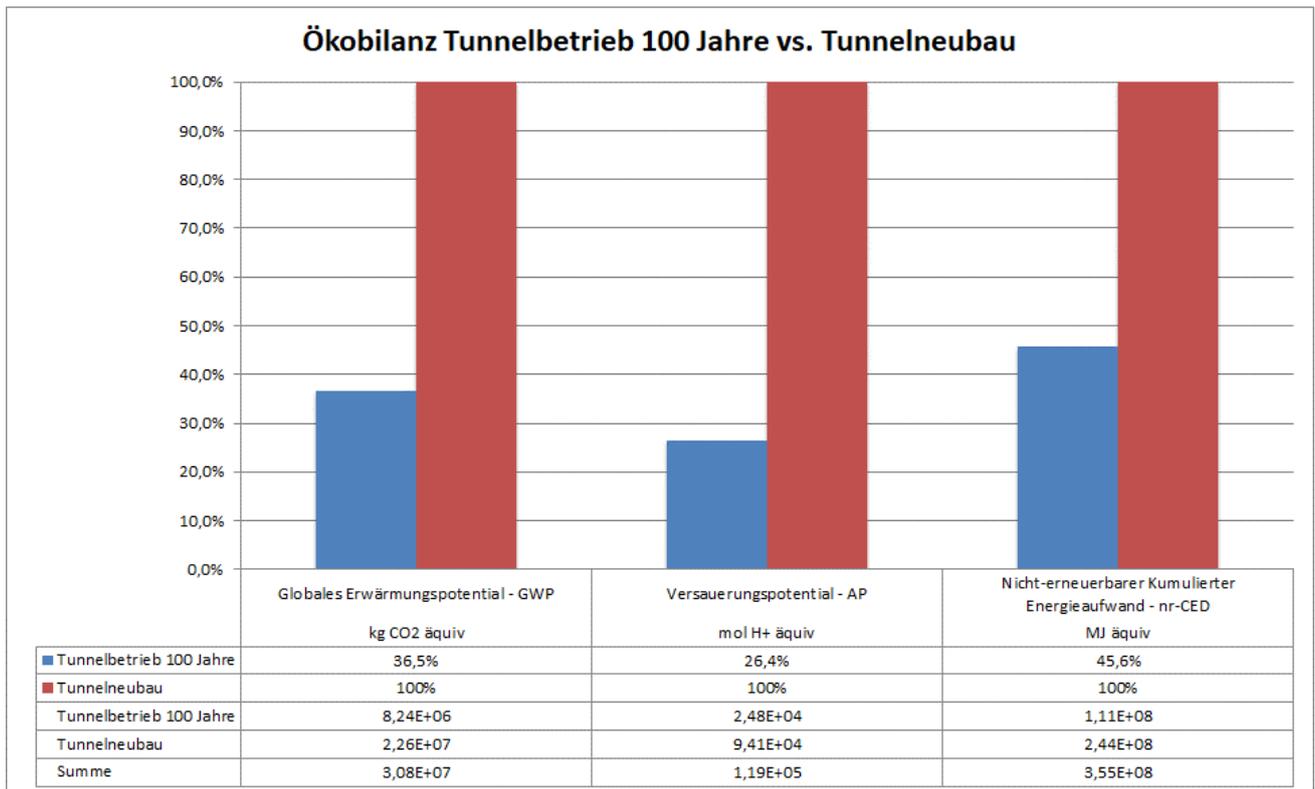


Abbildung 13: Ökobilanz Tunnelbetrieb und Neubau gesamt

4.3 Ökobilanz Verkehr Fernpass-Strecke

4.3.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

In der Ökobilanz für den Verkehr auf der Fernpassstrecke werden 2 Planfälle der Studie des Ingenieurbüros Köll [2] untersucht:

- Fernpass-Strecke Bestand (PF0)
- Fernpass-Strecke mit Fernpasstunnel (PF3)

Ziel der Verkehrsökobilanz ist die Darstellung der Auswirkungen des Fernpasstunnels auf das Verkehrsverhalten auf der Fernpassstrecke und der damit verbundenen Umweltwirkungen (ausgedrückt durch die drei betrachteten Wirkungsindikatoren).

4.3.2 Analyse Einzeltage

4.3.2.1 Systemgrenzen und funktionale Einheit

Der erste Schritt der Verkehrsökobilanz untersucht die verkehrlichen Auswirkungen an Reiseverkehrstagen (Sommer und Winter) und an einem typischen Werktag.

Dazu wird das Straßennetz von der A12 Anschlussstelle Imst (km 132,57) bzw. der A12 Anschlussstelle Mötzt (km 130,56) bis Bichlbach (5,6 km nördlich des Nordportals Lermooser Tunnel, B179 km 25,0) analysiert (Abbildung 14).

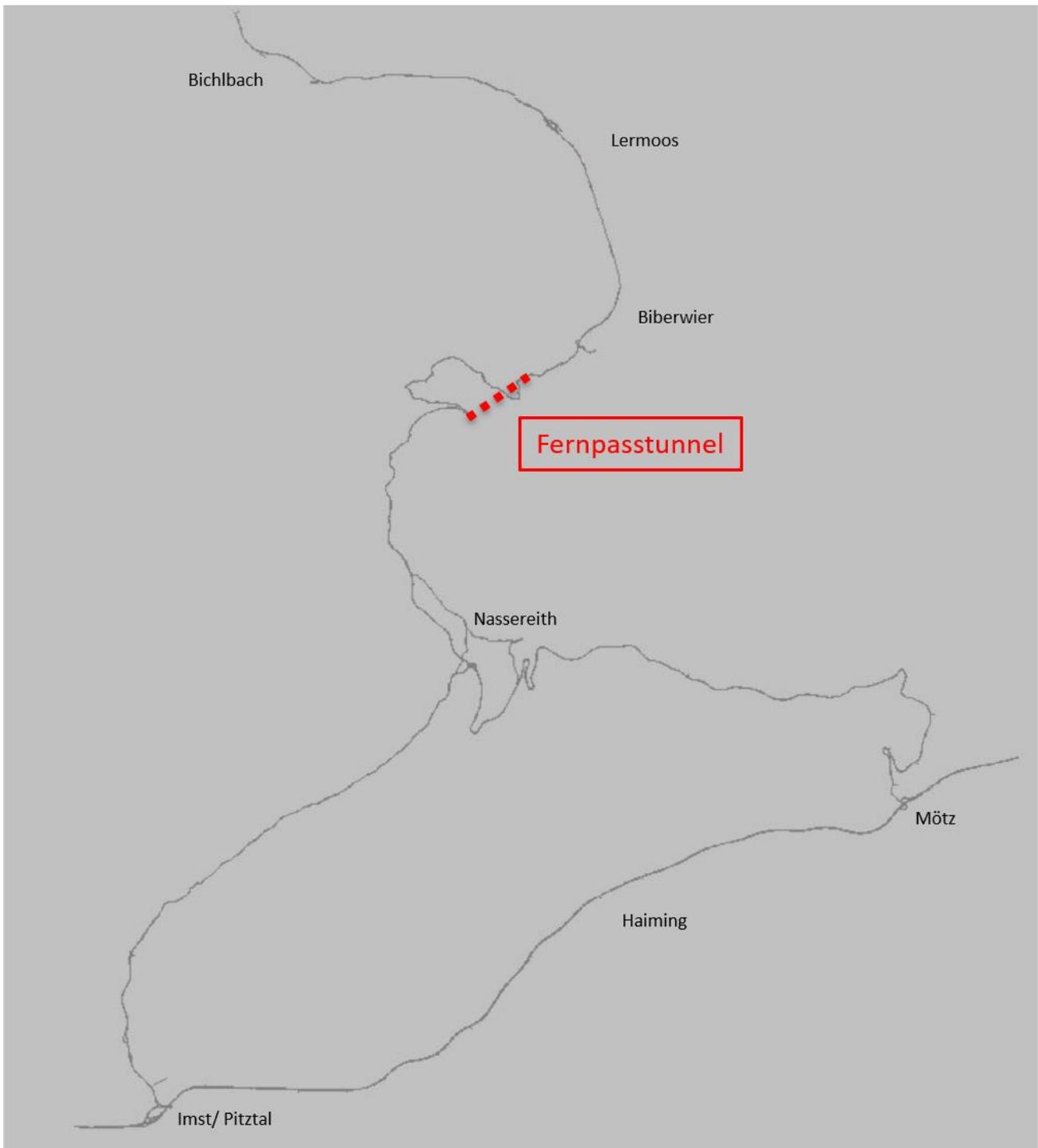


Abbildung 14: Ökobilanz Tunnelbetrieb und Neubau gesamt

4.3.2.2 Sachbilanz

Die Umweltbelastungen von Kraftfahrzeugen sind generell vom Kraftstoffverbrauch der verschiedenen Fahrzeuge abhängig. Die Studie des Ingenieurbüros Köll unterscheidet PKW-ähnliche und LKW-ähnliche Fahrzeuge [2]. Das Umweltbundesamt beziffert in den Emissionskennzahlen 2022 den durchschnittlichen Verbrauch von benzinbetriebenen PKW mit 7,8 Liter, von dieselbetriebenen PKW mit 6,9 Liter und von elektrisch betriebenen PKW mit 21 kWh pro 100 km [16]. Für einen durchschnittlichen LKW wird der Verbrauch mit 29,7 Liter Diesel pro 100 km angesetzt [16].

Der Kraftstoffverbrauch steigt mit der zurückzulegenden Steigung. Im Gefälle müsste der Kraftstoffverbrauch theoretisch durch die beim Bergauffahren gewonnene potentielle Energie wieder kompensiert werden, was aber in der Praxis durch Bremsvorgänge nicht zur Gänze umgesetzt wird. Deshalb wird basierend angesetzt, dass der Mehrverbrauch für eine Bergauffahrt bei der Bergabfahrt für PKW zu 50 % bzw. bei LKW zu 10% kompensiert wird. Der Mehraufwand zur Überwindung von Höhendifferenzen wird mit folgender Formel ermittelt (aus „Energiemanagement im Kraftfahrzeug“ – Liebel et al., 2014 [14]):

$$V_{Höhe} \left[\frac{l}{100 \text{ km}} \right] = \text{Masse}[kg] * g * \text{Höhendifferenz}[m] * \frac{1}{1000 * 3600} * v_{Pe} * \frac{100}{\text{Strecke}[km]} * \frac{1}{0,98}$$

v_{Pe} ... Differenz-Verbrauchs-Wirkungsgrad für Benzin- und Dieselmotoren [l pro kWh] (0,264 für Benzinmotoren, 0,22 für Dieselmotoren)

0,98 ... Differenz-Triebstrang-Wirkungsgrad

Für beide Fernpass-Routen (Imst – Bichlbach bzw. Mötz – Bichlbach) wurde für die zwei betrachteten Planfälle in beide Richtungen ein Höhenprofil erstellt. Dazu werden die Routen in Steigungs- und Gefällestrecken eingeteilt, d.h. es wurden die jeweiligen Wechsel von Steigung zu Gefälle bzw. starke Steigungs- und Gefällewechsel erfasst. Der Einfachheit halber werden in diesem Bericht nur die Höhenprofile in Richtung Norden dargestellt (Tabelle 15). Die Höhenprofile in Richtung Süden haben umgekehrte Längsneigungsvorzeichen zu jenen der Nord-Höhenprofile und können in Anhang 5 A (Tabelle 69) eingesehen werden.

Tabelle 15: Höhenprofile Richtung Norden

Richtung Norden									
Ohne Fernpasstunnel (PF0): Imst - Nassereith					Mit Fernpasstunnel (PF3): Imst - Nassereith				
Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]
A12 Imst	714				A12 Imst	714			
		126	5,8	2,2			126	5,8	2,2
Einfahrt Tarrenz	840				Einfahrt Tarrenz	840			
		-44	2,3	714,0			-44	2,3	714,0
Walchenbach	796				Walchenbach	796			
		27	6,8	0,4			27	6,8	0,4
B189/B179	823				B189/B179	823			
Summe		109	14,9		Summe		109	14,9	

Ohne Fernpasstunnel (PF0): Mötz - Nassereith					Mit Fernpasstunnel (PF3): Mötz - Nassereith				
Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]
A12 Mötz	638				A12 Mötz	638			
		241	5,1	4,7			241	5,1	4,7
L236/B189	879				L236/B189	879			
		241	5,5	4,4			241	5,5	4,4
Holzleitensattel	1120				Holzleitensattel	1120			
		-297	8,2	-3,6			-297	8,2	-3,6
B189/B179	823				B189/B179	823			
Summe		185	18,8		Summe		185	18,8	

Ohne Fernpasstunnel (PF0): Nassereith - Bichlbach					Mit Fernpasstunnel (PF3): Nassereith - Bichlbach					
Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	
B189/B179	823				B189/B179	823				
		262	7,6	3,4			262	7,6	3,4	
FPST Süd	1085				FPST Süd	1085				
		127	2,6	4,9						
Fernpasshöhe	1212							50	2,4	2,1
		-77	3,3	-2,3						
FPST Nord	1135				FPST Nord	1135				
		-116	5,6	-2,1			-116	5,6	-2,1	
Lermooser Tunnel Nord	1019				Lermooser Tunnel Nord	1019				
		100	3,2	3,1			100	3,2	3,1	
Lähn-Wengle	1119				Lähn-Wengle	1119				
		-43	2,7	-1,6			-43	2,7	-1,6	
Bichlbach	1076				Bichlbach	1076				
Summe		253	25		Summe		253	21,5		

Basierend auf den durchschnittlichen Verbräuchen, dem Ansatz für den Differenzverbrauch aufgrund von Steigungen und Gefällen, den Höhenprofilen und durchschnittlichen Transportmassen (inkl. Eigengewicht) von 1,5 Tonnen (PKW) bzw. 19 Tonnen (LKW) werden die Verbräuche für die unbeeinflusste Befahrung der Routen durch benzinbetriebene, dieselbetriebene und elektrisch betriebene PKW sowie durchschnittliche LKW für die beiden betrachteten Verkehrsplanfälle (ohne bzw. mit Tunnel) in beide Fahrtrichtungen ermittelt (Abbildung 15).

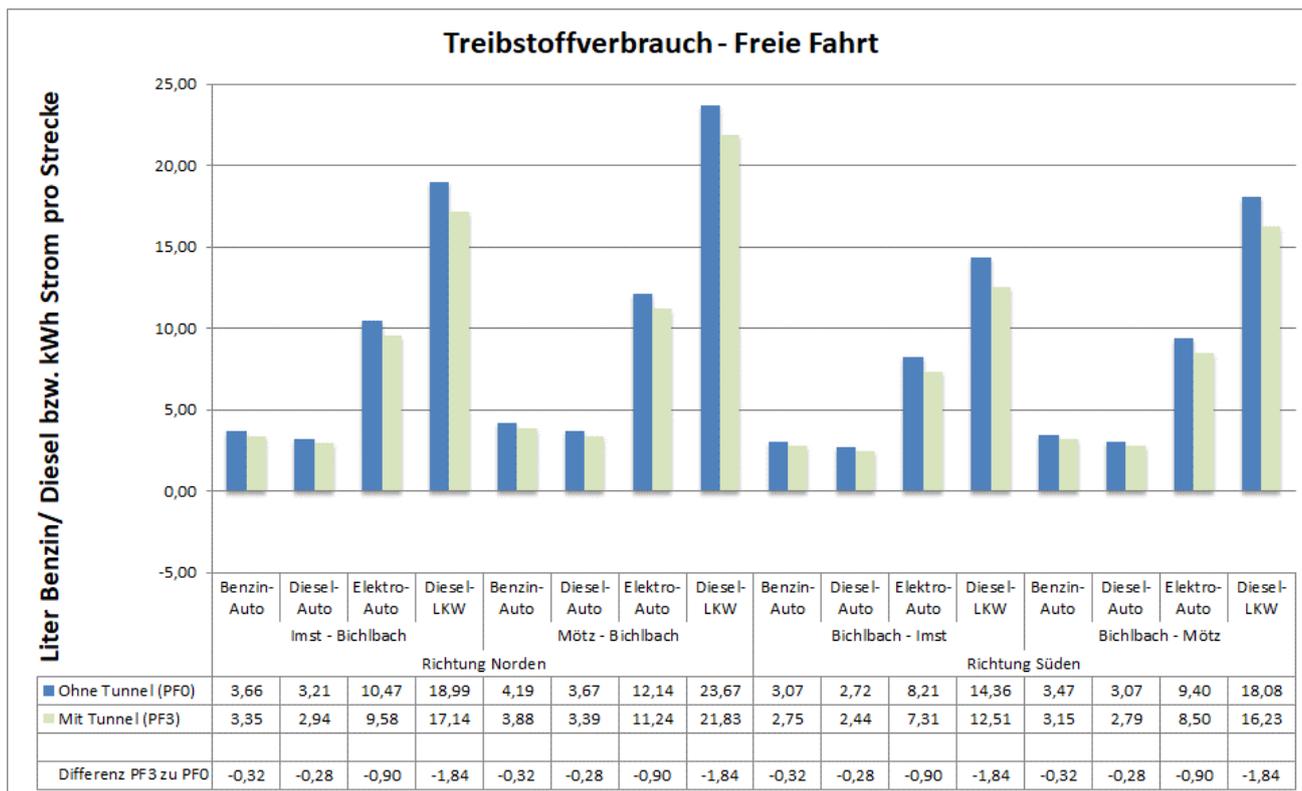


Abbildung 15: Vergleich Verbräuche unbeeinflusste Fahrt

Die Ergebnisse in Abbildung 15 zeigen, dass die Gewinne in Richtung Süden und Richtung Norden identisch sind. Dies ist damit zu begründen, dass der Differenzverbrauch bei einem Vergleich von Verbräuchen von zwei Strecken mit selber Höhendifferenz nur von der Streckenlänge der beiden Varianten abhängt, und diese ist für die Nord- und Südrichtung identisch.

Die detaillierte Auswertung zum Verbrauch bei unbeeinflusster Fahrt kann in Anhang 5 B (Tabelle 70 bis Tabelle 73) eingesehen werden.

Bezüglich des Verbrauchs in Stausituationen wurde der Ansatz übernommen, dass der Verbrauch in drei Minuten Stau jenem von einem Kilometer durchschnittlicher Fahrt entspricht [17]. Daraus ergeben sich dann für die verschiedenen Fahrzeugarten die Verbräuche pro Minute bzw. pro Stunde Verlustzeit (VLZ) (Tabelle 16). Im Zuge einer Recherche wurden zusätzlich zum gewählten Ansatz diverse Angaben zu Verbräuchen für eine Stunde Stau erhoben. Die Ergebnisse des 3-Minuten-Ansatzes decken sich gut mit dem Mittelwert der Recherche.

Tabelle 16: Mehrverbrauch Stau

Ansatz: In 3 Minuten Stau Verbrauch wie für 1 km Fahrt:	Verbrauch pro km [l/km]	Verbrauch pro Minute VLZ [l/min]	Verbrauch pro Stunde VLZ [l/Stunde]
Benzin-Auto	0,078	0,026	1,56
Diesel-Auto	0,069	0,023	1,38
Elektro-Auto	0,21	0,070	4,20
Diesel-LKW	0,297	0,099	5,94

Basierend auf den Verlustzeiten die vom Ingenieurbüro Köll für die zwei betrachteten Verkehrsplanfälle an einem Winter- und einem Sommerreisetag erhoben wurden, kann mit Hilfe der Mehrverbräuche pro Minute-VLZ der Gesamtverbrauch für die Befahrung der Routen an einem Reisetag ermittelt werden. Wie in der Beschreibung der Verkehrsuntersuchungen in 3.2 schon beschrieben, wurden keine Verlustzeiten für den Verkehrsplanfall PF3 (nur Fernpasstunnel) ermittelt. Deshalb werden für diesen Planfall die Verlustzeiten für den Planfall PF2 der Verkehrsstudie (Tschirgant- plus Fernpasstunnel) angesetzt.

In diesem Bericht werden nur die Ergebnisse für den 100%-Zufluss dargestellt (Abbildung 16 und Abbildung 17). Die Ergebnisse für die 105%- und 110%-Zuflüsse können in Anhang 5 C (Abbildung 45 bis Abbildung 48)eingesehen werden. Die detaillierten Auswertungen zu den Verbräuchen an den Reiseverkehrstagen kann in Anhang 5 D (Tabelle 74 bis Tabelle 79) eingesehen werden.

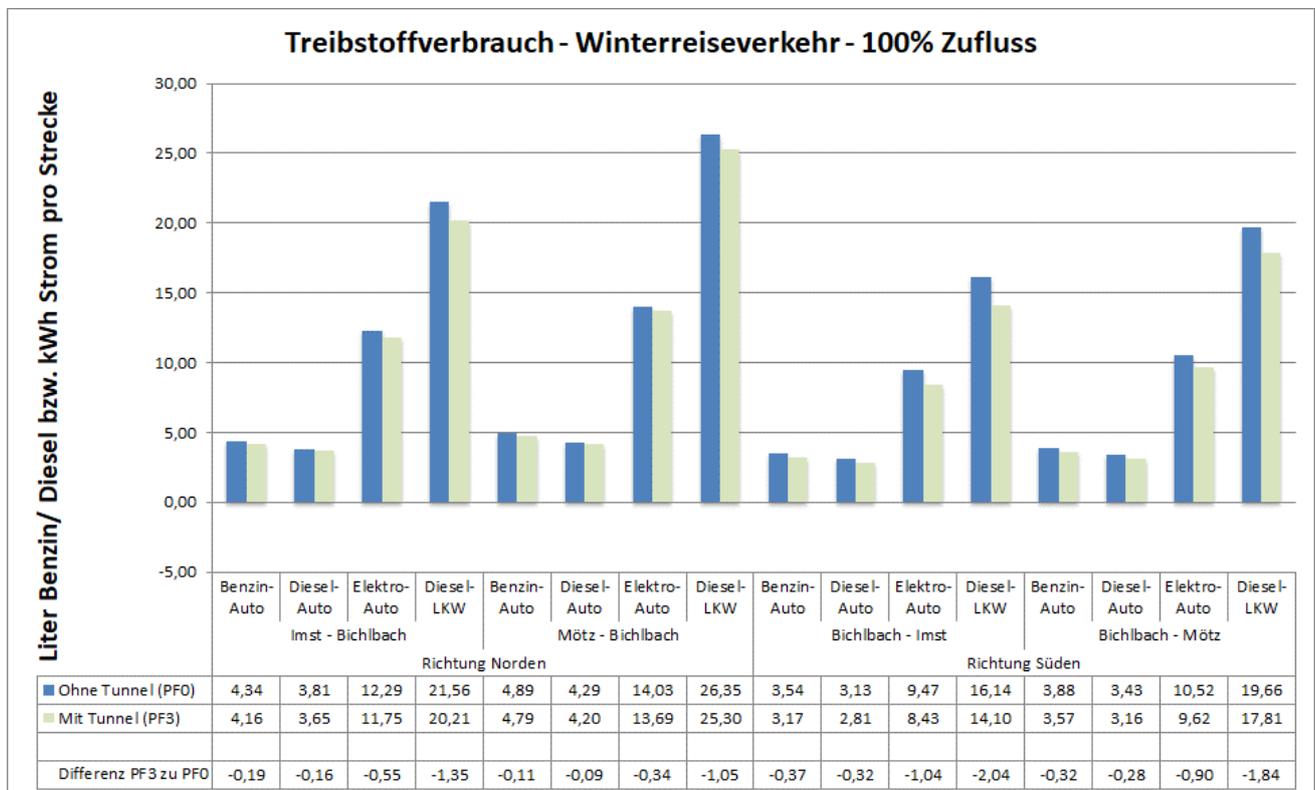


Abbildung 16: Vergleich Verbräuche Befahrung Winterreiseverkehr mit 100 % Zufluss

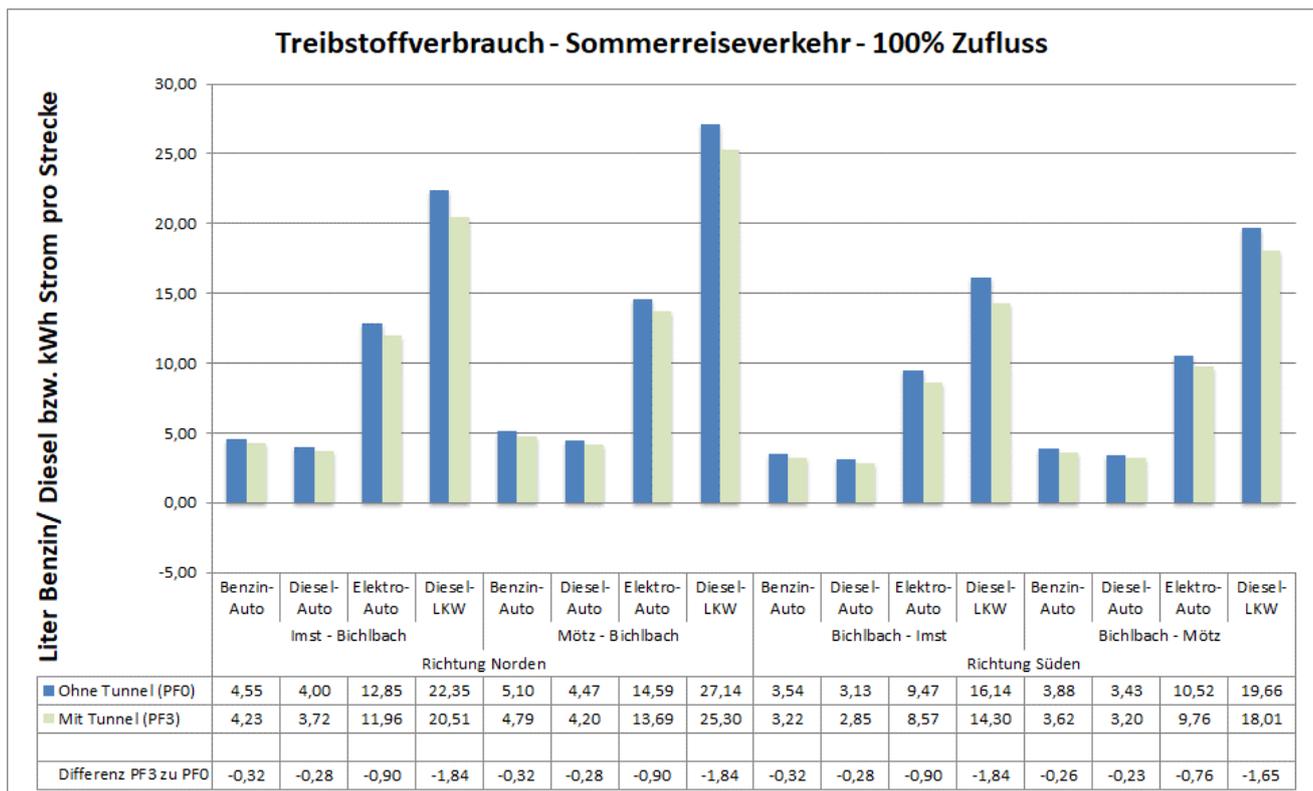


Abbildung 17: Vergleich Verbräuche Befahrung Sommerreiseverkehr mit 100 % Zufluss

Für die ökobilanzielle Bewertung des Verkehrsaufkommens an Normalwerktagen und an Reisetagen ist die Anzahl der Fahrten auf den einzelnen Streckenabschnitten an den jeweiligen Tagen notwendig. Die Modellierung der einzelnen Tage erfolgt basierend auf der Verkehrsstudie des Ingenieurbüros Köll für die Jahre 2013 und 2025 bzw. über eine (lineare) Fortschreibung für das Jahr 2037. Die ökobilanzielle Bewertung erfolgt dann für Werktag und Reisetage in den Jahren 2025 und 2037.

Die Modellierung des Normalwerktags basiert auf der Auswertung der Zählstellen und der Spinnenauswertung für die beiden betrachteten Verkehrsplanfälle. Da in der Verkehrsstudie des Ingenieurbüros Köll nur eine Spinnenauswertung für das Jahr 2025 durchgeführt wurde, wird zur Ermittlung der Anzahl der Fahrten für den Werktag 2013 das prozentuale Verhältnis der Fahrten aus der Spinnenauswertung 2025 für die Zählstellenergebnisse aus dem Jahr 2013 übernommen. Über die jeweilige Steigerungsrate der Anzahl der Fahrten auf den einzelnen Streckenabschnitten für das Jahr 2025 (im Verhältnis zu 2013) erfolgt eine lineare Fortschreibung der Fahrten für das Jahr 2037. Für Streckenabschnitte bzw. Fahrzeugtypen mit weniger Fahrten im Jahr 2025 als im Jahr 2013 wurde für das Jahr 2037 dieselbe Anzahl an Fahrten wie 2025 angesetzt.

Tabelle 17 zeigt die Anzahl an Fahrten am Normalwerktag des Jahres 2025. Die Anzahl an Fahrten am Normalwerktag für die Jahr 2013, 2025 und 2037 kann in Anhang 5 E (Tabelle 80 bis Tabelle 82) eingesehen werden.

Tabelle 17: Anzahl Fahrten Werktag 2025

Werktag 2025	PFO		PF3	
Fernpass-Strecke gesamt	B189 & B179		B189 & B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Bichlbach	1010	163	1188	169
Obsteig/Mötz - Bichlbach	2676	495	2984	491
Richtung Süden				
Bichlbach - Tarrenz/Imst	974	179	1158	180
Bichlbach - Obsteig/Mötz	2697	480	3092	482
Fernpass – Quell- und Ziel-Verkehr	B179		B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Nassereith - Bichlbach	314	11	320	12
Richtung Süden				
Bichlbach - Nassereith	349	8	362	9
Über Tarrenz/Imst – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Nassereith	5417	36	5414	36
Richtung Süden				
Nassereith - Tarrenz/Imst	5420	36	5421	35
Über Obsteig/Mötz – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Obsteig/Mötz - Nassereith	685	20	675	19
Richtung Süden				
Nassereith - Obsteig/Mötz	693	19	686	18
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz - Durchgangsverkehr	B189		B189	
	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz	106	5	110	5
Obsteig/Mötz - Tarrenz/Imst	84	6	82	6

Für Modellierung der Reiseverkehrstage wurde die Auswertung der Zählstellenergebnisse an den Reisetagen (Tabelle 2) und die Aufteilung der Fahrten entsprechend der Befragung über Ausgangsort und Reiseziel (Tabelle 6) herangezogen. Für die ökobilanzielle Bewertung des Reiseverkehrs im Jahr 2025 werden die Ergebnisse mit 100 % und für 2037 mit 110 % Zufluss herangezogen.

Für den Verkehrsplanfall mit Fernpasstunnel (PF3) wurde mit dem Ingenieurbüro Köll festgelegt, dass der Anteil an Fahrten die den Tunnel nicht benutzen verschwindend klein ist und daher für die Ökobilanzstudie mit 0 % angesetzt werden kann.

In Tabelle 18 kann die Anzahl an Fahrten am Winterreisetag 2025 eingesehen werden. Die Anzahl an Fahrten an den Reisetagen sowohl für das Jahr 2025 als auch für das Jahr 2037 kann in Anhang 5 E (Tabelle 83 bis Tabelle 86) eingesehen werden.

Tabelle 18: Anzahl Fahrten Winterreisetag 2025

Winterreisetag 2013	PFO		PF3	
Fernpass-Strecke gesamt	B189 & B179		B189 & B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Bichlbach	4938	216	4938	216
Obsteig/Mötz - Bichlbach	4664	204	4664	204
Richtung Süden				
Bichlbach - Tarrenz/Imst	5572	222	5572	222
Bichlbach - Obsteig/Mötz	5498	219	5498	219
Fernpass – Quell- und Ziel-Verkehr	B179		B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Nassereith - Bichlbach	1371	60	1371	60
Richtung Süden				
Bichlbach - Nassereith	1313	52	1313	52
Über Tarrenz/Imst – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Nassereith	4738	40	4738	40
Richtung Süden				
Nassereith - Tarrenz/Imst	6411	76	6411	76
Über Obsteig/Mötz – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Obsteig/Mötz - Nassereith	51	2	51	2
Richtung Süden				
Nassereith - Obsteig/Mötz	53	2	53	2
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz - Durchgangsverkehr	B189		B189	
	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz	86	11	86	11
Obsteig/Mötz - Tarrenz/Imst	61	5	61	5

Bei der Modellierung der Reisetage ist zu beachten, dass die Verbräuche für die Stau- und Blockabfertigungssituation nur für die Fahrten während des Simulationszeitraums anzusetzen sind, weil diese entsprechend den tatsächlich auftretenden Stau- und Blockabfertigungszeiträumen an Reisetagen ausgerichtet wurden. Der Prozentanteil der Fahrten im Simulationszeitraum wird für die Modellierung der Reisetage basierend auf den Werten von Tabelle 5 jeweils für Winterreisetage und Sommerreisetage gemittelt. Daraus ergibt sich für den Winterreisetag ein Anteil von 32 % und für den Sommerreisetag ein Anteil von 50 % der Gesamttagesfahrten, welche sich im Simulationszeitraum abzeichnen. Fahrten außerhalb der Simulationszeit sind als unbeeinflusst anzusetzen.

Die ökobilanzielle Bewertung der einzelnen Fahrten auf den verschiedenen Streckenabschnitten erfolgt für die beiden betrachteten Verkehrsplanfälle mit Datensätzen für 1 Liter Benzin- oder Dieselverbrauch bzw. Verbrauch von 1 kWh in einem durchschnittlichen PKW und 1 Liter Dieselverbrauch in einem durchschnittlichen LKW, welche basierend auf vorhandenen ecoinvent-Datensätzen modelliert wurden (Anhang 5 F, Tabelle 87 bis Tabelle 90).

4.3.2.3 Wirkungsabschätzung und Ergebnisse Ökobilanz

Über die Anzahl an Fahrten an den analysierten Einzeltagen wurden dann die Umweltbelastungen für die jeweiligen Tage und die beiden betrachteten Verkehrsplanfälle ermittelt.

