

Flug- und Schienenverkehr: die richtige Balance finden

Es besteht dringender Handlungsbedarf zur Eindämmung des Klimawandels sowie zur Reduktion verkehrsbedingter Emissionen. Die Luftfahrtbranche ist sich vollends bewusst, dass sie umweltfreundlicher werden muss und laut dem ehrgeizigen Ziel des „Europäischen Grünen Deals“ bis zum Jahr 2050 auch CO₂-neutral werden soll. Gleichzeitig wurden nun aber auch Stimmen laut, dass bestimmte Flugrouten besser durch Hochgeschwindigkeits- oder Nachtzüge ersetzt werden sollten. Dieses Think Paper soll die Umsetzbarkeit der Verlagerung in Richtung Schienenverkehr sowie die ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen als Teil eines nachhaltigen, effizienten und leistbaren Mobilitätskonzepts bewerten.

In diesem Sinne prüft das vorliegende Think Paper die neuesten Publikationen in Bezug auf die Nachhaltigkeit von Flug- und Schienenverkehr. Es stellt sich die Frage, ob die Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene auf europäischer Ebene eine realistische Option darstellt. Des Weiteren ist zu klären, inwieweit Eisenbahn und Flugzeug einander ergänzen können, anstatt in Konkurrenz zueinander zu stehen. Die folgenden Fragen sollen im Rahmen dieses Think Papers beantwortet werden:

- Welche Auswirkungen hätte die Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene - und ist dies auch umsetzbar?
- Worin bestehen die notwendigen Kompromisse für die richtige Balance zwischen Flugzeug und Schiene?
- Unter welchen Umständen könnten Flugzeug und Eisenbahn einander ergänzen?

Das folgende Paper kommt zum Schluss, dass die verkehrsbedingte Entkarbonisierung ein komplexeres Unterfangen ist, als Reisen unter 1.000 km einfach auf die Schiene zu verlagern. Nicht nur wären die Auswirkungen einer solchen Entwicklung auf das Klima nur begrenzt positiv, sondern würden auch mit diversen Nachteilen einhergehen. Nach Meinung des Think Papers könnten Flugzeug und Eisenbahn einander auf natürliche Weise ergänzen. Diesen Vorteil gilt es auszunutzen! Aus diesem Grund wird empfohlen, bei Investitionen in Hinblick auf die Entwicklung multimodaler Lösungen auf die richtige Balance zu achten:

Zentrale Erkenntnisse

1. Der Hochgeschwindigkeitsverkehr (HSR) besitzt das größte Potential, Flugreisen mit einer Distanz unter 500 km zu ersetzen. Obwohl dieses Segment bereits 24,1 % aller Flüge in Europa ausmacht, ist es nur für 3,8 % der Emissionen der Luftfahrtbranche verantwortlich – und aus geographischen Gründen kann hier nicht vollumfänglich eingespart werden. Im Segment 500–1.000 km ist der Hochgeschwindigkeitsverkehr kaum in der Lage, den Flugverkehr erfolgreich zu ersetzen.
2. Der Aufbau der notwendigen Infrastruktur für den HSR ist so zeitintensiv (durchschnittlich 18–26 Jahre), dass der Flugverkehr bis dahin bereits auf einem guten Weg sein wird, bis 2050 selbst emissionsfrei zu werden.

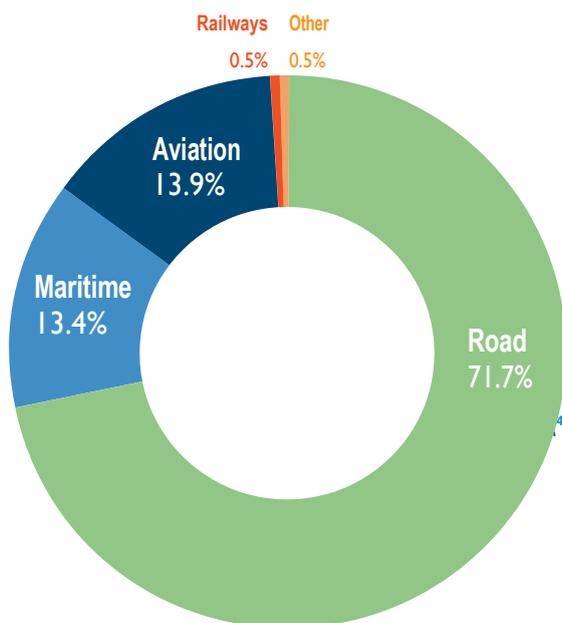
Dies trifft besonders auf den weitflächigen Einsatz von Sustainable Aviation Fuel (SAF) sowie neue Antriebstechnologien zu. Aus diesem Grund sollten verkehrsbedingte Investitionen möglichst ausgeglichen in beiden Branchen getätigt werden, da sich die Entkarbonisierung des Flugverkehrs positiv auf alle Flugrouten in Europa auswirken wird, während der HSR realistischerweise nur kürzere Strecken betrifft.

3. Jene Studien, die eine Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene empfehlen, unterschätzen oder ignorieren, welche wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der massive Ausbau des Hochgeschwindigkeitsverkehrsnetzes hätte - einschließlich der Emissionen über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Eine faire Untersuchung ist daher nicht möglich, weil Daten aus dem Schienenverkehr sowie der zugehörigen Infrastruktur fehlen. Selbst wenn die geplanten 10.000 km an Hochgeschwindigkeitsrouten¹ tatsächlich gebaut würden, könnte der HSR trotz Infrastrukturinvestitionen von etwa € 250 Mrd.² immer noch nicht mit den Verbindungen des Flugverkehrs mithalten. Ein massiver Ausbau des Hochgeschwindigkeitsnetzes hätte ebenfalls beträchtliche sozioökonomischer Auswirkungen sowie den Verlust von Biodiversität zur Folge. Im Vergleich hierzu benötigt der Flugverkehr nur beschränkt neue Infrastruktur.
4. In vielen Fällen kann die Eisenbahn das Flugzeug einfach nicht ersetzen, z.B. im Falle von Inseln, abgelegenen Regionen oder bestimmten geographischen Hindernissen – wobei das wirtschaftliche Überleben jedoch grundlegend von Verkehrsanbindungen abhängt.
5. Multimodale Lösungen aus Flugverkehr und Eisenbahn sind besonders in Hinblick auf die Optimierung der Nachhaltigkeit und Verbesserung der Anbindungen attraktiv. Dies trifft speziell auf dicht besiedelte Ballungsräume zu, in denen die Infrastruktur für den HSR bereits besteht. In diesem Sinne sind die beiden Möglichkeiten eher als ergänzend zu betrachten, um die Emissionsminderungsziele zu erreichen – die ideale Lösung wäre daher ein Ausbau von „Flug & Bahn“.

Der Europäische Grüne Deal als Herausforderung: Wie verkehrsbedingte Emissionen reduziert werden können

Mit dem Europäischen Grünen Deal³ schlägt die EU einen ehrgeizigen Kurs ein: Europa soll bis 2050 der erste Kontinent ohne Nettoemissionen von Treibhausgasen werden. Im Verkehrswesen fordert die EU „bis 2050 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 90 % (auf Basis der Werte von 1990), während gleichzeitig am Ziel der Nullverschmutzung gearbeitet wird.“ Der **Flugverkehr**, siehe Abb. 1, ist für **13,9 %** dieser Treibhausgasemissionen verantwortlich - dieser Wert ist viel höher als der Anteil des **Schienerverkehrs**, der mit **unter 1 %** zu Buche schlägt; er ist eher mit dem **Schiffsverkehr (13,4 %)** vergleichbar und steht weit unter dem **Straßenverkehr**, der mit **71,7 %** über 2/3 aller Treibhausgasemissionen ausmacht.

