

Der Brennerkorridor – eine europäische Dimension für Mobilität und Nachhaltigkeit



Konrad Bergmeister

Kurzfassung

Der Brennerkorridor wird entlang des Alpenbogens am stärksten durch den Güterverkehr belastet. Er ist Teil des europäischen über 9600 km langen Scan-Med-Korridors von Helsinki bis Valletta. Derzeit wird dort die weltlängste unterirdische Eisenbahnverbindung mit dem 64 km langen Brenner Basistunnel und den Zulaufstrecken im Norden und Süden gebaut. Diese Infrastrukturen sind Voraussetzung für eine Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße (heute über 70 %) auf die Schiene. Europa unterstützt den Bau dieser Infrastrukturen und hat mit dem „green deal“ und der Treibhausgasneutralität bis 2050 eine neue Epoche in der Nachhaltigkeit ausgerufen. Deshalb müssen sowohl beim Bau als auch beim Betrieb konkrete Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen und zur Verbesserung der Nachhaltigkeit getroffen werden, wie dies im Beitrag aufgezeigt wird. Mit verkehrspolitischen Maßnahmen zur Benutzung der Bahn und unter Einbezug der Wasserstoff-Technologie aus lokaler erneuerbarer Energie und emissionsfreien Fahrzeugen kann der grüne Brennerkorridor schrittweise Realität werden.

Article note: Vortrag anlässlich der Tagung: *Mobilitäts- und Transportrecht in Europa – Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektiven am 01.02.2019 an der Universität Innsbruck*. Wichtige Daten wurden vor der Drucklegung im September 2021 aktualisiert.

K. Bergmeister (✉)

Institut für Konstruktiver Ingenieurbau, Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich
E-Mail: konrad.bergmeister@boku.ac.at

© Der/die Autor(en) 2022

S. Laimer, C. Perathoner (Hrsg.), *Mobilitäts- und Transportrecht in Europa*,
Bibliothek des Wirtschaftsrechts 2,
https://doi.org/10.1007/978-3-662-63635-0_9

179

1 Übersicht

Der Brennerkorridor stellt im Alpenraum den zentralen Weg für die Güterströme vom Norden in den Süden Europas dar. Österreich wird von 4 der aktuellen europäischen TEN-V-Verkehrskorridore durchquert. Schon seit langem ist aber der Brennerkorridor am stärksten von den Gütertransporten belastet. Daher gilt unsere Aufmerksamkeit den Verkehrsströmen, den derzeitigen und zukünftigen Infrastrukturen unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit mit den zukünftigen Perspektiven (Abb. 1).

Über den Brenner werden derzeit etwa ein Viertel mehr Güter transportiert als insgesamt durch die Schweiz. Tabellarisch sind die Werte des Güterverkehrs der 3 Länder Österreich, Schweiz und Frankreich aus dem Jahre 2018 in Tab. 1 dargestellt. Über den Brenner fuhr im Jahr 2018 knapp 2,5 Millionen und etwa 11 Millionen Pkw.

Ein großes Thema des Güterverkehrs im Alpenraum und in Österreich bleiben der regionale Güterverkehr. Derzeit werden etwa 88 % der Güter aus Österreich mittels LKW weniger als 150 km transportiert. Insgesamt fahren auf Österreichs Straßen knapp 50 % aller LKW weniger als 50 km. Genau diese Reichweite sollte zukünftig mit emissionsarmen Fahrzeugen (z. B. E-LKW, H2-LKW) verpflichtend abgewickelt werden (Abb. 2).

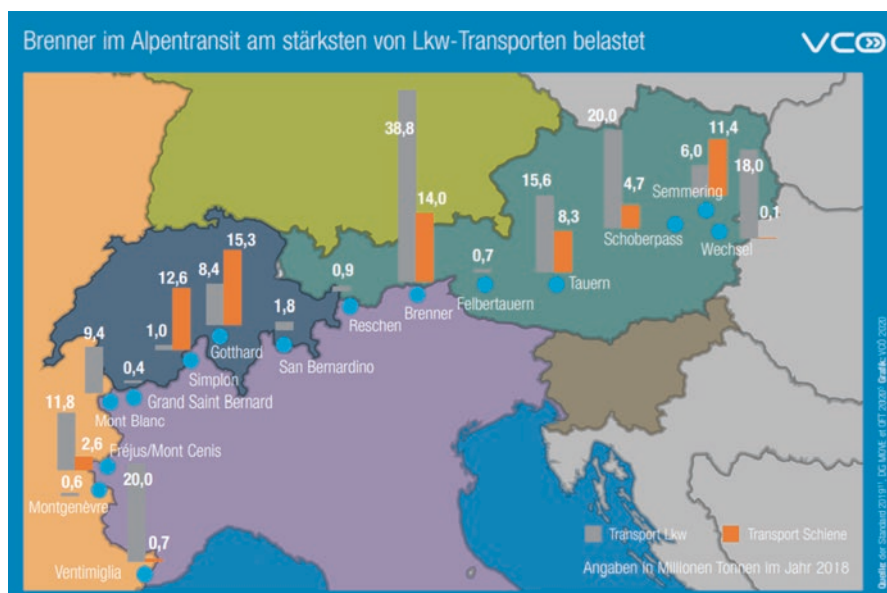


Abb. 1 Brenner und der Alpentransit (aus [<https://www.vcoe.at/grafiken/wirtschaft-gueterverkehr-luftfahrt.>])

Tab 1 Güterverkehr im Jahre 2018 in Österreich, Schweiz, Frankreich

	Österreich	Schweiz	Frankreich
Straße [to]	39,8	11,7	21,3
Bahn [to]	14,0	27,9	3,4
Gesamt [to]	53,8	39,6	24,7
Anteile 118,1 to	45,5 %	33,5 %	21 %