In Abbildung 18 sind die Ergebnisse für die beiden Verkehrsplanfälle für einen Normalwerktag des Jahres 2025 dargestellt. Der Vergleich der beiden Planfälle zeigt, dass es aufgrund der geänderten Streckenführung durch den Fernpasstunnel (PF3) zu einer Reduktion der Umweltbelastungen von bis zu ca. 2,5 % kommt. Diese Reduktion an Umweltbelastungen wird trotz einer steigenden Anzahl an Fahrten („Attraktivitätssteigerung“ der Strecke durch Tunnel) erzielt.

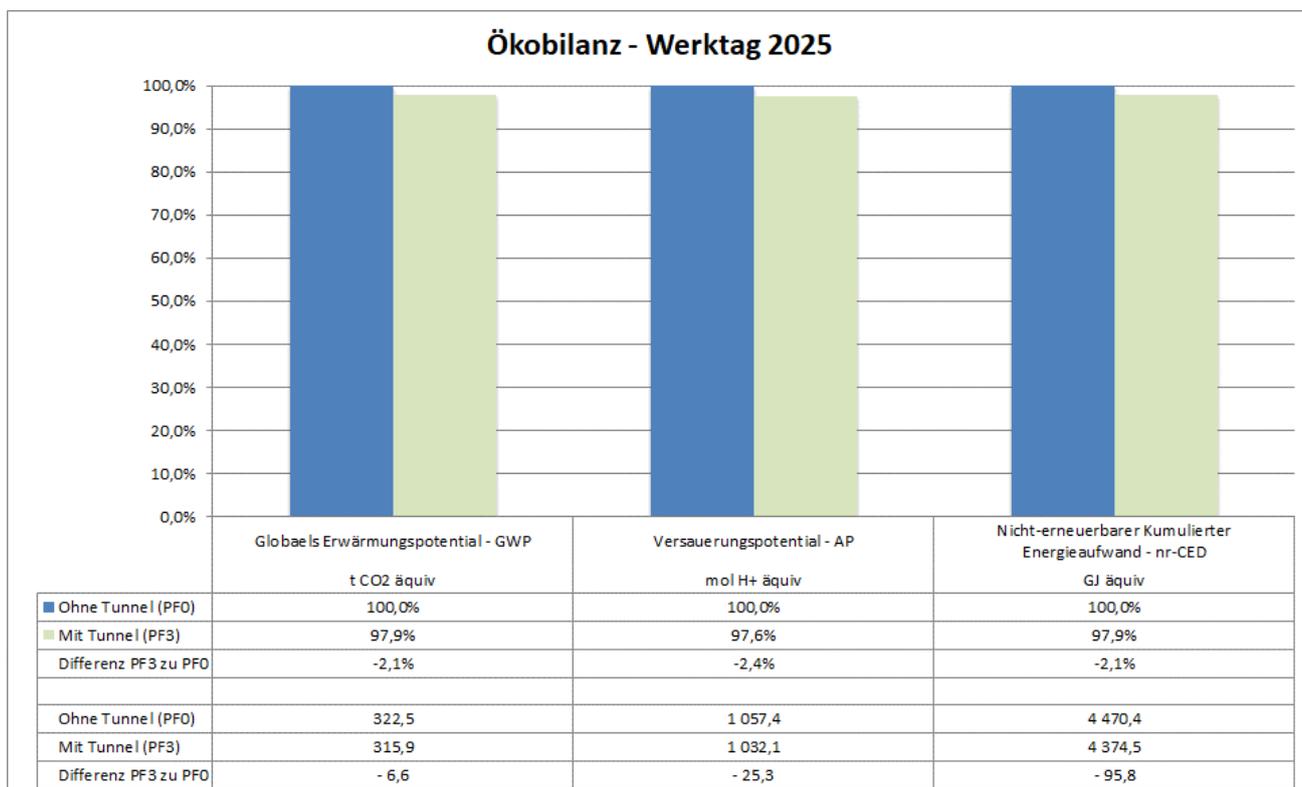


Abbildung 18: Ökobilanz Verkehr an einem Normalwerktag im Jahr 2025

Abbildung 19 zeigt die Ergebnisse für die beiden Verkehrsplanfälle an einem Winterreisetag des Jahres 2025. Die absoluten Werte zeigen, dass es an einem Reiseverkehrstag durch die hohe Verkehrsbelastung um bis zu ca. 60 % höheren

Umweltbelastungen kommen kann wie an einem Normalwerkstag. Aufgrund der hohen Verkehrsbelastung ergaben sich aus der Verkehrsuntersuchung auch keine Mehrfahrten für den Planfall mit Tunnel im Vergleich zum Planfall ohne Tunnel. Deshalb bewirkt der Fernpasstunnel durch die geänderte Streckenführung dann auch ein Reduktionspotential von 7,3 %.

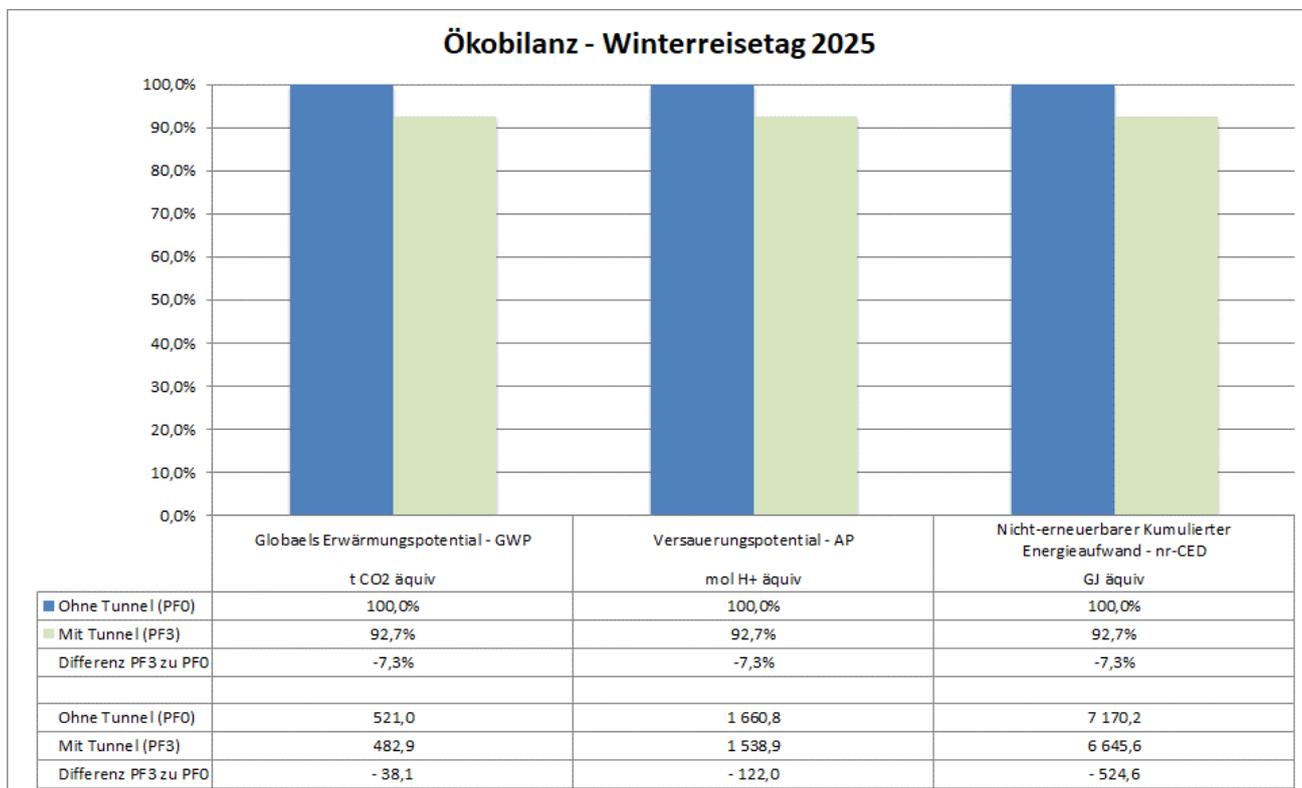


Abbildung 19: Ökobilanz Verkehr an einem Winterreisetag im Jahr 2025

Die Ergebnisse und die damit verbundenen Aussagen für den Sommerreisetag des Jahres 2025 korrelieren sehr stark mit jenen des Winterreisetages 2025 und werden deshalb nur im Anhang 6 A (Abbildung 49) dargestellt.

Die Ergebnisse für das Jahr 2037 korrelieren auch sehr intensiv mit jenem des Jahres 2025, deswegen werden auch die Ergebnisse für den Normalwerktag und die Reisetage 2037 im Anhang 6 A (Abbildung 50 bis Abbildung 52) dargestellt.

4.3.3 Analyse Jahr 2025 und Jahr 2037

4.3.3.1 Systemgrenzen und funktionale Einheit

Im nächsten Schritt der Verkehrsökobilanz wird die verkehrliche Auswirkung des Fernpasstunnels für die Jahre 2025 und 2037 untersucht.

Dazu wird wie für die Einzeltage das Straßennetz von der A12 Anschlussstelle Imst (km 132,57) bzw. der A12 Anschlussstelle Mötztal (km 130,56) bis Bichlbach (5,6 km nördlich von Nordportal Lermooser Tunnel, B179 km 25,0) analysiert.

Für das Jahr 2013 wurden laut Auskunft vom Ingenieurbüro Köll 17 Tage als Winterreisetage und 24 als Sommerreisetage auf der Fernpasstrecke erhoben. Diese Anzahl an Reiseverkehrstagen wird für die Bewertung der Jahre 2025 und 2037 übernommen.

4.3.3.2 Sachbilanz

Die Modellierung der Jahre 2025 und 2037 erfolgte über die Ergebnisse der Einzeltage aus dem jeweiligen Jahr und über die Anzahl an Winter- und Sommerreisetagen bzw. Normalwerktagen.

4.3.3.3 Wirkungsaschätzung und Ergebnisse Ökobilanz

Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen für beide Analysejahre ein durchschnittliches Reduktionspotential von ca. 3 % durch den Fernpasstunnel.

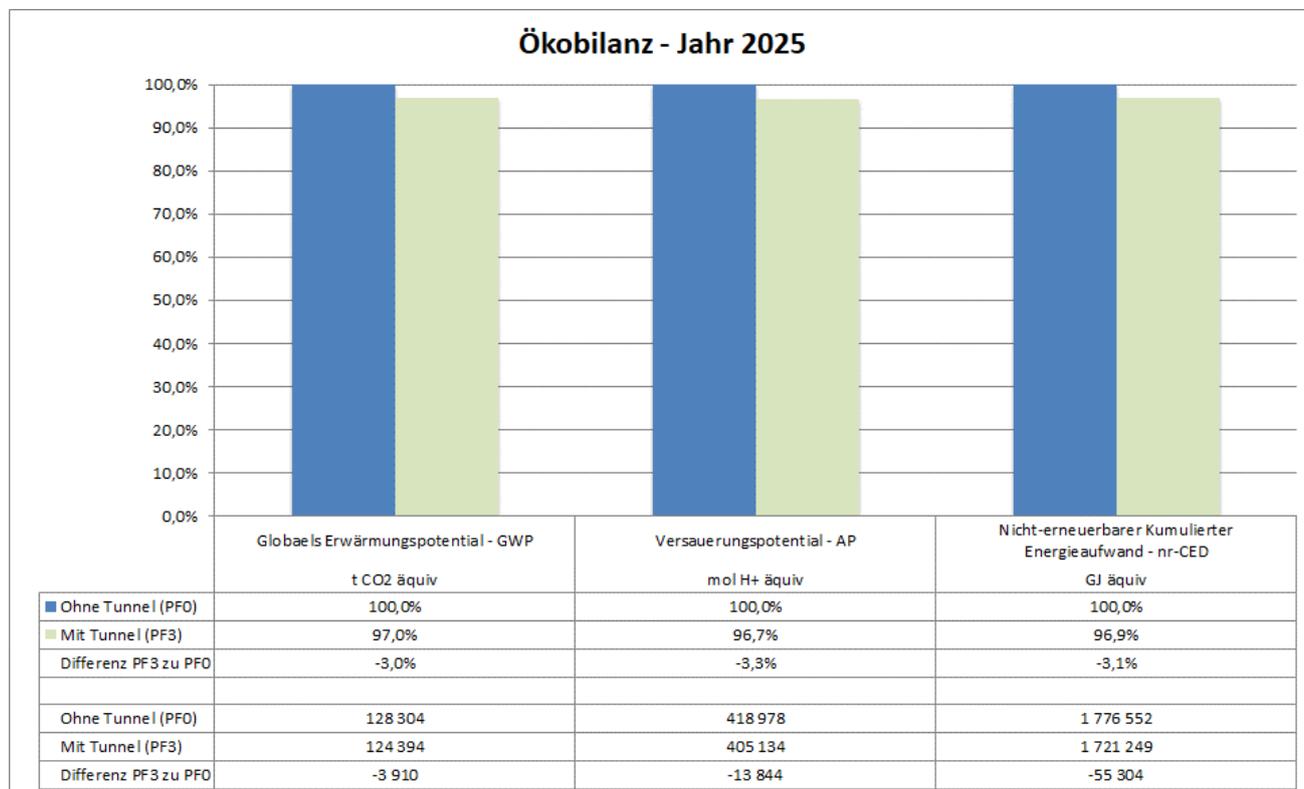


Abbildung 20: Ökobilanz Verkehr im Jahr 2025

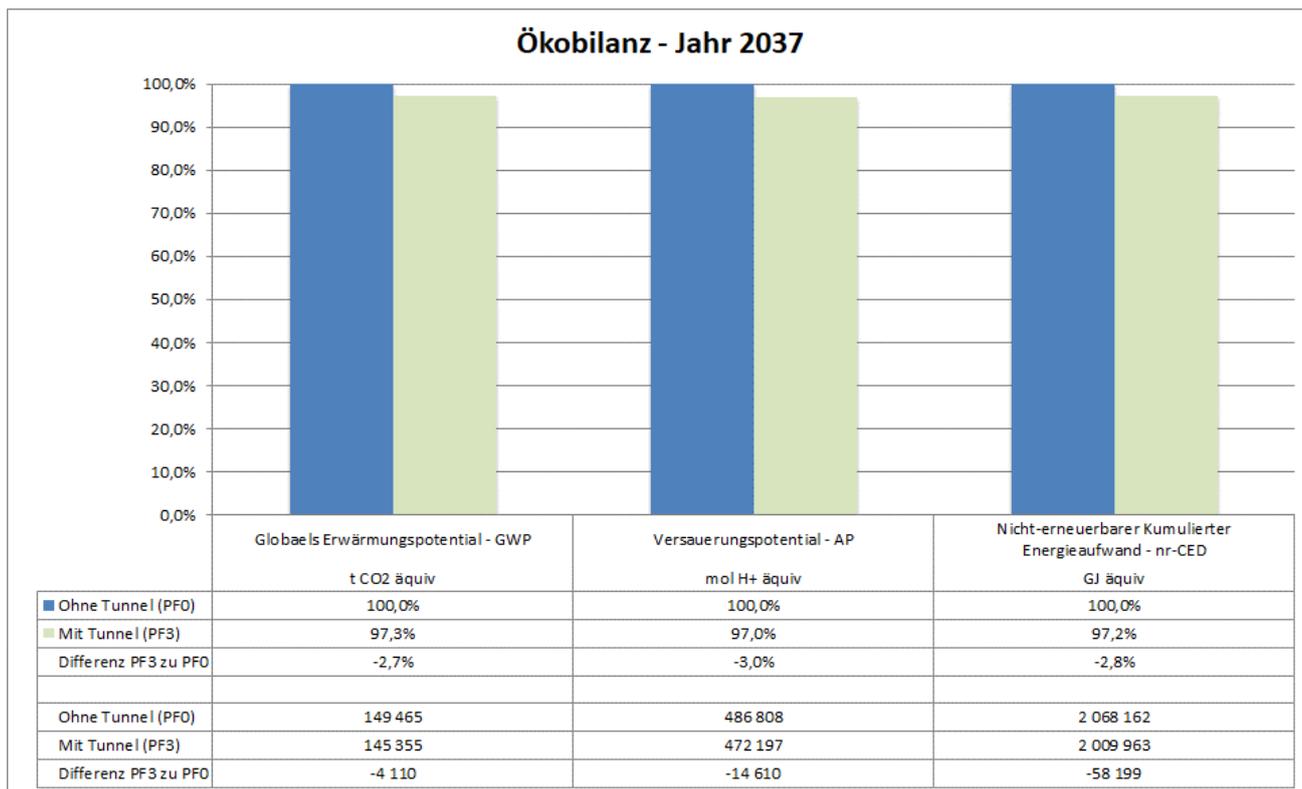


Abbildung 21: Ökobilanz Verkehr im Jahr 2037

Die prozentuellen Reduktionspotentiale erscheinen auf dem ersten Blick sehr gering bis unbedeutend. Hier ist jedoch in Betracht zu ziehen, dass die Befahrung der gesamten Fernpassstrecke bewertet wird und die Streckenverkürzung nur für den Kernbereich der Fernpassroute schlagend ist (von der Kehre auf der Südrampe bis zum Zufahrtsweg Blindsee). Würde man die Befahrung eines kürzeren Streckenabschnittes ökobilanziell vergleichen, so würden sich hier größere prozentuelle Reduktionspotentiale ergeben.

Für die ökobilanzielle Bewertung des Tunnels sind jedoch die absoluten Reduktionspotentiale durch den Tunnel von Bedeutung und diese sind z.B. mit ca. 4.000 Tonnen CO₂ äquiv pro Jahr als sehr hoch einzustufen.

4.4 Gegenüberstellung Tunnel und Verkehr

In diesem Kapitel werden die Reduktionspotentiale aus den Vergleichen der Szenarien ohne (PF0) und mit Fernpasstunnel (PF3) den Neubau-, Betriebs- und Erhaltungsprozessen gegenübergestellt.

Die Reduktionspotentiale aus der geänderten Verkehrsführung durch den Fernpasstunnel weichen für die Jahre 2025 und 2037 aufgrund des unterschiedlichen Verkehrsaufkommens leicht ab. Deshalb wurde eine lineare Entwicklungsfunktion vom Reduktionspotential 2025 hin zum Reduktionspotential 2037 ermittelt und den Neubau-, Betriebs- und Erhaltungsprozessen des Tunnels gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Erhaltungsprozesse des Tunnels bei der Analyse der Neubauprozesse in Form eines Zuschlagsfaktors bereits berücksichtigt wurden.

Die Berücksichtigung von Unsicherheiten bei der Berechnung der Umweltbelastungen durch den Bau, den Betrieb und die Erhaltung des Fernpasstunnels können im Vergleich zu den Unsicherheiten bei der Verkehrsprognose und der zukünftigen technologischen Entwicklung als gering eingestuft werden. Die betrachteten Werte für die Anzahl der Fahrten basieren auf den Daten der Verkehrsstudie für die Jahre 2013 (Analyse) und 2025 (Prognose) bzw. einer (linearen) Fortschreibung für das Jahr 2037, was die betrachteten Werte (u.a. auch die in der Studie ermittelten Verlagerungen des Verkehrs von anderen Passstraßen auf die attraktivere Fernpassstrecke mit Tunnel) mit Unsicherheiten behaftet. Die geringen Unterschiede der ermittelten Reduktionspotentiale für die Jahre 2025 und 2037 trotz einer entsprechenden

Steigerung der Anzahl an Fahrten lassen jedoch auf eine geringe Unsicherheitsbandbreite der angewandten Verkehrsdaten schließen.

Bezüglich der Unsicherheiten der Technologieentwicklung wurde qualitativ berücksichtigt, dass Einsparungseffekte durch Technologieentwicklungen mit der Zeit geringer werden als unmittelbar nach der Inbetriebnahme des Tunnels (Krümmung der Kurven nach rechts).

Abbildung 22 zeigt die positiven Auswirkungen der Tunnelnutzung hinsichtlich des Treibhauspotentials (GWP) und einen errechneten „Amortisierungszeitraum“ des Tunnelneubaus (inkl. Erhaltungsaufschlag) von ca. 6 Jahren.

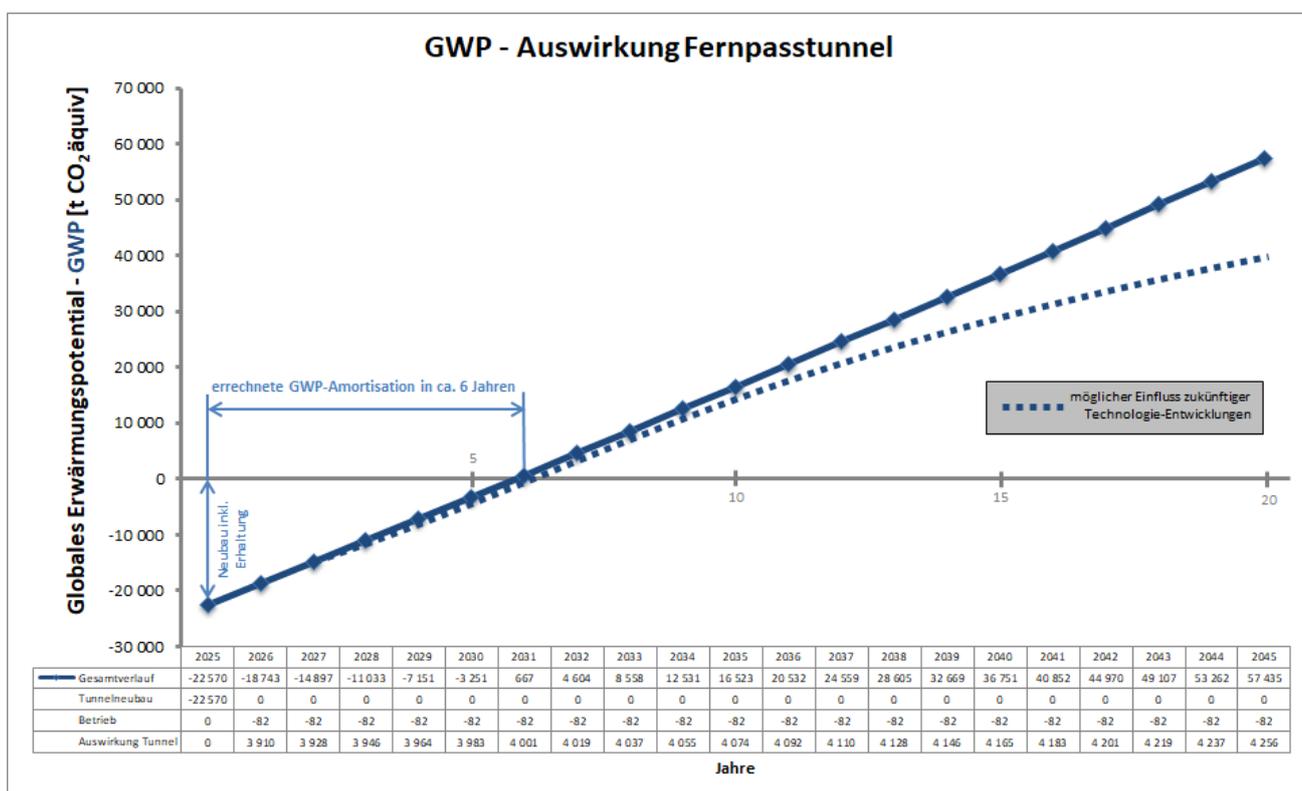


Abbildung 22: Auswirkung Fernpasstunnel – GWP

Für die beiden anderen Wirkungsindikatoren Versauerungspotential (AP) und Nicht erneuerbarer kumulierte Energieaufwand (nr-CED) sind die Kurven von der Aussage her sehr ähnlich zu jener des GWP (Abbildung 23 und Abbildung 24). Hinsichtlich des Versauerungspotentials (AP) „amortisiert“ sich der Neubau des Fernpasstunnels (inkl. Erhaltungsaufschlag) innerhalb von ca. 7 Jahren. Bezüglich des Nicht-erneuerbaren kumulierten Energieaufwands kompensiert sich der Bau und die Erhaltung des Tunnels innerhalb von ca. 6 Jahren.

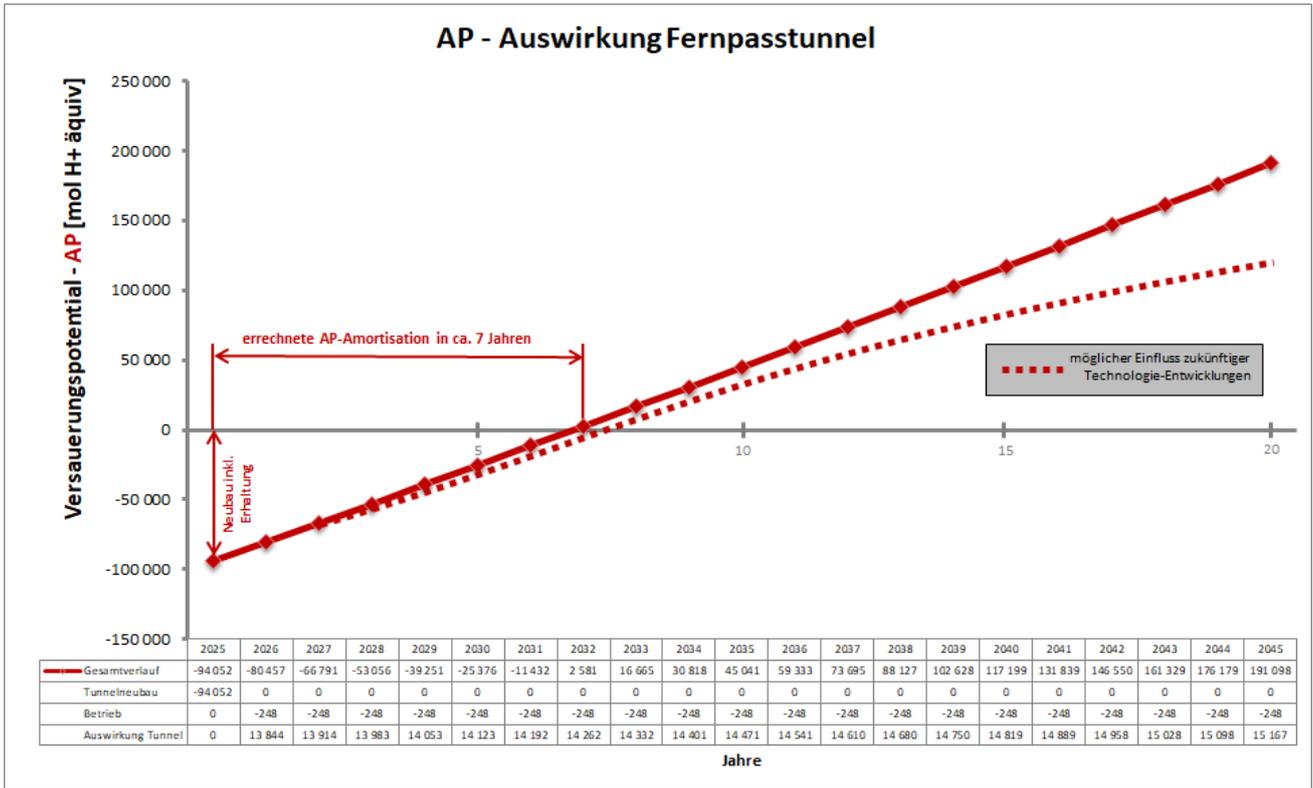


Abbildung 23: Auswirkung Fernpasstunnel – AP

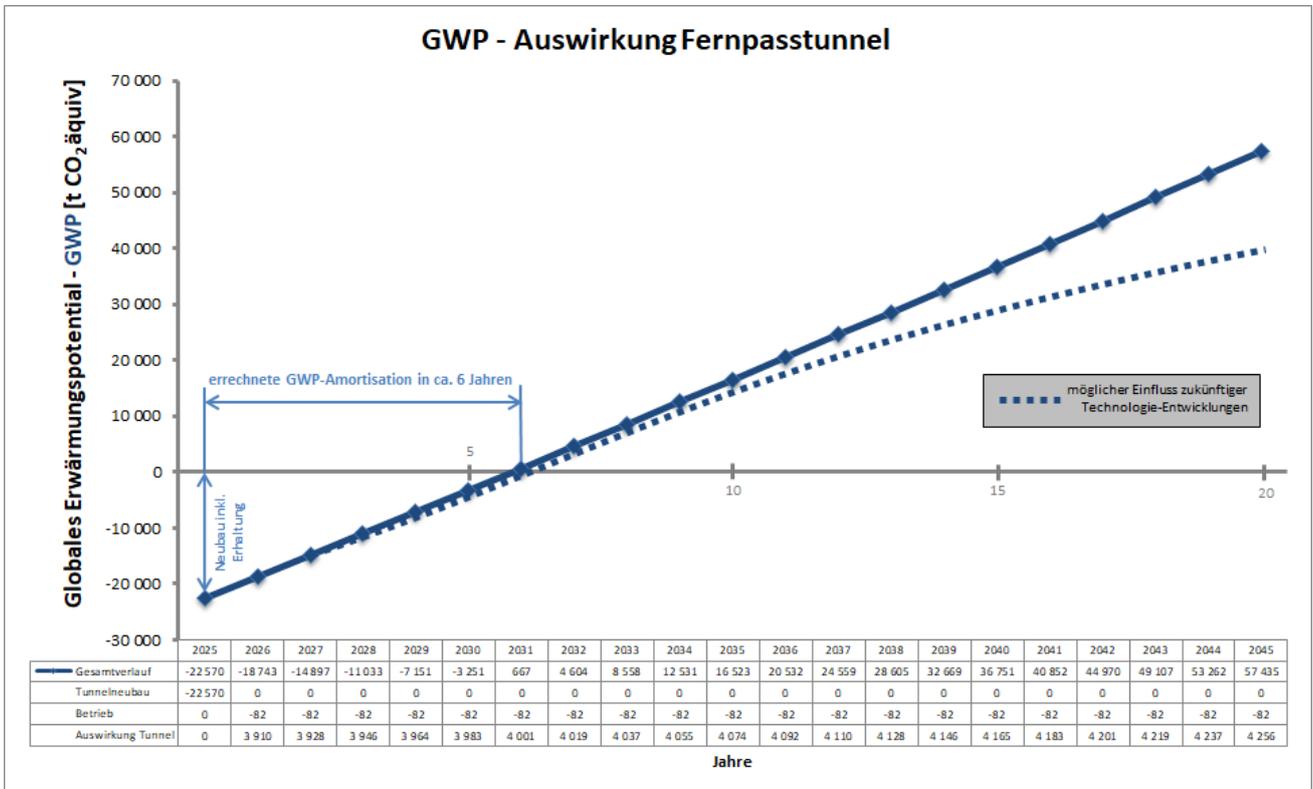


Abbildung 24: Auswirkung Fernpasstunnel – nr-CED

5 Fazit

Zur Beurteilung der ökologischen Auswirkungen des Fernpasstunnels wurden die Neubau-, Betriebs- und Erhaltungsprozesse den verkehrlich bedingten Einsparungen durch den Tunnel gegenübergestellt.

Die Gegenüberstellung zeigt ein eindeutiges Bild mit klaren Aussagen hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen des Fernpasstunnels.

Die Nutzung des Tunnels bewirkt eine Verringerung der Umweltbelastungen in einem derartigen Ausmaß, dass innerhalb einer Bandbreite von 6-7 Jahren die Kompensation der Belastungen aus den Bau-, Betriebs- und Erhaltungsprozessen erfolgt. Dieser positive Einfluss ergibt sich aus der Verkürzung der Fahrstrecke und der Vermeidung der Passhöhe. Prognostizierte bzw. zu erwartende Verkehrszunahmen sind dabei ebenso berücksichtigt.

An dieser Stelle soll jedoch erwähnt werden, dass es sich bei der Studie um eine Ökobilanzstudie handelt, die sich auf globale und regional Umweltauswirkungen bezieht, jedoch lokale Umwelteinwirkungen wie Lärm und soziale Auswirkungen für Anrainer und andere Stakeholder nicht berücksichtigt. D.h. eine Ökobilanzstudie kann nicht als Ersatz für eine Umweltverträglichkeitsprüfung bzw. eine Zweckmäßigeitsbeurteilung gesehen werden.

Außerdem sind in der Studie keine Kostenfaktoren für den Straßenbetreiber bzw. auch keine volkswirtschaftlichen Auswirkungen durch den Fernpasstunnel berücksichtigt.

Nichtsdestotrotz zeigt die Ökobilanzstudie den generellen ökologischen Mehrwert von durchdacht geplanten alpinen Verkehrsinfrastrukturbauten.