Abb. 1: Anteil der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen der EU-28 im Jahr 2018



Obwohl die Emissionen aus dem Straßenverkehr fünfmal höher sind als aus dem Flugverkehr und sogar 140-mal höher als aus dem Eisenbahnverkehr, drehen sich die jüngsten Diskussionen primär um die Möglichkeit der Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene. Eine Entwicklung von der Straße auf die Schiene wird kaum thematisiert. Zahlreiche Studien haben dargelegt, dass eine Verlagerung vom Flug- auf den Schienenverkehr wünschenswert wäre. Dies hat bereits Einfluss auf die nationalstaatliche Politik.⁵ Zweifellos ist die Eisenbahn höchst attraktiv in Bezug auf Emissionen. Auch die „Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität“ (SSMS)⁶ der Europäischen Union räumt dem Eisenbahnsektor eine prominente Rolle in der emissionslosen

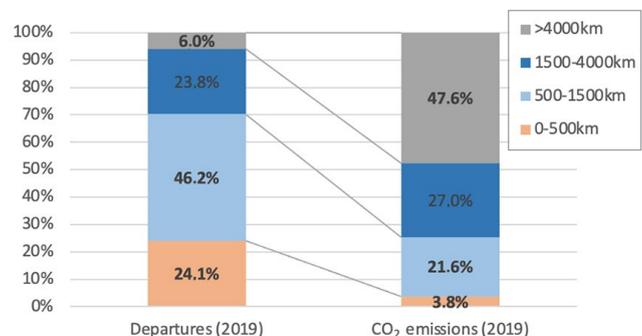
Mobilität ein und sieht eine Verdoppelung des HSR im nächsten Jahrzehnt bzw. eine Verdreifachung bis 2050 vor, zum Teil auf Kosten des Flugverkehrs.

Hätte eine Verlagerung vom Flugverkehr auf die Schiene tatsächlich den gewünschten Effekt auf unsere Emissionen?

Die Debatte „Flugzeug vs. Eisenbahn“ konzentriert sich auf zwei Distanzkategorien: bis zu 500 km und 500-1.000 km. Von diesen beiden ist eindeutig die erste Kategorie realistischer bei Passagierreisezeiten. Der Bericht „Bahn oder Flugzeug?“ der Europäischen Umweltagentur aus dem Jahr 2020⁷ kommt in Bezug auf die zweite Kategorie und die Reduktion von Emissionen sowie der Gesamtumweltbelastung zu folgendem Schluss: „Es nicht eindeutig auszumachen, wie sich eine zukünftige Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene auswirken würde.“

Dies beträfe jene 24,1 % der Flüge in Europa unter 500 km (die während der Pandemie im Jahr 2020⁸, als Langstreckenflüge am stärksten betroffen waren, sogar auf 30,6 % anstiegen). Im Jahr 2019 machten diese Flugrouten jedoch nur 3,8 % aller Brutto-CO₂-Emissionen des Luftverkehrs aus, wie EUROCONTROL bereits in Think Paper #10⁹ betonte.

Abb. 2: % an Flügen vs. CO₂-Emissionen 2019



Source: EUROCONTROL

Selbst wenn es möglich wäre, alle Flugverbindungen pauschal durch die Eisenbahn zu ersetzen, wäre es dennoch unmöglich, die gesamten 3,8 % CO₂-Emissionen einzusparen. Die Gründe hierfür sind im Terrain, den Reisezeiten oder auch in höheren Preisen zu verorten, wodurch wiederum die Argumente für Schienenverkehr in sich zusammenfallen (dies wurde auch durch die Eurobarometer-Umfrage¹⁰ aus dem Jahr 2020 bestätigt, nach der die meisten Reisenden nur bei vergleichbaren Kosten und Reisezeit bereit wären, auf umweltfreundlichere Reisearten zu wechseln).

“24.1% der Flüge in Europa sind kürzer als 500 km – doch sind sie für nur 3,8 % der Brutto-CO₂-Emissionen des Flugverkehrs verantwortlich.”

Der HSR ist darüber hinaus auf kohlenstoffarmen Strom angewiesen, um die größten Vorteile dieser Kategorie auch tatsächlich umzusetzen. Dieser ist jedoch nicht immer verfügbar: während Frankreich - das Land mit der dichtesten HSR-Infrastruktur mit +2,700 km¹¹ - von der dritt niedrigsten CO₂-Rate in Europa mit 0,047 kg CO₂-Emissionen je kWh profitiert, ist die durchschnittliche Stromproduktion im restlichen Europa mit 0,339 kg CO₂-Emissionen je kWh¹² über siebenmal kohlenstoffreicher:

Selbst wenn man nur Reisen von unter 1.000 km berücksichtigt und davon ausgeht, dass HSR-Verbindungen zwischen allen wichtigen Städten Europas bestehen, so würde eine **Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene höchstens 2-4 % Einsparungen bei den Brutto-CO₂-Emissionen bringen**. Dies geht aus dem Briefing von Transport & Environment zur "Maximierung vom Flugzeug auf die Schiene"¹³ hervor.

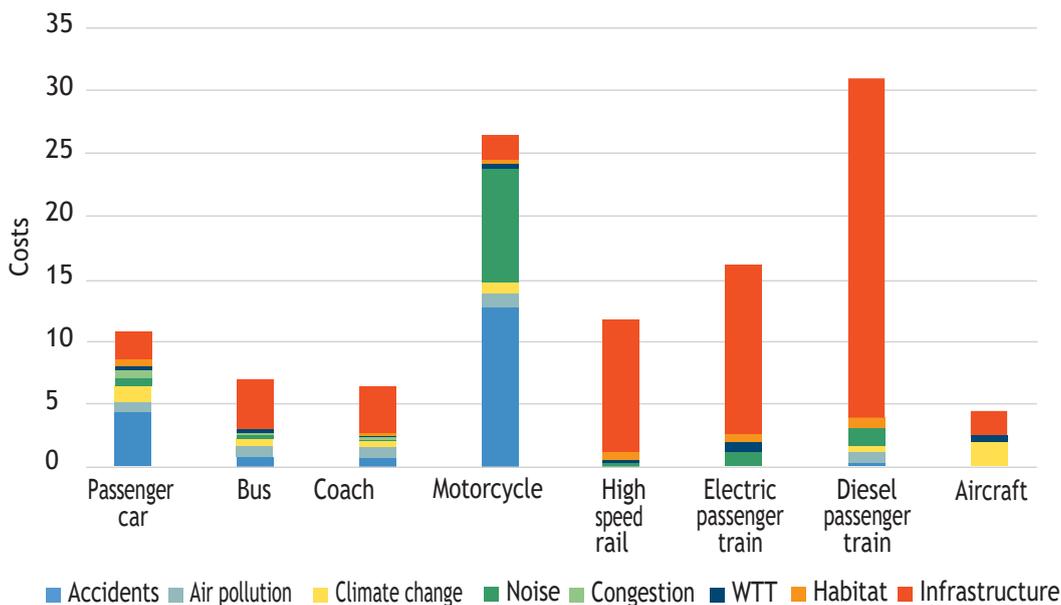
Die ökologischen und sozioökonomischen Auswirkungen des HSR sind nicht zu unterschätzen

Beim Vergleich verschiedener Transportarten sind die Emissionen über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu beachten. Dies beinhaltet die einzelnen Phasen der Produktion und des Verbrauchs von Energie sowie die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Verkehrsinfrastruktur. Im Bericht „**Bahn oder Flugzeug?**“ der Europäischen Umweltagentur (EUA) wurde **Infrastruktur aufgrund fehlender Daten zum innereuropäischen Bahnmarkt sowie zur Infrastruktur nicht in die Analysen mit aufgenommen**. Tatsächlich hat die Eisenbahn aber auch klar negative Auswirkungen. Diese Folgen nicht zu berücksichtigen, verzerrt die Analyse und verhindert eine faire Untersuchung - zum klaren Nachteil des Flugverkehrs.