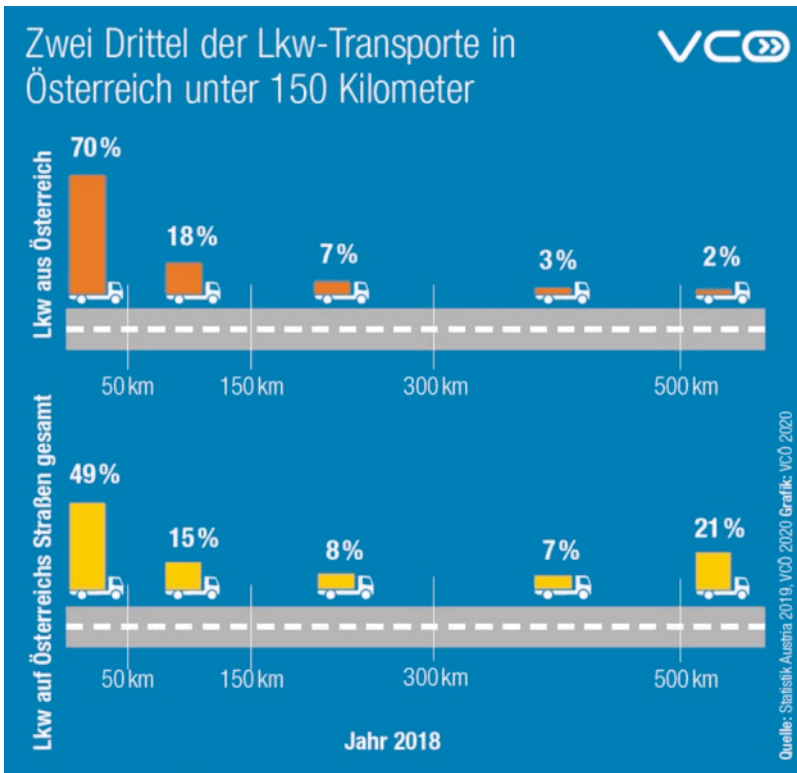


Abb. 2 Güterverkehr in Österreich (aus [<https://www.vcoe.at/grafiken/wirtschaft-gueterverkehr-luftfahrt.>])

2 Welche Maßnahmen können getroffen werden?

Alle Anstrengungen müssen unternommen werden, um einen gesunden Lebensraum und andererseits die wirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten im Brennerkorridor und im Alpenraum zu gewährleisten. Dazu gehören ein verändertes Mobilitätsverhalten, die Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene, interaktive Logistiksysteme und die Anpassung des Wirtschaftsraumes an bahnaffine Strukturen.

Zur Verlagerungsmöglichkeit gehört zwangsläufig eine effiziente Bahninfrastruktur. Der 9121 km lange Nord-Südkorridor von Helsinki über Dänemark, Nürnberg, München, Kufstein, Innsbruck, Franzensfeste, Bozen, Trient, Verona bis zur Insel Malta stellt wohl die wichtigste Nord-Südverbindung dar.

Entlang dieses Korridors wird derzeit zwischen Kundl und Waidbruck auf einer Strecke von über 130 km (Unterinntal mit 32,5 km + BBT mit 64 km + Schalderertunnel mit 15,4 + Grödnertunnel mit 6,3 km = 118,2 km) eine neue Brennerbahn mit dem längsten unterirdischen Tunnelsystem von 118 km und dem weltlängsten Basistunnel mit 64 km gebaut (Abb. 3).

Ein wichtiges Element ist eine effiziente Transportlogistik. Mit der Synchromodalität kann eine Effizienzsteigerung erreicht werden. Die Synchromodalität ist eine verbesserte Integration des Wechsels und der Nutzung der verschiedenen Verkehrsträger. Dabei können für einen Transport über eine definierte Quell-Ziel-Definition die Kosten, das Zeitfenster und die Zielvorgaben zur Nachhaltigkeit (max. CO₂-Emissionen) optimiert werden. Dadurch, dass kein präferenziertes Transportsystem vorgeschrieben wird, können die Transportprozesse optimal ergänzt werden. Auch durch die Digitalisierung der Logistikprozesse und Automatisierung der Zustellprozesse (Zustellroboter) kann die Effizienz gesteigert und die CO₂-Emissionen reduziert werden.

Wichtige Innovationsschritte stellen zukünftige Maßnahmen der EU-Wasserstoffstrategie „A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe“ dar, welche durch die am 8. Juli 2020 gestartete Wasserstoffallianz¹ eine neue Unterstützung fand. Damit aber Wasserstoff ein Bestandteil der Dekarbonisierungsstrategie werden kann, muss seine gesamte Wertschöpfungskette, von der Energieerzeugung, über die Wasserstoffproduktion, die Speicherung und Lieferung sowie die entsprechende Infrastruktur mit der Logistik umgestellt werden. Im Güterverkehr müssen auch die Fahrzeuge entwickelt und eingesetzt werden. Bereits im Jahre 2001 hat die Brennerautobahn A22, Aktivitäten zur Realisierung eines Wasserstoffzentrums mit Produktion und Tankstelle in Bozen Süd gesetzt. Aktuell ist die Entwicklung eines Tankstellennetzes entlang der Brennerautobahn vom Brenner nach Modena geplant. Seit 2006 widmet sich das Institut für Innovative Technologie Kons. GmbH in Bozen dem Aufbau dieser Wasserstoff-Technologie.

Mit Beschluss vom 27. Mai 2020 der drei Landeshauptleute (Tirol, Südtirol, Trentino) wurde ein gemeinsamer Euregio-Masterplan² für den Wasserstoff erarbeitet. Mit diesem Beschluss wurden die Rahmenbedingungen definiert, um gezielt Wasserstoff als Energieträger aus nachhaltig hergestellten Stromquellen entlang des Brennerkorridors mit einer flächendeckenden Verteilung einzusetzen. Für das berechnete Szenario im Jahre 2030 würde es in der Europaregion Tirol – Süd-

¹ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf.

² Bergmeister, K. (2020): H2-Masterplan Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino – Brenner-Wasserstoff-Korridor. EVTZ, Bozen-Innsbruck.



Abb. 3 Scan-Med-Korridor mit Brenner Basistunnel

tirol – Trentino jährlich über 50.000 Tonnen an Wasserstoff brauchen und es könnten die CO₂-Emissionen in Bezug auf das Jahre 2019 um 3,3 Millionen Tonnen reduziert werden (Abb. 4).

Entlang des Brennerkorridors kann durch die Integration emissionsarmer Fahrzeuge (elektrischer Antrieb, Brennstoffzellen), dem zügigen Bau des Brenner Basistunnels, den Zulaufstrecken und den entsprechenden Terminals sowie einer Priorisierung der Verlagerung des Güterverkehrs auf die neue Brennerbahn der grüne Brennerkorridor entwickelt werden.