6 Quellen

- [1] ILF Beratende Ingenieure: Fernpass-Scheiteltunnel - Trassenstudie, 2012, Innsbruck.
- [2] Ingenieurbüro Köll: Fernpass-Scheiteltunnel - Tschirganttunnel Verkehrsuntersuchung, 2014, Innsbruck.
- [3] Österreichisches Normungsinstitut, *ÖN EN ISO 14040 - Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen*, 2006: Wien.
- [4] *Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ)*: Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025 und EN 15804+A2 für österreichischen Durchschnittszement im Jahr 2017. Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), Berlin, 2020.
- [5] ÖNORM EN 15804:2022. Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Austrian Standard Institute, Wien.
- [6] CEN/TR 16970:2016. Nachhaltiges Bauen - Leitfaden für die Anwendung von EN 15804. Europäische Komitee für Normung CEN, Brüssel.
- [7] ÖNORM EN 16908:2022. Zement und Baukalk - Umweltproduktdeklarationen - Produktkategorieeregeln in Ergänzung zu EN 15804. Austrian Standard Institute, Wien.
- [8] *Mayer Brown LLP*. Data report prepared for CEMBUREAU. CEMBUREAU, Düsseldorf, 2021.
- [9] *World Steel Association AISBL*: A methodology to determine the LCI of steel industry co-products. World Steel Association AISBL, Brüssel, 2014.
- [10] *European Federation of Concrete Admixtures Associations Ltd. (EFCA)*: ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION as per ISO 14025 and EN 15804 - Concrete admixtures – Plasticisers and Superplasticisers. Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), Berlin, 2021.
- [11] *European Federation of Concrete Admixtures Associations Ltd. (EFCA)*: ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION as per ISO 14025 and EN 15804 - Concrete admixtures – Set Accelerators. Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), Berlin, 2021.
- [12] *European Federation of Concrete Admixtures Associations Ltd. (EFCA)*: ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION as per ISO 14025 and EN 15804 - Concrete admixtures – Air entrainers. Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), Berlin, 2021.
- [13] *floGeco; TU Wien; Smart Minerals*: Eco Raods. FFG, Wien, 2018 - 2021.
- [14] Liebl, J.; Lederer, M.; Rohde-Brandenburger, K. et al.: Energiemanagement im Kraftfahrzeug, 2014, Wiesbaden.
- [15] *FSV*: Straßenforschungsheft Nr. 246 - Stahlfaserspritzbeton bei Tausalzschäden, Regelverhalten von Straßentunnellüftungen (theoretische und experimentelle Ermittlung der Führungsgrößen). FSV - Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien,
- [16] *Umweltbundesamt*: Emissionskennzahlen. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien, 2022.
- [17] *Süddeutsche Zeitung*: Wie viel Sprit verbraucht ein Motor im Leerlauf?, [Zugriff am: 17.06.2021].

Anhang 1 Datenerhebung Sachbilanz Vortrieb und Innenschale

A. Vortrieb Kalotte

Tabelle 19: Datenerhebung Kalottenvortrieb

Datenerhebung Kalotte nach Vortriebsklassen

Gerät Vortrieb Kalotte laut Geräteeinsatzplan	lfm	VKL	A-Länge	Ausbruch		
				Kalotte		
Summe installierte elektrische Leistung	550	[kW]				
Summe installierte Diesel-Leistung	850	[kW]				
Summe Einsatzgewicht Geräte	350	[t]				
inkl. Betonausbau/ohne Fahrbahn						
	942 m	K7/10,41	1,00 m	4,00 m/AT	236 AT	50,04 m ³
	550 m	K6/6,27 Hy.	1,30 m	5,50 m/AT	100 AT	48,64 m ³
	63 m	K5/2,76	1,70 m	6,50 m/AT	10 AT	48,29 m ³
	16 m	K4/1,86	2,20 m	7,50 m/AT	2 AT	46,22 m ³
	0 m	K3/0,62	3,00 m	9,00 m/AT	0 AT	45,37 m ³
	1.570 m				347 AT	49,44 m ³

Mengen je Einheit		Einheit	Ausbruch				
			K7/10,41	K6/6,27 Hy.	K5/2,76	K4/1,86	K3/0,62
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	19,78	14,80	12,62	11,42	11,63
	Diesel-Energie	[Liter]	2,69	1,53	1,58	1,45	1,37
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]		0,90	1,90	1,96	2,04
	Zünder	[ST]		0,70	1,16	0,90	0,65
Baustoffe	Spritzbeton	[m ³]					
	Baustahlgitter	[kg]					
	Bogen	[kg]					
	Anker	[kg]					

Mengen je lfm Tunnel		Einheit	Ausbruch				
			K7/10,41	K6/6,27 Hy.	K5/2,76	K4/1,86	K3/0,62
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	989,79	719,87	609,42	527,83	527,65
	Diesel-Energie	[Liter]	134,61	74,42	76,49	67,02	62,16
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]	-	43,78	91,75	90,59	92,55
	Zünder	[ST]	-	34,05	56,02	41,60	29,49
Baustoffe	Spritzbeton	[m ³]	-	-	-	-	-
	Baustahlgitter	[kg]	-	-	-	-	-
	Bogen	[kg]	-	-	-	-	-
	Anker	[kg]	-	-	-	-	-
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	80%	82%	89%	93%	96%
	Diesel-Energie	[Liter]	97%	96%	99%	98%	100%

Spritzbeton je lfm		Baustahlgitter je lfm		Bogen	RR-Anker je lfm			SN-Anker je lfm			Spieße/lfm
Laibung	Ortsbrust	bergseitig	hohlr.seitig	je lfm	3m	3,9m-100	3,9m-200	4m	6m	8m	4m
4,24 m ³	1,87 m ³	16,95 m ²	16,95 m ²	16,95 m				22,00 m	30,00 m	10,00 m	164,00 m
3,37 m ³	1,01 m ³	16,85 m ²	16,85 m ²	12,96 m				16,92 m	23,08 m		95,36 m
3,36 m ³		16,79 m ²					14,91 m	9,18 m			
1,67 m ³		16,73 m ²			17,73 m						
0,84 m ³					13,00 m						

Mengen je Einheit		Einheit	Stützmittel											
			Spritzbeton je lfm		Baustahlgitter je lfm		Bogen	RR-Anker je lfm			SN-Anker je lfm			Spieße/lfm
			Laibung	Ortsbrust	bergseitig	hohlr.seitig	je lfm	3m	3,9m-100	3,9m-200	4m	6m	8m	4m
			16,80	9,20				0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
					0,06	0,06	0,08							
			2,10	1,15										
					4,50	4,50								
							14,90							
								3,50	3,50	3,50	3,85	3,85	3,85	3,85

Stützmittel				
K7/10,41	K6/6,27 Hy.	K5/2,76	K4/1,86	K3/0,62
248,52	161,79	73,51	40,61	23,32
3,53	3,19	1,05	1,05	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
11,05	8,24	7,06	3,51	1,76
152,55	151,65	75,56	75,29	-
252,56	193,10	-	-	-
870,10	521,14	84,32	62,06	45,50
20%	18%	11%	7%	4%
3%	4%	1%	2%	0%

Vortrieb Kalotte gesamt				
K7/10,41	K6/6,27 Hy.	K5/2,76	K4/1,86	K3/0,62
1.238,31	881,66	682,93	568,45	550,97
138,14	77,61	77,54	68,06	62,16
-	43,78	91,75	90,59	92,55
-	34,05	56,02	41,60	29,49
11,05	8,24	7,06	3,51	1,76
152,55	151,65	75,56	75,29	-
252,56	193,10	-	-	-
870,10	521,14	84,32	62,06	45,50
100%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	100%

B. Vortrieb Strosse

Tabelle 20: Datenerhebung Strossenvortrieb

Datenerhebung Strosse nach Vortriebsklassen

	lfm	VKL	A-Länge	Ausbruch Strosse	Strosse		
Gerät Vortrieb Strosse/Sohle laut Geräteeinsatzplan	942 m	ST5/4,18	2,00 m	7,00 m/AT	135 AT	24,98 m ³	
Summe installierte elektrische Leistung	550 [kW]	550 m	ST4/2,63	2,60 m	10,00 m/AT	55 AT	24,62 m ³
Summe installierte Diesel-Leistung	850 [kW]	63 m	ST3/1,90	3,40 m	12,00 m/AT	5 AT	24,51 m ³
Summe Einsatzgewicht Geräte	350 [t]	16 m	ST2/1,52	4,40 m	15,00 m/AT	1 AT	24,25 m ³
inkl. Betonausbau/ohne Fahrbahn		0 m	ST1/0,38	keine Vorgabe	18,00 m/AT	0 AT	23,99 m ³
	1.570 m				196 AT	24,83 m ³	

Mengen je Einheit		Einheit	Ausbruch				
			ST5/4,18	ST4/2,63	ST3/1,90	ST2/1,52	ST1/0,38
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	19,82	16,08	13,46	10,89	8,20
	Diesel-Energie	[Liter]	2,61	1,47	1,36	1,29	1,23
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]		1,57	1,61	1,63	1,63
	Zünder	[ST]		0,63	0,48	0,41	0,40
Baustoffe	Spritzbeton	[m ³]					
	Baustahlgitter	[kg]					
	Bogen	[kg]					
	Anker	[kg]					

Mengen je lfm Tunnel		Einheit	Ausbruch				
			ST5/4,18	ST4/2,63	ST3/1,90	ST2/1,52	ST1/0,38
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	495,10	395,89	329,90	264,08	196,72
	Diesel-Energie	[Liter]	65,20	36,19	33,33	31,28	29,51
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]	0,00	38,65	39,46	39,53	39,10
	Zünder	[ST]	0,00	15,51	11,76	9,94	9,60
Baustoffe	Spritzbeton	[m ³]					
	Baustahlgitter	[kg]					
	Bogen	[kg]					
	Anker	[kg]					
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	96%	96%	97%	98%	98%
	Diesel-Energie	[Liter]	98%	99%	99%	99%	99%

Spritzbeton je lfm		Baustahlgitter je lfm		Bogen	RR-Anker je lfm			SN-Anker je lfm			Spieße/lfm
Laibung	Ortsbrust	bergseitig	hohlr.seitig	je lfm	3m	3,9m-100	3,9m-200	4m	6m	8m	4m
1,04 m ³		5,22 m ²	5,22 m ²	5,22 m				12,00 m			
0,78 m ³		5,22 m ²						9,23 m			
0,78 m ³		5,22 m ²									
0,52 m ³		5,22 m ²									
0,26 m ³		5,22 m ²									

Mengen je Einheit		Einheit	Stützmittel									
			Spritzbeton je lfm		Baustahlgitter je lfm		Bogen	RR-Anker je lfm			SN-Anker je lfm	
Laibung	Ortsbrust	bergseitig	hohlr.seitig	je lfm	3m	3,9m-100	3,9m-200	4m	6m	8m	4m	
12,80					0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	
		0,06	0,06	0,08								
1,60												
		4,50	4,50									
				14,90								
								3,85				

Mengen je lfm Tunnel		Einheit	Stützmittel				
			ST5/4,18	ST4/2,63	ST3/1,90	ST2/1,52	ST1/0,38
		[kwh]	21,81	16,52	9,98	6,66	3,33
		[Liter]	1,09	0,33	0,33	0,33	0,33
		[kg]	-	-	-	-	-
		[ST]	-	-	-	-	-
		[m ³]	1,66	1,25	1,25	0,83	0,42
		[kg]	46,98	23,49	23,49	23,49	23,49
		[kg]	77,78	0,00	0,00	0,00	0,00
		[kg]	46,20	35,54	0,00	0,00	0,00
		[kg]	4%	4%	3%	2%	2%
		[kg]	2%	1%	1%	1%	1%

Mengen je lfm Tunnel		Einheit	Vortrieb Strosse gesamt				
			ST5/4,18	ST4/2,63	ST3/1,90	ST2/1,52	ST1/0,38
		[kwh]	516,92	412,41	339,89	270,74	200,05
		[Liter]	66,29	36,52	33,66	31,61	29,83
		[kg]	0,00	38,65	39,46	39,53	39,10
		[ST]	0,00	15,51	11,76	9,94	9,60
		[m ³]	1,66	1,25	1,25	0,83	0,42
		[kg]	46,98	23,49	23,49	23,49	23,49
		[kg]	77,78	0,00	0,00	0,00	0,00
		[kg]	46,20	35,54	0,00	0,00	0,00
		[kwh]	100%	100%	100%	100%	100%
		[Liter]	100%	100%	100%	100%	100%

C. Vortrieb Sohle

Tabelle 21: Datenerhebung Sohlvortrieb

Datenerhebung Sohle nach Vortriebsklassen

	lfm	VKL	A-Länge	Ausbruch		
					Sohle	
Gerät Vortrieb Strosse/Sohle laut Geräteeinsatzplan	942 m	S4/3	12,00 m	7,00 m/AT	135 AT	14,16 m ³
Summe installierte elektrische Leistung	550 [kW]	S3/3	24,00 m	20,00 m/AT	27 AT	13,38 m ³
Summe installierte Diesel-Leistung	850 [kW]	S2/2	36,00 m	100,00 m/AT	1 AT	3,66 m ³
Summe Einsatzgewicht Geräte	350 [t]	S1/2	keine Vorgabe	100,00 m/AT	0 AT	3,66 m ³
inkl. Betonausbau/ohne Fahrbahn	0 m	S1/1	keine Vorgabe	100,00 m/AT	0 AT	1,82 m ³
	1.570 m				163 AT	13,36 m ³

Mengen je Einheit		Einheit	Ausbruch				
			S4/3	S3/3	S2/2	S1/2	S1/1
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	42,28	16,08	13,46	10,89	8,20
	Diesel-Energie	[Liter]	2,61	1,47	1,36	1,29	1,23
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]		1,17	1,61	1,63	1,63
	Zünder	[ST]		0,30	0,48	0,41	0,48
Baustoffe	Spritzbeton	[m ³]					
	Baustahlgitter	[kg]					
	Bogen	[kg]					
	Anker	[kg]					

Mengen je lfm Tunnel		Einheit	Ausbruch				
			S4/3	S3/3	S2/2	S1/2	S1/1
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	598,68	215,15	49,26	39,86	14,92
	Diesel-Energie	[Liter]	36,96	19,67	4,98	4,72	2,24
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]	0,00	15,65	5,89	5,97	2,97
	Zünder	[ST]	0,00	4,01	1,76	1,50	0,87
Baustoffe	Spritzbeton	[m ³]					
	Baustahlgitter	[kg]					
	Bogen	[kg]					
	Anker	[kg]					
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	100%	100%	100%	100%	100%
	Diesel-Energie	[Liter]	100%	100%	100%	100%	100%

Spritzbeton je lfm		Baustahlgitter je lfm		Bogen	RR-Anker je lfm			SN-Anker je lfm			Spieße/lfm
Laibung	Ortsbrust	bergseitig	hohlr.seitig	je lfm	3m	3,9m-100	3,9m-200	4m	6m	8m	4m

Mengen je lfm Tunnel		Einheit	Stützmittel				
			S4/3	S3/3	S2/2	S1/2	S1/1
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	0,00				
	Diesel-Energie	[Liter]					
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]					
	Zünder	[ST]					
Baustoffe	Spritzbeton	[m ³]	1,60				
	Baustahlgitter	[kg]		4,50	4,50		
	Bogen	[kg]				14,90	
	Anker	[kg]					3,85

Mengen je lfm Tunnel		Einheit	Stützmittel				
			S4/3	S3/3	S2/2	S1/2	S1/1
			-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
			0%	0%	0%	0%	0%
			0%	0%	0%	0%	0%

Mengen je lfm Tunnel		Einheit	Vortrieb Sohle gesamt				
			S4/3	S3/3	S2/2	S1/2	S1/1
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	598,68	215,15	49,26	39,86	14,92
	Diesel-Energie	[Liter]	36,96	19,67	4,98	4,72	2,24
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]	-	15,65	5,89	5,97	2,97
	Zünder	[ST]	-	4,01	1,76	1,50	0,87
Baustoffe	Spritzbeton	[m ³]	-	-	-	-	-
	Baustahlgitter	[kg]	-	-	-	-	-
	Bogen	[kg]	-	-	-	-	-
	Anker	[kg]	-	-	-	-	-
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	100%	100%	100%	100%	100%
	Diesel-Energie	[Liter]	100%	100%	100%	100%	100%

D. Vortrieb Stollen

Tabelle 22: Datenerhebung Stollenvortrieb

Datenerhebung Stollen nach Vortriebsklassen

Gerät Vortrieb Stollen laut Geräteeinsatzplan	60%
Summe installierte elektrische Leistung	330 [kW]
Summe installierte Diesel-Leistung	510 [kW]
Summe Einsatzgewicht Geräte	175 [t]
inkl. Betonausbau/ohne Fahrbahn	

Ifm	VKL	A-Länge	Ausbruch	
			92 AT	voll
366 m	K7/X	1,00 m	4,00 m/AT	25 m3
214 m	K6/X	1,30 m	5,50 m/AT	25 m3
24 m	K5/X	1,70 m	6,50 m/AT	25 m3
6 m	K4/X	2,20 m	7,50 m/AT	25 m3
0 m	K3/X	3,00 m	9,00 m/AT	25 m3
610 m				135 AT 25,00 m3

Spritzbeton je Ifm		Baustahlgitter je Ifm		Bogen je Ifm	RR-Anker je Ifm			SN-Anker je Ifm			Spieße/Ifm
Laibung	Ortsbrust	bergseitig	hohlr.seitig		3m	3,9m-100	3,9m-200	3	4	6	
2,80 m3	1,25 m3	14,00 m2	14,00 m2	14,00 m				12,00 m	16,00 m	12,00 m	60,00 m
2,10 m3	0,31 m3	14,00 m2		10,77 m				6,92 m	6,92 m		30,77 m
2,10 m3		14,00 m2					6,88 m	6,88 m			
1,40 m3		14,00 m2			5,45 m						
0,70 m3					2,00 m						

Ausbruch

Mengen je Einheit		Ausbruch					
		Einheit	K7/X	K6/X	K5/X	K4/X	K3/X
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	24,73	18,50	15,78	14,28	14,54
	Diesel-Energie	[Liter]	3,36	1,91	1,98	1,81	1,71
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]		1,13	2,38	2,45	2,55
	Zünder	[ST]		0,88	1,45	1,13	0,81
Baustoffe	Spritzbeton	[m³]					
	Baustahlgitter	[kg]					
	Bogen	[kg]					
	Anker	[kg]					

Stützmittel

Spritzbeton je Ifm		Baustahlgitter je Ifm		Bogen je Ifm	RR-Anker je Ifm			SN-Anker je Ifm			Spieße/Ifm
Laibung	Ortsbrust	bergseitig	hohlr.seitig		3m	3,9m-100	3,9m-200	4m	6m	8m	
16,80	9,20				0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
		0,06	0,06	0,08							
2,10	1,15										
		4,50	4,50								
				14,90							
					3,50	3,50	3,50	3,85	3,85	3,85	3,85

Ausbruch

Mengen je Ifm Tunnel		Ausbruch					
		Einheit	K7/X	K6/X	K5/X	K4/X	K3/X
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	618,13	462,50	394,38	356,88	363,44
	Diesel-Energie	[Liter]	84,06	47,81	49,50	45,31	42,81
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	[kg]	-	28,13	59,38	61,25	63,75
	Zünder	[ST]	-	21,88	36,25	28,13	20,31
Baustoffe	Spritzbeton	[m³]	-	-	-	-	-
	Baustahlgitter	[kg]	-	-	-	-	-
	Bogen	[kg]	-	-	-	-	-
	Anker	[kg]	-	-	-	-	-
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	83%	87%	90%	93%	97%
	Diesel-Energie	[Liter]	97%	96%	98%	98%	100%

Stützmittel

K7/X	K6/X	K5/X	K4/X	K3/X
129,37	69,76	45,03	27,38	13,18
2,92	1,77	0,88	0,88	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
7,32	4,77	4,41	2,94	1,47
126,00	63,00	63,00	63,00	-
208,60	160,46	-	-	-
385,00	171,77	48,18	19,09	7,00
17%	13%	10%	7%	3%
3%	4%	2%	2%	0%

Vortrieb Stollen gesamt

K7/X	K6/X	K5/X	K4/X	K3/X	
747,50	532,26	439,41	384,26	376,61	[kwh]
86,98	49,58	50,38	46,19	42,81	[Liter]
-	28,13	59,38	61,25	63,75	[kg]
-	21,88	36,25	28,13	20,31	[ST]
7,32	4,77	4,41	2,94	1,47	[m³]
126,00	63,00	63,00	63,00	-	[kg]
208,60	160,46	-	-	-	[kg]
385,00	171,77	48,18	19,09	7,00	[kg]
100%	100%	100%	100%	100%	[kwh]
100%	100%	100%	100%	100%	[Liter]

E. Innenschale

Tabelle 23: Datenerhebung Innenschale

Datenliste zur Öko-Bilanz für Tunnel Beton Innenschale

		lfm	VKL	Beton	Beton	Beton Überprofil	
				Sohle	Gewölbe	VKL	Gewölbe
Gerät Beton Sohle und Gewölbe laut Geräteeinsatzplan		942 m	S4/3	14,16 m3	6,30 m3	K7/10,41	3,15 m3
Summe installierte elektrische Leistung	400 [kW]	550 m	S3/3	13,38 m3	6,30 m3	K6/6,27 Hy.	3,15 m3
Summe installierte Diesel-Leistung	100 [kW]	63 m	S2/2	3,66 m3	6,30 m3	K5/2,76	4,20 m3
Summe Einsatzgewicht Geräte	200 [t]	16 m	S1/2	3,66 m3	6,30 m3	K4/1,86	4,20 m3
inkl. Betonausbau/ohne Fahrbahn		0 m	S1/1	1,82 m3	6,30 m3	K3/0,62	5,25 m3
		1.570 m					

Mengen je Einheit

		Einheit	
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	
	Diesel-Energie	[Liter]	
Verbrauchsstoffe			
Baustoffe	Beton	[m ³]	
	Bewehrung	[kg]	

Beton		
Beton		Beton
Sohle		Gewölbe
1,82		1,65
1,10		1,00

Mengen je lfm Tunnel

		Einheit	
Betriebsstoffe	Elektrische Energie	[kwh]	
	Diesel-Energie	[Liter]	
Verbrauchsstoffe			
Baustoffe	Beton	[m ³]	
	Bewehrung	[kg]	

Beton Sohle				
S4/3	S3/3	S2/2	S1/2	S1/1
25,70	24,28	6,64	6,64	3,30
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,58	14,72	4,03	4,03	2,00

Beton Gewölbe				
K7/10,41	K6/6,27 Hy.	K5/2,76	K4/1,86	K3/0,62
15,59	15,59	17,33	17,33	19,06
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,45	9,45	10,50	10,50	11,55
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

F. Auswertung Vortrieb und Innenschale gesamt

Tabelle 24: Gesamtdaten Vortrieb und Innenschale

Tunnel gesamt

		Vortrieb Kalotte						
		60%	35%	4%	1%	0%	100%	
		942 lfm	550 lfm	63 lfm	16 lfm	0 lfm	1.570 lfm	
Einheit		K7/10,41	K6/6,27	K5/2,76	K4/1,86	K3/0,62		
Betriebsstoffe	Elektrische Energie [kWh]	1.238,31	881,66	670,24	568,45	550,97	1.701,976	kWh 47%
	Diesel-Energie [Liter]	138,14	77,61	77,54	68,06	62,16	178.709	Liter 50%
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff [kg]	-	43,78	91,75	90,59	92,55	31.239	kg 43%
	Zünder [ST]	-	34,05	56,02	41,60	29,49	22.880	[ST] 56%
	Spritzbeton [m³]	11,05	8,24	7,06	3,51	1,76	15.439	m³ 71%
Baustoffe	Baustahlgitter [kg]	152,55	151,65	75,56	75,29	-	232.961	kg 65%
	Bogen [kg]	252,56	193,10	-	-	-	344.017	kg 65%
	Anker [kg]	870,10	521,14	21,60	62,06	45,50	1.108.329	kg 81%

		Vortrieb Strosse						
		60%	35%	4%	1%	0%	100%	
		942 lfm	550 lfm	63 lfm	16 lfm	0 lfm	1.570 lfm	
Einheit		ST5/4,18	ST4/2,63	ST3/1,90	ST2/1,52	ST1/0,38		
Betriebsstoffe	Elektrische Energie [kWh]	516,92	412,41	339,89	270,74	200,05	739.150	kWh 20%
	Diesel-Energie [Liter]	66,29	36,52	33,66	31,61	29,83	85.117	Liter 24%
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff [kg]	-	38,65	39,46	39,53	39,10	24.339	kg 33%
	Zünder [ST]	-	15,51	11,76	9,94	9,60	9.418	[ST] 23%
	Spritzbeton [m³]	1,66	1,25	1,25	0,83	0,42	2.345	m³ 11%
Baustoffe	Baustahlgitter [kg]	46,98	23,49	23,49	23,49	23,49	59.007	kg 17%
	Bogen [kg]	77,78	-	-	-	-	73.267	kg 14%
	Anker [kg]	46,20	35,54	-	-	-	63.047	kg 5%

		Vortrieb Sohle						
		60%	35%	4%	1%	0%	100%	
		942 lfm	550 lfm	63 lfm	16 lfm	0 lfm	1.570 lfm	
Einheit		S4/3	S3/3	S2/2	S1/2	S1/1		
Betriebsstoffe	Elektrische Energie [kWh]	598,68	215,15	49,26	39,86	14,92	685.906	kWh 19%
	Diesel-Energie [Liter]	36,96	19,67	4,98	4,72	2,24	46.009	Liter 13%
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff [kg]	-	15,65	5,89	5,97	2,97	9.066	kg 12%
	Zünder [ST]	-	4,01	1,76	1,50	0,87	2.340	[ST] 6%
	Spritzbeton [m³]	-	-	-	-	-	0	m³ 0%
Baustoffe	Baustahlgitter [kg]	-	-	-	-	-	0	kg 0%
	Bogen [kg]	-	-	-	-	-	0	kg 0%
	Anker [kg]	-	-	-	-	-	0	kg 0%

		Vortrieb Stollen						
		60%	35%	4%	1%	0%	100%	
		363 lfm	212 lfm	24 lfm	6 lfm	0 lfm	605 lfm	
Einheit		K7/X	K6/X	K5/X	K4/X	K3/X		
Betriebsstoffe	Elektrische Energie [kWh]	747,50	532,26	439,41	384,26	376,61	397.006	kWh 11%
	Diesel-Energie [Liter]	86,98	49,58	50,38	46,19	42,81	43.572	Liter 12%
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff [kg]	-	28,13	59,38	61,25	63,75	7.763	kg 11%
	Zünder [ST]	-	21,88	36,25	28,13	20,31	5.679	[ST] 14%
	Spritzbeton [m³]	7,32	4,77	4,41	2,94	1,47	3.791	m³ 17%
Baustoffe	Baustahlgitter [kg]	126,00	63,00	63,00	63,00	-	60.984	kg 17%
	Bogen [kg]	208,60	160,46	-	-	-	109.700	kg 21%
	Anker [kg]	385,00	171,77	48,18	19,09	7,00	177.409	kg 13%

		Bergsturz/Karst - Tunnel	
1%	Vortrieb	1%	des Vortriebes
	31.270 kWh	(2 x Hohlräumanteil)	
1%	3.098 Liter		
1%	646 kg		
1%	346 [ST]		
1%	178 m³		
1%	2.920 kg		
1%	4.173 kg		
1%	11.714 kg		

		Bergsturz/Karst - Stollen	
1%	Vortrieb	1%	des Vortriebes
	3.970 kWh	(2 x Hohlräumanteil)	
1%	436 Liter		
1%	78 kg		
1%	57 [ST]		
1%	38 m³		
1%	610 kg		
1%	1.097 kg		
1%	1.774 kg		

		Beton Sohle						
		60%	35%	4%	1%	0%	100%	
		942 lfm	550 lfm	63 lfm	16 lfm	0 lfm	1.570 lfm	
Einheit		S4/3	S3/3	S2/2	S1/2	S1/1		
Betriebsstoffe	Elektrische Energie [kWh]	25,70	24,28	6,64	6,64	3,30	38.076	kWh 11%
	Diesel-Energie [Liter]	-	-	-	-	-	0	Liter 0%
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff [kg]	-	-	-	-	-	0	kg 0%
	Zünder [ST]	-	-	-	-	-	0	[ST] 0%
	Beton [m³]	15,58	14,72	4,03	4,03	2,00	23.076	m³ 106%
Baustoffe	Bewehrung [kg]	-	-	-	-	-	0	kg

		Beton Gewölbe						
		60%	35%	4%	1%	0%	100%	
		942 lfm	550 lfm	63 lfm	16 lfm	0 lfm	1.570 lfm	
Einheit		K7/10,41	K6/6,27	K5/2,76	K4/1,86	K3/0,62		
Betriebsstoffe	Elektrische Energie [kWh]	15,39	15,39	17,33	17,33	19,06	24.616	kWh 7%
	Diesel-Energie [Liter]	-	-	-	-	-	0	Liter 0%
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff [kg]	-	-	-	-	-	0	kg 0%
	Zünder [ST]	-	-	-	-	-	0	[ST] 0%
	Beton [m³]	9,45	9,45	10,50	10,50	11,55	14.919	m³ 68%
Baustoffe	Bewehrung [kg]	-	-	-	-	-	0	kg

		Bergsturz/Karst - Tunnel		Bergsturz/Karst - Stollen			
88 m³	Beton	1%	des Hohlräum	25 m³	Beton	1%	des Hohlräum
	1,3 m³	3.405 kWh	300% von Ausbruch	0,4 m³	374 kWh	300% von Ausbruch	
		50%	unentdeckt			50%	unentdeckt

Summe Vortrieb+Beton

Betriebsstoffe	Elektrische Energie	3.625.750 kWh	+10%	3.988.325 kWh
	Diesel-Energie	356.941 Liter		392.635 Liter
Verbrauchsstoffe	Sprengstoff	73.131 kg		80.444 kg
	Zünder	40.720 [ST]		44.793 [ST]
	Spritzbeton	21.790 m³		23.969 m³
Baustoffe	Baustahlgitter	356.481 kg		392.129 kg
	Bogen	532.254 kg		585.479 kg
	Anker	1.362.272 kg		1.498.500 kg
	Beton	40.286 m³		44.314 m³
	Bewehrung	0 kg		0 kg

Bauzeit

BE	Kalotte	Strosse	Sohle	Beton	BR	Summe
90 AT	347 AT	196 AT	163 AT	131 AT	60 AT	987 AT
3,0 Mo	11,6 Mo	6,5 Mo	5,4 Mo	4,4 Mo	2,0 Mo	32,89 Mo

in Massenberechnung nicht enthalten:

Betontransporte von Mischanlage bis zum Einbauort

Materialtransporte zur Baustelle (BE)

Abtransport von Ausbruchsmaterial vom Portalbereich zur Deponie

G. Baugeräte Vortrieb und Innenschale

Tabelle 25: Datenerhebung Geräte

Bezeichnung:	Building machine (RER) production	
Beschreibung:	Beinhaltet die Herstellung einer durchschnittlichen Baumaschine im europäischen Raum	
Charakteristika:		
Eigengewicht:	10 [t]	(A)
Durchschn. Servicestunden:	10000 [h]	(B)
entspr. Nutzungsdauer ÖBGL:	ca. 5 [Jahre]	

Geräteinsatz gesamt	Vortriebsleistung			Zeitaufwand pro Meter Vortrieb				lfm	Zeitaufwand gesamt			Geräte-Einsatzzeit		Eigengewicht Geräte gesamt [t]	Geräte bezogen auf ecoinvent-Datensatz [Stk. Ecoinvent-Baugerät] (15)
	Kalotte [m/AT]	Strosse [m/AT]	Sohle [m/AT]	Kalotte [AT/m]	Strosse [AT/m]	Sohle [AT/m]	Summe [AT/m]		Tage [AT]	Monate [Mo]	nach ÖBGL [h/Mo]	Einsatzfaktor [---]	pro Abschnitt [h]		
Berechnung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
				$=1/(1)$	$=1/(2)$	$=1/(3)$	$=4+(5)+(6)$		$=7*(8)$	$=9/30$		$=10*(11)*(12)$			
K7 - ST5 - S4/3	4	7	7	0,25	0,14	0,14	0,54	942	505	16,82	172,00	0,7	2025	350	7,09
K6 - ST4 - S3/3	5,5	10	20	0,18	0,10	0,05	0,33	550	182	6,08	172,00	0,7	732	350	2,56
K5 - ST3 - S2/2	6,5	12	100	0,15	0,08	0,01	0,25	63	16	0,52	172,00	0,7	62	350	0,22
K4 - ST2 - S1/2	7,5	15	100	0,13	0,07	0,01	0,21	16	3	0,11	172,00	0,7	13	350	0,05
K3 - ST1 - S1/1	9	18	100	0,11	0,06	0,01	0,18	0	0	0,00	172,00	0,7	0	350	0,00
Summe									706	24	172,00	0,7	2833	350	9,91

Geräteinsatz lfm Kalotte	V-Leistung ZA pro lfm			Geräte-Einsatzzeit			Eigengewicht Geräte [t]	Geräte bez. auf ecoinvent-Datensatz [Stk. E-Baugerät/m] (8)	lfm [m] (9)	Geräte bezogen auf ecoinvent-Datensatz [Stk. Ecoinvent-Baugerät] (10)
	Kalotte [m/AT]	Kalotte [AT/m]	Mo/m [Mo/m]	ÖBGL [h/Mo]	Faktor [---]	Abschnitt [h/m]				
Berechnung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
		$=1/(1)$	$=2/(30)$			$=3*(4)*(5)$		$=7/(A)*(6)/(B)$		$=8*(9)$
K7	4	0,25	0,0083	172,00	0,7	1,00	350	0,00351	942	3,30799
K6	5,5	0,18	0,0061	172,00	0,7	0,73	350	0,00255	550	1,40339
K5	6,5	0,15	0,0051	172,00	0,7	0,62	350	0,00216	63	0,13571
K4	7,5	0,13	0,0044	172,00	0,7	0,54	350	0,00187	16	0,02940
K3	9	0,11	0,0037	172,00	0,7	0,45	350	0,00156	0	0,00000
Summe										4,87650

Geräteinsatz lfm Strosse	V-Leistung ZA pro lfm			Geräte-Einsatzzeit			Eigengewicht Geräte [t]	Geräte bez. auf ecoinvent-Datensatz [Stk. E-Baugerät/m] (8)	lfm [m] (9)	Geräte bezogen auf ecoinvent-Datensatz [Stk. Ecoinvent-Baugerät] (10)
	Strosse [m/AT]	Strosse [AT/m]	Mo/m [Mo/m]	ÖBGL [h/Mo]	Faktor [---]	Abschnitt [h/m]				
Berechnung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
		$=1/(1)$	$=2/(30)$			$=3*(4)*(5)$		$=7/(A)*(6)/(B)$		$=8*(9)$
ST5	7	0,14	0,0048	172,00	0,7	0,57	350	0,00201	942	1,89028
ST4	10	0,10	0,0033	172,00	0,7	0,40	350	0,00140	550	0,77186
ST3	12	0,08	0,0028	172,00	0,7	0,33	350	0,00117	63	0,07351
ST2	15	0,07	0,0022	172,00	0,7	0,27	350	0,00094	16	0,01470
ST1	18	0,06	0,0019	172,00	0,7	0,22	350	0,00078	0	0,00000
Summe										2,75036