Eine Studie¹⁴ der Europäischen Kommission kam zum Ergebnis (siehe Abb. 3), dass der **HSR doppelt so viel kostet wie der Luftverkehr, wenn man externe Kosten sowie Infrastruktur mit einbezieht**. Die Infrastruktur für den Hochgeschwindigkeitsverkehr allein ist bereits fünfmal teurer. Laut einem Bericht der EUA¹⁵ ist die Eisenbahn gleichzeitig **zehnmals schädlicher für die Landnutzung**, wodurch ein jährlicher Gesamtschaden von **€ 2,7 Mrd.** für den Lebensraum in den damaligen EU-28 entsteht. Im Gegenzug wurden die entsprechenden Kosten pro Jahr für den Flugverkehr an 33 ausgewählten Schließflughäfen auf **€ 0,05 Mrd.** geschätzt. Selbst wenn diese Kosten verfünffacht werden, um sie auf alle Flughäfen in den damaligen EU-28 zu extrapolieren, **so ist der durch den Flugverkehr entstehende jährliche Schaden am natürlichen Lebensraum immer noch zehnmals geringer als durch den Bahnverkehr**. Investitionen in die Infrastruktur von Flughäfen werden normalerweise von den Flughäfen selbst übernommen, während die Kosten des HSR größtenteils aus Steuern gedeckt werden.¹⁶

Darüber hinaus sind die Daten für den Flugverkehr deutlich vollständiger als für den Schienenverkehr: so fehlen beispielsweise Daten zur Auslastung von Zügen, aufgrund der Nachfrage zusätzlich benötigter Strecken, entsprechende Kosten/Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus hinweg etc. Zum Nachteil des Flugverkehrs stehen im Vergleich dazu umfangreiche Studien zur Verfügung, die Emissionen, Passagierdaten, Ströme, Prognosen und Nachfrageerwartungen messen. Beim Versuch eines fairen Vergleichs ergeben all diese Punkte einen eindeutigen Nachteil für den Flugverkehr.

Abb. 3: Durchschnittliche externe sowie infrastrukturelle Kosten für den Passagierverkehr (€-Cent/Pkm)
Straßen- & Bahnverkehr für die EU-28; Flugverkehr für ausgewählte 33 Flughäfen



Source: EC/CE DELFT STUDY – State of play of Internalisation in the European Transport Sector- 2019¹⁷

“Der HSR kostet doppelt so viel wie der Luftverkehr, wenn man externe Kosten sowie Infrastruktur miteinbezieht. Die Infrastruktur für den HSR ist fünfmal teurer und gleichzeitig zehnmals schädlicher für die Umwelt.”

Der vom Internationalen Eisenbahnverband (UIC) veröffentlichte Bericht „Hochgeschwindigkeitsstrecken der Welt 2020“¹⁸ präsentiert den gegenwärtig geplanten Ausbau des Hochgeschwindigkeitsnetzes in Europa, der insgesamt 10.000 km neuer Eisenbahnlinien ausmacht. Die Studie gibt jedoch nicht an, ob diese Investitionen ausreichend wären, um die Ziele der SSMS zur Verdoppelung/Verdreifachung des HSR bis 2030/2050 tatsächlich zu erreichen. Auf Basis der Berechnung, nach der für jeden HSR-Kilometer 3 Hektar Land benötigt werden, ergäbe dieser Ausbau einen **Verlust an Biodiversität von 30.000 Hektar** (neue Eisenbahnstrecken fragmentieren den Boden) sowie **€ 1 Mrd. an zusätzlichen Kosten pro Jahr**.¹⁹

In Anbetracht der massiven Veränderungen in der Landnutzung sowie der Lärmentwicklung ist eine Unterstützung auf Gemeindeebene ebenfalls eher zweifelhaft. Gemeinden in der Nähe von HSR-Strecken sind ebenso wie jene rund um Flughäfen besonders beeinträchtigt - **tatsächlich sind fünfmal mehr Menschen von HSR-Lärm betroffen als von Flugverkehrslärm**, stellt die SMSS fest und geht davon aus, dass „etwa 100 Millionen Menschen in der EU aufgrund des Straßenverkehrslärms einem durchschnittlichen Lärmpegel von 55 dB oder mehr untertags, abends und nachts ausgesetzt sind; für den Eisenbahnverkehr sind es 20 Millionen und für den Flugverkehr 4 Millionen Menschen.“²⁰

Investitionen in HSR vs. Entkarbonisierung des Flugverkehrs: Welche Lösung liefert schneller Resultate?

Der Bau von 10.000 km neuer HSR-Strecken würde etwa € 250 Mrd. kosten. Außerdem bedarf es bei jeder neuen Strecke zwischen 18 und 26 Jahren bis zur Fertigstellung.²¹

Diese Tatsache allein wird es bereits schwierig machen, das SSMS-Ziel der Verdoppelung des bestehenden Schienenverkehrs bis 2030 überhaupt und nicht erst spät in diesem Jahrzehnt zu erreichen. Der HSR ist daher alles andere als eine schnelle Lösung, um die gesetzten Klimaziele zu erreichen. Die Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene ist, wie bereits ausgeführt, ebenfalls nur im Segment unter 500 km praktikabel.

Während der Flugverkehr zurzeit noch mehr Emissionen ausstößt, wird dies in den kommenden Jahrzehnten deutlich weniger werden, wie im EUROCONTROL Think Paper #10 dargelegt wird. Der weitflächige Einsatz von Sustainable Aviation Fuel (SAF) könnte die Emissionen auf sämtlichen Flugdistanzen - nicht nur auf jenen Flugrouten, die durch HSR ersetzt werden sollen - schnellstens senken. Neue Antriebstechnologien, wie bei elektrischen, wasserstoffbasierten oder hybriden Flugzeugen, sollen im Laufe des nächsten Jahrzehnts auf den Markt kommen und die konventionellen Antriebe nach und nach ersetzen.

Bei jeder heute neu beauftragten Hochgeschwindigkeitsstrecke, die von Natur aus nur einige Städte miteinander verbinden kann, besteht daher das Risiko, dass sie erst in Betrieb geht, wenn bereits die ersten emissionslosen Flugzeuge für gleich mehrere Kurzstreckenrouten in Europa auf den Markt kommen.²² Zweifellos könnten Initiativen für den HSR sowie die Entkarbonisierung des Flugverkehrs einander ergänzen. **Fest steht jedoch, dass eine Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene sicherlich keine Patentlösung ist, um das Ziel der verkehrsbedingten Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen.**



“Fünfmal mehr Menschen sind von HSR-Lärm betroffen als von Flugverkehrslärm.”