Abb. 4 Umsetzung der H2-Strategie in der Euregio Tirol-Südtirol-Trentino; Stand 2030

3 Was geschieht am Brennerkorridor derzeit?

3.1 Nordzulauf

Sehr plakativ werden nachfolgend tabellarisch die derzeitigen Aktionen entlang des Nordzulaufes zum Brenner Basistunnel dargestellt werden. Dabei zeigt sich, dass auf dem Abschnitt von München bis Kundl/Radfeld sehr unterschiedliche Projektfortschritte vorliegen (Tab. 2).

Im Unterinntal wird der erste Abschnitt (Kundl–Baumkirchen)³ bereits seit dem 9. Dezember 2012 mit Geschwindigkeiten bis 220 km/h befahren. Dieser Ab-

³ÖBB Infra AG (2012): Eisenbahnachse Brenner – Zulaufstrecke Nord 1996-2012. Dokumentation, Erfahrungen. Haymon-Verlag.

Tab. 2 Abschnitte entlang der nördlichen Zulaufstrecke

Abschnitt	Aktuelle Situation (09/2020)	Zeitplan	Akteure
München/Trudering – Grafing:	Gespräche/Dialog Blockverdichtung	2020: Start planungsbegleitender Dialog erfolgt	DB Netze
Großkarolinenfeld – Grafing	Gespräche/Dialog	2022: Trassenauswahl	DB Netze
Rosenheim – Deutsches Inntal; ca. 40 km	Trassenauswahlverfahren Ministerialvereinbarung vom 15.06.2012	2021: Bekanntgabe der Vorzugstrasse	DB Netze
Deutsches Inntal – Schafte nau; ca. 30 km	Trassenauswahlverfahren Ministerialvereinbarung vom 15.06.2012	2021: Bekanntgabe der Vorzugstrasse	DB Netze + ÖBB Infra
Schafte nau – Kundl/ Radfeld; ca. 20 km	Umweltverträglichkeitsprüfung	08/2019: Einreichung zur UVP	ÖBB Infra
Kundl/Radfeld – Baumkirchen; ca. 40 km	Betrieb seit 12/2012	Bauzeit: 1999 – 2012	ÖBB Infra

schnitt weist eine Strecke von 40 km auf, davon verlaufen 34,5 km in Tunneln und Wannen. Der Anschlag zum ersten Erkundungsstollen in Brixlegg Ost erfolgte am 15. April 1999, der offizielle Baubeginn für das Projekt war am 2. Oktober 2002 und der Gleislückenschluss mit Abschluss des Gleisbaues war am 15. Dezember 2011. Die längsten unterirdischen Abschnitte sind der Münsterertunnel mit 15.990 km und der Terfnertunnel mit 15.840 km. Diese Strecke mündet in die 1994 gebaute Umfahrung von Innsbruck ein. Dort beginnt unmittelbar der Brenner Basistunnel. Die Strecke wird mit dem europäischen Zugsicherungssystem ETCS Level 2 seit 2012 zwischen Kundl und Baumkirchen betrieben.

3.2 Brenner Basistunnel

3.2.1 Die Entwicklung

Die Geschichte des Brenner Basistunnels⁴ beginnt bereits bald nach dem zweiten Weltkrieg. So wurde im Jahre 1955 der Bau eines 12 km langen, zweistöckigen Tunnels (unten 3 Bahngleise, oben 2 Autobahnspuren je Richtung) von Steinach nach Gossensaß und im Jahre 1955 eine „Untergrundbahn“ zwischen München und Verona vorgeschlagen. Auf Vorschlag von Feruccio Marin im Jahre 1967 aufbauend auf den Ideen von Sardagna sollte ein 38,8 km langer Scheiteltunnel zwischen Innsbruck und Wiesen bei Sterzing errichtet werden.

⁴Bergmeister, K. (2008): Brenner Basistunnel. Verkehrswege und Lebensräume. Tappeinerverlag, Lana.

Im Jahr 1986 gaben die Verkehrsminister Deutschlands, Italiens und Österreichs den Auftrag zur Erstellung einer technischen Machbarkeitsstudie „Brenner Basistunnel“. Die Planungsgesellschaft „Internationales Brenner-Konsortium IBK“ erarbeitete diese Machbarkeitsstudie auf der Grundlage der bereits vorhandenen Planungen bis 1989.

In den Jahren 1996/1997 erfolgte von Fachexperten der Ingenieurgruppen Lammeyer International- Frankfurt, Vienna Consulting Engineers- Wien, Italferr- Rom unter der Leitung von Konrad Bergmeister und seinen Mitarbeitern eine technische und wirtschaftliche Optimierung des Neuen Bahnprojektes München – Verona mit dem Brenner Basistunnel. Im Rahmen dieser Projektvorschläge wurde die „Freienfelder Schleife“ gestrichen, geradlinigere Trassenführungen erarbeitet und der Tunnel- und konstruktive Ingenieurbau sowie die Bahntechnik verbessert.

Zwischen 1999 und 2002 wurde das Vorprojekt erarbeitet. Die Ausarbeitung des Einreich- und Genehmigungsprojektes erfolgte zwischen 2005 und 02/2008. Im April 2008 wurde mit dem Bau des Erkundungsstollens in Aicha (Italien) und am 4. Dezember 2009 in der Sillschlucht (Österreich) begonnen.

Die Genehmigungen für den Bau des Tunnelprojektes konnten in Italien und in Österreich bis Ende August 2009 erlangt werden. Am 18.04.2011 wurde der Beginn der eigentlichen Bauphase des Projektes (Phase III mit Start der Haupttunnels) genehmigt. In beiden Ländern wird derzeit am Brenner Basistunnel 24 Stunden, 7 Tage pro Woche auf mehreren Baustellen gearbeitet.

Nach Kenntnisstand vom Sommer 2021 könnte der Tunnel mit der bahntechnischen Ausrüstung (wahrscheinlich mit dem ETCS Level 3) etwa 2032 in Betrieb genommen werden, wobei bis Herbst 2019 die Hälfte von den insgesamt 230 km Tunnels (alle Längen aufsummiert) ausgebrochen waren.