Geräteinsatz lfm Sohle	V-Leistung ZA pro lfm			Geräte-Einsatzzeit			Eigengewicht Geräte [t]	Geräte bez. auf ecoinvent-Datensatz [Stk. E-Baugerät/m] (8)	lfm [m] (9)	Geräte bezogen auf ecoinvent-Datensatz [Stk. Ecoinvent-Baugerät] (10)
	Sohle [m/AT]	Sohle [AT/m]	Mo/m [Mo/m]	ÖBGL [h/Mo]	Faktor [---]	Abschnitt [h/m]				
Berechnung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
		$=1/(1)$	$=2/(30)$			$=3*(4)*(5)$		$=7/(A)*(6)/(B)$		$=8*(9)$
S4/3	7	0,14	0,0048	172,00	0,7	0,57	350	0,00201	942	1,89028
S3/3	20	0,05	0,0017	172,00	0,7	0,20	350	0,00070	550	0,38593
S2/2	100	0,01	0,0003	172,00	0,7	0,04	350	0,00014	63	0,00882
S1/2	100	0,01	0,0003	172,00	0,7	0,04	350	0,00014	16	0,00221
S1/1	100	0,01	0,0003	172,00	0,7	0,04	350	0,00014	0	0,00000
Summe										2,28724

Geräteinsatz lfm Ka+Str+So	Geräte bez. auf ecoinvent-Datensatz				lfm [m]	Geräte bezogen auf ecoinvent-Datensatz [Stk. Ecoinvent-Baugerät] (6)
	Kalotte	Strosse	Sohle	Summe		
Berechnung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
				$=1+(2)+(3)$		$=4*(5)$
K7 - ST5 - S4/3	0,00351	0,00201	0,00201	0,00753	942	7,08855
K6 - ST4 - S3/3	0,00255	0,00140	0,00070	0,00466	550	2,56119
K5 - ST3 - S2/2	0,00216	0,00117	0,00014	0,00347	63	0,21804
K4 - ST2 - S1/2	0,00187	0,00094	0,00014	0,00295	16	0,04631
K3 - ST1 - S1/1	0,00156	0,00078	0,00014	0,00248	0	0,00000
Summe						9,91409

Geräteinsatz Innenschale	V-Leistung ZA pro lfm			Geräte-Einsatzzeit			Eigengewicht Geräte [t]	Geräte bez. auf ecoinvent-Datensatz [Stk. E-Baugerät/m] (8)	lfm [m] (9)	Geräte bezogen auf ecoinvent-Datensatz [Stk. Ecoinvent-Baugerät] (10)
	Innensch. [m/AT]	Innensch. [AT/m]	Mo/m [Mo/m]	ÖBGL [h/Mo]	Faktor [---]	Abschnitt [h/m]				
Berechnung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
		$=1/(1)$	$=2/(30)$			$=3*(4)*(5)$		$=7/(A)*(6)/(B)$		$=8*(9)$
Alle Klassen (Gewölbe + Sohle)	12	0,08	0,0028	172,00	0,7	0,33	200	0,00067	1570	1,05016
Summe										1,05016

Geräteinsatz lfm Ka+Str+So+Kar	Geräte bez. auf ecoinvent-Datensatz					lfm [m]	Geräte bezogen auf ecoinvent-Datensatz [Stk. E-Baugerät] (7)
	Kalotte	Strosse	Sohle	Karst	Summe		
Berechnung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
					$=1+(2)+(3)+(4)$		$=5*(6)$
K7 - ST5 - S4/3	0,00351	0,00201	0,00201	0,00008	0,00761	942	7,16574
K6 - ST4 - S3/3	0,00255	0,00140	0,00070	0,00005	0,00471	550	2,59047
K5 - ST3 - S2/2	0,00216	0,00117	0,00014	0,00004	0,00351	63	0,22065
K4 - ST2 - S1/2	0,00187	0,00094	0,00014	0,00004	0,00299	16	0,04688
K3 - ST1 - S1/1	0,00156	0,00078	0,00014	0,00003	0,00251	0	0,00000
Summe							10,02374

Anhang 2 Datenerhebung Sachbilanz Tunnelbetrieb

Tabelle 26: Modellierung Tunnelbetrieb

Eingangsparameter	Brettfall-Tunnel	Landecker Tunnel	Fernpass-tunnel
Tunnellänge	1.336 lfm	6.955 lfm	1.070 lfm
Steigung	2,0%	1,5%	4,0%
Kolbenwirkung	0%	0%	0%
Kaminwirkung	20%	10%	40%
mittlere Auslastung Beleuchtung	33%	33%	33%
Beleuchtung Portale	5,0 kW	5,0 kW	5,0 kW
Beleuchtung/km	5,0 kW/km	5,0 kW/km	5,0 kW/km
Installationen Sonstiges	5%	5%	5%

Modellfaktoren Zuluftvolumen

Steigung	120%	115%	140%
Kolbenwirkung	100%	100%	100%
Kaminwirkung	80%	90%	60%
Verkehr/Maximum	30%	30%	30%
Gesamtkorrektur Zuluftvolumen	29%	31%	25%
Auslastung Belüftung	2,4%	3,0%	1,6%

Installierte Leistung

Beleuchtung	11,7 kW	39,8 kW	10,4 kW
Belüftung	800 kW	3.000 kW	800 kW
Sonstiges	41 kW	152 kW	41 kW
Gesamt	852 kW	3.192 kW	851 kW

Energieverbrauch/Tag

Belüftung	459 kWh	2.155 kWh	307 kWh
Beleuchtung	325 kWh	1.216 kWh	324 kWh
Sonstiges	39 kWh	169 kWh	32 kWh
Gesamt	822 kWh	3.540 kWh	663 kWh

Anhang 3 Ökobilanz Fernpasstunnel

A. Tunnelneubau gesamt

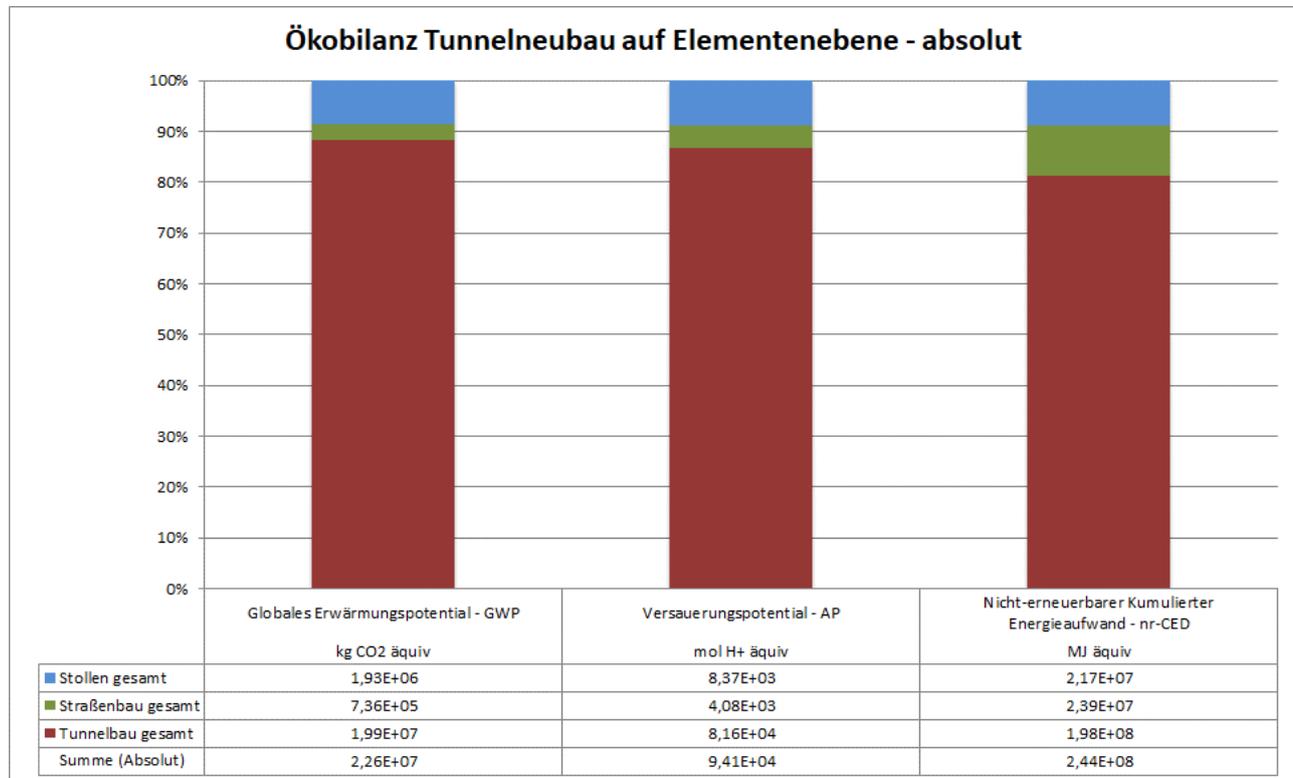


Abbildung 25: Ökobilanz Tunnelneubau gesamt (nach Neubau-Elementen) – absolute Werte

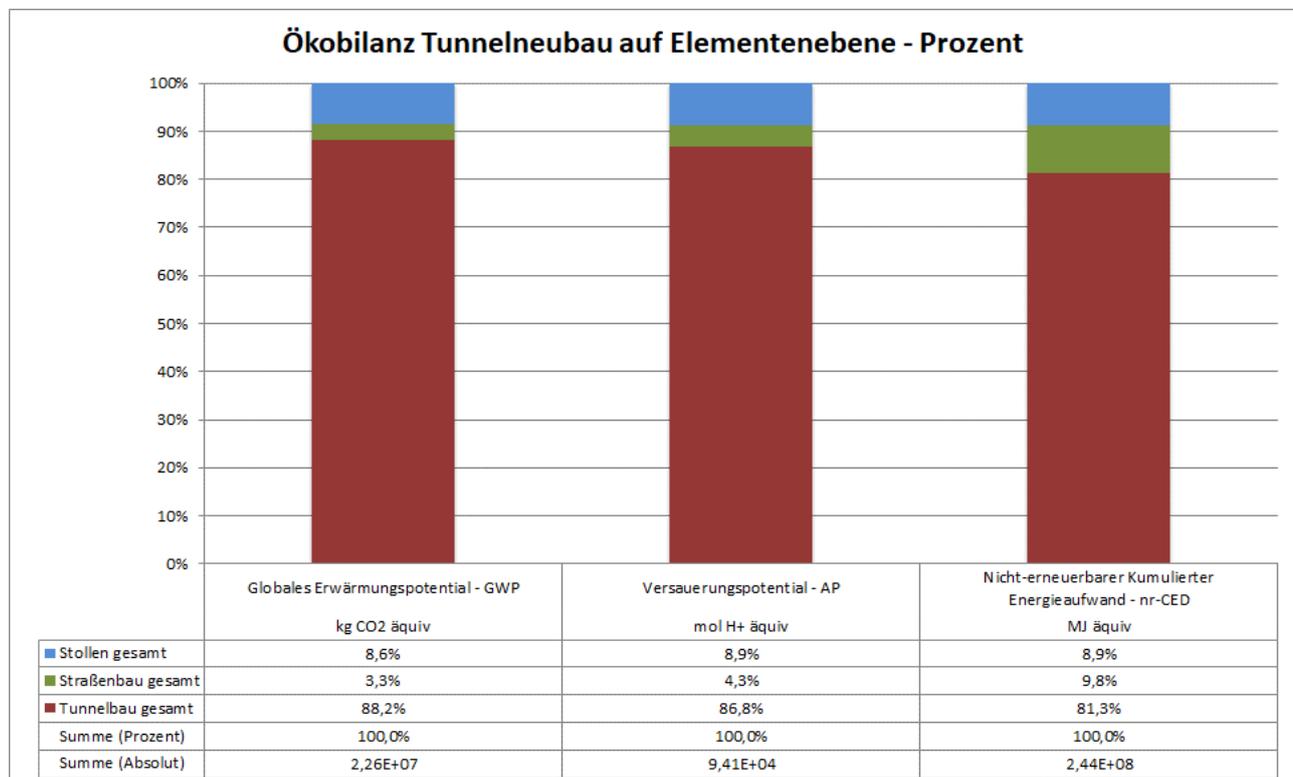


Abbildung 26: Ökobilanz Tunnelneubau gesamt (nach Neubau-Elementen) – Prozent

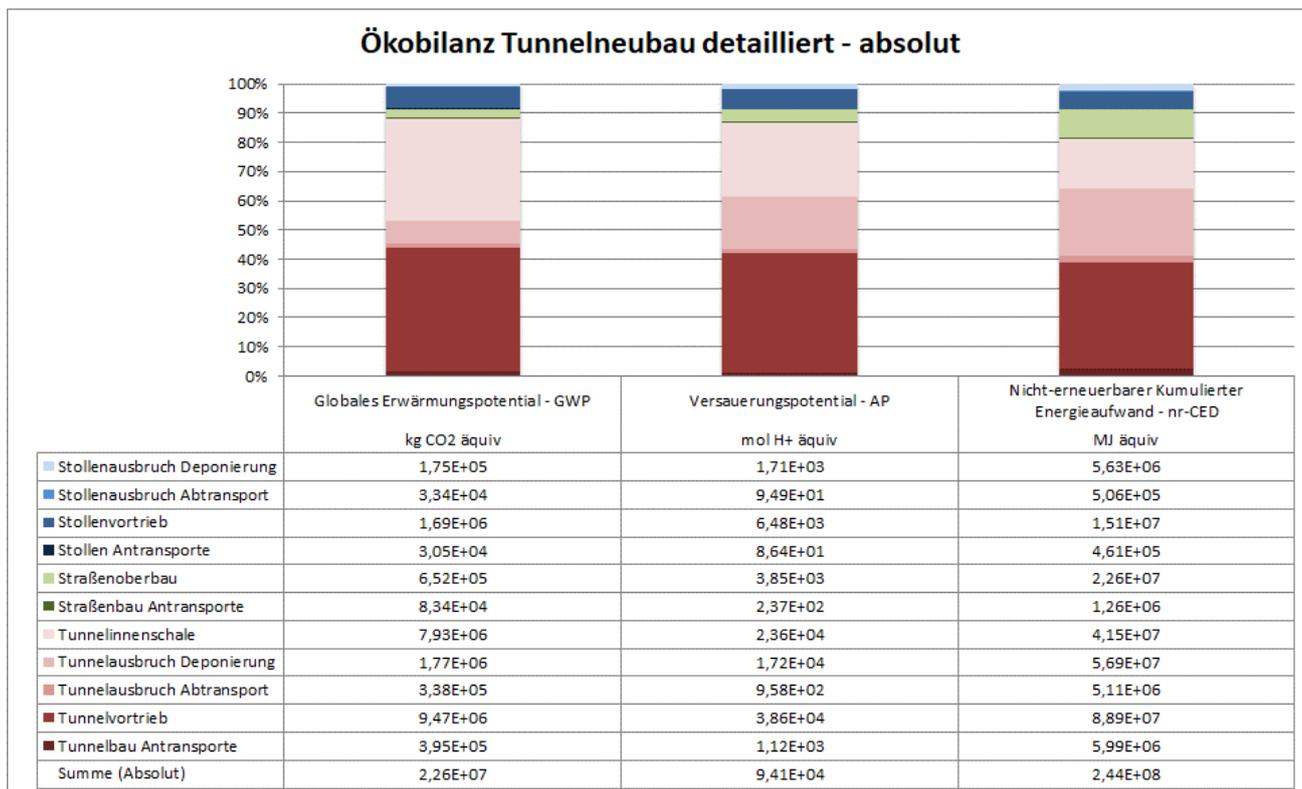


Abbildung 27: Ökobilanz Tunnelneubau gesamt (mit gegliederten Neubau-Elementen) – absolute Werte

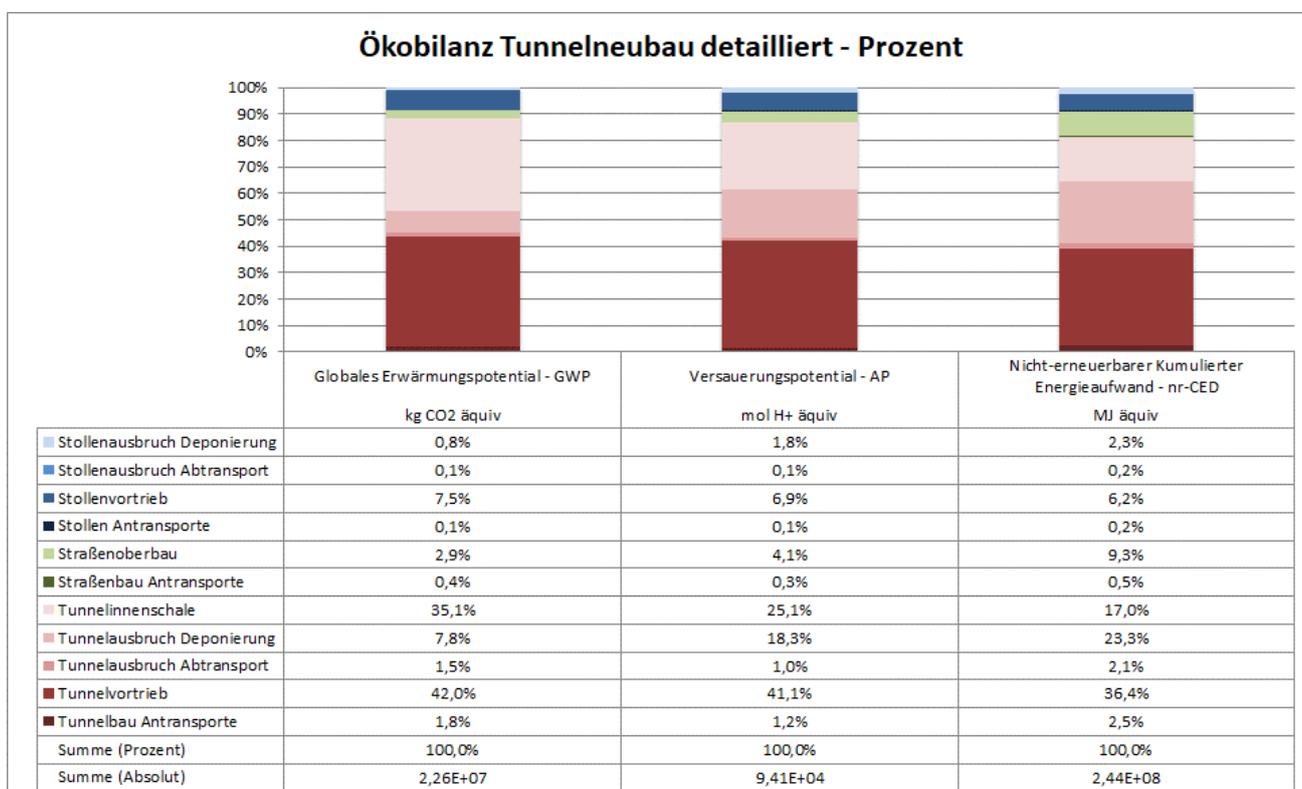


Abbildung 28: Ökobilanz Tunnelneubau gesamt (mit gegliederten Neubau-Elementen) – Prozent