Abb 4: Vergleich Flugverkehr & Hochgeschwindigkeitsverkehr anhand der Verbindungen in Westeuropa



Hochgeschwindigkeitsbahnnetz (Quelle: OpenStreetMap)



Flugverkehrsnetz (Quelle: Sabre Airline Solutions)

Source: X. Sun, Yu Zhang, S. Wandelt (2017), *Air Transport vs. High Speed Rail: An Overview and Research Agenda* (2017)

HSR kann Flugverbindungen ergänzen aber kaum ersetzen

Hochgeschwindigkeitsbahnstrecken sind unveränderbar und benötigen Jahre bis zur Fertigstellung, während Flugstrecken nur durch die Verfügbarkeit von Flughäfen eingeschränkt werden, schnell auf die sich verändernde Nachfrage reagieren können und deutlich niedrigere Investitionen erfordern (Erweiterung bestehender Infrastruktur anstelle des weitflächigen Baus neuer Infrastruktur für HSR-Strecken).

Multimodalität: Bereits heute nachhaltiger ohne große Investitionen

Während die Möglichkeiten des Hochgeschwindigkeitsverkehrs, den Flugverkehr im Kurzstreckensegment zu ersetzen, durch Kosten, Bauzeiten und abgedeckte Verbindungen eingeschränkt werden, kommt dem HSR in der Entwicklung multimodaler Verkehrslösungen eine Schlüsselrolle zu. Auf diesem Gebiet bestehen deutliche Vorteile in Bezug auf die Umwelt, Verbindungen sowie Wirtschaftlichkeit.

Die „Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität“ der EU besagt, „wann immer Hochgeschwindigkeitsstrecken mit Langstreckenflügen zu einem attraktiven Paket verbunden werden... könnten nicht nur CO2-Emissionen gesenkt werden... sondern auch... unwirtschaftliche Flugrouten aufgegeben werden.“

„Notwendig hierfür wären Investitionen in den Zugang von HSR-Strecken zu Flughäfen,“ so die SMSS. Auch auf diesem Gebiet hat sich in den letzten Jahren viel getan, z.B. das Projekt Rail Baltica, das die Hauptstädte der drei baltischen Staaten miteinander verbindet, oder auch die steigende Zahl an Flug-Eisenbahn-Allianzen in Europa: so hat sich die Lufthansa mit der Deutschen Bahn zusammengeschlossen, um neue Verbindungen aus Hamburg, München, Berlin, Bremen und Münster nach Frankfurt anzubieten; Österreich ist dazu übergegangen, alle Flüge von Graz, Linz und Salzburg zum Flughafen Wien auf die Schiene zu verlagern; die Schweizer „Airtrain“ verbindet Genf, Basel und Lugano mit dem Flughafen Zürich; und der Flughafen Schiphol profitiert von umfangreichen nationalen und internationalen Bahnverbindungen (mit internationalen Verbindungen zwischen Amsterdam und Brüssel, die zunehmend auf die Schiene wechseln, um Reisende für ihre Anschlussflüge zu internationalen Zielen zum Flughafen zu bringen).

“Dem HSR kommt in der Entwicklung multimodaler Verkehrslösungen eine Schlüsselrolle zu. Auf diesem Gebiet bestehen deutliche Vorteile in Bezug auf die Umwelt, Verbindungen sowie Wirtschaftlichkeit.”

Darüber hinaus besteht Potential für die Entwicklung weiterer multimodaler Lösungen rund um Flughäfen mit Fokus auf die „Tür-zu-Tür“ Bedürfnisse von Reisenden sowie die Umweltbelastung der gesamten Reisetätigkeit von Passagieren. Die Verbindung von Flughäfen und Eisenbahnlinien würde Reisenden beispielsweise ermöglichen, mit dem Zug anstelle des eigenen Autos zu Flughafen anzureisen. Dies allein wäre ein großer Vorteil, zumal Autoreisen den größten ökologischen Fußabdruck aller Verkehrsarten aufweisen.

Dies ist jedoch nur möglich, wenn Passagiere mehr Informationen zur Nachhaltigkeit verschiedener Reisealternativen auf Basis unabhängiger Vergleichsmethoden erhalten. Zuletzt bedarf es der Entwicklung neuer Ticketsysteme, um den Zugang zu diesen Alternativen zu erleichtern.

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend ist daher festzustellen, dass die Argumente für eine Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene - ob nun für Strecken unter 500 km oder im Bereich 500-1.000 km - alles andere als überzeugend sind, selbst wenn eine Verbesserung des Hochgeschwindigkeitsnetzwerks sicherlich zu mehr Alternativen und Verbindungen führen wird. In Hinblick auf Emissionen ist die Eisenbahn dem Flugverkehr zurzeit noch klar überlegen, aber neue HSR-Strecken werden erst in Jahrzehnten fertig gebaut sein - und bis dahin wird die Entkarbonisierung des Flugverkehrs bereits weit fortgeschritten sein. Ebenfalls zu berücksichtigen sind die deutlich größeren sozioökonomischen Auswirkungen sowie die Folgen für Landnutzung/Biodiversität durch den HSR im Vergleich zum Flugverkehr. Dieser Faktor wird in Studien oft gravierend unterschätzt. Darüber hinaus darf nicht vergessen werden, dass der HSR nicht mit der für die europäische Wirtschaft so wichtigen Flexibilität und den vielen Verbindungen des Flugverkehrs mithalten kann. Wo die Eisenbahn jedoch eine wichtige Rolle spielen sollte, ist die Entwicklung multimodaler Lösungen - weniger „Flug vs. Bahn“ und mehr „Flug & Bahn“.



Das innovative, intermodale AIRail Verkehrskonzept mit Railjetverbindung von Austrian Airlines und den ÖBB