3.2.2 Projektinhalt

Beim Brenner Basistunnel handelt es sich um einen flach verlaufenden reinen Eisenbahntunnel. Die beiden Tunnelröhren sind alle 350 m mit Querstollen verbunden. Der Tunnel weist von Innsbruck nach Franzensfeste eine Länge von 55 km auf und in Verbindung mit der bestehenden unterirdisch verlaufenden Umfahrung von Innsbruck eine Länge von ca. 64 km auf. Mit dieser Umfahrung und dem Basistunnel entsteht damit die weltweit längste unterirdische Eisenbahnstrecke. Unterhalb des Brennerpasses, welcher mit 1371 m der niedrigste Alpenübergang ist, verläuft der Basistunnel auf einer Höhe von etwa 794 m. Die Längsneigung der Umfahrung von Innsbruck und des Basistunnels betragen etwa 6,7 ‰ (Abb. 5).

Mittig unterhalb der beiden Tunnelröhren befindet in einem Abstand von 12 m ein Erkundungsstollen. Dieser wird zuerst abschnittsweise vor dem Bau der Haupttunnel errichtet, um hauptsächlich das Gebirge zu erkunden. Die Ergebnisse dieser Erkundungen werden für den Bau der Haupttunnels genutzt. Dadurch können das Baurisiko vermindert und sowohl Baukosten als Bauzeiten optimiert werden (Abb. 6).

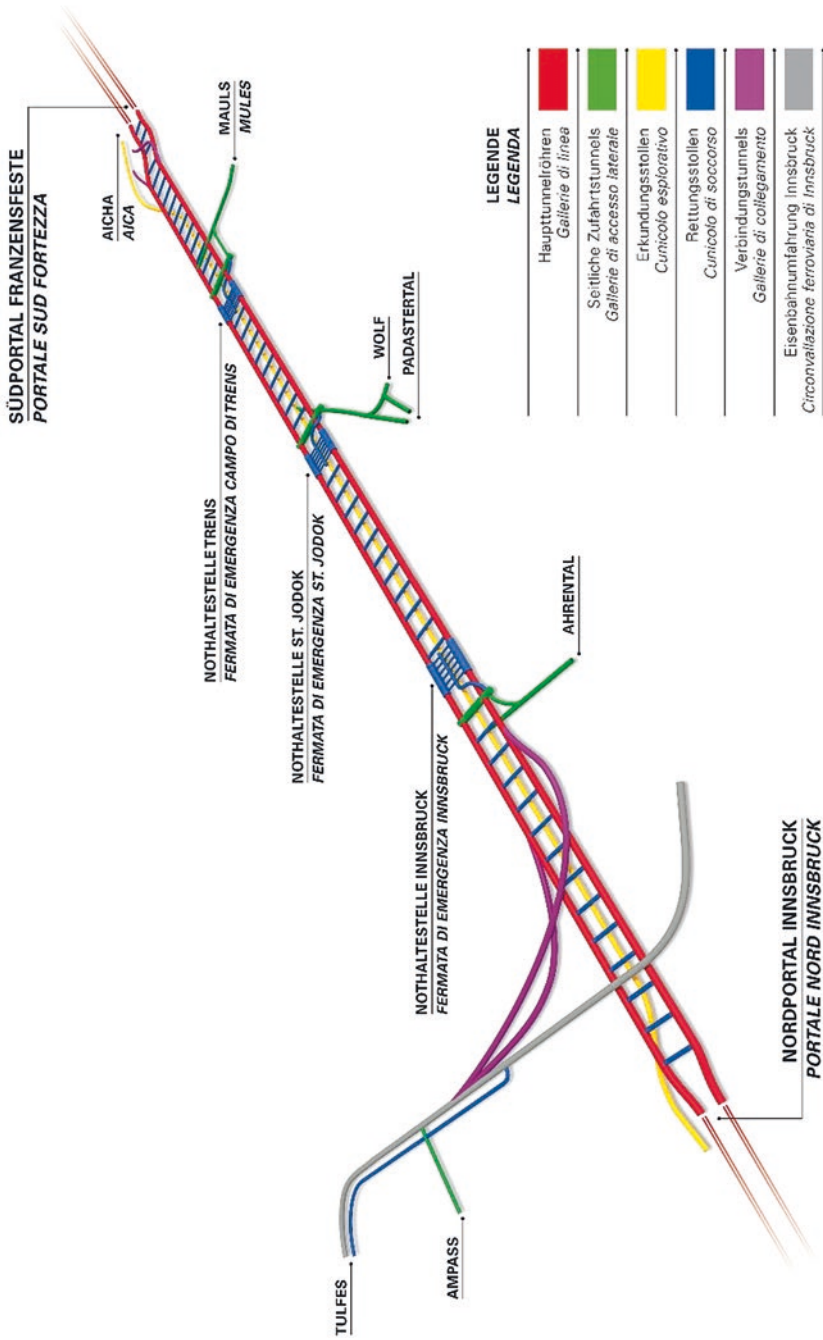


Abb. 5 Schema des Brenner Basistunnels

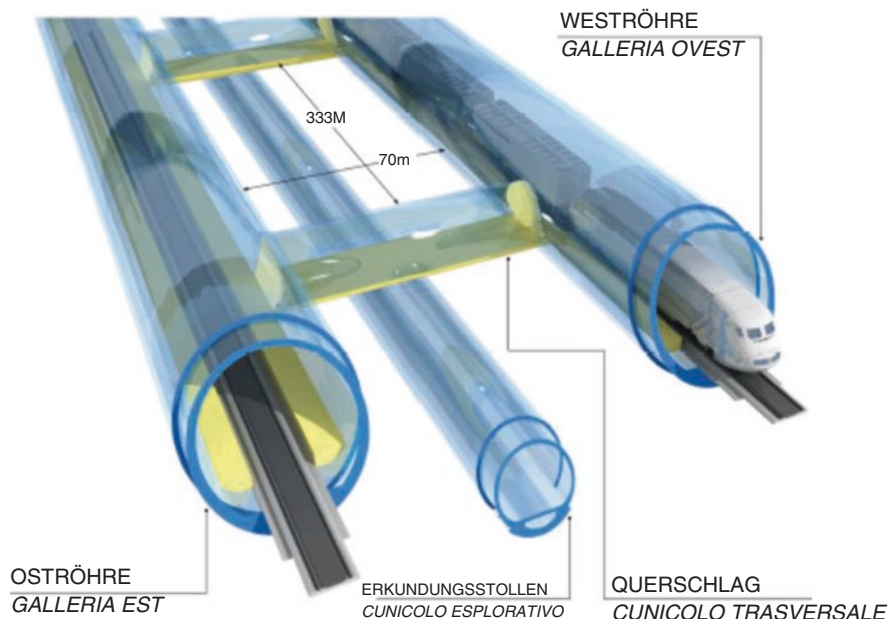


Abb. 6 Schematischer Querschnitt mit den Haupttunneln, dem Erkundungsstollen und den Querstollen

Der Brenner Basistunnel ist ein zentraler Abschnitt der Neuen Nord-Süd-Hochleistungsachse für die Eisenbahn und soll primär für den Gütertransport und den Langstrecken-Personenzügen verwendet werden.