B. Vortrieb gesamt

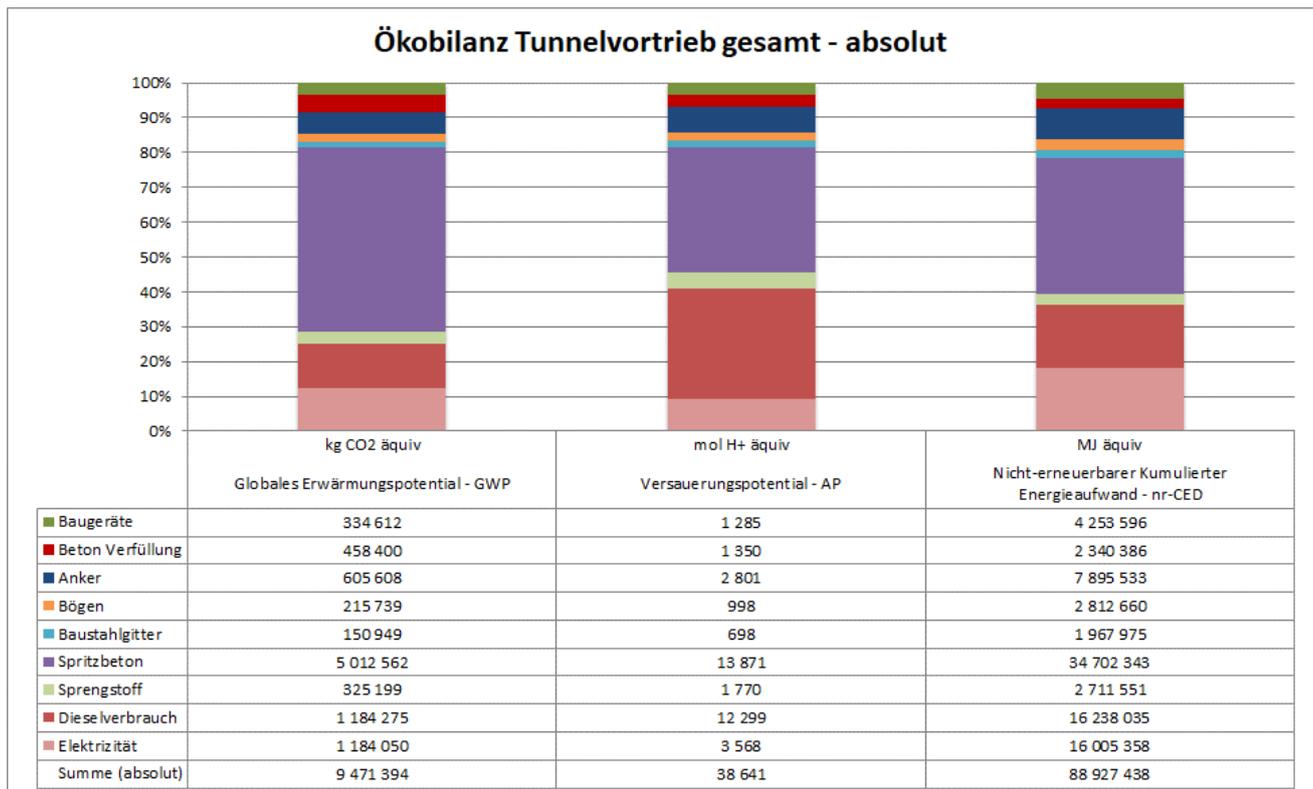


Abbildung 29: Ökobilanz Vortrieb gesamt – absolute Werte

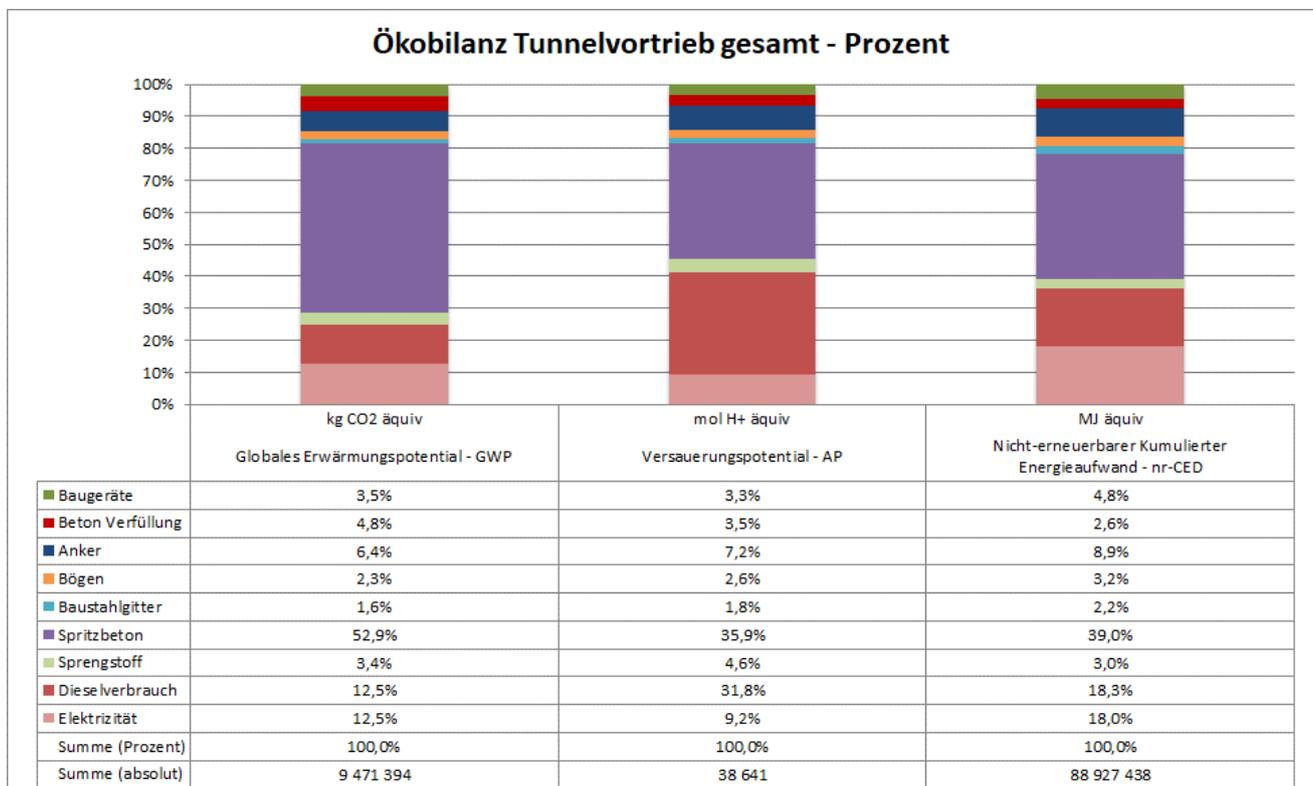


Abbildung 30: Ökobilanz Vortrieb gesamt – Prozent

C. Innenschale gesamt

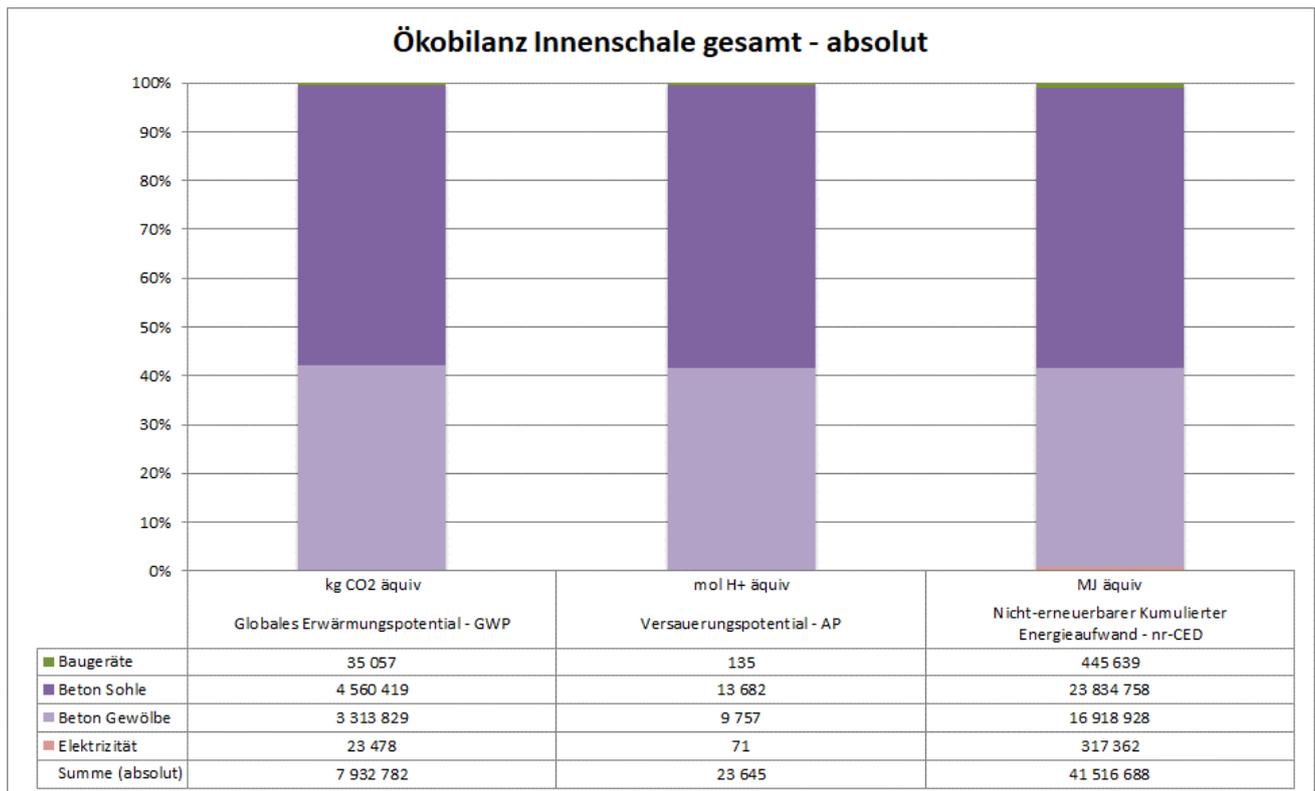


Abbildung 31: Ökobilanz Innenschale gesamt – absolute Werte

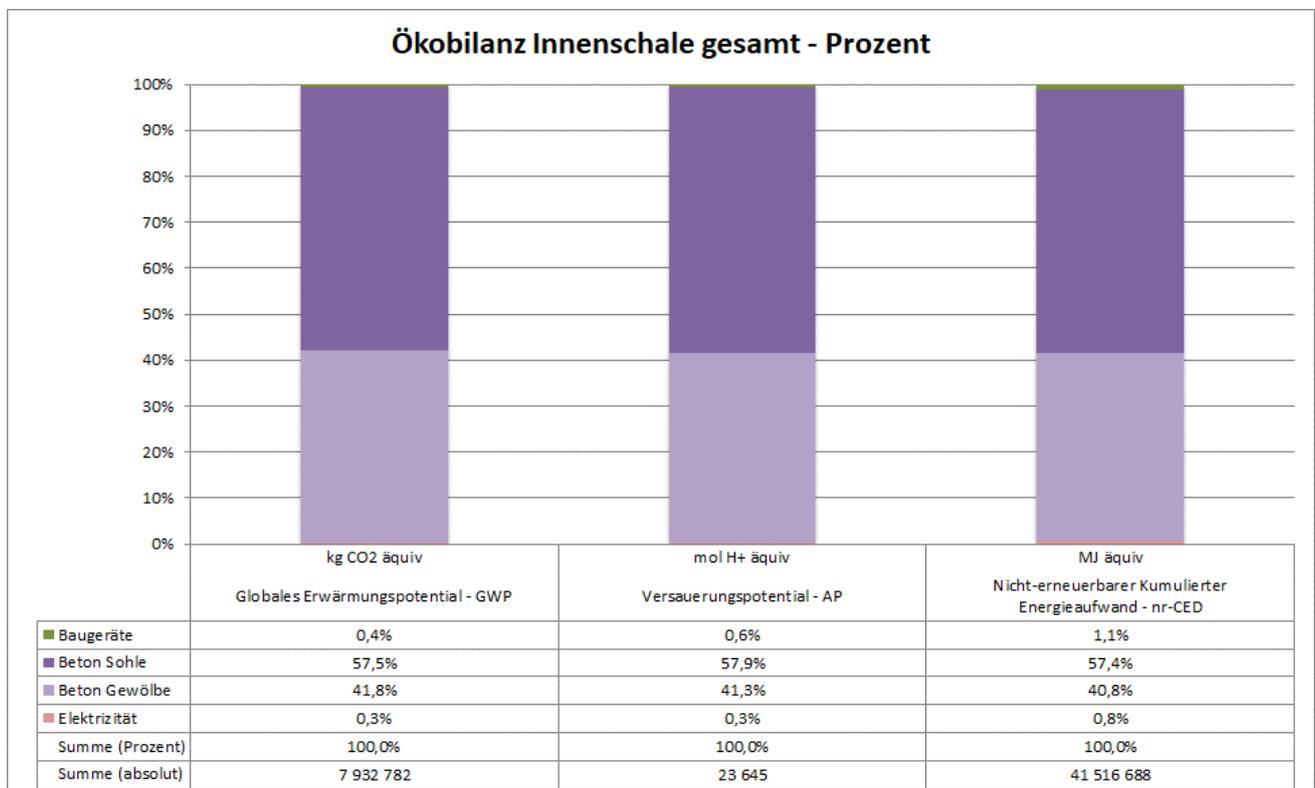


Abbildung 32: Ökobilanz Innenschale gesamt – Prozent

D. Straßenoberbau gesamt

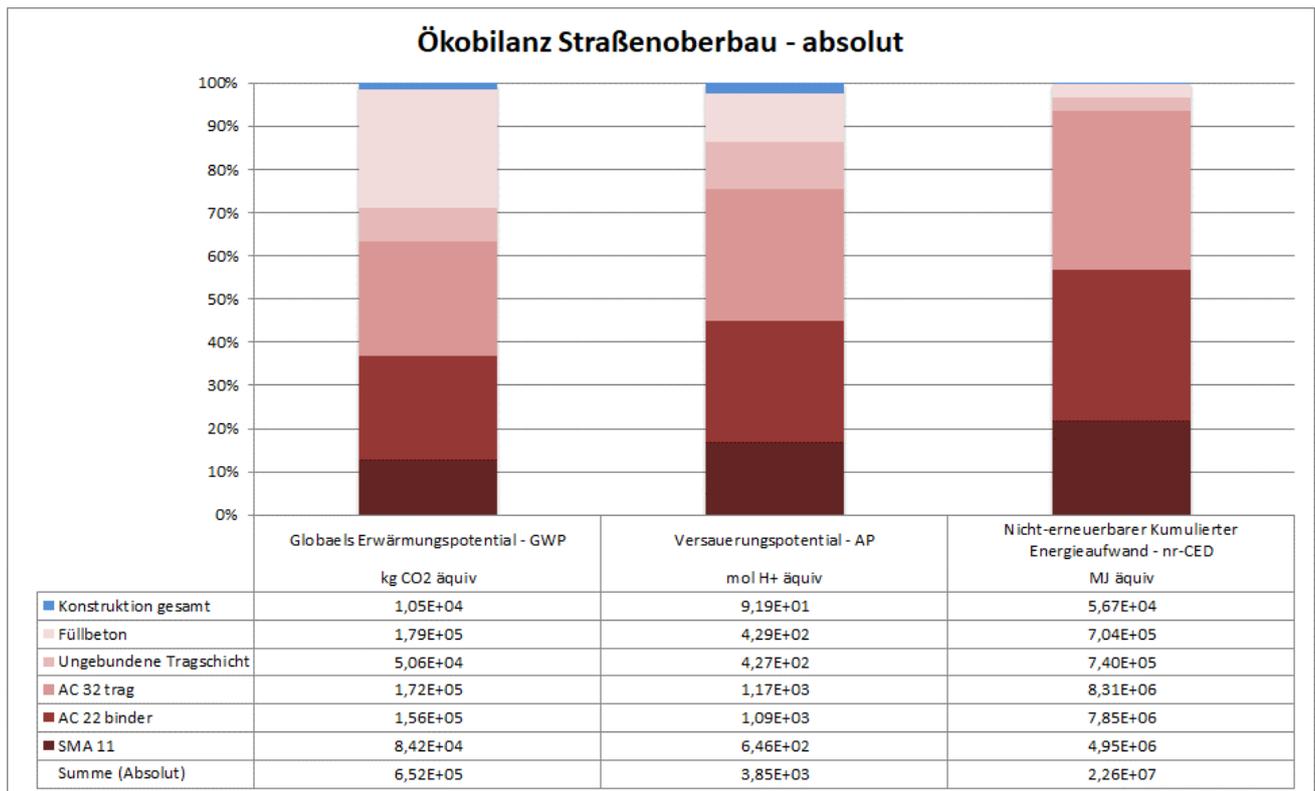


Abbildung 33: Ökobilanz Straßenoberbau gesamt – absolute Werte

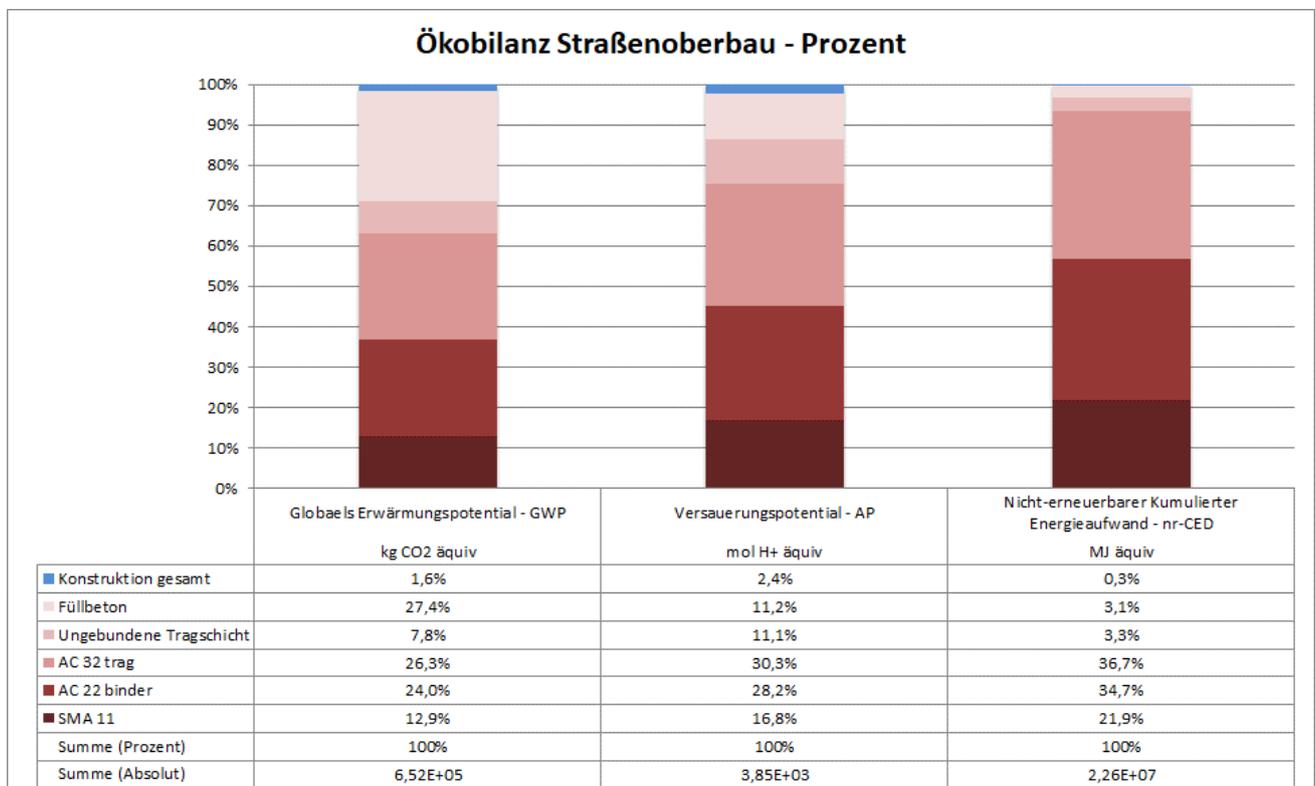


Abbildung 34: Ökobilanz Straßenoberbau gesamt – Prozent

E. Stollenvortrieb gesamt

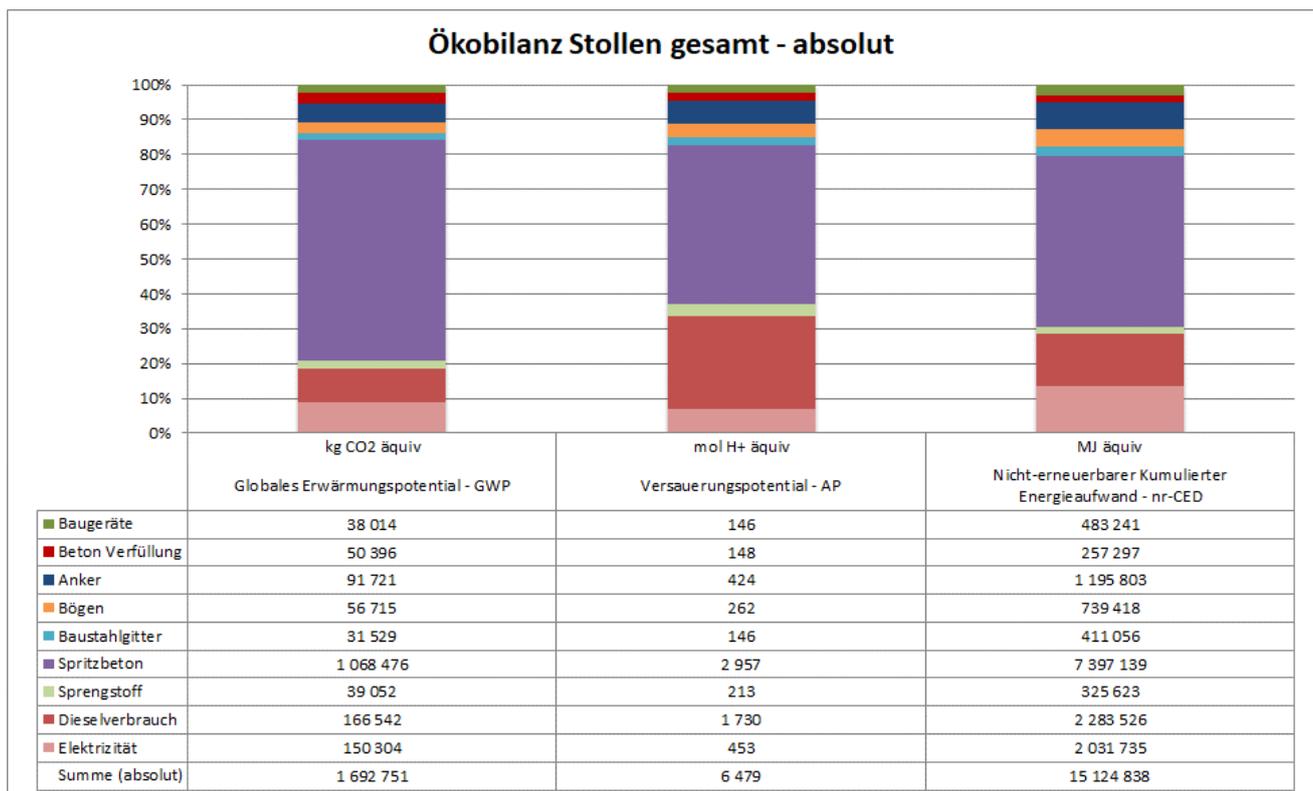


Abbildung 35: Ökobilanz Stollenvortrieb gesamt – absolute Werte

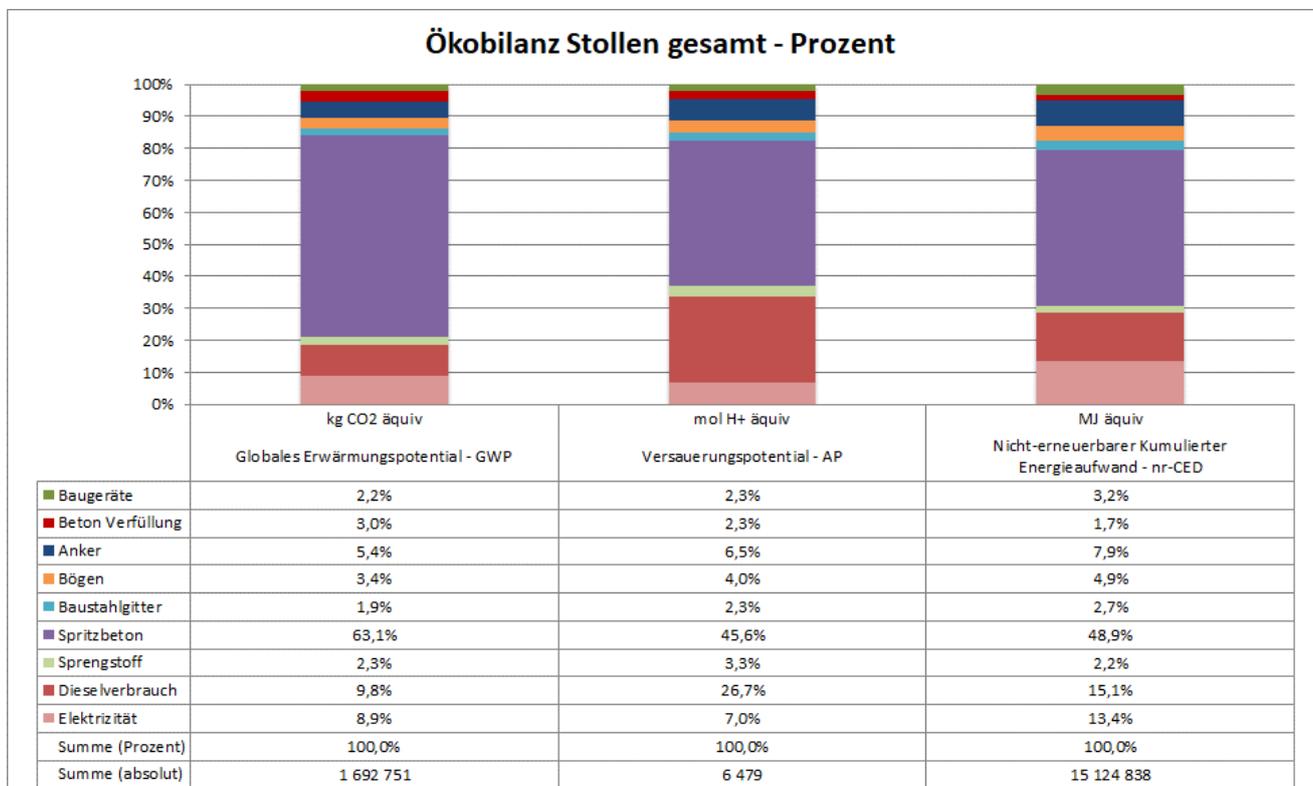


Abbildung 36: Ökobilanz Stollenvortrieb gesamt – Prozent

F. Transport gesamt

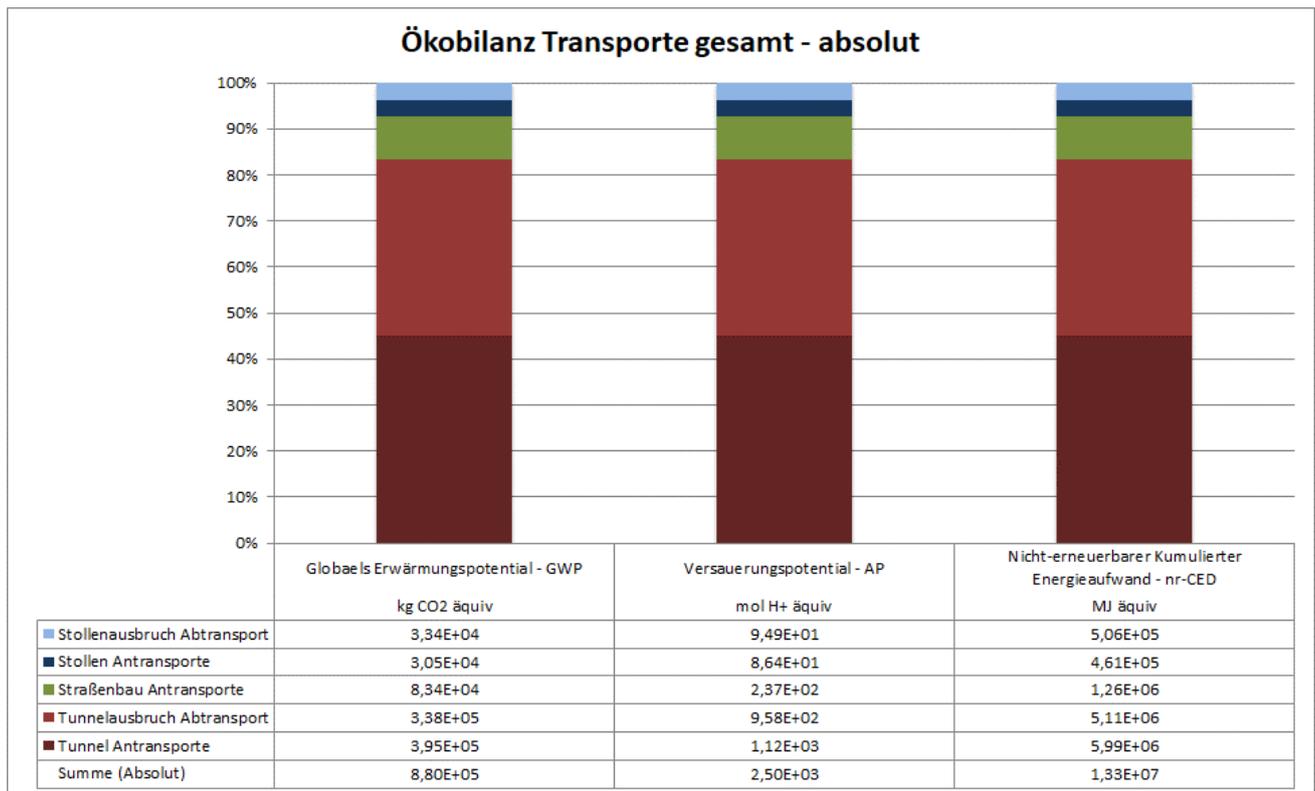


Abbildung 37: Ökobilanz Transport gesamt – absolute Werte

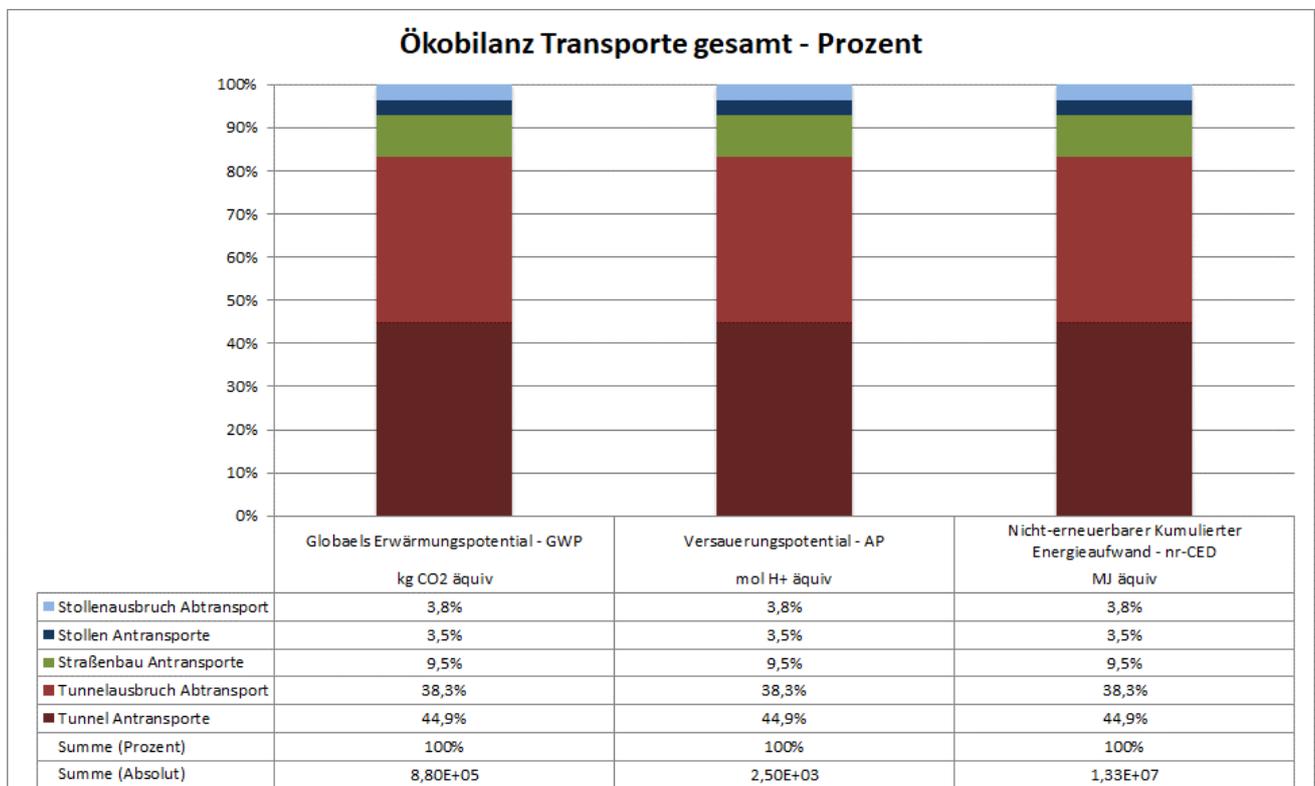


Abbildung 38: Ökobilanz Transport gesamt – Prozent

G. Vergleich Vortrieb nach Vortriebsklassen je lfm

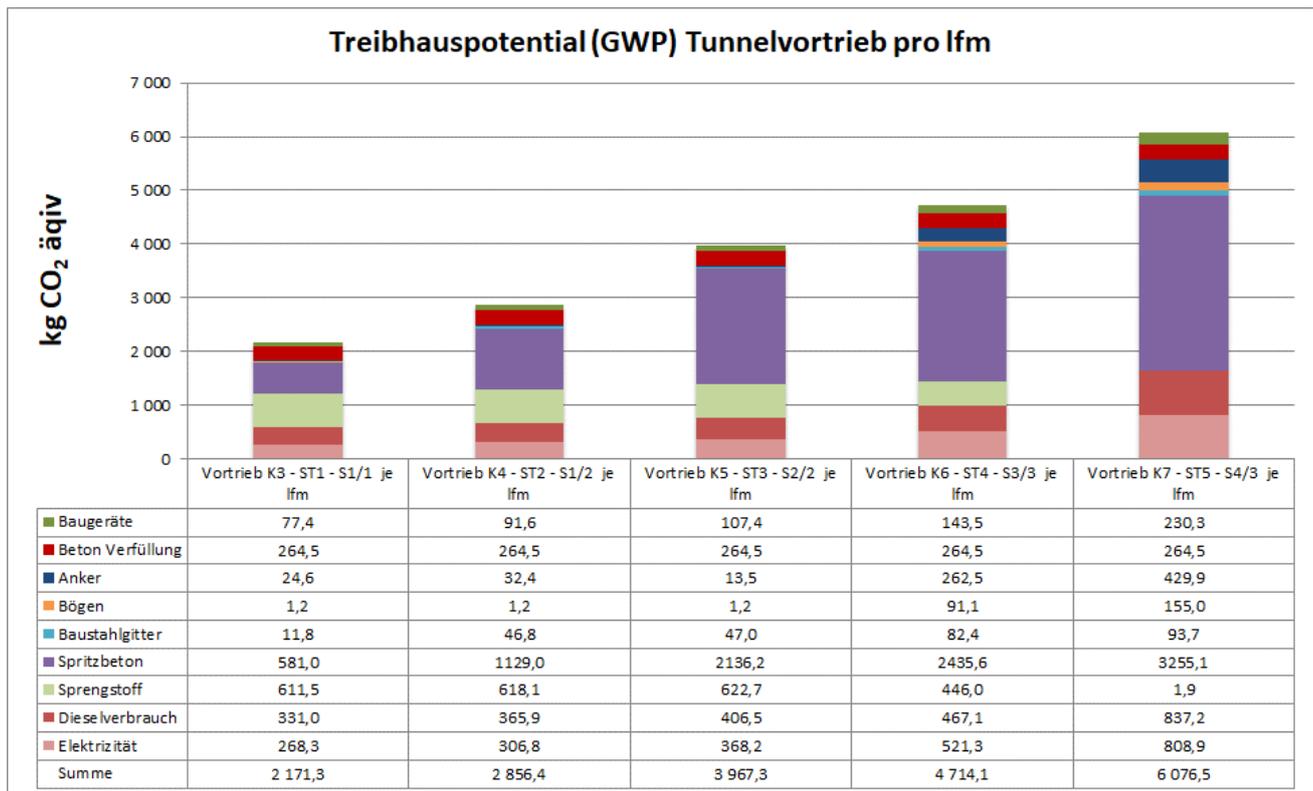


Abbildung 39: Vergleich Treibhauspotential (GWP) Vortrieb nach Klassen – absolute Werte

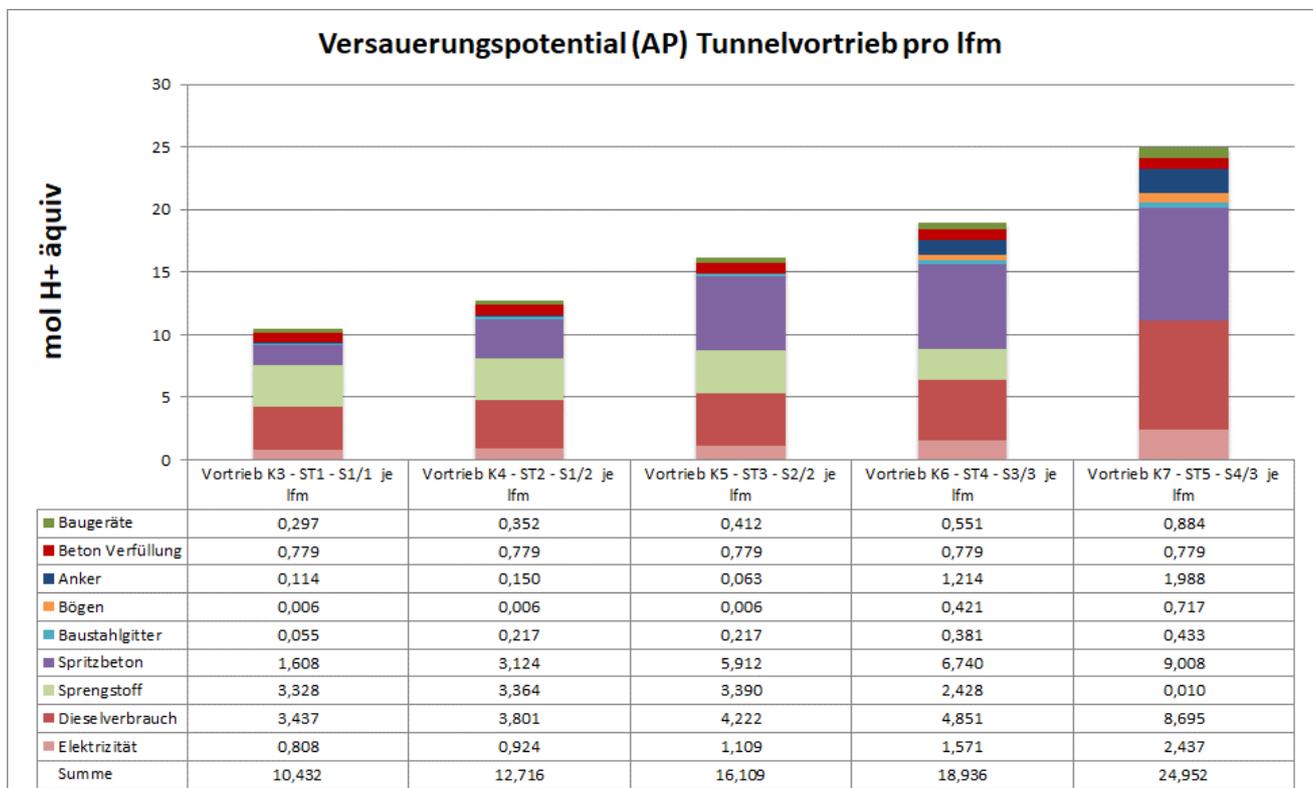


Abbildung 40: Vergleich Versauerungspotential (AP) Vortrieb nach Klassen – absolute Werte

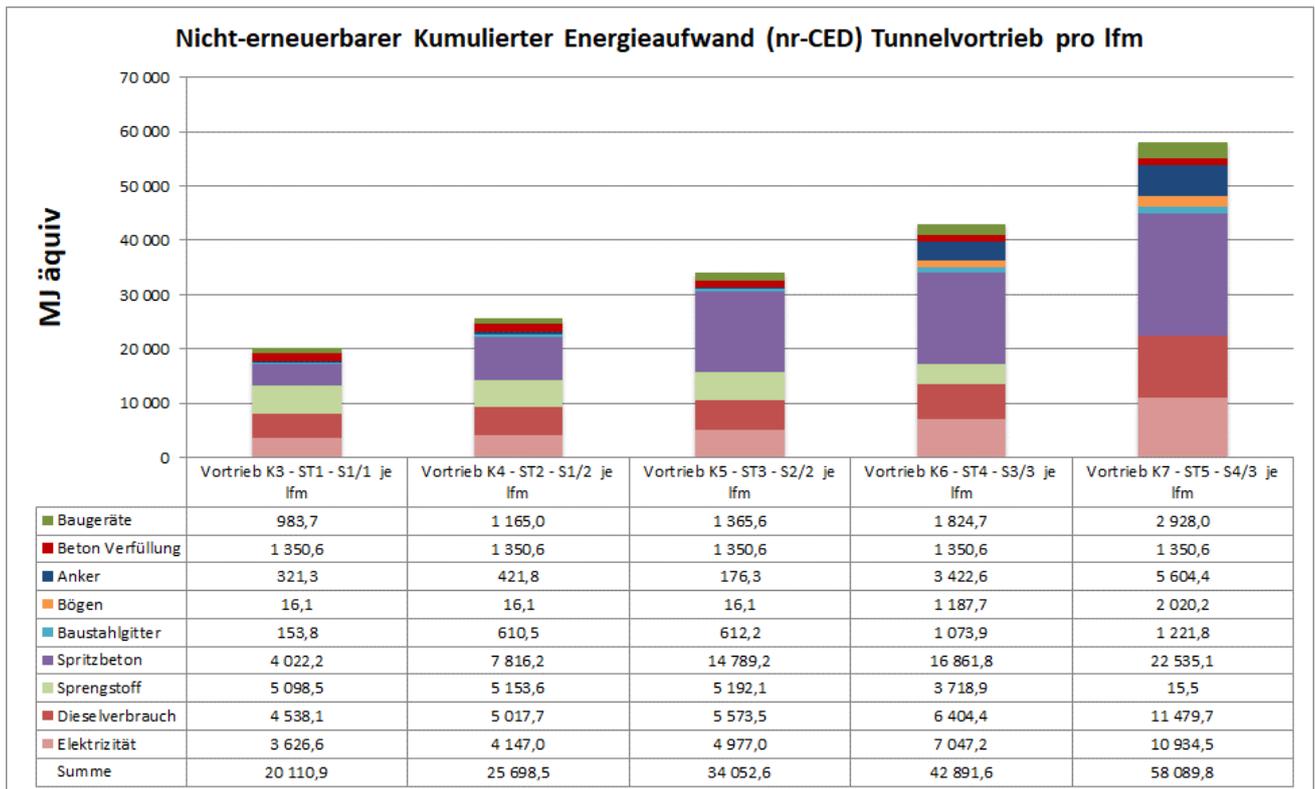


Abbildung 41: Vergleich Nicht erneuerbarer Kumulierter Energieaufwand (nr-CED) Vortrieb nach Klassen – absolute Werte

H. Vergleich Innenschale nach Vortriebsklassen je lfm

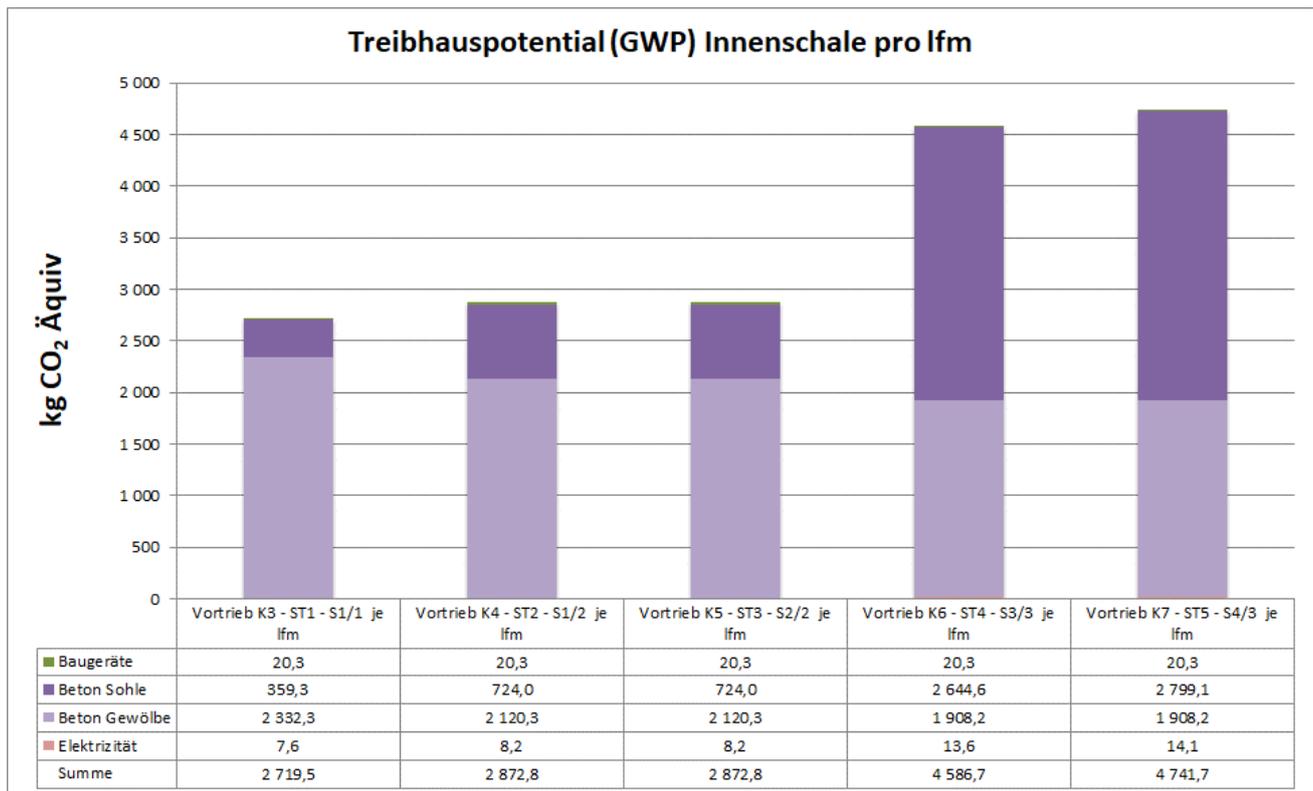


Abbildung 42: Vergleich Treibhauspotential (GWP) Innenschale nach Klassen – absolute Werte