Zentrale Erkenntnisse

1. Der Hochgeschwindigkeitsverkehr (HSR) besitzt das größte Potential, Flugreisen mit einer Distanz unter 500 km zu ersetzen. Obwohl dieses Segment bereits 24,1 % aller Flüge in Europa ausmacht, ist es nur für 3,8 % der Emissionen der Luftfahrtbranche verantwortlich - und aus geographischen Gründen kann hier nicht vollumfänglich eingespart werden. Im Segment 500–1.000 km ist der Hochgeschwindigkeitsverkehr kaum in der Lage, den Flugverkehr erfolgreich zu ersetzen.
2. Der Aufbau der notwendigen Infrastruktur für den HSR ist so zeitintensiv (durchschnittlich 18-26 Jahre), dass der Flugverkehr bis dahin bereits auf einem guten Weg sein wird, bis 2050 selbst emissionsfrei zu werden. Dies trifft besonders auf den weitflächigen Einsatz von Sustainable Aviation Fuel (SAF) sowie neue Antriebstechnologien zu. Aus diesem Grund sollten verkehrsbedingte Investitionen möglichst ausgeglichen in beiden Branchen getätigt werden, da sich die Entkarbonisierung des Flugverkehrs positiv auf alle Flugrouten in Europa auswirken wird, während der HSR realistischlicherweise nur kürzere Strecken betrifft.
3. In jenen Studien, die eine Verlagerung vom Flugzeug auf die Schiene empfehlen, ist eine faire Untersuchung gar nicht möglich, weil Daten aus dem Schienenverkehr sowie der zugehörigen Infrastruktur fehlen – zum Nachteil des Flugverkehrs. Selbst wenn die vom Internationalen Eisenbahnverband (UIC) vorgesehenen 10.000 km an Hochgeschwindigkeitsrouten tatsächlich gebaut und dadurch die Ziele der Verdoppelung des Schienenverkehrs bis 2030 bzw. Verdreifachung bis 2050 laut „Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität“ erreicht würden, beliefe sich dies auf etwa € 250 Mrd. auf Basis der Berechnungsmethode im Handbuch zu den externen Kosten des Verkehrs - 2019. Im Vergleich hierzu benötigt der Flugverkehr nur beschränkt neue Infrastruktur – und trotz all dieser Investitionen könnte der HSR immer noch nicht mit den Verbindungen des Flugverkehrs mithalten. Ein massiver Ausbau des Hochgeschwindigkeitsnetzes hätte ebenfalls beträchtliche sozioökonomischer Auswirkungen sowie den Verlust von Biodiversität zur Folge. Letzteres wird in sämtlichen Studien klar unterschätzt.
4. In vielen Fällen kann die Eisenbahn das Flugzeug einfach nicht ersetzen, z.B. im Falle von Inseln, abgelegenen Regionen oder bestimmten geographischen Hindernissen – wobei das wirtschaftliche Überleben jedoch grundlegend von Verkehrsanbindungen abhängt.
5. Multimodale Lösungen aus Flugverkehr und Eisenbahn sind besonders in Hinblick auf die Optimierung der Nachhaltigkeit und Verbesserung der Anbindungen attraktiv. Dies trifft speziell auf dicht besiedelte Ballungsräume zu, in denen die Infrastruktur für den HSR bereits besteht. In diesem Sinne sind die beiden Möglichkeiten eher als ergänzend zu betrachten, um die Emissionsminderungsziele zu erreichen – die ideale Lösung wäre daher ein Ausbau von „Flug & Bahn“

- 1- **Internationaler Eisenbahnverband (UIC):** https://uic.org/IMG/pdf/20200227_high_speed_lines_in_the_world.pdf
- 2- **ERH Sonderbericht 19/2018:** Sonderbericht Europäisches Hochgeschwindigkeitsschienennetz: keine Realität, sondern ein unwirksamer Flickenteppich. Durchschnittlich wurden 28/16 Jahre ab Beginn der Planung/Bau bis zur Eröffnung der Hochgeschwindigkeitsstrecken (Studie untersuchte 50 % des Hochgeschwindigkeitsnetzwerks) benötigt. Die durchschnittlichen Kosten einer neuen Hochgeschwindigkeitsstrecke beliefen sich 2017 auf € 25 Mio./km. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_19/SR_HIGH_SPEED_RAIL_EN.pdf
- 3- **EUA:** https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/share-of-transport-ghg-emissions-2#tab-googlechartid_chart_13
- 4- **EUA:** <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2020-24>. März 2021.
- 5- **Loi climat-résilience:** <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-climat-resilience>. Das Gesetz zielt darauf ab, Flugverbindungen dort zu unterbinden, wo Bahnverbindungen von unter 2,5 Stunden bestehen. Dies bezieht sich nicht auf Umsteigepassagiere.
- 6- **SSMS:** https://ec.europa.eu/transport/themes/mobilitystrategy_en
- 7- **EUA:** <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2020>
- 8- **EUROCONTROL Data Snapshot 4,** März 2021. <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-data-snapshot-CO2-emissions-flight-distance>. Kurzstreckenflüge waren im Jahr 2020 für 4,3 % aller Emissionen zuständig. Aufgrund des höheren Anteils stieg dies im Vergleich zu 2019 sogar ein wenig an.
- 9- **EUROCONTROL:** <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-think-paper-10-flying-perfect-green-flight>
- 10- **Eurobarometer zu Mobilität und Verkehr,** Juni 2020: https://data.europa.eu/data/datasets/s2226_g2_1_495_eng?locale=en
- 11- **UIC:** https://uic.org/IMG/pdf/20200227_high_speed_lines_in_the_world.pdf
- 12- **CO₂-Bilanz:** https://www.carbonfootprint.com/docs/2019_o6_emissions_factors_sources_for_2019_electricity.pdf
- 13- **T&E:** https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2020_07_Air2Rail_Briefing_paper.pdf
- 14- **Europäische Kommission:** Status Quo der Internationalisierung des Europäischen Verkehrssektors - Amt für Veröffentlichungen der EU (europa.eu), S.44. <https://cedelft.eu/publications/state-of-play-of-internalisation-in-the-european-transport-sector/>
- 15- **EUA:** <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2020>, S. 37.
- 16- **Europäische Kommission:** https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/CE_Delft_4K83_Overview_transport_infrastructure_expenditures_costs_Final.pdf. Anhang F: „Der Anteil privater Investitionen [in den Straßen- und Bahnverkehr] erreichte im höchsten Fall 10-15 % der Gesamtinvestitionen.“
- 17- **Amt für Veröffentlichungen der EU:** <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/696d402f-a45a-11e9-9d01-01aa75ed71a1>
- 18- **UIC:** https://uic.org/IMG/pdf/20200227_high_speed_lines_in_the_world.pdf
- 19- **Handbuch zu den Externen Kosten des Verkehrs – 2019:** <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9781f65f-8448-11ea-bf12-01aa75ed71a1>; laut dem Handbuch belaufen sich die externen Umweltkosten für die zusätzliche Landnutzung auf durchschnittlich € 84.500 je km und Jahr.
- 20- **SSMS:** https://ec.europa.eu/transport/themes/mobilitystrategy_en
- 21- **ERH Sonderbericht 19/2018:** Sonderbericht Europäisches Hochgeschwindigkeitsschienennetz: keine Realität, sondern ein unwirksamer Flickenteppich. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_19/SR_HIGH_SPEED_RAIL_EN.pdf
- 22- **Airbus:** Wasserstoff – Null Emissionen: <https://www.airbus.com/innovation/zero-emission/hydrogen.html>

EUROCONTROL Think Paper series

EUROCONTROL erstellt in regelmäßigen Abständen Think Papers für Entscheidungsträger – zu Informationszwecken, als Anreiz zur Diskussion sowie zur Präsentation alternativer Herangehensweisen.

EUROCONTROL Think Paper #10 – Flying the 'perfect green flight' <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-04/eurocontrol-think-paper-10-perfect-green-flight.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #9 – Does Radio Frequency Interference to satellite navigation pose an increasing threat to network efficiency, cost-effectiveness and ultimately safety? <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-03/eurocontrol-think-paper-9-radio-frequency-interference-satellite-navigation.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #8 - Impact of COVID-19 on European Aviation in 2020 and Outlook 2021 <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-02/eurocontrol-think-paper-8-impact-of-covid-19-on-european-aviation-in-2020-and-outlook-2021.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #7 - Does taxing aviation really reduce emissions? <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-10/eurocontrol-think-paper-taxing-aviation-oct-2020.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #6 - Arriving on time: the passenger priority <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-6-arriving-on-time-passenger-priority.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #5 - Effects on the network of extra standby aircraft and Boeing 737 MAX grounding <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-5-737.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #4 - The aviation network - Decarbonisation issues <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-4-decarbonisation-en.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #3 - Cybersecurity in aviation <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-3-cybersecurity-aviation.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #2 - Air traffic flow management (ATFM) regulations: a power for good <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-2-atfm-regulation.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #1 - Fuel tankering in European skies: economic benefits and environmental impact <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-1-fuel-tankering.pdf>

© EUROCONTROL - Juni 2021

Dieses Dokument wurde von EUROCONTROL zu Informationszwecken veröffentlicht. Die teilweise oder vollständige Vervielfältigung ohne wirtschaftlichen Nutzen (z.B. finanziellen Gewinn) ist gestattet, sofern EUROCONTROL als Quelle angeführt wird. Die Informationen in diesem Dokument dürfen ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch EUROCONTROL nicht verändert werden.

www.eurocontrol.int



SUPPORTING EUROPEAN AVIATION



© EUROCONTROL - June 2021

This document is published by EUROCONTROL for information purposes. It may be copied in whole or in part, provided that EUROCONTROL is mentioned as the source and it is not used for commercial purposes (i.e. for financial gain).