Als grenzüberschreitendes Projekt repräsentiert der Brenner Basistunnel einerseits alle Schwierigkeiten bei der Planung und beim Bau zwischen den teilweise enorm unterschiedlichen Planungs-, Ausschreibungs- und Baukulturen der beiden Länder von Österreich und Italien. Andererseits braucht es genau solche Projekte, um dies aufzuzeigen und an gemeinsamen Lösungen für Europa zu arbeiten. Bereits in der Bauphase dieses Jahrhundertprojekts entsteht ein wertvoller Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Unternehmen und Organisationen verschiedener Länder, wodurch der europäische Gedanke bekräftigt werden sollte.

Mit dem Brenner Basistunnel erhält die europäische Gemeinschaft ein einheitliches System im Zugverkehr und schafft wertvolle Arbeitsplätze. Für Verkehrs-EU-Kommissarin Violeta Bulc ist der BBT ein „Leuchtturm“, der dafür sorgen wird, dass die europäischen Staaten einander näher rücken und deren Märkte stärker und effizienter funktionieren.

3.3 SüdzuLauf

Kurz werden die wichtigsten Abschnitte entlang des Zulaufes dargestellt. Dabei handelt es sich um 4 prioritäre Abschnitte mit einer Länge von ca. 87 km und von 3 weiteren Komplettierungsabschnitten (5. Abschnitt von Branzoll bis Trient Nord, 6. Abschnitt von Rovereto bis Pescantina, 7. Abschnitt von Waidbruck bis Blumau) mit einer Gesamtlänge von ca. 79 km (Tab. 3).

Beim prioritären Baulos Nr. 1 zwischen Franzensfeste – Waidbruck wurden auf Wunsch der betroffenen Gemeinden und des Landes Südtirol eine ursprünglich vorgesehene Baustellenzufahrt und ein vorgesehene Baustellenareal gestrichen. Bei der Villnösser Talquerung werden ein verbesserter Lärmschutz und in Waidbruck zusätzliche Lärmschutzmaßnahmen umgesetzt. Diese Maßnahmen wurden in einem gemeinsamen Protokoll mit der Eisenbahngesellschaft RFI, dem Land Südtirol und den Gemeinden längs der Strecke am 18.07.2019 unterzeichnet. Die integrale Ausschreibung mit der Ausführungsplanung und den Bauarbeiten wurde im August 2020 europaweit ausgeschrieben und im Juni 2021 vergeben.

Tab. 3 Abschnitte entlang der südlichen Zulaufstrecke

Abschnitt	Aktuelle Situation (09/2020)	Zeitplan	Akteure
1. Prioritärer Abschnitt: Franzensfeste – Waidbruck; 22,5 km, davon Schalderertunnel = 15,4 km; Grödnertunnel = 6,3 km + Vilnösser-Talübergang = 220 m	CIPE-Beschlusses vom 3. 3. 2017, Nr. 8: Integrale Ausschreibung (Ausführungsplanung + Bau): 08/2020 mit Gesamtkosten von ca. 1,52 Mrd Euro	Möglicher Baubeginn: 2022 Soll gleichzeitig mit dem BBT in Betrieb gehen	RFI
2. Prioritärer Abschnitt: Umfahrung Bozen; 14,4 km	Kardaun – Branzoll: Projekt Review – Projektüberprüfung mit Gesamtkosten von ca. 853 Mio Euro		RFI
3. Prioritärer Abschnitt: Umfahrung Trient – Rovereto; 36 km davon 32 km unterirdisch	Ausarbeitung des Vorprojektes mit Gesamtkosten von ca. 1,55 Mrd Euro	Vereinbarungsprotokolle: 17.04.2018; 11.11.2019	RFI
4. Prioritärer Abschnitt: Einfahrt Verona; 9,5 km davon 2,5 unterirdisch	Projekt Review – Projektüberprüfung mit Gesamtkosten von ca. 998 Mio Euro		RFI

3.4 Begleitende Maßnahmen – Aktionsplan

Durch den Bau der neuen Brennerbahn mit dem Brenner Basistunnel und den Terminals zwischen München und Verona wird erst die Möglichkeit für eine effiziente Verlagerung des Güterverkehrs geschaffen. Am 18. Mai 2009 wurde auf Anregung des damaligen EU-Koordinators Karel van Miert in Rom der erste Aktionsplan 2009–2022 unterschrieben, welcher erste konkrete begleitende Maßnahmen vorsah. Die 80 Maßnahmen des Aktionsplanes wurden teilweise bereits erledigt und neue in den vergangenen Jahren aufgenommen. Der aktualisierte Aktionsplan wurde mit den Ministerien (Berlin, Wien, Rom), den Eisenbahninfrastrukturunternehmen (DB, ÖBB, RFI) sowie den Ländern (Bayern bis Verona) abgestimmt und am 11. Juni 2018 in Bozen (mit Ausnahme von Tirol) unterzeichnet.

Fazit

Es besteht die Hoffnung, dass bis 2035 eine neue etwa 120 km lange unterirdische Bahnverbindung zwischen Kundl/Radfeld und Waidbruck in Betrieb ist. Europa unterstützt diese Infrastruktur mit höchster Priorität.

4 Wie kann ein nachhaltiger Brennerkorridor erzielt werden?

4.1 Welche Maßnahmen sollen beim Verkehr gesetzt werden?

Der Verkehr mit unserer Mobilität tragen in einem Ausmaß von etwa 40 % zum Klimaproblem bei. Die Treibhausgas-Emissionen des Straßengüterverkehrs in der EU haben sich vom Jahr 1990 bis zum Jahr 2018 verdoppelt. Insgesamt war im Jahre 2019 der Güterverkehr auf der Straße für ca. 36 % der vom Straßenverkehr verursachten Treibhausgas-Emissionen verantwortlich.