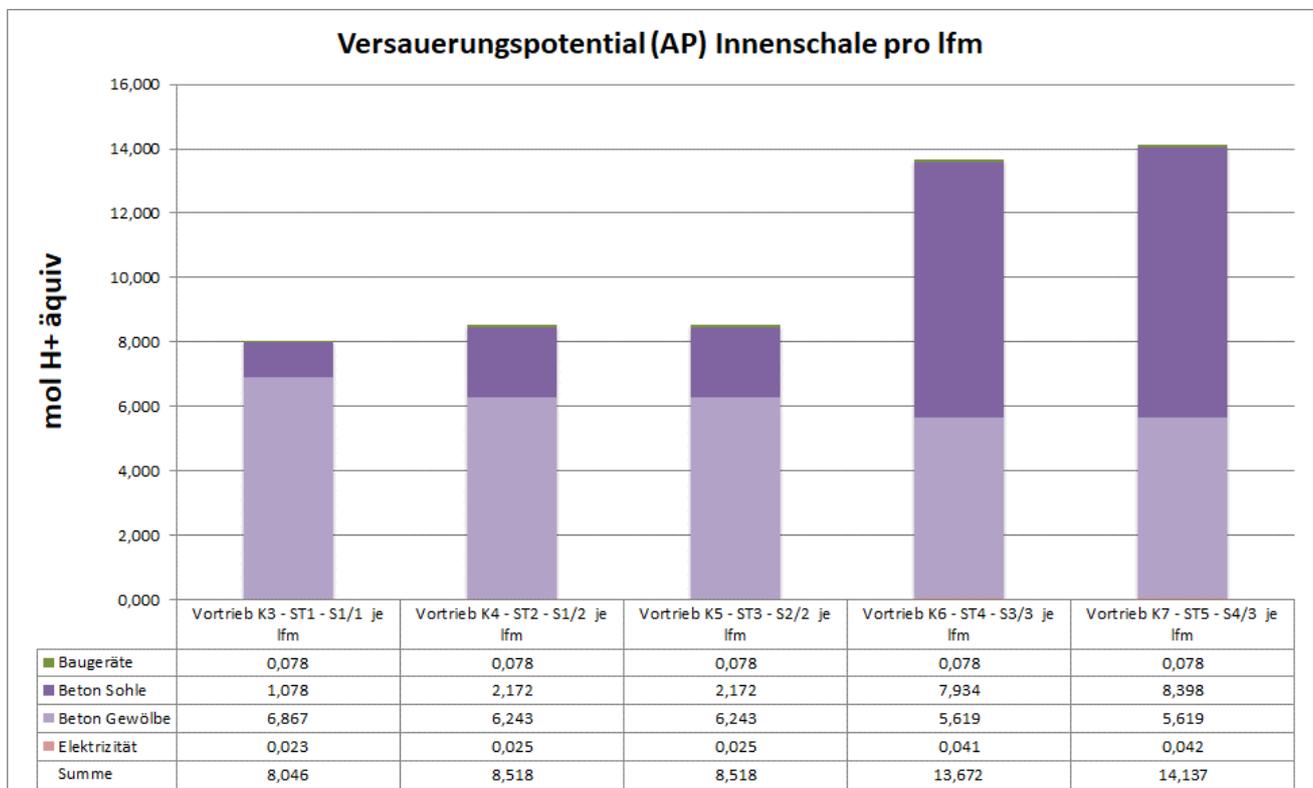


Abbildung 43: Vergleich Versauerungspotential (AP) Innenschale nach Klassen – absolute Werte

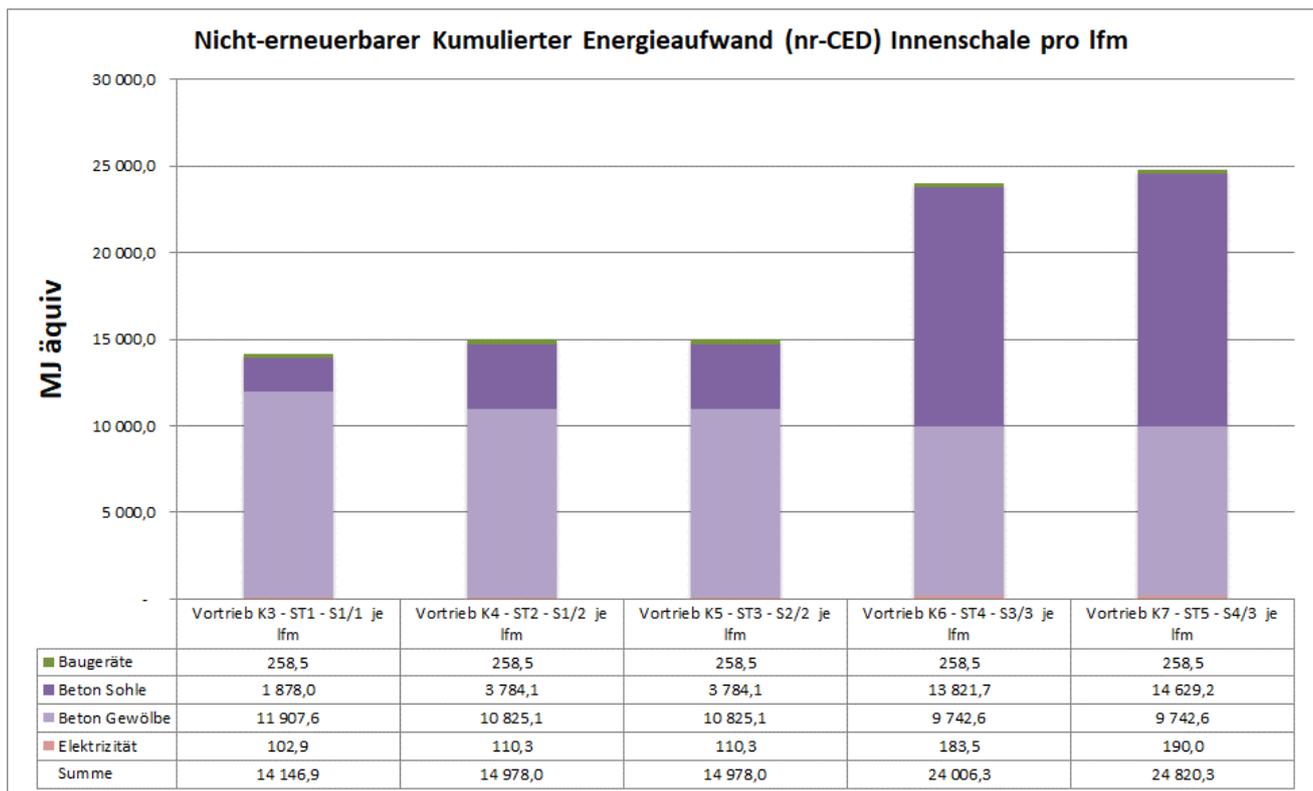


Abbildung 44: Vergleich Nicht erneuerbarer Kumulierter Energieaufwand (nr-CED) Innenschale nach Klassen – absolute Werte

Anhang 4 Sachbilanzdatensätze

A. Materialproduktion

Tabelle 27: Sachbilanz Spritzbeton (pro Kubikmeter)

Material [kg/m³]	
Zement – CEMII/A-M(S-L) 42,5 R (inkl. Transport) [kg] – Tabelle 33	360
Hydraulisch Wirksamer Zusatzstoff – AHWZ (inkl. Transport) [kg] – Tabelle 34	60
Wasser (inkl. Transport) [kg]	200
Gesteinszuschlag (inkl. Transport) [kg]	1819
Zusatzmittel – Fließmittel [kg]	2,9
Zusatzmittel – Erstarrungsbeschleuniger [kg]	21,6
Produktion [x/m³]	
Betonmischwerk [p]	0,000000457
Schmieröl (inkl. Transport) [kg]	0,03143
Verbrauchsstahl (inkl. Transport) [kg]	0,0585
Synthetischer Gummi (inkl. Transport) [kg]	0,07381
Diesel [MJ]	22,7
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	2,8
Abfälle [x/m³]	
Abfall Verbrauchsstahl (inkl. Transport)	0,0585
Betonabfall (inkl. Transport)	36,29655
Abfall Öl (inkl. Transport)	0,03143
Gummiabfall (inkl. Transport)	0,07381
Abwasser	0,0016

Tabelle 28: Sachbilanz Beton Innenschale Gewölbe/ Beton Hinterfüllung (pro Kubikmeter)

Material [kg/m3]	
Zement – CEMII/A-M(S-L) 42,5 R (inkl. Transport) [kg] – Tabelle 33	320
Hydraulisch Wirksamer Zusatzstoff – AHWZ (inkl. Transport) [kg] – Tabelle 34	50
Wasser (inkl. Transport) [kg]	180
Gesteinszuschlag (inkl. Transport) [kg]	1862
Zusatzmittel – Luftporenbildner [kg]	0,5
Zusatzmittel – Fließmittel [kg]	2,5
Produktion [x/m3]	
Betonmischwerk [p]	0,000000457
Schmieröl (inkl. Transport) [kg]	0,03143
Verbrauchsstahl (inkl. Transport) [kg]	0,0585
Synthetischer Gummi (inkl. Transport) [kg]	0,07381
Diesel [MJ]	22,7
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	2,8
Abfälle [x/m3]	
Abfall Verbrauchsstahl (inkl. Transport)	0,0585
Betonabfall (inkl. Transport)	36,29655
Abfall Öl (inkl. Transport)	0,03143
Gummiabfall (inkl. Transport)	0,07381
Abwasser	0,0016

Tabelle 29: Sachbilanz Beton Innenschale Sohle (pro Kubikmeter)

Material [kg/m3]	
Zement – CEMII/A-M(S-L) 42,5 R (inkl. Transport) [kg] – Tabelle 33	280
Hydraulisch Wirksamer Zusatzstoff – AHWZ (inkl. Transport) [kg] – Tabelle 34	50
Wasser (inkl. Transport) [kg]	176
Gesteinszuschlag (inkl. Transport) [kg]	1908
Zusatzmittel – Luftporenbildner [kg]	0,4
Zusatzmittel – Fließmittel [kg]	2,2
Produktion [x/m3]	
Betonmischwerk [p]	0,000000457
Schmieröl (inkl. Transport) [kg]	0,03143
Verbrauchsstahl (inkl. Transport) [kg]	0,0585
Synthetischer Gummi (inkl. Transport) [kg]	0,07381
Diesel [MJ]	22,7
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	2,8
Abfälle [x/m3]	
Abfall Verbrauchsstahl (inkl. Transport)	0,0585
Betonabfall (inkl. Transport)	36,29655
Abfall Öl (inkl. Transport)	0,03143
Gummiabfall (inkl. Transport)	0,07381
Abwasser	0,0016

Tabelle 30: Sachbilanz SMA 11 (pro Kubikmeter)

Material [kg/m3]	
Füller – Kalkstein (inkl. Transport) [kg]	120,5
Füller – intern generiert (inkl. Transport) [kg]	120,5
Sand (inkl. Transport) [kg]	385
Gesteinszuschlag (inkl. Transport) [kg]	1624
Bitumen (inkl. Transport) [kg]	159
Produktion [x/m3]	
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	20,6
Fern-/ Industrierwärme, Gas [MJ]	366,5
Fern-/ Industrierwärme, Heizöl [MJ]	366,5
Diesel, verbrannt in Baugerät (inkl. Transport) [MJ]	26,6
Asphaltwerk [p]	0,0000006
Schmieröl (inkl. Transport) [kg]	0,0072
Prozesswasser [kg]	20,4
Emissionen in Luft [kg/m3]	
NMVO, Flüchtige Organische Verbindungen [kg]	0,00012
NOx [kg]	0,000029
Feinstaub, < 10 um [kg]	0,0000011

Tabelle 31: Sachbilanz AC 22 binder (pro Kubikmeter)

Material [kg/m³]	
Füller – Kalkstein (inkl. Transport) [kg]	76,5
Füller – intern generiert (inkl. Transport) [kg]	76,5
Sand (inkl. Transport) [kg]	567
Gesteinszuschlag (inkl. Transport) [kg]	1583
Bitumen (inkl. Transport) [kg]	102
Produktion [x/m³]	
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	20,6
Fern-/ Industrierwärme, Gas [MJ]	366,5
Fern-/ Industrierwärme, Heizöl [MJ]	366,5
Diesel, verbrannt in Baugerät (inkl. Transport) [MJ]	26,6
Asphaltwerk [p]	0,0000006
Schmieröl (inkl. Transport) [kg]	0,0072
Prozesswasser [kg]	20,4
Emissionen in Luft [kg/m³]	
NM VOC, Flüchtige Organische Verbindungen [kg]	0,00012
NOx [kg]	0,000029
Feinstaub, < 10 um [kg]	0,0000011

Tabelle 32: Sachbilanz AC 32 trag (pro Kubikmeter)

Material [kg/m³]	
Füller – Kalkstein (inkl. Transport) [kg]	72,5
Füller – intern generiert (inkl. Transport) [kg]	72,5
Sand (inkl. Transport) [kg]	527
Gesteinszuschlag (inkl. Transport) [kg]	1635
Bitumen (inkl. Transport) [kg]	93
Produktion [x/m³]	
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	20,6
Fern-/ Industrierwärme, Gas [MJ]	366,5
Fern-/ Industrierwärme, Heizöl [MJ]	366,5
Diesel, verbrannt in Baugerät (inkl. Transport) [MJ]	26,6
Asphaltwerk [p]	0,0000006
Schmieröl (inkl. Transport) [kg]	0,0072
Prozesswasser [kg]	20,4
Emissionen in Luft [kg/m³]	
NM VOC, Flüchtige Organische Verbindungen [kg]	0,00012
NOx [kg]	0,000029
Feinstaub, < 10 um [kg]	0,0000011

Tabelle 33: Sachbilanz CEMII/A-M(S-L) 42,5 R (pro Kilogramm)

Material [kg/kg]	
Klinker (inkl. Transport) [kg]	0,788
Kalkstein (inkl. Transport) [kg]	0,162
Gips (inkl. Transport) [kg]	0,05
Produktion [x/kg]	
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	0,0313
Fern-/ Industrierwärme, Heizöl [MJ]	0,00121
Zementwerk [p]	2,73E-11
Stahl, niedriglegiert (inkl. Transport) [kg]	4,04E-5
Ethylenglykol (inkl. Transport) [kg]	0,000212

Tabelle 34: Sachbilanz AHWZ pro kg

Material [kg/kg]	
Kalkstein [kg]	0,2
Hochfenschlacke granuliert [kg] – <i>ökonomische Allokation</i>	0,8
Produktion [x/kg]	
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	0,0313
Transport, LKW [tkm]	0,13606
Zementwerk [p]	2,73E-11
Stahl, niedriglegiert [kg]	4,04E-5

B. Vortrieb und Innenschale

a. Vortrieb

Tabelle 35: Sachbilanz Vortrieb K7 - ST5 - S4/3 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	12,83
Baustahlgitter [kg]	201,39
Bogen [kg]	332,99
Anker [kg]	923,76
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	1,31
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	0,41
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	2'376,00
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	9'101,49
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00759

Tabelle 36: Sachbilanz Vortrieb K6 - ST4 - S3/3 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	9,60
Baustahlgitter [kg]	177,00
Bogen [kg]	195,76
Anker [kg]	564,13
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	1,31
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	98,50
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	1'531,31
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	5'077,62
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00473

Tabelle 37: Sachbilanz Vortrieb K5 - ST3 - S2/2 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	8,42
Baustahlgitter [kg]	100,90
Bogen [kg]	2,66
Anker [kg]	29,06
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	1,31
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	137,52
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	1'081,48
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	4'418,87
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00354

Tabelle 38: Sachbilanz Vortrieb K4 - ST2 - S1/2 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	4,45
Baustahlgitter [kg]	100,63
Bogen [kg]	2,66
Anker [kg]	69,52
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	1,31
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	136,50
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	901,13
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	3'978,17
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00302

Tabelle 39: Sachbilanz Vortrieb K3 - ST1 - S1/1 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	2,29
Baustahlgitter [kg]	25,35
Bogen [kg]	2,66
Anker [kg]	52,96
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	1,31
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	135,04
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	788,03
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	3'597,99
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00255

Tabelle 40: Sachbilanz Vortrieb Tunnel gesamt

Material [x/Tunnel]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	17'961,10
Baustahlgitter [kg]	294'887,16
Bogen [kg]	421'457,18
Anker [kg]	1'183'089,78
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	2'063,73
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	65'290,30
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	3'161'707,71
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	11'703'712,41
Basisdatensatz Baugerät [p]	10,02374

Tabelle 41: Sachbilanz 10-prozentiger Aufschlag Vortrieb Tunnel gesamt

Material [x/Tunnel]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	1'796,11
Baustahlgitter [kg]	29'488,72
Bogen [kg]	42'145,72
Anker [kg]	118'308,98
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	206,37
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	6'529,03
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	316'170,77
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	1'170'371,24
Basisdatensatz Baugerät [p]	1,00237

Tabelle 42: Sachbilanz Vortrieb Tunnel gesamt inkl. 10-prozentiger Aufschlag

Material [x/Tunnel]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	19'757,21
Baustahlgitter [kg]	324'375,88
Bogen [kg]	463'602,90
Anker [kg]	1'301'398,76
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	2'270,1
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	71'819,33
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	3'477'878,48
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	12'874'083,65
Basisdatensatz Baugerät [p]	11,02611

b. Innenschale

Tabelle 43: Sachbilanz Innenschale K7 - S4/3 (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Beton Innenschale Gewölbe [m3] – Tabelle 28	9,45
Beton Innenschale Sohle [m3] – Tabelle 29	15,58
Produktion [x/lfm]	
Elektrizität, Mittelspannung, Verbraucher-Mix AT [kWh]	41,29
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00067

Tabelle 44: Sachbilanz Innenschale K6 - S3/3 (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Beton Innenschale Gewölbe [m3] – Tabelle 28	9,45
Beton Innenschale Sohle [m3] – Tabelle 29	14,72
Produktion [x/lfm]	
Elektrizität, Mittelspannung, Verbraucher-Mix AT [kWh]	39,88
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00067

Tabelle 45: Sachbilanz Innenschale K5 - S2/2 (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Beton Innenschale Gewölbe [m3] – Tabelle 28	10,50
Beton Innenschale Sohle [m3] – Tabelle 29	4,03
Produktion [x/lfm]	
Elektrizität, Mittelspannung, Verbraucher-Mix AT [kWh]	23,97
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00067

Tabelle 46: Sachbilanz Innenschale K4 - S1/2 (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Beton Innenschale Gewölbe [m3] – Tabelle 28	10,50
Beton Innenschale Sohle [m3] – Tabelle 29	4,03
Produktion [x/lfm]	
Elektrizität, Mittelspannung, Verbraucher-Mix AT [kWh]	23,97
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00067

Tabelle 47: Sachbilanz Innenschale K3 - S1/1 (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Beton Innenschale Gewölbe [m3] – Tabelle 28	11,55
Beton Innenschale Sohle [m3] – Tabelle 29	2,00
Produktion [x/lfm]	
Elektrizität, Mittelspannung, Verbraucher-Mix AT [kWh]	22,36
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00067

Tabelle 48: Sachbilanz Innenschale Tunnel gesamt

Material [x/Tunnel]	
Beton Innenschale Gewölbe [m3] – Tabelle 28	14'918,93
Beton Innenschale Sohle [m3] – Tabelle 29	23'076,17
Produktion [x/Tunnel]	
Elektrizität, Mittelspannung, Verbraucher-Mix AT [kWh]	62'691,91
Basisdatensatz Baugerät [p]	1,05016

Tabelle 49: Sachbilanz 10-prozentiger Aufschlag Innenschale Tunnel gesamt

Material [x/Tunnel]	
Beton Innenschale Gewölbe [m3] – Tabelle 28	1'491,89
Beton Innenschale Sohle [m3] – Tabelle 29	2'307,62
Produktion [x/Tunnel]	
Elektrizität, Mittelspannung, Verbraucher-Mix AT [kWh]	6269,19
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,10502

Tabelle 50: Sachbilanz Innenschale Tunnel gesamt inkl. 10-prozentiger Aufschlag

Material [x/Tunnel]	
Beton Innenschale Gewölbe [m3] – Tabelle 28	16'410,82
Beton Innenschale Sohle [m3] – Tabelle 29	25'383,79
Produktion [x/Tunnel]	
Elektrizität, Mittelspannung, Verbraucher-Mix AT [kWh]	68'961,1
Basisdatensatz Baugerät [p]	1,15518

c. Vortrieb Stollen

Tabelle 51: Sachbilanz Vortrieb Stollen K7 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	7,38
Baustahlgitter [kg]	127,01
Bogen [kg]	210,41
Anker [kg]	387,93
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	0,375
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	0,13
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	754,68
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	3'279,96
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00213

Tabelle 52: Sachbilanz Vortrieb Stollen K6 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	4,83
Baustahlgitter [kg]	64,01
Bogen [kg]	162,27
Anker [kg]	174,70
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	0,375
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	28,25
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	539,44
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	1'881,41
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00155

Tabelle 53: Sachbilanz Vortrieb Stollen K5 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	4,47
Baustahlgitter [kg]	64,01
Bogen [kg]	1,81
Anker [kg]	51,11
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	0,375
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	59,50
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	446,59
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	1'910,96
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00132

Tabelle 54: Sachbilanz Vortrieb Stollen K4 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	3,00
Baustahlgitter [kg]	64,01
Bogen [kg]	1,81
Anker [kg]	22,02
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	0,375
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	61,38
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	391,44
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	1'754,35
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00114

Tabelle 55: Sachbilanz Vortrieb Stollen K3 - Karst (pro Laufmeter)

Material [x/lfm]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	1,53
Baustahlgitter [kg]	1,01
Bogen [kg]	1,81
Anker [kg]	9,93
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	0,375
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	63,88
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	383,79
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	1'628,12
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,00096

Tabelle 56: Sachbilanz Vortrieb Stollen inkl. Karst gesamt

Material [x/Tunnel]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	3'828,58
Baustahlgitter [kg]	61'593,84
Bogen [kg]	110'796,53
Anker [kg]	179'182,59
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	226,88
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	7'840,54
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	401'350,20
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	1'645'872,00
Basisdatensatz Baugerät [p]	1,13877

Tabelle 57: Sachbilanz 10-prozentiger Aufschlag Vortrieb Stollen inkl. Karst gesamt

Material [x/Tunnel]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	382,86
Baustahlgitter [kg]	6'159,38
Bogen [kg]	11'079,65
Anker [kg]	17'918,26
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	22,69
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	784,05
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	40'135,02
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	164'587,20
Basisdatensatz Baugerät [p]	0,11388

Tabelle 58: Sachbilanz Vortrieb Stollen und Karst gesamt inkl. 10-prozentiger Aufschlag

Material [x/Tunnel]	
Spritzbeton [m3] – Tabelle 27	4'211,44
Baustahlgitter [kg]	67'753,22
Bogen [kg]	121'876,18
Anker [kg]	197'100,85
Beton Hinterfüllung [m3] – Tabelle 28	249,57
Produktion [x/lfm]	
Sprengstoff [kg]	8'624,59
Elektrizität, Mittelspannung, Mix AT [kWh]	441'485,22
Diesel, verbrannt in Baugerät [MJ]	1'810'459,2
Basisdatensatz Baugerät [p]	1,25265

C. Straßenoberbau

Tabelle 59: Sachbilanz Konstruktion Deckschicht, SMA 11, 3cm (pro Quadratmeter)

Produktion [x/m²]	
Schmieröl [kg]	0,008065833
Basisdatensatz Baugerät (Hydraulikbagger) [p]	8,12746E-08
Diesel [kg]	0,011359929
Emissionen in Luft [x/m²]	
Ammoniak [kg]	2,26331E-07
Benzo(a)pyren [kg]	3,39931E-10
Kadmium [kg]	1,13599E-10
Karbondioxid, fossil [kg]	0,035380543
Karbonmonoxid, fossil [kg]	0,000129208
Chrom [kg]	5,66262E-10
Kupfer [kg]	1,92512E-08
Di-Stickstoffmonoxid [kg]	1,36146E-06
Dioxine [kg]	6,79861E-16
Abwärme [MJ]	0,513364741
Methan, fossil [kg]	1,81239E-06
Nickel [kg]	7,91726E-10
Stickoxide [kg]	0,00049949
NMVOG, Flüchtige Organische Verbindungen [kg]	5,86207E-05
PAH, mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe [kg]	3,80688E-08
Feinstaub, < 2.5 um [kg]	4,56999E-05
Selen [kg]	1,13599E-10
Schwefeldioxid [kg]	1,14466E-05
Zink [kg]	1,13599E-08
Feinstaub, > 10 um [kg]	3,04377E-06
Feinstaub, > 2.5 um, and < 10um [kg]	2,02918E-06
Abfälle [x/m²]	
Entsorgung, Altöl, 10% Wasser, in Sonderabfallverbrennung [kg]	0,008065833

Tabelle 60: Sachbilanz Konstruktion Binderschicht, AC 22 binder, 7 cm (pro Quadratmeter)

Produktion [x/m2]	
Schmieröl [kg]	0,008065833
Basisdatensatz Baugerät (Hydraulikbagger) [p]	1,5728E-07
Diesel [kg]	0,022135759
Emissionen in Luft [x/m2]	
Ammoniak [kg]	4,41025E-07
Benzo(a)pyren [kg]	6,62383E-10
Kadmium [kg]	2,21358E-10
Karbondioxid, fossil [kg]	0,068941906
Karbonmonoxid, fossil [kg]	0,000251773
Chrom [kg]	1,10341E-09
Kupfer [kg]	3,75125E-08
Di-Stickstoffmonoxid [kg]	2,65291E-06
Dioxine [kg]	1,32477E-15
Abwärme [MJ]	1,000333538
Methan, fossil [kg]	3,53158E-06
Nickel [kg]	1,54274E-09
Stickoxide [kg]	0,000973297
NMVOC, Flüchtige Organische Verbindungen [kg]	0,000114227
PAH, mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe [kg]	7,41801E-08
Feinstaub, < 2.5 um [kg]	8,905E-05
Selen [kg]	2,21358E-10
Schwefeldioxid [kg]	2,23047E-05
Zink [kg]	2,21358E-08
Feinstaub, > 10 um [kg]	5,93103E-06
Feinstaub, > 2.5 um, and < 10um [kg]	3,95402E-06
Abfälle [x/m2]	
Entsorgung, Altöl, 10% Wasser, in Sonderabfallverbrennung [kg]	0,008065833

Tabelle 61: Sachbilanz Konstruktion Tragschicht, AC 32 trag, 8 cm (pro Quadratmeter)

Produktion [x/m2]	
Schmieröl [kg]	0,008065833
Basisdatensatz Baugerät (Hydraulikbagger) [p]	2,06684E-07
Diesel [kg]	0,029140048
Emissionen in Luft [x/m2]	
Ammoniak [kg]	5,80577E-07
Benzo(a)pyren [kg]	8,71977E-10
Kadmium [kg]	2,914E-10
Karbondioxid, fossil [kg]	0,090756792
Karbonmonoxid, fossil [kg]	0,00033144
Chrom [kg]	1,45255E-09
Kupfer [kg]	4,93824E-08
Di-Stickstoffmonoxid [kg]	3,49236E-06
Dioxine [kg]	1,74395E-15
Abwärme [MJ]	1,316863256
Methan, fossil [kg]	4,64906E-06
Nickel [kg]	2,03091E-09
Stickoxide [kg]	0,001281272
NM VOC, Flüchtige Organische Verbindungen [kg]	0,000150372
PAH, mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe [kg]	9,76525E-08
Feinstaub, < 2.5 um [kg]	0,000117228
Selen [kg]	2,914E-10
Schwefeldioxid [kg]	2,93625E-05
Zink [kg]	2,914E-08
Feinstaub, > 10 um [kg]	7,80775E-06
Feinstaub, > 2.5 um, and < 10um [kg]	5,20517E-06
Abfälle [x/m2]	
Entsorgung, Altöl, 10% Wasser, in Sonderabfallverbrennung [kg]	0,008065833

Tabelle 62: Sachbilanz Konstruktion ungebundene Tragschicht, 30cm (pro Quadratmeter)

Produktion [x/m2]	
Schmieröl [kg]	0,006888833
Basisdatensatz Baugerät (Hydraulikbagger) [p]	2,71496E-07
Diesel [kg]	0,042836695
Emissionen in Luft [x/m2]	
Ammoniak [kg]	8,53464E-07
Benzo(a)pyren [kg]	1,28183E-09
Kadmium [kg]	4,28367E-10
Karbondioxid, fossil [kg]	0,133415051
Karbonmonoxid, fossil [kg]	0,000487227
Chrom [kg]	2,13529E-09
Kupfer [kg]	7,25935E-08
Di-Stickstoffmonoxid [kg]	5,13386E-06
Dioxine [kg]	2,56366E-15
Abwärme [MJ]	1,935826226
Methan, fossil [kg]	6,83425E-06
Nickel [kg]	2,98549E-09
Stickoxide [kg]	0,001883507
NM VOC, Flüchtige Organische Verbindungen [kg]	0,00022105
PAH, mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe [kg]	1,43552E-07
Feinstaub, < 2.5 um [kg]	0,000172328
Selen [kg]	4,28367E-10
Schwefeldioxid [kg]	4,31637E-05
Zink [kg]	4,28367E-08
Feinstaub, > 10 um [kg]	1,14776E-05
Feinstaub, > 2.5 um, and < 10um [kg]	7,65175E-06
Abfälle [x/m2]	
Entsorgung, Altöl, 10% Wasser, in Sonderabfallverbrennung [kg]	0,006888833

Tabelle 63: Sachbilanz Konstruktion ungebundene Tragschicht, 20cm (pro Quadratmeter)

Produktion [x/m2]	
Schmieröl [kg]	0,006888833
Basisdatensatz Baugerät (Hydraulikbagger) [p]	1,89087E-07
Diesel [kg]	0,029650482
Emissionen in Luft [x/m2]	
Ammoniak [kg]	5,90746E-07
Benzo(a)pyren [kg]	8,87251E-10
Kadmium [kg]	2,96505E-10
Karbondioxid, fossil [kg]	0,092346541
Karbonmonoxid, fossil [kg]	0,000337246
Chrom [kg]	1,478E-09
Kupfer [kg]	5,02474E-08
Di-Stickstoffmonoxid [kg]	3,55353E-06
Dioxine [kg]	1,7745E-15
Abwärme [MJ]	1,339930199
Methan, fossil [kg]	4,7305E-06
Nickel [kg]	2,06648E-09
Stickoxide [kg]	0,001303716
NM VOC, Flüchtige Organische Verbindungen [kg]	0,000153006
PAH, mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe [kg]	9,93631E-08
Feinstaub, < 2.5 um [kg]	0,000119281
Selen [kg]	2,96505E-10
Schwefeldioxid [kg]	2,98768E-05
Zink [kg]	2,96505E-08
Feinstaub, > 10 um [kg]	7,94452E-06
Feinstaub, > 2.5 um, and < 10um [kg]	5,29635E-06
Abfälle [x/m2]	
Entsorgung, Altöl, 10% Wasser, in Sonderabfallverbrennung [kg]	0,006888833

Tabelle 64: Sachbilanz Konstruktion ungebundene Tragschicht, 40cm (pro Quadratmeter)

Produktion [x/m2]	
Schmieröl [kg]	0,006888833
Basisdatensatz Baugerät (Hydraulikbagger) [p]	3,53904E-07
Diesel [kg]	0,056022908
Emissionen in Luft [x/m2]	
Ammoniak [kg]	1,11618E-06
Benzo(a)pyren [kg]	1,67641E-09
Kadmium [kg]	5,60229E-10
Karbondioxid, fossil [kg]	0,174483561
Karbonmonoxid, fossil [kg]	0,000637207
Chrom [kg]	2,79259E-09
Kupfer [kg]	9,49396E-08
Di-Stickstoffmonoxid [kg]	6,7142E-06
Dioxine [kg]	3,35282E-15
Abwärme [MJ]	2,531722253
Methan, fossil [kg]	8,93801E-06
Nickel [kg]	3,9045E-09
Stickoxide [kg]	0,002463297
NMVOC, Flüchtige Organische Verbindungen [kg]	0,000289095
PAH, mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe [kg]	1,87741E-07
Feinstaub, < 2.5 um [kg]	0,000225375
Selen [kg]	5,60229E-10
Schwefeldioxid [kg]	5,64506E-05
Zink [kg]	5,60229E-08
Feinstaub, > 10 um [kg]	1,50107E-05
Feinstaub, > 2.5 um, and < 10um [kg]	1,00071E-05
Abfälle [x/m2]	
Entsorgung, Altöl, 10% Wasser, in Sonderabfallverbrennung [kg]	0,006888833

Tabelle 65: Sachbilanz Straßenoberbau gesamt

Produktion [x/Tunnel]	
SMA 11[m3]	583,35
AC 22 binder [m3]	1'361,15
AC 32 trag [m3]	1'555,60
Ungebundene Schichten [kg]	14'218'200
Füllbeton [m3]	1'193,60
Konstruktion SMA 11 [m2]	19'445
Konstruktion AC 22 binder [m2]	19'445
Konstruktion AC 32 trag [m2]	19'445
Konstruktion Ungebundene Tragschicht 30 cm [m2]	12'560
Konstruktion Ungebundene Tragschicht 20 cm [m2]	6'885
Konstruktion Ungebundene Tragschicht 40 cm [m2]	6'885

D. Deponierung Tunnel und Stollenausbruch

Tabelle 66: Sachbilanz Deponierung Tunnelausbruch gesamt

Produktion [x/Tunnel]	
Entsorgung, Inertes Material, 5% Wasser, in Inertstoffdeponie [t]	376'422,2

Tabelle 67: Sachbilanz Deponierung Stollenausbruch gesamt

Produktion [x/Stollen]	
Entsorgung, Inertes Material, 5% Wasser, in Inertstoffdeponie [t]	37'283,1

Anhang 5 Verkehr und Kraftstoffverbrauch

A. Höhenprofile

Tabelle 68: Höhenprofile Richtung Norden

Richtung Norden									
Ohne Fernpasstunnel (PF0): Imst - Nassereith					Mit Fernpasstunnel (PF3): Imst - Nassereith				
Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]
A12 Imst	714				A12 Imst	714			
		126	5,8	2,2			126	5,8	2,2
Einfahrt Tarrenz	840				Roppener Tunnel Ost	840			
		-44	2,3	714,0			-44	2,3	714,0
Walchenbach	796				A12 Haiming	796			
		27	6,8	0,4			27	6,8	0,4
B189/B179	823				B189/B179	823			
Summe		109	14,9		Summe		109	14,9	