The information in this document may not be modified without prior written permission from EUROCONTROL.

www.eurocontrol.int

i - ERH Sonderbericht 19/2018: Sonderbericht Europäisches Hochgeschwindigkeitsschienennetz: keine Realität, sondern ein unwirksamer Flickenteppich.

https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_19/SR_HIGH_SPEED_RAIL_EN.pdf

Plane and train: Getting the balance right

Urgent action is needed to curb climate change and reduce transport emissions, and the aviation industry recognises the need to 'go green' and achieve carbon neutrality by 2050, as per the ambitious goals of the European Green Deal. In parallel, many commentators have hypothesised that some air routes should rather be operated by high-speed trains or sleeper trains. This Think Paper aims to assess the practicality of an increased shift to rail, and the environmental, economic and societal implications that this would have as part of a wider green, smart and affordable mobility approach.

The paper reviews the latest literature comparing air and rail sustainability, assesses whether shifting from air to rail across Europe is a realistic option, and identifies areas where air and rail could be complementary, rather than mutually exclusive. To do so, it seeks to answer the following questions:

- What would be the impact of shifting from air to rail – and how feasible is this?
- What are the trade-offs necessary to get the air-rail balance right?
- In which circumstances would air-rail complementarity work better?

The paper concludes that transportation decarbonisation is more complex than simply planning to shift to rail for travel below 1,000 km. The positive impact on the climate this would have is limited, but it will generate a range of drawbacks. However, it finds that air and rail have a natural complementarity that should be capitalised on, and recommends that investment be balanced with a view to developing multimodal solutions.

Main Findings

1. **High-speed rail (HSR) has the greatest potential to replace air in the below 500 km category, but this segment, while responsible for 24.1% of European flights, only accounts for 3.8% of aviation emissions – and for geographical reasons, not all of this saving is achievable.** In the 500-1,000 km sector, however, HSR has much less ability to substitute successfully for air.
2. **By the time it takes to put new HSR infrastructure into operation (18-26 years on average), aviation will be well on track towards reaching net zero**

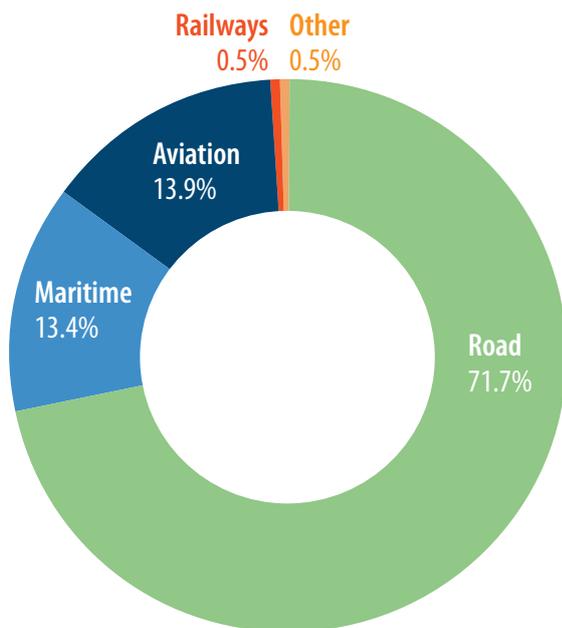
emissions by 2050 on its own, in particular with upscaled Sustainable Aviation Fuel (SAF) use, and new propulsion technologies. Transport investment should therefore be carefully balanced between both industries, particularly **as aviation decarbonisation will benefit all aviation distance ranges all over Europe**, whereas HSR can only realistically impact shorter distances.

3. **Studies proposing an air-rail shift underestimate or fail to factor in the significant economic and environmental impacts that a massive expansion of HSR lines would entail**, including total lifecycle emissions. This impedes a **level playing-field assessment** as data on the rail market and infrastructure are missing. Even if the **10,000 km** of envisaged new HSR lines¹ were to be built, HSR will still not be able to match air in terms of connectivity, despite a potential infrastructure investment of **around €250 billion²**. Massive HSR expansion would also entail significant **socioeconomic and biodiversity loss impacts** compared to aviation, which has limited new infrastructure needs.
4. **Rail simply cannot substitute for air in many circumstances, e.g. islands and regions that are remote or face particular geographic barriers – and for which connectivity is vital to economic survival.**
5. **Multimodal solutions that combine air and rail are highly attractive in terms of optimising sustainability and improving connectivity**, particularly in dense metropolitan areas where HSR infrastructure is already in place. In this sense, both are complementary ways towards meeting emission reduction goals, making the optimal solution more “plane and train” rather than “plane vs train”.

The challenge of the European Green Deal: how to reduce transport emissions

The European Green Deal³ sets an ambitious course for the EU: to become the first continent with no net emissions of greenhouse gases (GHG) by 2050. For transport, it calls for a “90% reduction in greenhouse gas emissions by 2050 (from 1990 level), while also working towards a zero-pollution ambition”. **Aviation**, as Figure 1 shows, accounts for **13.9%** of those GHG emissions –far higher than **rail**, which accounts for a tiny fraction at **less than 1%**; comparable to **maritime (13.4%)**; but massively below **road** transport, which provides over two-thirds of GHG at **71.7%**.

FIGURE 1: SHARE OF TRANSPORT GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN EU-28 IN 2018



Source: EEA⁴

Although road transport accounts for over 5 times the emissions of air and over 140 times that of rail, paradoxically much recent public debate has centred on the possibility of switching from air to rail, not advocating road to rail concepts. Numerous studies have argued the desirability of an air to rail shift, and this is having an impact on policymaking at State level⁵. Rail is in any case clearly highly attractive in terms of emissions, and the EU’s Sustainable and Smart Mobility Strategy (SSMS)⁶ grants a prominent

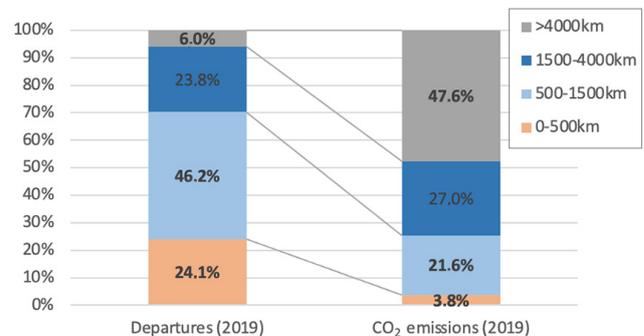
role to the sector in the transition towards zero-emission mobility, arguing for a doubling of HSR traffic in the next decade, and a tripling by 2050, partly at the expense of air.

But would a shift from air to rail really have the desired effect on emissions?