Die Brennerautobahn wird auch in Zukunft eine wichtige Infrastruktur zur Abwicklung des Individual- und Güterverkehrs bleiben. Es ist absolut empfehlens- und wünschenswert, dass nach Inbetriebnahme des Brenner Basistunnels und seiner Zulaufstrecken möglichst viel Güterverkehr auf der Bahn abgewickelt wird. Trotzdem wird der lokale Güterverkehr auf der Brennerautobahn fahren. Sollte es auch gelingen bis zu 50 % des derzeitigen Güterverkehrs auf der neuen Brennerbahn abzuwickeln, so werden immer noch mehr als 1,2 Mio LKW auf der Brennerautobahn fahren.

In Österreich verursachte der Transport von Gütern im Jahre 2018 auf der Straße 8,8 Mio Tonnen CO₂-Äquivalente.⁵ Durch die Bahntransporte konnten etwa 1,8 Mio Tonnen CO₂ vermieden werden. Die Bahn erzeugt in Österreich je

⁵<https://www.umwelt-bundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0702.pdf>.

1000 Tonnenkilometer etwa 3,5 kg Treibhausgase und ein 40-Tonnen-LKW emittiert etwa 69 kg (ca. das 19,7-fache).

Fazit

Alle Anstrengungen müssen unternommen werden, um den Güterverkehr kurzfristig – innerhalb der nächsten 5 Jahre – auf emissionsärmere Transportfahrzeuge (Elektro, Brennstoffzelle) umzustellen und mittelfristig – innerhalb der nächsten 15 Jahre – die Verlagerung des Güterverkehrs auf die neue Brennerbahn zu ermöglichen.

4.2 Welche Maßnahmen sollten an den Bestandsbauwerken gesetzt werden?

Die gesamten Infrastrukturen entlang der bestehenden über 150 Jahre alten Brennerbahn und der über 50 Jahre alten Brennerautobahn sollten so wie bisher regelmäßig überwacht und saniert werden.

Für die bestehenden Bauwerke kann auf der Grundlage von Alterungsmodellen⁶ integriert mit laufendem Monitoring die Restlebensdauer modelliert werden. Damit gelingt es die Instandhaltungszyklen wesentlich besser zu organisieren und die Nutzungsdauer zu verlängern.

Die vor 50 und mehr Jahren geplanten Bauwerke wurden mit globalen Sicherheitsbeiwerten bemessen. Die erwartete technische Lebensdauer war damals etwa 50 Jahre. Heute erfolgt die Bemessung auf der Grundlage des Eurocode EN 1990.2002, wo für Brücken und Tunnels eine Nutzungsdauer von 100 Jahren geplant wird. Auch kann es zu Abbrüchen und Neubau von ganzen Abschnitten (beispielsweise der 1,8 km langen Luegbrücke bei Gries am Brenner) kommen.

Fazit

Von den bestehenden Infrastrukturbauwerken sollte die Restlebensdauer und vorhandene Tragsicherheit modelliert werden. Durch die Sanierungsarbeiten und Neubauten entlang der Bestandsinfrastrukturen entstehen Verzögerungen, Staus und Umleitungen. Daher sollten die Instandsetzungsprogramme entlang des Brennerkorridors länderübergreifend abgestimmt und kommuniziert werden.

⁶Ahrens, M. A., Strauss, A., Bergmeister, K., Mark, P., Stangenberg, F. (2013): Entwurf, Konstruktion und Nachrechnung unter lebensdauerorientierten Gesichtspunkten – im Betonkalender 2013.

4.3 Welche Maßnahmen sollen zum nachhaltigen Bauen der Infrastrukturen gesetzt werden?

Beim Bau von neuen Infrastrukturbauwerken und bei der Instandsetzung von bestehenden Brücken und Tunnels sollten sowohl bei der Wahl der Baustoffe und Tragsysteme als auch bei der Baulogistik gezielt die Nachhaltigkeit einbezogen werden. Nachfolgend werden die wichtigsten Elemente zur Bewertung der Nachhaltigkeit beispielhaft für den Bau des Brenner Basistunnel dargestellt.

4.3.1 Nachhaltigkeit des Brenner Basistunnel

Die Nachhaltigkeit des Brenner Basistunnels wurde für einen Bezugszeitraum von 100 Jahren errechnet. Bei einer längeren Nutzungsdauer von 200 Jahren, wie dies die derzeitige Planung und Realisierung vorsieht, wird die Bewertung der Nachhaltigkeit nur besser. In den nachfolgenden Ausführungen werden nur die Emissionen (nicht der Energieaufwand) primär aus den Arbeiten von Stoiber⁷ (2007) [10], Janotka et al.⁸ (2012), Otto⁹ (2013), Keuser et al.¹⁰ (2014) [15], Voit¹¹ (2015) [16] und Cordes et al.¹² (2016) dargestellt.

Durch die Herstellung und den Transport von Baustoffen und Baugeräten entstehen Emissionen von Treibhausgasen, welche als Kohlendioxid-Äquivalente (CO₂-Äquivalente) dargestellt werden können. Die Emissionen der sonstigen Luftschadstoffe, welche direkt oder indirekt durch den Bau eines Infrastrukturprojektes anfallen, lassen sich nur indikativ angeben. Diese stehen im Zusammenhang mit der Erzeugung von Rohstoffen und mit der Bereitstellung von elektrischer Energie und werden in der nachfolgenden Betrachtung nicht weiter ausgeführt. Beim Bau eines Tunnels stellen der Beton, der Tunnelausbruch, der Materialtransport und die Baugeräte (z. B. TBM – Tunnelbohrmaschine) die größten CO₂-Verursacher dar (siehe Tab. 4).

⁷ Stoiber, Th. (2008): Nachhaltigkeitsuntersuchung Brenner Basistunnel. In Zusammenarbeit mit Prof. Bergmeister der BBT SE erstellt, München.

⁸ Janotka, I., Bergmeister K., Špaček, A., Voit, K., Klambauer, M., Prokešová, K. (2012): Verringerung des CO₂-Ausstoßes bei der Zementherstellung durch Einsatz von Mischzementen, In: Technisch-Ökonomisch-Ökologische Studie, Kompositzement CEM V/(A, B) Arten und deren Nutzbarkeit in Beton nach den Kriterien der Norm EN 206-1. Technisches Prüfinstitut für Bauwesen, Bratislava.