Ohne Fernpasstunnel (PF0): Mötz - Nassereith					Mit Fernpasstunnel (PF3): Mötz - Nassereith				
Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]
A12 Mötz	638				A12 Mötz	638			
		241	5,1	4,7			241	5,1	4,7
L236/B189	879				L236/B189	879			
		241	5,5	4,4			241	5,5	4,4
Holzleitensattel	1120				Holzleitensattel	1120			
		-297	8,2	-3,6			-297	8,2	-3,6
B189/B179	823				B189/B179	823			
Summe		185	18,8		Summe		185	18,8	

Ohne Fernpasstunnel (PF0): Nassereith - Bichlbach					Mit Fernpasstunnel (PF3): Nassereith - Bichlbach				
Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]
B189/B179	823				B189/B179	823			
		262	7,6	3,4			262	7,6	3,4
FPST Süd	1085				FPST Süd	1085			
		127	2,6	4,9					
Fernpasshöhe	1212						50	2,4	2,1
		-77	3,3	-2,3					
FPST Nord	1135				FPST Nord	1135			
		-116	5,6	-2,1			-116	5,6	-2,1
Lermooser Tunnel Nord	1019				Lermooser Tunnel Nord	1019			
		100	3,2	3,1			100	3,2	3,1
Lähn-Wengle	1119				Lähn-Wengle	1119			
		-43	2,7	-1,6			-43	2,7	-1,6
Bichlbach	1076				Bichlbach	1076			
Summe		253	25		Summe		253	21,5	

Tabelle 69: Höhenprofile Richtung Süden

Richtung Süden									
Ohne Fernpasstunnel (PF0): Nassereith - Imst					Mit Fernpasstunnel (PF3): Nassereith - Imst				
Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]
B189/B179	823				B189/B179	823			
		-27	6,8	-0,4			-27	6,8	-0,4
Walchenbach	796				Walchenbach	796			
		44	2,3	1,9			44	2,3	1,9
Einfahrt Tarrenz	840				Einfahrt Tarrenz	840			
		-126	5,8	-2,2			-126	5,8	-2,2
A12 Imst	714				A12 Imst	714			
Summe		-109	14,9		Summe		-109	14,9	

Ohne Fernpasstunnel (PF0): Nassereith - Mötz					Ohne Fernpasstunnel (PF0): Nassereith - Mötz				
Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]
B189/B179	823				B189/B179	823			
		297	8,2	3,6			297	8,2	3,6
Holzleitensattel	1120				Holzleitensattel	1120			
		-241	5,5	-4,4			-241	5,5	-4,4
L236/B189	879				L236/B189	879			
		-241	5,1	-4,7			-241	5,1	-4,7
A12 Mötz	638				A12 Mötz	638			
Summe		-185	18,8		Summe		-185	18,8	

Ohne Fernpasstunnel (PF0): Bichlbach - Nassereith					Ohne Fernpasstunnel (PF0): Bichlbach - Nassereith				
Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]
Bichlbach	1076				Bichlbach	1076			
		43	2,7	1,6			43	2,7	1,6
Lähn-Wengle	1119				Lähn-Wengle	1119			
		-100	3,2	-3,1			-100	3,2	-3,1
Lermooser Tunnel Nord	1019				Lermooser Tunnel Nord	1019			
		116	5,6	2,1			116	5,6	2,1
FPST Nord	1135				FPST Nord	1135			
		77	3,3	2,3			-50	2,4	-2,1
Fernpasshöhe	1212				Fernpasshöhe	1085			
		-127	2,6	-4,9					
FPST Süd	1085								
		-262	7,6	-3,4			-262	7,6	-3,4
B189/B179	823				B189/B179	823			
Summe		-253	25		Summe		-253	21,5	

B. Detaillierte Auswertung Verbrauch unbeeinflusste Fahrt

Tabelle 70: Detaillierte Auswertung unbeeinflusste Fahrt Imst – Nassereith (beide Richtungen)

PF0 und PF3: Imst - Nassereith (Richtung Norden)					Differenzverbrauch pro 100 km							
Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Benzin-Auto [l/100km]	Diesel-Auto [l/100km]	Elektro-Auto [kWh/100km]	Diesel-LKW [l/100km]				
A12 Imst	714											
		126	5,8	2,2	2,39	1,99	9,06	25,25				
Einfahrt Tarrenz	840											
		-44	2,3	-1,9	-1,05	-0,88	-3,99	-2,22				
Walchenbach	796											
		27	6,8	0,4	0,44	0,36	1,66	4,61				
B189/B179	823											
Ort	Differenzverbrauch Strecke				Standardverbrauch Strecke				Gesamtverbrauch Strecke			
	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
A12 Imst												
	0,14	0,12	0,53	1,46	0,45	0,40	1,22	1,72	0,59	0,52	1,74	3,19
Einfahrt Tarrenz												
	-0,02	-0,02	-0,09	-0,05	0,18	0,16	0,48	0,68	0,16	0,14	0,39	0,63
Walchenbach												
	0,03	0,02	0,11	0,31	0,53	0,47	1,43	2,02	0,56	0,49	1,54	2,33
B189/B179												
Summe	0,14	0,12	0,55	1,73	1,16	1,03	3,13	4,43	1,31	1,15	3,68	6,15
PF0 und PF3: Nassereith - Imst (Richtung Süden)					Differenzverbrauch pro 100 km							
Ort	Seehöhe [m]	Höhen- differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Benzin-Auto [l/100km]	Diesel-Auto [l/100km]	Elektro-Auto [kWh/100km]	Diesel-LKW [l/100km]				
B189/B179	823											
		-27	6,8	-0,4	-0,22	-0,18	-0,83	-0,46				
Walchenbach	796											
		44	2,3	1,9	2,11	1,76	7,98	22,24				
Einfahrt Tarrenz	840											
		-126	5,8	-2,2	-1,20	-1,00	-4,53	-2,52				
A12 Imst	714											
Ort	Differenzverbrauch Strecke				Standardverbrauch Strecke				Gesamtverbrauch Strecke			
	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
B189/B179												
	-0,01	-0,01	-0,06	-0,03	0,53	0,47	1,43	2,02	0,52	0,46	1,37	1,99
Walchenbach												
	0,05	0,04	0,18	0,51	0,18	0,16	0,48	0,68	0,23	0,20	0,67	1,19
Einfahrt Tarrenz												
	-0,07	-0,06	-0,26	-0,15	0,45	0,40	1,22	1,72	0,38	0,34	0,96	1,58
A12 Imst												
Summe	-0,04	-0,03	-0,14	0,33	1,16	1,03	3,13	4,43	1,13	1,00	2,99	4,76

Tabelle 71: Detaillierte Auswertung unbeeinflusste Fahrt Mötz – Nassereith (beide Richtungen)

PF0 und PF3: Mötz - Nassereith (Richtung Norden)					Differenzverbrauch pro 100 km			
Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Benzin-Auto [l/100km]	Diesel-Auto [l/100km]	Elektro-Auto [kWh/100km]	Diesel-LKW [l/100km]
A12 Mötz	638							
		241	5,1	4,7	5,20	4,34	19,71	54,92
L236/B189	879							
		241	5,5	4,4	4,82	4,02	18,28	50,93
Holzleitensattel	1120							
		-297	8,2	-3,6	-1,99	-1,66	-7,55	-4,21
B189/B179	823							

Ort	Differenzverbrauch Strecke				Standardverbrauch Strecke				Gesamtverbrauch Strecke			
	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
A12 Mötz												
	0,27	0,22	1,01	2,80	0,40	0,35	1,07	1,51	0,66	0,57	2,08	4,32
L236/B189												
	0,27	0,22	1,01	2,80	0,43	0,38	1,16	1,63	0,69	0,60	2,16	4,43
Holzleitensattel												
	-0,16	-0,14	-0,62	-0,35	0,64	0,57	1,72	2,44	0,48	0,43	1,10	2,09
B189/B179												
Summe	0,37	0,31	1,39	5,26	1,47	1,30	3,95	5,58	1,83	1,60	5,34	10,84

PF0 und PF3: Nassereith - Mötz (Richtung Süden)					Differenzverbrauch pro 100 km			
Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Benzin-Auto [l/100km]	Diesel-Auto [l/100km]	Elektro-Auto [kWh/100km]	Diesel-LKW [l/100km]
B189/B179	823							
		297	8,2	3,6	3,99	3,32	15,11	42,10
Holzleitensattel	1120							
		-241	5,5	-4,4	-2,41	-2,01	-9,14	-5,09
L236/B189	879							
		-241	5,1	-4,7	-2,60	-2,17	-9,85	-5,49
A12 Mötz	638							

Ort	Differenzverbrauch Strecke				Standardverbrauch Strecke				Gesamtverbrauch Strecke			
	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
A12 Mötz												
	0,33	0,27	1,24	3,45	0,64	0,57	1,72	2,44	0,97	0,84	2,96	5,89
L236/B189												
	-0,13	-0,11	-0,50	-0,28	0,43	0,38	1,16	1,63	0,30	0,27	0,65	1,35
Holzleitensattel												
	-0,13	-0,11	-0,50	-0,28	0,40	0,35	1,07	1,51	0,27	0,24	0,57	1,23
B189/B179												
Summe	0,06	0,05	0,23	2,89	1,47	1,30	3,95	5,58	1,53	1,35	4,18	8,48

Tabelle 72: Detaillierte Auswertung unbeeinflusste Fahrt Nassereith – Bichlbach

PF2: Nassereith - Bichlbach (Richtung Norden)					Differenzverbrauch pro 100 km			
Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Benzin-Auto [l/100km]	Diesel-Auto [l/100km]	Elektro-Auto [kWh/100km]	Diesel-LKW [l/100km]
B189/B179	823				3,80	3,16	14,38	40,07
FPST Süd	1085	262	7,6	3,4				
Fernpasshöhe	1212	127	2,6	4,9	5,38	4,48	20,37	56,77
FPST Nord	1135	-77	3,3	-2,3	-1,28	-1,07	-4,87	-2,71
Lermooser Tunnel Nord	1019	-116	5,6	-2,1	-1,14	-0,95	-4,32	-2,41
Lähn-Wengle	1119	100	3,2	3,1	3,44	2,87	13,03	36,32
Bichlbach	1076	-43	2,7	-1,6	-0,88	-0,73	-3,32	-1,85

Ort	Differenzverbrauch Strecke				Standardverbrauch Strecke				Gesamtverbrauch Strecke			
	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
B189/B179	0,29	0,24	1,09	3,05	0,59	0,52	1,60	2,26	0,88	0,76	2,69	5,30
FPST Süd	0,14	0,12	0,53	1,48	0,20	0,18	0,55	0,77	0,34	0,30	1,08	2,25
Fernpasshöhe	-0,04	-0,04	-0,16	-0,09	0,26	0,23	0,69	0,98	0,22	0,19	0,53	0,89
FPST Nord	-0,06	-0,05	-0,24	-0,13	0,44	0,39	1,18	1,66	0,37	0,33	0,93	1,53
Lermooser Tunnel Nord	0,11	0,09	0,42	1,16	0,25	0,22	0,67	0,95	0,36	0,31	1,09	2,11
Lähn-Wengle	-0,02	-0,02	-0,09	-0,05	0,21	0,19	0,57	0,80	0,19	0,17	0,48	0,75
Bichlbach												
Summe	0,41	0,34	1,55	5,41	1,95	1,73	5,25	7,43	2,36	2,07	6,80	12,83

PF3: Nassereith - Bichlbach (Richtung Norden)					Differenzverbrauch pro 100 km			
Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Benzin-Auto [l/100km]	Diesel-Auto [l/100km]	Elektro-Auto [kWh/100km]	Diesel-LKW [l/100km]
B189/B179	823				3,80	3,16	14,38	40,07
FPST Süd	1085	262	7,6	3,4				
Fernpasshöhe	1212	127	2,6	4,9	5,38	4,48	20,37	56,77
FPST Nord	1135	-77	3,3	-2,3	-1,28	-1,07	-4,87	-2,71
Lermooser Tunnel Nord	1019	-116	5,6	-2,1	-1,14	-0,95	-4,32	-2,41
Lähn-Wengle	1119	100	3,2	3,1	3,44	2,87	13,03	36,32
Bichlbach	1076	-43	2,7	-1,6	-0,88	-0,73	-3,32	-1,85

Ort	Differenzverbrauch Strecke				Standardverbrauch Strecke				Gesamtverbrauch Strecke			
	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
B189/B179	0,29	0,24	1,09	3,05	0,59	0,52	1,60	2,26	0,88	0,76	2,69	5,30
FPST Süd	0,06	0,05	0,21	0,58	0,19	0,17	0,50	0,71	0,24	0,21	0,71	1,29
FPST Nord	-0,06	-0,05	-0,24	-0,13	0,44	0,39	1,18	1,66	0,37	0,33	0,93	1,53
Lermooser Tunnel Nord	0,11	0,09	0,42	1,16	0,25	0,22	0,67	0,95	0,36	0,31	1,09	2,11
Lähn-Wengle	-0,02	-0,02	-0,09	-0,05	0,21	0,19	0,57	0,80	0,19	0,17	0,48	0,75
Bichlbach												
Summe	0,37	0,31	1,39	4,60	1,68	1,48	4,52	6,39	2,04	1,79	5,90	10,99

Tabelle 73: Detaillierte Auswertung unbeeinflusste Fahrt Bichlbach – Nassereith

PF0: Bichlbach - Nassereith (Richtung Süden)					Differenzverbrauch pro 100 km			
Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Benzin-Auto [l/100km]	Diesel-Auto [l/100km]	Elektro-Auto [kWh/100km]	Diesel-LKW [l/100km]
Bichlbach	1076							
		43	2,7	1,6	1,75	1,46	6,64	18,51
Lähn-Wengle	1119							
		-100	3,2	-3,1	-1,72	-1,43	-6,52	-3,63
Lermooser Tunnel Nord	1019							
		116	5,6	2,1	2,28	1,90	8,64	24,08
FPST Nord	1135							
		77	3,3	2,3	2,57	2,14	9,73	27,12
Fernpasshöhe	1212							
		-127	2,6	-4,9	-2,69	-2,24	-10,19	-5,68
FPST Süd	1085							
		-262	7,6	-3,4	-1,90	-1,58	-7,19	-4,01
B189/B179	823							

Ort	Differenzverbrauch Strecke				Standardverbrauch Strecke				Gesamtverbrauch Strecke			
	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Bichlbach	0,05	0,04	0,18	0,50	0,21	0,19	0,57	0,80	0,26	0,23	0,75	1,30
Lähn-Wengle												
	-0,06	-0,05	-0,21	-0,12	0,25	0,22	0,67	0,95	0,19	0,17	0,46	0,83
Lermooser Tunnel Nord												
	0,13	0,11	0,48	1,35	0,44	0,39	1,18	1,66	0,56	0,49	1,66	3,01
FPST Nord												
	0,08	0,07	0,32	0,89	0,26	0,23	0,69	0,98	0,34	0,30	1,01	1,88
Fernpasshöhe												
	-0,07	-0,06	-0,26	-0,15	0,20	0,18	0,55	0,77	0,13	0,12	0,28	0,62
FPST Süd												
	-0,14	-0,12	-0,55	-0,30	0,59	0,52	1,60	2,26	0,45	0,40	1,05	1,95
B189/B179												
Summe	-0,01	-0,01	-0,04	2,17	1,95	1,73	5,25	7,43	1,94	1,72	5,21	9,60

PF3: Bichlbach - Nassereith (Richtung Süden)					Differenzverbrauch pro 100 km			
Ort	Seehöhe [m]	Höhen-differenz [m]	Strecke [km]	Steigung/ Gefälle [%]	Benzin-Auto [l/100km]	Diesel-Auto [l/100km]	Elektro-Auto [kWh/100km]	Diesel-LKW [l/100km]
Bichlbach	1076							
		43	2,7	1,6	1,75	1,46	6,64	18,51
Lähn-Wengle	1119							
		-100	3,2	-3,1	-1,72	-1,43	-6,52	-3,63
Lermooser Tunnel Nord	1019							
		116	5,6	2,1	2,28	1,90	8,64	24,08
FPST Nord	1135							
		-50	2,4	-2,1	-1,15	-0,96	-4,34	-2,42
FPST Süd	1085							
		-262	7,6	-3,4	-1,90	-1,58	-7,19	-4,01
B189/B179	823							

Ort	Differenzverbrauch Strecke				Standardverbrauch Strecke				Gesamtverbrauch Strecke			
	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Bichlbach	0,05	0,04	0,18	0,50	0,21	0,19	0,57	0,80	0,26	0,23	0,75	1,30
Lähn-Wengle												
	-0,06	-0,05	-0,21	-0,12	0,25	0,22	0,67	0,95	0,19	0,17	0,46	0,83
Lermooser Tunnel Nord												
	0,13	0,11	0,48	1,35	0,44	0,39	1,18	1,66	0,56	0,49	1,66	3,01
FPST Nord												
	0,08	0,07	0,32	0,89	0,26	0,23	0,69	0,98	0,34	0,30	1,01	1,88
Fernpasshöhe												
	-0,07	-0,06	-0,26	-0,15	0,20	0,18	0,55	0,77	0,13	0,12	0,28	0,62
FPST Süd												
	-0,14	-0,12	-0,55	-0,30	0,59	0,52	1,60	2,26	0,45	0,40	1,05	1,95
B189/B179												
Summe	-0,05	-0,04	-0,20	1,37	1,68	1,48	4,52	6,39	1,63	1,44	4,32	7,75

C. Vergleich Verbräuche mit gesteigertem Zufluss

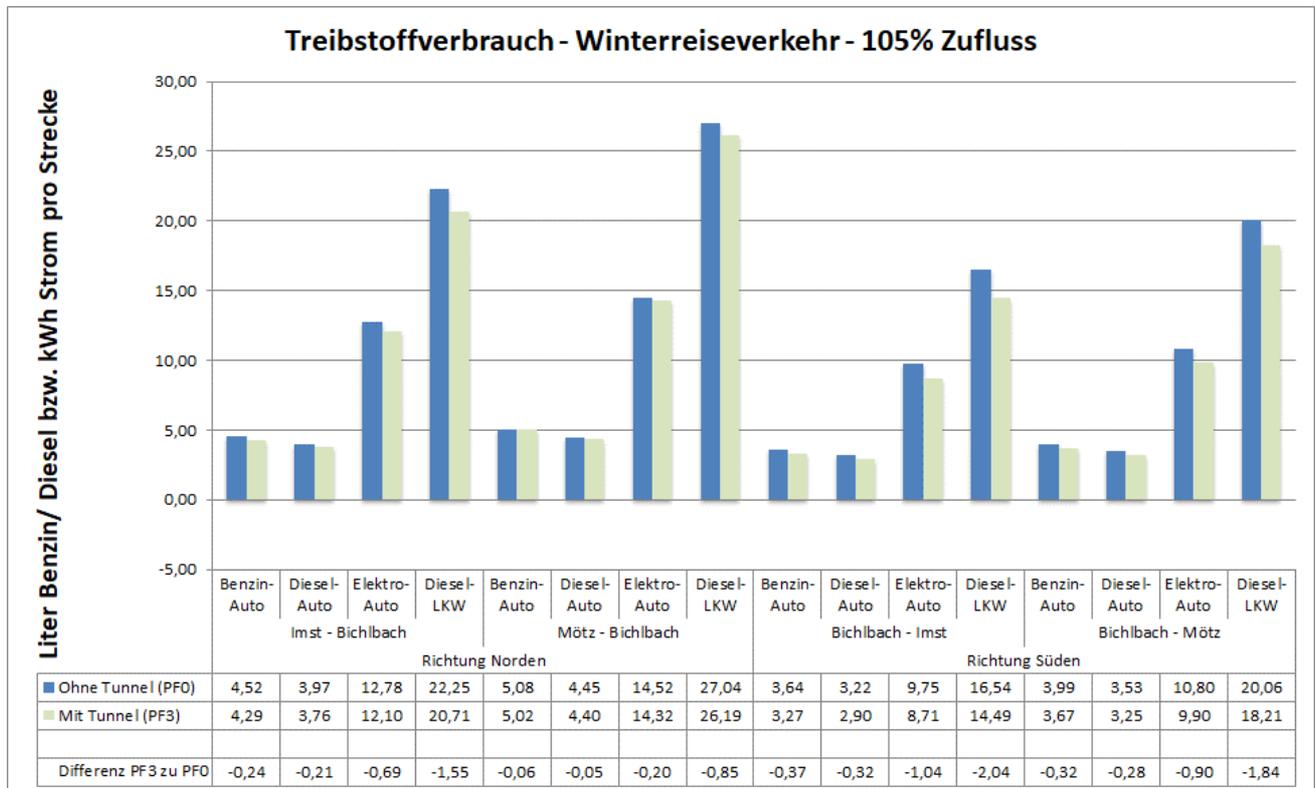


Abbildung 45: Vergleich Verbräuche Befahrung Winterreiseverkehr mit 105 % Zufluss

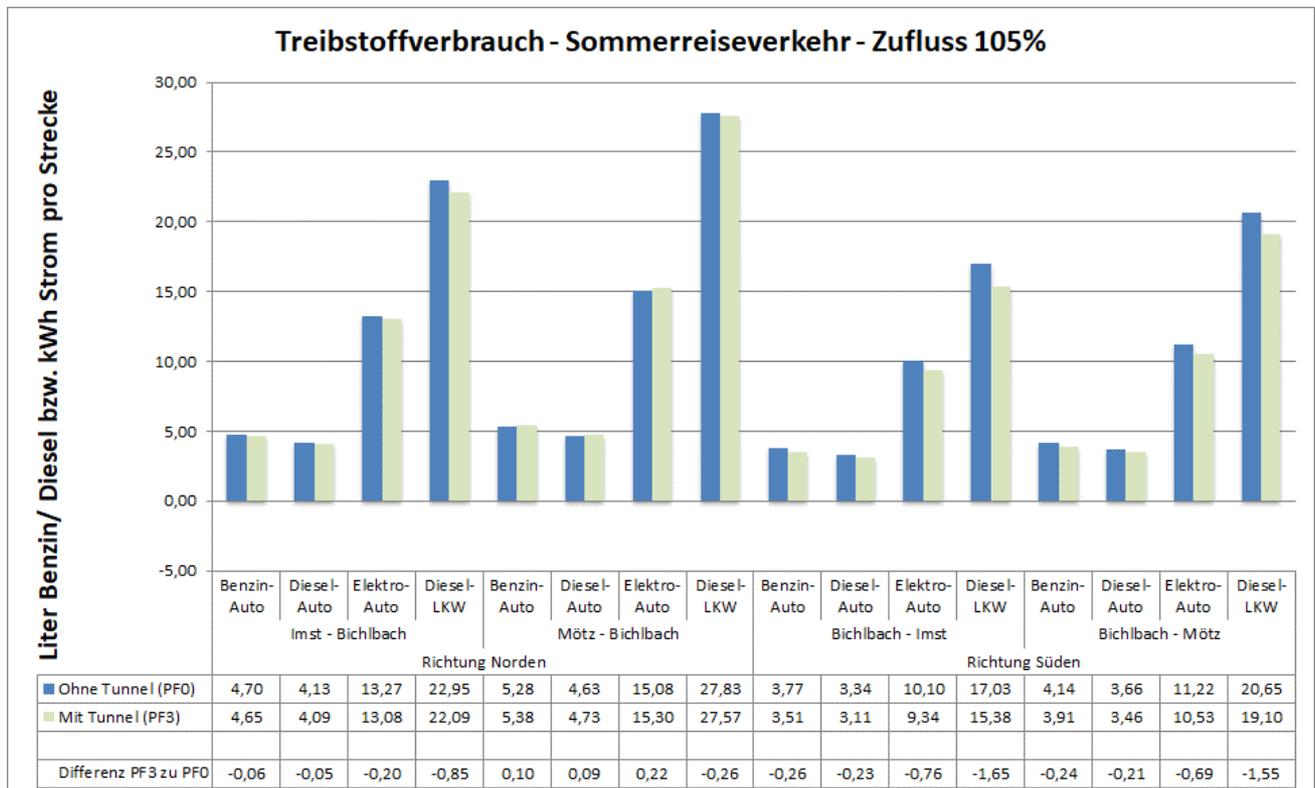


Abbildung 46: Vergleich Verbräuche Befahrung Sommerreiseverkehr mit 105 % Zufluss

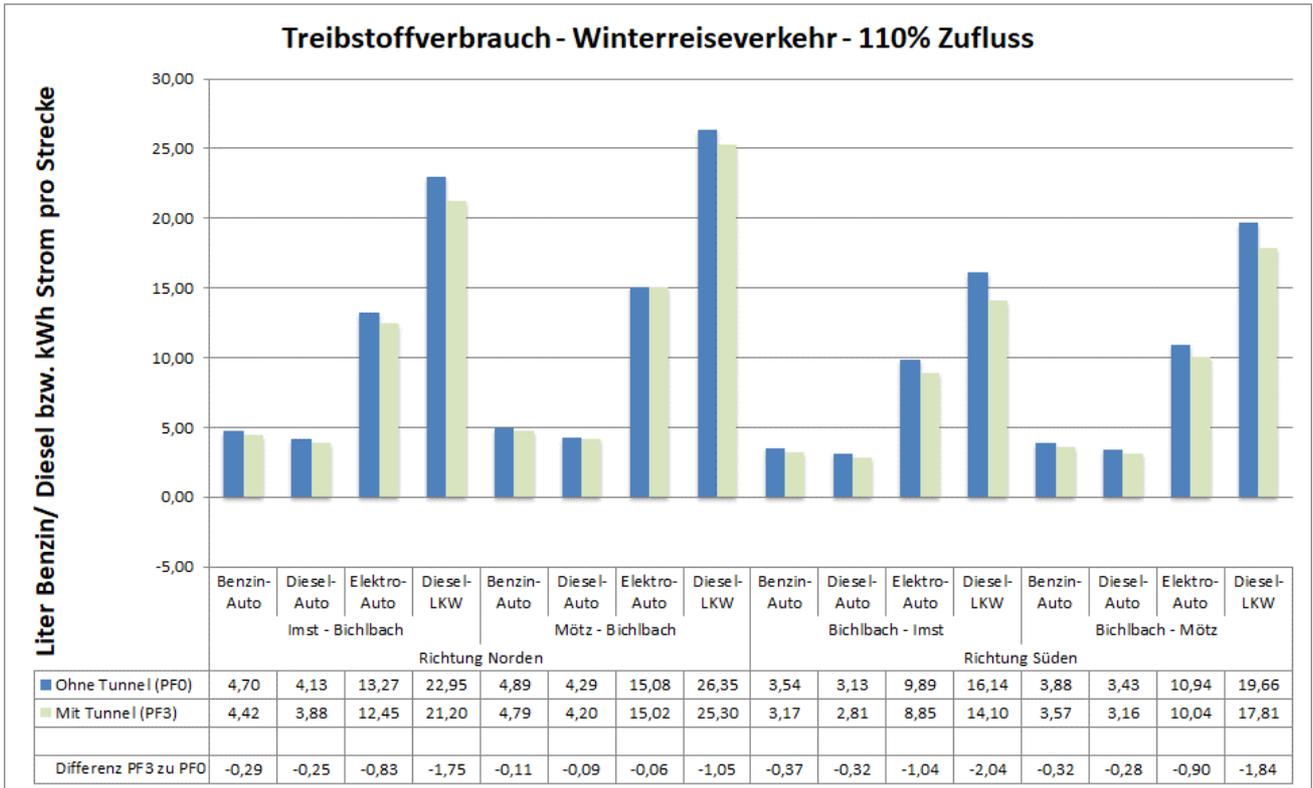


Abbildung 47: Vergleich Verbräuche Befahrung Winterreiseverkehr mit 110 % Zufluss

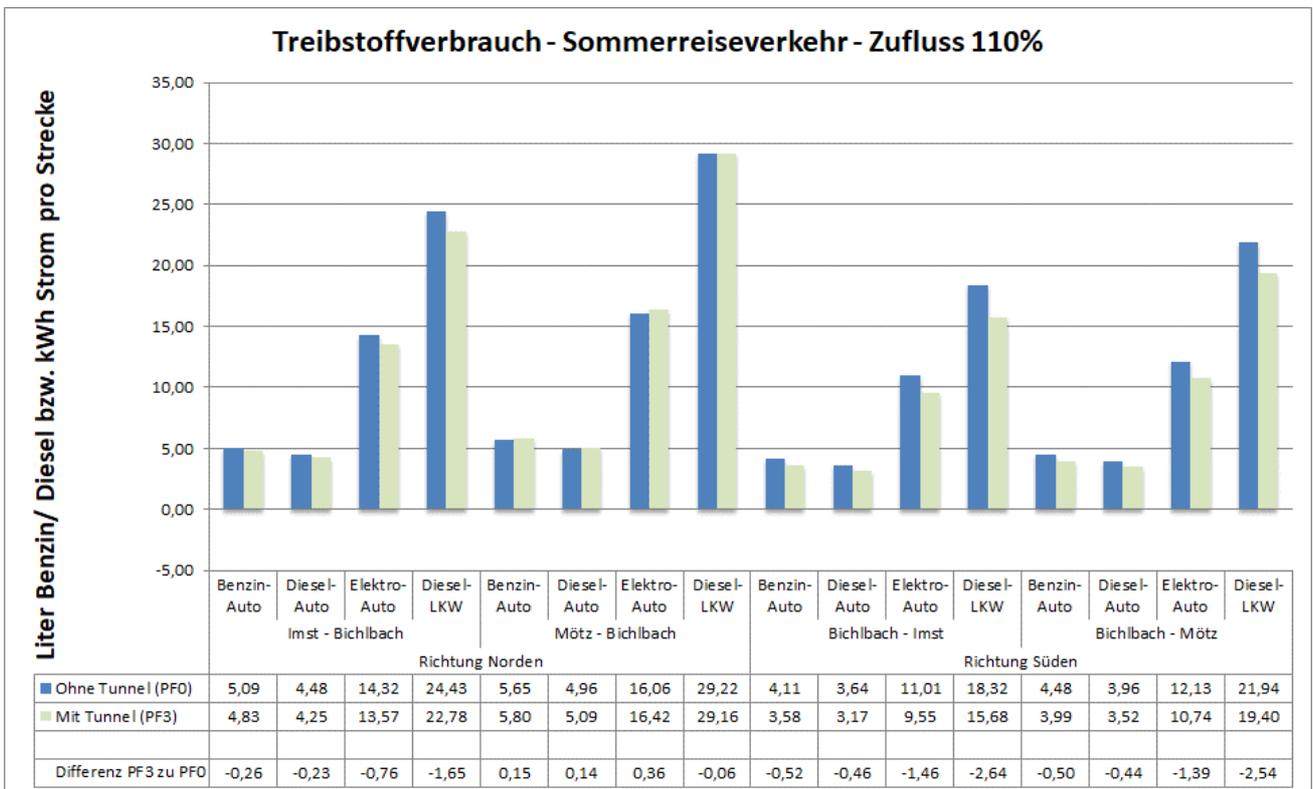


Abbildung 48: Vergleich Verbräuche Befahrung Sommerreiseverkehr mit 110 % Zufluss

D. Detaillierte Auswertung Verbrauch Reiseverkehrstage

Tabelle 74: Detaillierte Auswertung Mehrverbrauch Winterreisetag 100 % Zufluss

PF0: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,66	3,21	10,47	18,99	Verbrauch ohne VLZ	3,35	2,94	9,58	17,14
Mehrverbrauch VLZ	0,68	0,60	1,82	2,57	Mehrverbrauch VLZ	0,81	0,71	2,17	3,07
Summe	4,34	3,81	12,29	21,56	Summe	4,16	3,65	11,75	20,21

PF0: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,07	2,72	8,21	14,36	Verbrauch ohne VLZ	2,75	2,44	7,31	12,51
Mehrverbrauch VLZ	0,47	0,41	1,26	1,78	Mehrverbrauch VLZ	0,42	0,37	1,12	1,58
Summe	3,54	3,13	9,47	16,14	Summe	3,17	2,81	8,43	14,10

PF0: Mötz - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Mötz - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	4,19	3,67	12,14	23,67	Verbrauch ohne VLZ	3,88	3,39	11,24	21,83
Mehrverbrauch VLZ	0,70	0,62	1,89	2,67	Mehrverbrauch VLZ	0,91	0,81	2,45	3,47
Summe	4,89	4,29	14,03	26,35	Summe	4,79	4,20	13,69	25,30

PF0: Bichlbach - Mötz (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Mötz (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,47	3,07	9,40	18,08	Verbrauch ohne VLZ	3,15	2,79	8,50	16,23
Mehrverbrauch VLZ	0,42	0,37	1,12	1,58	Mehrverbrauch VLZ	0,42	0,37	1,12	1,58
Summe	3,88	3,43	10,52	19,66	Summe	3,57	3,16	9,62	17,81

Tabelle 75: Detaillierte Auswertung Mehrverbrauch Sommerreisetag 100 % Zufluss

PF0: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,66	3,21	10,47	18,99	Verbrauch ohne VLZ	3,35	2,94	9,58	17,14
Mehrverbrauch VLZ	0,88	0,78	2,38	3,37	Mehrverbrauch VLZ	0,88	0,78	2,38	3,37
Summe	4,55	4,00	12,85	22,35	Summe	4,23	3,72	11,96	20,51

PF0: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,07	2,72	8,21	14,36	Verbrauch ohne VLZ	2,75	2,44	7,31	12,51
Mehrverbrauch VLZ	0,47	0,41	1,26	1,78	Mehrverbrauch VLZ	0,47	0,41	1,26	1,78
Summe	3,54	3,13	9,47	16,14	Summe	3,22	2,85	8,57	14,30

PF0: Mötzt - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Mötzt - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	4,19	3,67	12,14	23,67	Verbrauch ohne VLZ	3,88	3,39	11,24	21,83
Mehrverbrauch VLZ	0,91	0,81	2,45	3,47	Mehrverbrauch VLZ	0,91	0,81	2,45	3,47
Summe	5,10	4,47	14,59	27,14	Summe	4,79	4,20	13,69	25,30