The “plane vs train” debate is centred on two distance categories: up to 500 km, and 500-1,000 km. Of these, clearly the first is a more realistic goal in terms of passenger journey time, with the European Environment Agency (EEA) “Train or Plane?” report 2020⁷ concluding that for the latter category, “it is not straightforward [to determine] what a future shift from air to rail can bring” in terms of reduced emissions and total environmental impact.

This would target the 24.1% of European flights that are under 500 km (which, during a pandemic that has impacted long-haul travel the most, even rose to 30.6% in 2020⁸). However, such flights were only responsible for 3.8% of aviation’s gross CO₂ emissions in 2019, as EUROCONTROL Think Paper #10⁹ underlines.

FIGURE 2: % OF FLIGHT VERSUS CO₂ EMISSIONS IN 2019



Source: EUROCONTROL

And **even if it were possible to aim for a blanket substitution of all flights for rail in this category, it would still be impossible to realise the full 3.8% CO₂ saving cap on total emissions**, owing to terrain, travel time considerations or higher fares, which would kill the business case for rail connection (arguments confirmed in the 2020 Eurobarometer¹⁰ survey, which found that most travellers are only prepared to switch to more environmentally-friendly modes of transport if costs and speed are comparable).

“24.1% of European flights are under 500 km - but account for only 3.8% of aviation’s gross CO₂ emissions”

HSR is also highly reliant on low carbon electricity to realise the greatest benefits, but this is not widely available: whereas France, which has the densest HSR infrastructure of +2,700 km¹¹, benefits from the third-lowest carbon rate in Europe at 0.047 kg CO₂e emissions per kWh, average electricity generation elsewhere in Europe is over seven times greater at 0.339kg CO₂e emissions per kWh¹².

Even when considering journeys up to 1,000 km, and assuming high-speed connections were established between all major European cities, **a shift towards rail would not deliver more than 2-4% gross CO₂ emissions savings**, according to the Transport & Environment “Maximising air to rail journeys” briefing¹³.

HSR’s environmental and socioeconomic impacts should not be underestimated

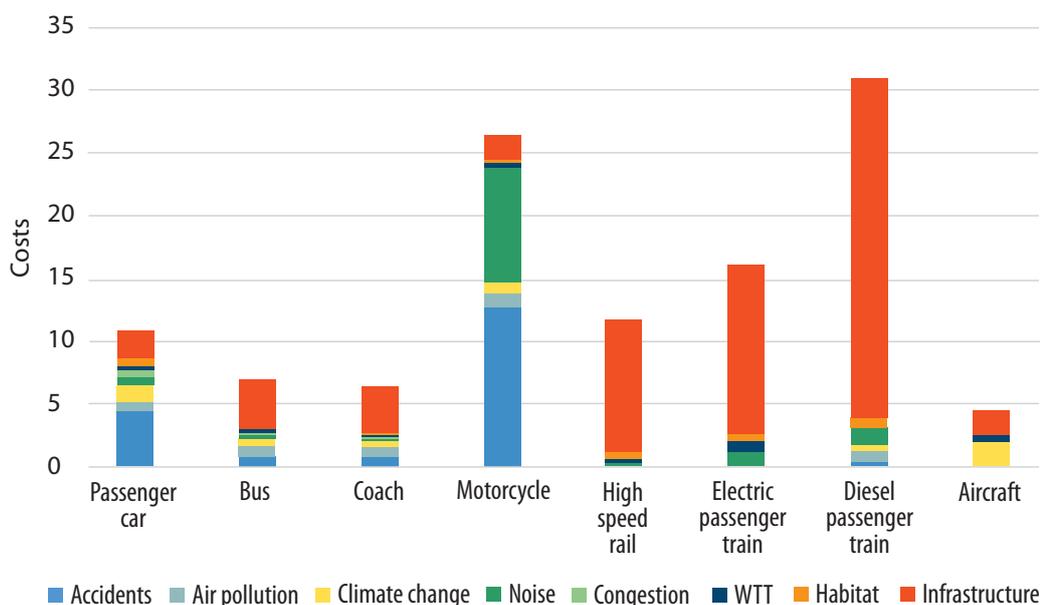
When comparing transport modes, total lifecycle emissions must be considered, including each stage of energy production and use, and the environmental and economic impact of transport infrastructure. **While the EEA “Train or Plane?” Report excludes infrastructure aspects from its analysis, citing a lack of data on the intra-European rail market and infrastructure, in fact railways entail significant negative impacts. Not factoring in these**

impacts skews the analysis and impedes a level playing-field assessment, to the clear detriment of air.

HSR costs twice as much as air when adding up external costs and infrastructure, a European Commission study¹⁴ finds (see Figure 3), and HSR infrastructure alone costs 5 times more. The EEA¹⁵ also reports that rail is **10 times more damaging to land use**, resulting in a total habitat damage cost of **€2.7 billion** per year in the then-EU28. For aviation, the equivalent total costs per year at 33 selected major airports were estimated at **€0.05 billion**. Even if this cost were multiplied by 5 to extrapolate it to all airports in the then-EU28, **the resulting total habitat damage caused by aviation is still 10 times lower on an annual basis than that for rail**. Airport infrastructure investment is also typically funded by the airports themselves, whereas the cost of HSR is largely paid out of public taxes¹⁶.

Data are also much more complete for air usage as opposed to rail usage, with data on train occupancy rates, additional rail tracks required to absorb demand, associated costs/lifecycle greenhouse gas emissions, etc. not readily available. This can be contrasted unfavourably to aviation, where extensive studies are available tracking emissions, passenger data, flows, forecasts and demand predictions. **All of this puts air at a distinct disadvantage when seeking to make a balanced comparison.**

FIGURE 3: AVERAGE EXTERNAL AND INFRASTRUCTURE COSTS FOR PASSENGER TRANSPORT (€-CENT/PKM)
Road & rail for EU28; Aviation for selected 33 airports



Source: EC/CE DELFT STUDY – State of play of Internalisation in the European Transport Sector- 2019¹⁷

“HSR costs twice as much as air when adding up external costs and infrastructure, HSR infrastructure costs 5 times more, and is 10 times more damaging to land use”

The UIC publication 'High Speed Lines in the World 2020'¹⁸ reports on the HSR extensions currently planned in Europe, which amount to 10,000 km of new lines. The study does not however specify if these investments would be sufficient to meet the ambitions of the SSMS of doubling/tripling HSR traffic by 2030/2050. Using the calculation that 3 hectares of land are used for each km of additional HSR track, this would result in **30,000 hectares of biodiversity loss** (new rail lines fragment existing land) and **add up to €1 bn in additional costs per year**¹⁹.

Community support is also far from a given for massive land-use change, or for the noise impacts. Communities living in the vicinity of HSR lines are, like those living close to airports, majorly affected – in fact, **5 times more people are impacted by rail noise than by air**, as the SSMS notes, estimating that “around 100 million people in the EU are exposed to average sound levels of 55 dB or higher during the day, evening and night for road traffic noise, 20 million for railway noise and 4 million for aircraft noise.”²⁰

HSR investment vs. aviation decarbonisation: Which will be quicker to deliver?

Building 10,000 km of new HSR lines would cost around €250 bn, and each new line tends to take anywhere

between 18 and 26 years to build²¹. This may make it **difficult to achieve the SSMS goal of doubling the available traffic by 2030, rather than later in the decade**. HSR is thus far from being a rapid way of meeting climate goals. HSR-air substitution is also, as we have seen, largely only practical in the under 500 km segment.