⁹ Otto, J. (2013): CO₂-Bilanz für Betone im Tunnelbau. Masterarbeit, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg.

¹⁰ Keuser, M., Bergmeister, K. (2014): Sustainability in Tunneling – CO₂-Balances derived from investigations concerning the Brenner Base Tunnel Projekt. In: 10th Congress Liberec 2014.

¹¹ Voit, K. (2013): Einsatz und Optimierung von Tunnelausbruchmaterial des Brenner Basistunnels, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.

¹² Cordes, T., Gschösser, F., Bergmeister, K. (2016): Environmental Optimization of Shotcrete Applied at the Brenner Base Tunnel (BBT). In: Sustainable Built Environment (SBE) Regional Conference. Zurich: vdf.

Tab. 4 CO₂-Äquivalente bei der Herstellung eines Tunnels

Baustoffe + Baugeräte	CO ₂ -Äquivalente [1000 to]
TBM: Herstellung und Transport	50
Tunnelausbruch (TBM), Materialtransport, Bewetterung	450
Beton: Herstellung, Transport und Einbau	2400
Summe	2900

Tab. 5 Untersuchte und optimierte Bindemittelkombinationen

	WT1	WN1	WT2	WN2	WT3	WN3	WT4	WN4
	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]
Betonrezepturen								
CEM II/A-M (S-L) 42,5 R	300	260						
AHWZ	40	60						
CEM III/A 42,5 R			380	320				
CEM III/B 32,5 N					290	245		
CEM I 42,5 R SR0					90	75		
CEM I 52,5 R							260	225
AHWZ							110	95

Bei der Herstellung von Beton entstehen die höchsten Emissionen wie CO₂-Äquivalente von etwa 2,4 mio Tonnen, Kohlenwasserstoffe (HC) und Schwefeldioxyde (SO₂) von jeweils etwa 6000 Tonnen und Stickoxide (NO_x) von etwa 4000 Tonnen. Die Bewetterung erzeugt von der Gesamtsumme etwa 2 % und der Tunnelausbruch mit Herstellung der Tunnelbohrmaschinen und der gesamten Transporte etwa 15 %. Daher muss es das oberste Ziel sein, den Zement hinsichtlich der Nachhaltigkeit, Frühfestigkeitsentwicklung und Dauerhaftigkeit zu optimieren.

Wissend, dass der Zement hinsichtlich der Nachhaltigkeit sehr nachteilig ist, wurde versucht, Betonrezepturen mit geringerem Klinkergehalt und dennoch kompaktem Gefüge zu entwickeln.

Mit unterschiedlichen Bindemittelkombinationen wurde die Klinkerphase durch hydraulisch wirksame Zusatzstoffe ersetzt (bis zu 30 % nach [ÖNORM B3309]). Auch wurden unterschiedliche Gesteinskörnungen und unterschiedliche Kornzusammensetzungen mit unterschiedlichem Mehlkorngelalt untersucht. Die in der Tab. 5 angeführten Bindemittelkombinationen wurden mit zwei unterschiedlichen Gesteinskörnungen verwendet.

Die Gesteinskörnungen wurden aus aufbereitetem Tunnelausbruchsmaterial des Bündnerschiefers von der Baustelle Wolf (WTx) und aus einer kalzitischen externen Gesteinskörnung (WNx) verwendet.

Für die 8 Rezepturen wurden anhand von Betonversuchen die Frischbetoneigenschaften und die Temperaturverläufe ermittelt und jeweils die Entwicklung der Frühfestigkeit, der Druckfestigkeit, der Spaltzugfestigkeit, des E-Moduls und der Karbonatisierungstiefe experimentell bestimmt. Die für die Betonzusammen-

setzungen gewählten Bindemittelgehalte basierten einerseits auf Erfahrungen mit dem Tunnelausbruchmaterial, andererseits wurde versucht, bei entsprechenden Frischbetonkennwerten eine Minimierung des Klinkergehalts umzusetzen.

Die Betone mit aufbereiteter Gesteinskörnung erfüllten die Anforderungen an die Festigkeitsklassen eines normalfesten Betons C30/37 nach 28d, ausgenommen der Rezepturen WT1 und WN3; die Festigkeitsklasse C30/37 wurde nach 56d von allen Rezepturen erfüllt, bzw. teilweise überschritten. Die tägliche Betonierabfolge der Tunnelinnenschale erforderte eine Ausschallfrist von 12h mit einer Mindestfestigkeit von 2 N/mm², die von allen untersuchten Betonrezepturen bis auf WN1 und WN3 eingehalten wurde.

Gerade beim Einsatz von Beton im Tunnelbau (z. B. Innenschalen) kann als Bemessungsgrundlage nicht nur die 28-Tagesfestigkeit, sondern aufgrund der anhaltenden Festigkeitsentwicklung die 56- oder 90-Tagesfestigkeit verwendet werden.

Resultierend aus diesen Versuchen, erzielten die Betonrezepturen – ohne Berücksichtigung des Vorhaltemaßes der Erstprüfung – folgende Festigkeitsklassen (siehe Tab. 6).

Durch die Optimierung der Betonrezepturen ergab sich eine niedrigere Temperaturentwicklung und dadurch ein verbesserter ökologischer Fußabdruck, der einer Reduzierung von ca. 25 % (WT3/N3) bzw. 13 % (WT2/N2) CO₂ Äquivalent¹³ entsprach. Die verringerten Emissionen summieren sich zu einer Einsparung von ca. 500 Tonnen CO₂ pro Kilometer Tunnel oder würden insgesamt für den BBT eine Einsparung von ca. 115.000 Tonnen CO₂ ergeben.

Fazit

Beim Bau von öffentlich finanzierten Infrastrukturen sollten verpflichtend, Tunnelaus- und Abbruchmaterialien verwertet werden. Bei der Wahl der Bindemittel sollten Zemente und Zuschlagstoffe mit wesentlich reduzierten CO₂ Äquivalenten verwendet werden. Auch sollten verpflichtend emissionsarme bis -freie Transportfahrzeuge vorgeschrieben werden. Die öffentlichen Auftraggeber haben die größte Hebelwirkung zur Erzielung der Klimaverträglichkeit!