PF0: Bichlbach - Mötzt (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Mötzt (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,47	3,07	9,40	18,08	Verbrauch ohne VLZ	3,15	2,79	8,50	16,23
Mehrverbrauch VLZ	0,42	0,37	1,12	1,58	Mehrverbrauch VLZ	0,47	0,41	1,26	1,78
Summe	3,88	3,43	10,52	19,66	Summe	3,62	3,20	9,76	18,01

Tabelle 76: Detaillierte Auswertung Mehrverbrauch Winterreisetag 105%

PF0: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,66	3,21	10,47	18,99	Verbrauch ohne VLZ	3,35	2,94	9,58	17,14
Mehrverbrauch VLZ	0,86	0,76	2,31	3,27	Mehrverbrauch VLZ	0,94	0,83	2,52	3,56
Summe	4,52	3,97	12,78	22,25	Summe	4,29	3,76	12,10	20,71

PF0: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,07	2,72	8,21	14,36	Verbrauch ohne VLZ	2,75	2,44	7,31	12,51
Mehrverbrauch VLZ	0,57	0,51	1,54	2,18	Mehrverbrauch VLZ	0,52	0,46	1,40	1,98
Summe	3,64	3,22	9,75	16,54	Summe	3,27	2,90	8,71	14,49

PF0: Mötz - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Mötz - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	4,19	3,67	12,14	23,67	Verbrauch ohne VLZ	3,88	3,39	11,24	21,83
Mehrverbrauch VLZ	0,88	0,78	2,38	3,37	Mehrverbrauch VLZ	1,14	1,01	3,08	4,36
Summe	5,08	4,45	14,52	27,04	Summe	5,02	4,40	14,32	26,19

PF0: Bichlbach - Mötz (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Mötz (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,47	3,07	9,40	18,08	Verbrauch ohne VLZ	3,15	2,79	8,50	16,23
Mehrverbrauch VLZ	0,52	0,46	1,40	1,98	Mehrverbrauch VLZ	0,52	0,46	1,40	1,98
Summe	3,99	3,53	10,80	20,06	Summe	3,67	3,25	9,90	18,21

Tabelle 77: Detaillierte Auswertung Mehrverbrauch Sommerreisetag 105%

PF0: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,66	3,21	10,47	18,99	Verbrauch ohne VLZ	3,35	2,94	9,58	17,14
Mehrverbrauch VLZ	1,04	0,92	2,80	3,96	Mehrverbrauch VLZ	1,30	1,15	3,50	4,95
Summe	4,70	4,13	13,27	22,95	Summe	4,65	4,09	13,08	22,09

PF0: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,07	2,72	8,21	14,36	Verbrauch ohne VLZ	2,75	2,44	7,31	12,51
Mehrverbrauch VLZ	0,70	0,62	1,89	2,67	Mehrverbrauch VLZ	0,75	0,67	2,03	2,87
Summe	3,77	3,34	10,10	17,03	Summe	3,51	3,11	9,34	15,38

PF0: Mötz - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Mötz - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	4,19	3,67	12,14	23,67	Verbrauch ohne VLZ	3,88	3,39	11,24	21,83
Mehrverbrauch VLZ	1,09	0,97	2,94	4,16	Mehrverbrauch VLZ	1,51	1,33	4,06	5,74
Summe	5,28	4,63	15,08	27,83	Summe	5,38	4,73	15,30	27,57

PF0: Bichlbach - Mötz (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Mötz (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,47	3,07	9,40	18,08	Verbrauch ohne VLZ	3,15	2,79	8,50	16,23
Mehrverbrauch VLZ	0,68	0,60	1,82	2,57	Mehrverbrauch VLZ	0,75	0,67	2,03	2,87
Summe	4,14	3,66	11,22	20,65	Summe	3,91	3,46	10,53	19,10

Tabelle 78: Detaillierte Auswertung Mehrverbrauch Winterreisetag 110%

PF0: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,66	3,21	10,47	18,99	Verbrauch ohne VLZ	3,35	2,94	9,58	17,14
Mehrverbrauch VLZ	1,04	0,92	2,80	3,96	Mehrverbrauch VLZ	1,07	0,94	2,87	4,06
Summe	4,70	4,13	13,27	22,95	Summe	4,42	3,88	12,45	21,20

PF0: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,07	2,72	8,21	14,36	Verbrauch ohne VLZ	2,75	2,44	7,31	12,51
Mehrverbrauch VLZ	0,47	0,41	1,68	1,78	Mehrverbrauch VLZ	0,42	0,37	1,54	1,58
Summe	3,54	3,13	9,89	16,14	Summe	3,17	2,81	8,85	14,10

PF0: Mötzt - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Mötzt - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	4,19	3,67	12,14	23,67	Verbrauch ohne VLZ	3,88	3,39	11,24	21,83
Mehrverbrauch VLZ	0,70	0,62	2,94	2,67	Mehrverbrauch VLZ	0,91	0,81	3,78	3,47
Summe	4,89	4,29	15,08	26,35	Summe	4,79	4,20	15,02	25,30

PF0: Bichlbach - Mötzt (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Mötzt (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,47	3,07	9,40	18,08	Verbrauch ohne VLZ	3,15	2,79	8,50	16,23
Mehrverbrauch VLZ	0,42	0,37	1,54	1,58	Mehrverbrauch VLZ	0,42	0,37	1,54	1,58
Summe	3,88	3,43	10,94	19,66	Summe	3,57	3,16	10,04	17,81

Tabelle 79: Detaillierte Auswertung Mehrverbrauch Sommerreisetag 110%

PF0: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Imst - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,66	3,21	10,47	18,99	Verbrauch ohne VLZ	3,35	2,94	9,58	17,14
Mehrverbrauch VLZ	1,43	1,27	3,85	5,45	Mehrverbrauch VLZ	1,48	1,31	3,99	5,64
Summe	5,09	4,48	14,32	24,43	Summe	4,83	4,25	13,57	22,78

PF0: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Imst (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,07	2,72	8,21	14,36	Verbrauch ohne VLZ	2,75	2,44	7,31	12,51
Mehrverbrauch VLZ	1,04	0,92	2,80	3,96	Mehrverbrauch VLZ	0,83	0,74	2,24	3,17
Summe	4,11	3,64	11,01	18,32	Summe	3,58	3,17	9,55	15,68

PF0: Mötzt - Bichlbach (Richtung Norden)					PF3: Mötzt - Bichlbach (Richtung Norden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	4,19	3,67	12,14	23,67	Verbrauch ohne VLZ	3,88	3,39	11,24	21,83
Mehrverbrauch VLZ	1,46	1,29	3,92	5,54	Mehrverbrauch VLZ	1,92	1,70	5,18	7,33
Summe	5,65	4,96	16,06	29,22	Summe	5,80	5,09	16,42	29,16

PF0: Bichlbach - Mötzt (Richtung Süden)					PF3: Bichlbach - Mötzt (Richtung Süden)				
Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]	Ort	Benzin-Auto [l/Strecke]	Diesel-Auto [l/Strecke]	Elektro-Auto [kWh/Strecke]	Diesel-LKW [l/Strecke]
Verbrauch ohne VLZ	3,47	3,07	9,40	18,08	Verbrauch ohne VLZ	3,15	2,79	8,50	16,23
Mehrverbrauch VLZ	1,01	0,90	2,73	3,86	Mehrverbrauch VLZ	0,83	0,74	2,24	3,17
Summe	4,48	3,96	12,13	21,94	Summe	3,99	3,52	10,74	19,40

E. Anzahl Fahrten an Einzeltagen

Tabelle 80: Anzahl Fahrten Werktag 2013

Werktag 2013	PFO		PF3	
Fernpass-Strecke gesamt	B189 & B179		B189 & B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Bichlbach	821	364	966	377
Obsteig/Mötz - Bichlbach	1952	409	2177	406
Richtung Süden				
Bichlbach - Tarrenz/Imst	900	210	1070	211
Bichlbach - Obsteig/Mötz	2492	563	2857	565
Fernpass – Quell- und Ziel-Verkehr	B179		B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Nassereith - Bichlbach	291	13	297	14
Richtung Süden				
Bichlbach - Nassereith	571	17	592	19
Über Tarrenz/Imst – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Nassereith	4401	80	4399	80
Richtung Süden				
Nassereith - Tarrenz/Imst	4505	75	4506	73
Über Obsteig/Mötz – Quell- und Ziel-Verkehr	B189			
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Obsteig/Mötz - Nassereith	500	16	493	15
Richtung Süden				
Nassereith - Obsteig/Mötz	528	17	523	16
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz - Durchgangsverkehr	B189			
	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz	86	11	89	11
Obsteig/Mötz - Tarrenz/Imst	61	5	60	5

Tabelle 81: Anzahl Fahrten Werktag 2025

Werktag 2025	PFO		PF3	
Fernpass-Strecke gesamt	B189 & B179		B189 & B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Bichlbach	1010	163	1188	169
Obsteig/Mötz - Bichlbach	2676	495	2984	491
Richtung Süden				
Bichlbach - Tarrenz/Imst	974	179	1158	180
Bichlbach - Obsteig/Mötz	2697	480	3092	482
Fernpass – Quell- und Ziel-Verkehr	B179		B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Nassereith - Bichlbach	314	11	320	12
Richtung Süden				
Bichlbach - Nassereith	349	8	362	9
Über Tarrenz/Imst – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Nassereith	5417	36	5414	36
Richtung Süden				
Nassereith - Tarrenz/Imst	5420	36	5421	35
Über Obsteig/Mötz – Quell- und Ziel-Verkehr	B189			
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Obsteig/Mötz - Nassereith	685	20	675	19
Richtung Süden				
Nassereith - Obsteig/Mötz	693	19	686	18
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz - Durchgangsverkehr	B189			
	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz	106	5	110	5
Obsteig/Mötz - Tarrenz/Imst	84	6	82	6

Tabelle 82: Anzahl Fahrten Werktag 2037

Werktag 2037	PFO		PF3	
Fernpass-Strecke gesamt	B189 & B179		B189 & B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Bichlbach	1243	163	1461	169
Obsteig/Mötz - Bichlbach	3669	599	4090	594
Richtung Süden				
Bichlbach - Tarrenz/Imst	1054	179	1253	180
Bichlbach - Obsteig/Mötz	2919	480	3346	482
Fernpass – Quell- und Ziel-Verkehr	B179		B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Nassereith - Bichlbach	339	11	345	12
Richtung Süden				
Bichlbach - Nassereith	349	8	362	9
Über Tarrenz/Imst – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Nassereith	6668	36	6663	36
Richtung Süden				
Nassereith - Tarrenz/Imst	6521	36	6522	35
Über Obsteig/Mötz – Quell- und Ziel-Verkehr	B189			
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Obsteig/Mötz - Nassereith	938	25	924	24
Richtung Süden				
Nassereith - Obsteig/Mötz	910	21	900	20
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz - Durchgangsverkehr	B189			
	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz	131	5	136	5
Obsteig/Mötz - Tarrenz/Imst	116	7	112	7

Tabelle 83: Anzahl Fahrten Winterreisetag 2025

Winterreisetag 2013	PFO		PF3	
Fernpass-Strecke gesamt	B189 & B179		B189 & B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Bichlbach	4938	216	4938	216
Obsteig/Mötz - Bichlbach	4664	204	4664	204
Richtung Süden				
Bichlbach - Tarrenz/Imst	5572	222	5572	222
Bichlbach - Obsteig/Mötz	5498	219	5498	219
Fernpass – Quell- und Ziel-Verkehr	B179		B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Nassereith - Bichlbach	1371	60	1371	60
Richtung Süden				
Bichlbach - Nassereith	1313	52	1313	52
Über Tarrenz/Imst – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Nassereith	4738	40	4738	40
Richtung Süden				
Nassereith - Tarrenz/Imst	6411	76	6411	76
Über Obsteig/Mötz – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Obsteig/Mötz - Nassereith	51	2	51	2
Richtung Süden				
Nassereith - Obsteig/Mötz	53	2	53	2
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz - Durchgangsverkehr	B189		B189	
	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz	86	11	86	11
Obsteig/Mötz - Tarrenz/Imst	61	5	61	5

Tabelle 84: Anzahl Fahrten Sommerreisetag 2025

Winterreisetag 2013	PFO		PF3	
Fernpass-Strecke gesamt	B189 & B179		B189 & B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Bichlbach	2078	124	2078	124
Obsteig/Mötz - Bichlbach	4780	286	4780	286
Richtung Süden				
Bichlbach - Tarrenz/Imst	2770	170	2770	170
Bichlbach - Obsteig/Mötz	5970	368	5970	368
Fernpass – Quell- und Ziel-Verkehr	B179		B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Nassereith - Bichlbach	4404	264	4404	264
Richtung Süden				
Bichlbach - Nassereith	4706	290	4706	290
Über Tarrenz/Imst – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Nassereith	6192	172	6192	172
Richtung Süden				
Nassereith - Tarrenz/Imst	5988	182	5988	182
Über Obsteig/Mötz – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Obsteig/Mötz - Nassereith	2186	526	2186	526
Richtung Süden				
Nassereith - Obsteig/Mötz	2748	34	2748	34
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz - Durchgangsverkehr	B189		B189	
	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz	86	12	86	12
Obsteig/Mötz - Tarrenz/Imst	62	6	62	6

Tabelle 85: Anzahl Fahrten Winterreisetag 2037

Winterreisetag 2025	PFO		PF3	
Fernpass-Strecke gesamt	B189 & B179		B189 & B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Bichlbach	5432	238	5432	238
Obsteig/Mötz - Bichlbach	5130	224	5130	224
Richtung Süden				
Bichlbach - Tarrenz/Imst	6129	244	6129	244
Bichlbach - Obsteig/Mötz	6048	241	6048	241
Fernpass – Quell- und Ziel-Verkehr	B179		B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Nassereith - Bichlbach	1508	66	1508	66
Richtung Süden				
Bichlbach - Nassereith	1444	57	1444	57
Über Tarrenz/Imst – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Nassereith	5200	51	5200	51
Richtung Süden				
Nassereith - Tarrenz/Imst	7045	92	7045	92
Über Obsteig/Mötz – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Obsteig/Mötz - Nassereith	69	3	69	3
Richtung Süden				
Nassereith - Obsteig/Mötz	70	2	70	2
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz - Durchgangsverkehr	B189		B189	
	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz	106	5	106	5
Obsteig/Mötz - Tarrenz/Imst	84	6	84	6

Tabelle 86: Anzahl Fahrten Sommerreisetag 2037

Winterreisetag 2025	PFO		PF3	
Fernpass-Strecke gesamt	B189 & B179		B189 & B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Bichlbach	2285	136	2285	136
Obsteig/Mötz - Bichlbach	5258	314	5258	314
Richtung Süden				
Bichlbach - Tarrenz/Imst	3046	187	3046	187
Bichlbach - Obsteig/Mötz	6565	404	6565	404
Fernpass – Quell- und Ziel-Verkehr	B179		B179	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Nassereith - Bichlbach	4844	289	4844	289
Richtung Süden				
Bichlbach - Nassereith	5176	319	5176	319
Über Tarrenz/Imst – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Nassereith	6800	196	6800	196
Richtung Süden				
Nassereith - Tarrenz/Imst	6579	209	6579	209
Über Obsteig/Mötz – Quell- und Ziel-Verkehr	B189		B189	
Richtung Norden	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Obsteig/Mötz - Nassereith	2388	578	2388	578
Richtung Süden				
Nassereith - Obsteig/Mötz	3007	33	3007	33
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz - Durchgangsverkehr	B189		B189	
	PkwÄ	LkwÄ	PkwÄ	LkwÄ
Tarrenz/Imst - Obsteig/Mötz	106	5	106	5
Obsteig/Mötz - Tarrenz/Imst	84	6	84	6

F. Sachbilanzen Treibstoffverbrauch

Tabelle 87: Sachbilanz 1 Liter Benzinverbrauch in einem durchschnittlichen Pkw

Material [kg/m ³]	
Benzin	1,3378
Emissionen [kg/m ³]	
1-Pentene	5,30E-07
Acetaldehyde	3,61E-06
Acetone	2,94E-06
Acrolein	9,15E-07
Ammonia	4,01E-05
Benzaldehyde	1,06E-06
Benzene	8,01E-05
Butane	1,59E-04
Cadmium	1,34E-08
Carbon dioxide, fossil	4,25E+00
Carbon monoxide, fossil	8,33E-03
Chromium	6,69E-08
Chromium IV	1,34E-10
Copper	2,27E-06
Cyclohexane	5,49E-06
Dinitrogen monoxide	1,74E-04
Ethane	2,22E-05
Ethene	5,70E-07
Ethylene oxide	3,52E-05
Formaldehyde	8,19E-06
Heptane	3,56E-06
Hexane	7,75E-06
Lead	2,01E-09
m-Xylene	6,83E-05
Mercury	9,36E-11
Methane	3,42E-04
Methyl ethyl ketone	2,41E-07
Nickel	9,36E-08
Nitrogen oxides	6,68E-04
NMVOC, non-methane volatile organic compounds	1,43E-03
o-Xylene	1,59E-05
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	4,66E-08
Particulates, < 2.5 um	2,20E-05
Pentane	1,86E-04
Pentane, 2-methyl-	1,60E-04
Propane	1,21E-04
Propene	3,19E-06
Propylene oxide	1,84E-05
Selenium	1,34E-08
Styrene	4,86E-06
Sulfur dioxide	2,68E-05
Toluene	1,58E-04
Zinc	1,34E-06

Tabelle 88: Sachbilanz 1 Liter Dieselverbrauch in einem durchschnittlichen Pkw

Material [kg/m3]	
Diesel	1,2012
Emissionen [kg/m3]	
Acetaldehyde	3,48E-05
Acetone	1,58E-05
Acrolein	1,92E-05
Ammonia	1,92E-05
Benzaldehyde	4,62E-06
Benzene	1,06E-05
Butane	5,91E-07
Cadmium	1,20E-08
Carbon dioxide, fossil	3,77E+00
Carbon monoxide, fossil	1,31E-03
Chromium	6,01E-08
Chromium IV	1,20E-10
Copper	2,04E-06
Cyclohexane	3,49E-06
Dinitrogen monoxide	6,01E-05
Ethane	1,77E-06
Ethylene oxide	5,90E-05
Formaldehyde	6,45E-05
Heptane	1,07E-06
Lead	9,91E-14
m-Xylene	3,28E-06
Mercury	2,40E-11
Methane	4,04E-05
Methyl ethyl ketone	6,45E-06
Nickel	8,41E-08
Nitrogen oxides	1,46E-02
NM VOC, non-methane volatile organic compounds	2,85E-04
o-Xylene	1,45E-06
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	2,22E-07
Particulates, < 2.5 um	4,13E-05
Pentane	2,15E-07
Propane	5,91E-07
Propylene oxide	1,93E-05
Selenium	1,20E-08
Styrene	1,99E-06
Sulfur dioxide	2,40E-05
Toluene	3,71E-06
Zinc	1,20E-06

Tabelle 89: Sachbilanz 1 kWh Stromverbrauch in einem durchschnittlichen Pkw

Material [x/m3]	
Elektrizität, Niederspannung, Mix AT [kWh]	1
Batterie	1,32E-02

Tabelle 90: Sachbilanz 1 Liter Dieserverbrauch in einem durchschnittlichen Lkw

Material [kg/m3]	
Diesel	1,2282
Emissionen [kg/m3]	
Acetaldehyde	6,25E-06
Acrolein	2,42E-06
Ammonia	1,70E-05
Arsenic	1,23E-10
Benzaldehyde	1,87E-06
Benzene	9,57E-08
Butane	2,05E-07
Cadmium	1,07E-08
Carbon dioxide, fossil	3,85E+00
Carbon monoxide, fossil	6,14E-03
Chromium	3,68E-08
Chromium VI	7,37E-11
Copper	2,60E-08
Dinitrogen monoxide	2,22E-04
Ethane	4,10E-08
Formaldehyde	1,15E-05
Heptane	4,10E-07
Lead	6,40E-08
m-Xylene	1,34E-06
Mercury	6,51E-09
Methane, fossil	3,36E-06
Nickel	1,08E-08
Nitrogen oxides	1,09E-02
NMVOC, non-methane volatile organic compounds	1,11E-04
o-Xylene	5,47E-07
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	9,60E-08
Particulates, < 2.5 um	1,18E-04
Pentane	8,21E-08
Propane	1,37E-07
Selenium	1,23E-10
Styrene	7,66E-07
Sulfur dioxide	1,89E-05
Toluene	1,37E-08
Zinc	2,13E-06
Acetaldehyde	6,25E-06
Acrolein	2,42E-06
Ammonia	1,70E-05
Arsenic	1,23E-10

Anhang 6 Ökobilanz Verkehr

A. Vergleich Einzeltage

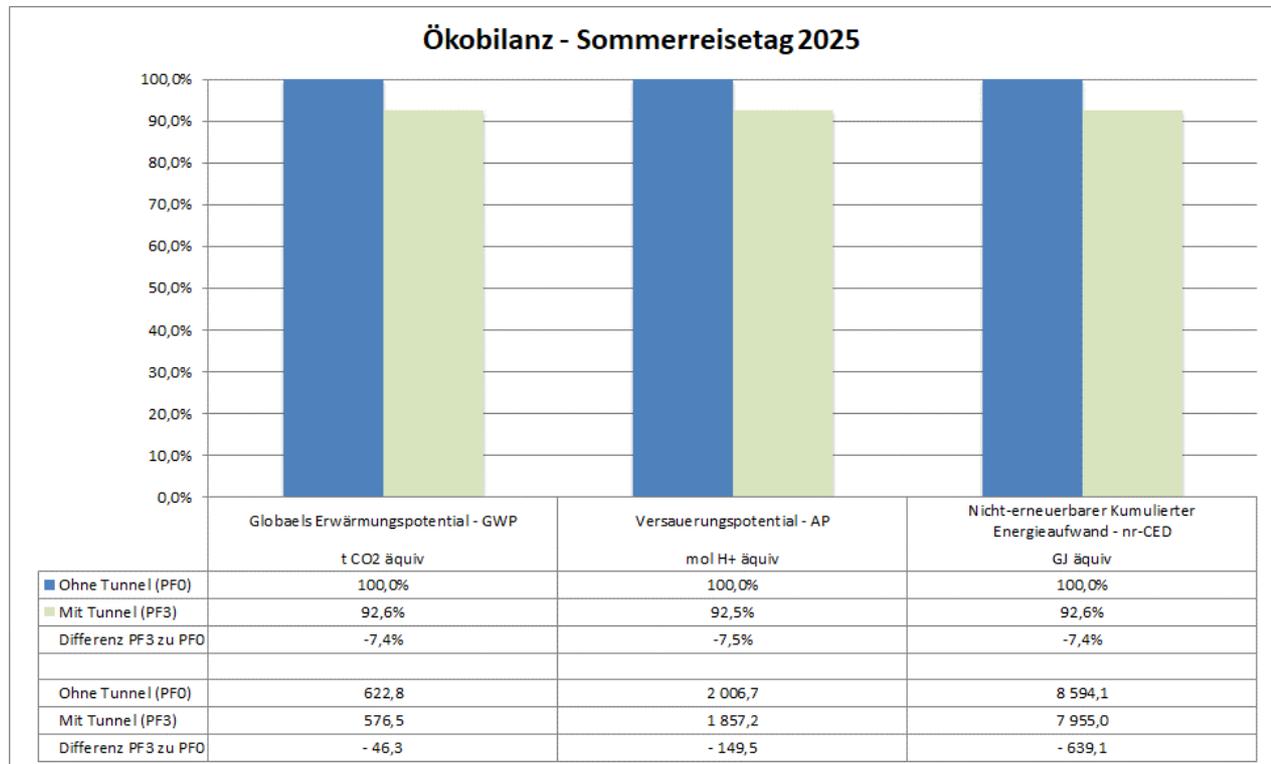


Abbildung 49: Ökobilanz Verkehr an einem Sommerreisetag im Jahr 2025

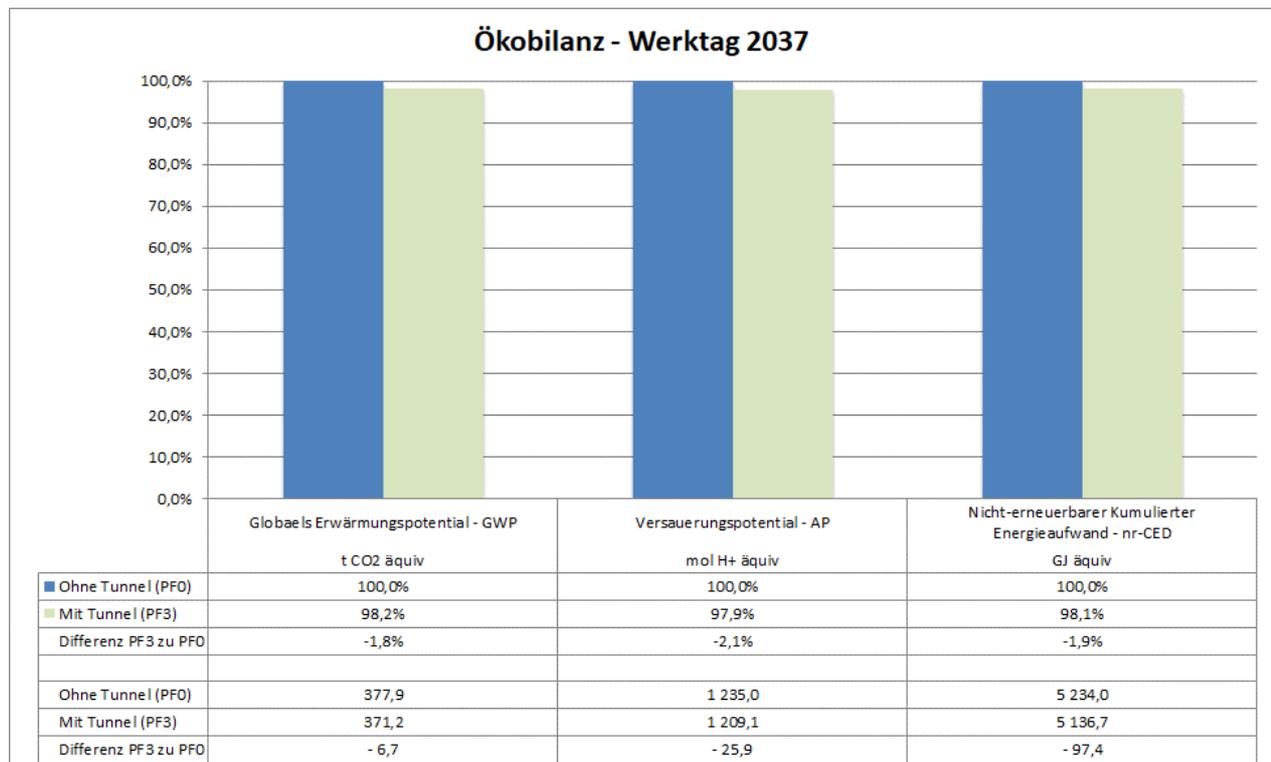


Abbildung 50: Ökobilanz Verkehr an einem Normalwerktag im Jahr 2037

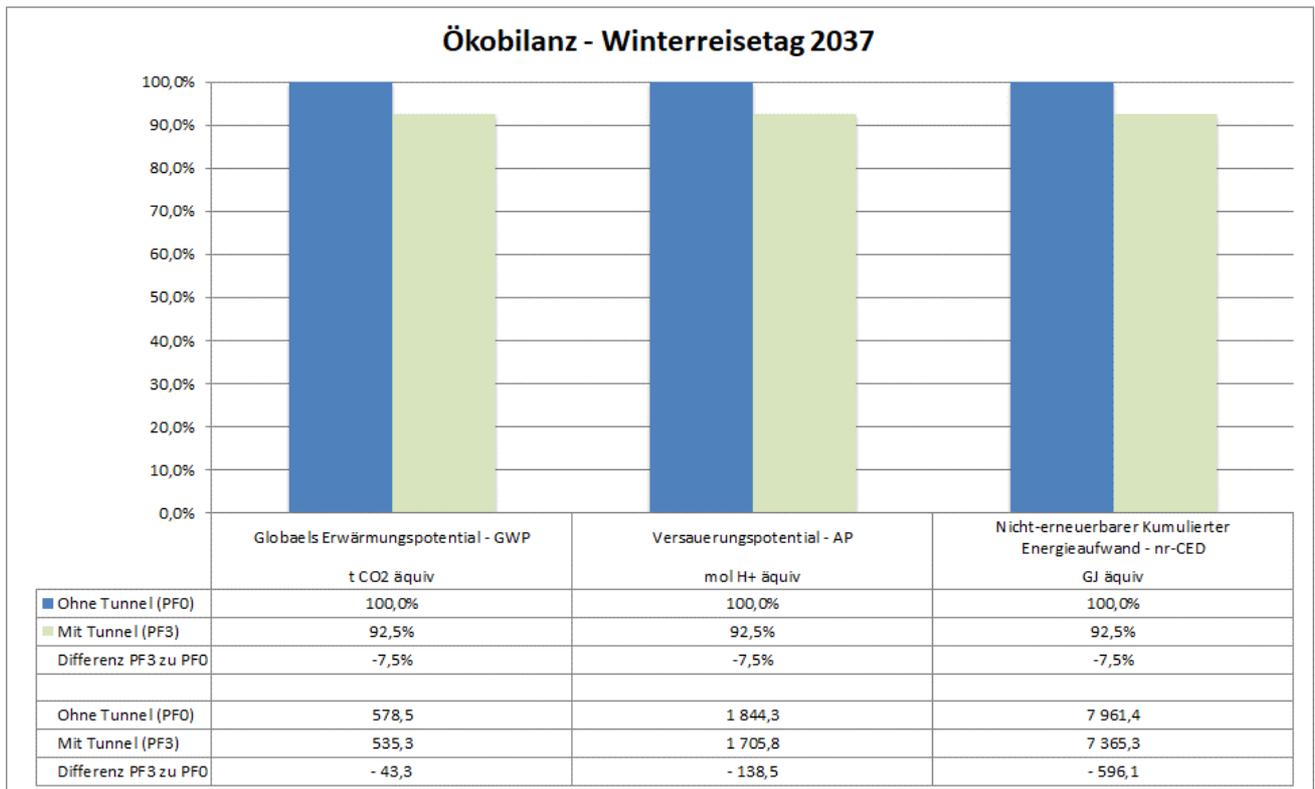


Abbildung 51: Ökobilanz Verkehr an einem Winterreisetag im Jahr 2037

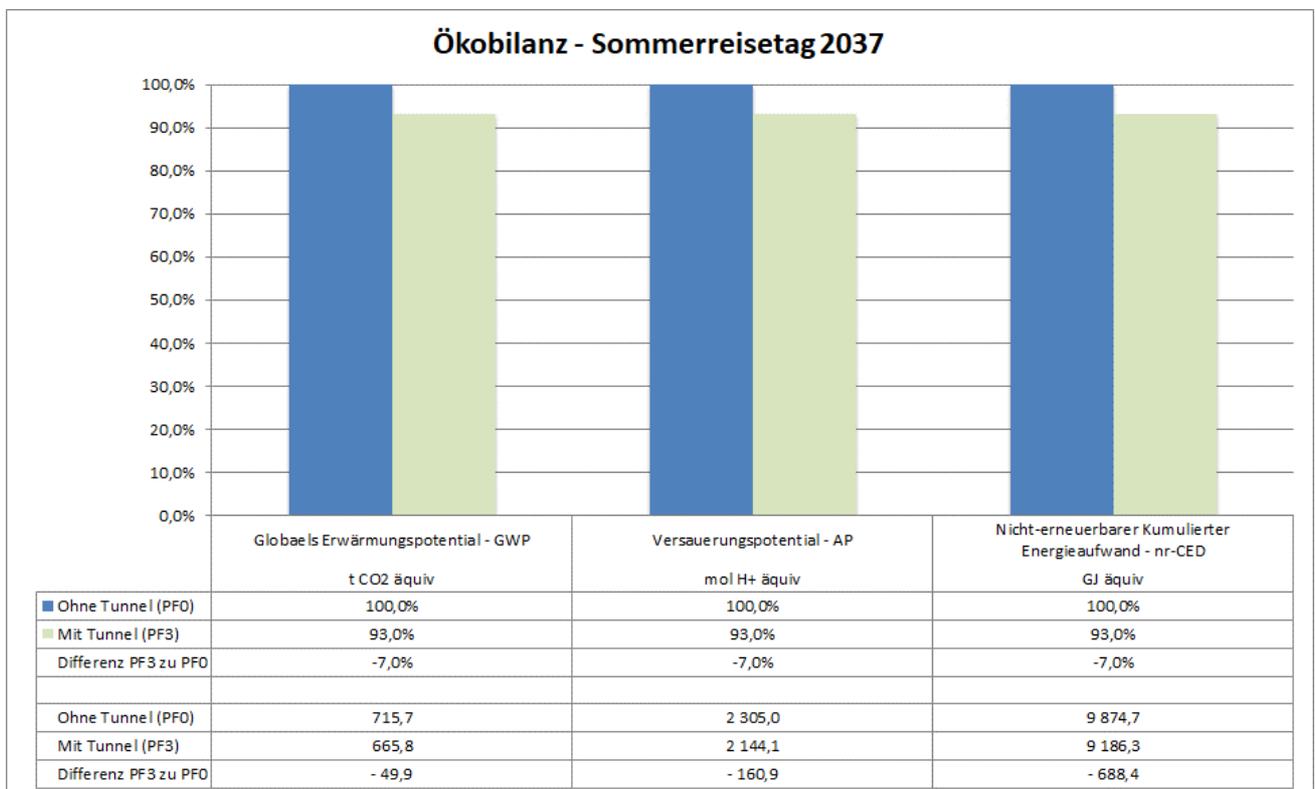


Abbildung 52: Ökobilanz Verkehr an einem Sommerreisetag im Jahr 2037