Tab. 6 Versuchsergebnisse der 8 Betonversuchsserien (Temperaturerhöhung, Festigkeitsklassen 28d/56d, Frühfestigkeit 12h)

Rezeptur	Zuschlag	ΔT_{max} °C	Festigkeitsklasse		Festigkeit 12 h > 2 N/mm ²
			28 Tage	56 Tage	
WT1	aufbereitet	10,4	C25/30	C30/37 (56)	ja
WN1	normal	9,5	C30/37	C30/37 (56)	nein
WT2	aufbereitet	9,2	C30/37	C35/45 (56)	ja
WN2	normal	7,4	C30/37	C30/37 (56)	ja
WT3	aufbereitet	7,1	C30/37	C30/37 (56)	ja
WN3	normal	5,4	C25/30	C30/37 (56)	nein
WT4	aufbereitet	12,3	C30/37	C35/45 (56)	ja
WN4	normal	10,7	C30/37	C35/45 (56)	ja

¹³Wetzlmaier, Chr. (2015): Ökologische Bewertung von Konventionellen bzw. Maschinellen Tunnelvortriebsmethoden verbunden mit dem Einsatz von Ökobeton am Brenner Basistunnel. Masterarbeit, Universität Innsbruck.

4.4 *Trägt der Brenner Basistunnel zur Nachhaltigkeit bei?*

Zur Abschätzung der Nachhaltigkeit in der Betriebsphase für einen Bezugszeitraum von 100 Jahren und damit der verkehrlichen Wirkung auf der Brennerachse bedarf es einer Quantifizierung der erzielbaren Verkehrsverlagerung, die jedoch stark von infrastrukturellen und politischen Rahmenbedingungen abhängt. ProgTrans¹⁴ (2008) hat eine Bewertung von Verkehrsszenarien durchgeführt:

- *Konsensszenario*

Dabei wird eine zukünftige Situation angenommen, in der sowohl seitens des Angebots als auch der Nachfrage explizite schienenfreundlichere verkehrspolitische Maßnahmen umgesetzt werden, welche die Vorgaben des Weißbuchs der EU berücksichtigen.

- *Auslastungsszenario*

Das Auslastungsszenario bildet die Grundlage der maximal möglichen Verkehrsverlagerung auf die Schiene. Dabei werden Rahmenbedingungen erstellt, die eine Verkehrsverlagerung bis zur maximal möglichen Auslastung der Schiene im Personen- wie im Güterverkehr bewirken.

Aus den Berechnungen geht hervor, dass der Ausbau des Eisenbahnsystems am Brennerquerschnitt, einschließlich des Brenner Basistunnels in Kombination mit einer schienenfreundlichen Verkehrspolitik (Konsensszenario) eindeutig eine Verlagerung auf die Schiene bewirkt und die Eindämmung des Wachstums auf der Straße fördert.

Die Treibhausgasemissionen beim Betrieb des Brenner Basistunnels ausgedrückt in Form von CO₂-Äquivalenten erreichen für einen Bezugszeitraum von 100 Jahren beim Konsensszenario (schienenfreundliche Politik) eine Bilanz von minus 3,5 Mio Tonnen und beim Auslastungsszenario von minus 11,6 Mio Tonnen. Der Betrieb des Basistunnels erzeugt etwa 28.000 Tonnen CO₂-Äquivalente.

Für die betroffene Region sind zusätzlich die Immissionen an Stickoxiden, Partikeln und Kohlenmonoxid von besonderer Bedeutung. Diese sind sehr stark von der Tageszeit abhängig (Tab. 7).

Das Ausmaß der eingesparten Emissionen an Kohlenmonoxid, Partikeln und Stickoxiden aus dem Straßenverkehr liegen in der Größenordnung von 10 % im Konsens- und 30 % im Auslastungsszenario. Für die betroffene Bevölkerung entlang des Brennerkorridors ist daher eine spürbare Entlastung im Konsens- und verbessert im Auslastungsszenario zu erwarten.

Fazit

Durch die neue Brennerbahn mit dem Brenner Basistunnel in Kombination mit emissionsarmen und -freien Lastfahrzeugen kann bis 2035 ein grüner Brennerkorridor europäischer Dimension Realität werden.

¹⁴ProgTrans (2008): Verkehrsprognosen zum Brenner Basistunnel (nicht veröffentlicht).

Tab. 7 CO₂-Äquivalente für verschiedene Verkehrsszenarien

	CO ₂ -Äquiv. [1000t] – Konsens	CO ₂ -Äquiv. [1000t] – Auslastung
Straße PKW	–1675	–4049
Straße LKW	–1842	–7976
Schiene PV	40	40
Schiene GV	–40	320
Betrieb BBT	28	28
Bilanz	–3489	–11.637
Bilanz gerundet	–3500	–11.600

5 Conclusio – 5 Thesen

Zusammenfassend werden die wichtigsten Erkenntnisse in Form von 5 Thesen formuliert.

1. *Die Erhaltungs- und Instandsetzungsprogramme der Infrastrukturen entlang des Brennerkorridors sollten länderübergreifend abgestimmt und kommuniziert werden.*
2. *Alle Transporte mit Reichweiten weniger als 50 km sollten ab 2025 mit emissions(ar-men)-freien Fahrzeugen (z. B. E-, Brennstoffzellen-Antrieb) abgewickelt werden.*
3. *Bis 2035 kann eine neue etwa 120 km lange unterirdische Bahnverbindung zwischen Kundl/Radfeld und Waidbruck in Betrieb sein.*
4. *Beim Bau von öffentlich finanzierten Infrastrukturen sollten verpflichtend, Tunnel-ausbruch- und Abbruchmaterialien verwertet werden. Bei der Wahl der Bindemittel sollten Zemente und Zuschlagstoffe mit stark reduzierten CO₂ Äquivalenten verwendet werden. Auch sollten verpflichtend emissionsfreie Transport- und Bau-stellenfahrzeuge vorgeschrieben werden.*
5. *Durch die neue Brennerbahn mit dem Brenner Basistunnel in Kombination mit emissionsfreien Lastfahrzeugen kann schrittweise bis 2035 ein grüner Brenner-korridor europäischer Dimension, Realität werden.*

Zur Umsetzung dieser Thesen braucht es Willen, Mut, Entscheidungen, Finan-zierungen und Persönlichkeiten, die diese umsetzen!

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