While aviation generates more emissions now, it will generate significantly less in the coming decades, as EUROCONTROL Think Paper #10 shows. A major upscaling of sustainable aviation fuels (SAF) has the potential to lower rapidly emissions across all flight distance categories, not just the ones that HSR could aim to substitute for air, while new propulsion technologies such as electric, hydrogen or hybrid aircraft are expected to enter the market in the next decade, with zero-emissions aircraft steadily replacing conventionally-powered ones.

A new HSR route commissioned now, and which by its nature can only link several cities, therefore risks entering into operation after the first zero-emission airliners have been brought to market on multiple shorter-haul routes across Europe²². HSR and aviation decarbonisation initiatives are certainly complementary, but **replacing air by HSR is not the silver bullet needed to achieve transport climate neutrality by 2050**.

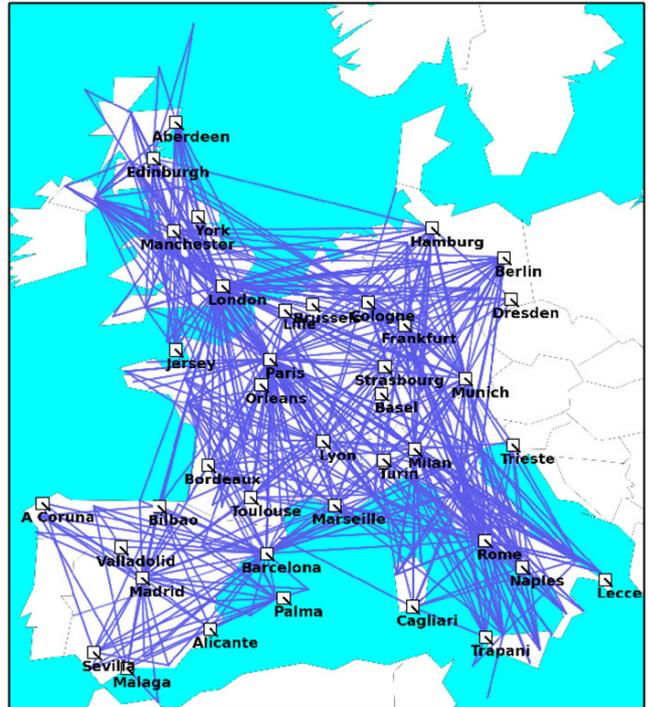


“5 times more people are impacted by rail noise than by air noise”

FIGURE 4: COMPARISON OF AIR & HSR CONNECTIVITY IN WESTERN EUROPE



HSR network (data source: OpenStreetMap)



Airport network (data source: Sabre Airline Solutions)

Source: X. Sun, Yu Zhang, S. Wandelt (2017), *Air Transport vs. High Speed Rail: An Overview and Research Agenda* (2017)

HSR can complement air connectivity but hardly replace it

HSR routes are fixed and take years to build, whereas air routes are only constrained by the existence of airports, can adapt easily to changes in demand, and crucially require lower investment (upgrading of infrastructure rather than the wholesale creation of new infrastructure that new HSR lines require).

Multimodality: Improving sustainability now without huge investment

While the ability of HSR to substitute comprehensively for air in short-haul sectors is limited in terms of cost, construction time and connectivity, **HSR does have a key role to play in the development of multimodal transport solutions, where significant advantages can be achieved in terms of the environment, connectivity and**

profitability. As the SSMS states, “where high-speed rail services can be linked to form an attractive offer with long distance flights... this could not only reduce CO₂ emissions... but also... avoid maintaining unprofitable air routes”.

This would “require investment into improving the access of high-speed rail to airports”, which is an area that has been increasingly explored in recent years, from the Rail Baltica project to connect the capitals of the three Baltic States, to the growing number of air-rail alliances across Europe. Lufthansa has teamed up with Deutsche Bahn to create new services to Frankfurt from Hamburg, Munich, Berlin, Bremen and Münster; Austria has switched to rail all flights between Graz, Linz and Salzburg to Vienna Airport; Switzerland’s “Airtrain” links Geneva, Basel and Lugano to Zurich Airport; and Schiphol benefits from comprehensive national and international rail links (with international services between Amsterdam and Brussels increasingly switching to rail links for passengers catching connecting flights to intercontinental destinations at the airport).

“HSR has a key role to play in the development of multimodal transport solutions, bringing significant advantages in terms of the environment, connectivity and profitability”

There is also **potential for exploring further multimodality solutions around airports, by focusing on travellers' door-to-door needs, and by assessing the full environmental impact of the traveller's journey.** For instance, connecting airports by rail would allow passengers to travel to the airport by train instead of by car, a key advantage given that car journeys overall generate the highest carbon footprint of all transportation modes.

To achieve this potential, passengers will need more information on the sustainability of travel alternatives, based on independent comparison methods; new ticketing systems will also need to be developed to facilitate access.

Conclusions

Overall, therefore, we can conclude that the case for an air-rail shift, either on up to 500 km or 500-1,000 km routes, is far from convincing, even if improving the HSR network per se will clearly improve choice and connectivity. In terms of emissions, rail has clear advantages now over air, but new HSR will take decades to put into place – and by that time, aviation decarbonisation will be well underway. It is also important to factor in properly HSR's far greater socioeconomic and land/biodiversity constraints than air, which studies tend to underestimate massively, and be aware that HSR cannot match the flexibility and connectivity of air, which remains vital to the European economy. However, where rail does have a major role to play is in further developing multimodal solutions – less “plane vs train”, and rather “plane and train”.



Austrian Airlines and ÖBB (Austrian Federal Railways) innovative AIRail intermodal transport concept with Railjet services

Main Findings

1. **High-speed rail (HSR) has the greatest potential to replace air in the below 500 km category, but this segment, while responsible for 24.1% of European flights, only accounts for 3.8% of aviation emissions – and for geographical reasons, not all of this saving is achievable.** HSR has much less ability to substitute successfully for air in the 500-1,000 km sector, however.
2. **By the time it takes to put new HSR infrastructure into operation (18-26 years on average), aviation will be well on track towards reaching net zero emissions by 2050 on its own,** in particular with upscaled Sustainable Aviation Fuel (SAF) use and new propulsion technologies. Transport investment should therefore be carefully balanced between both industries, particularly as aviation decarbonisation will benefit all aviation distance ranges all over Europe, whereas HSR can only impact shorter distances.
3. In the studies comparing air and rail sustainability, **a level playing-field assessment is not achievable** since data on the rail market and infrastructure are missing, which penalises aviation. **If the 10,000 km of new HSR lines planned by the UIC were to be built, and assuming that this would meet the SSMS goals of doubling rail traffic by 2030 and tripling it by 2050, this would cost approximately €250 billion using the calculation methodology provided in the Handbook on the External Costs of Transport – 2019.** Air, on the other hand, has very limited new infrastructure needs – and despite all that investment, HSR would still not be able to match air in terms of connectivity. Moreover, it would entail significant **socioeconomic and biodiversity loss impacts** compared to aviation which all available studies underestimate.
4. **Rail simply cannot substitute for air in many circumstances, e.g. islands and regions that are remote or face particular geographic barriers – and for which connectivity is vital to economic survival.**
5. **Multimodal solutions that combine air and rail are highly attractive in terms of optimising sustainability and improving connectivity,** particularly in dense metropolitan areas where HSR infrastructure is already in place. In this sense, both are complementary ways towards meeting emission reduction goals, making the optimal solution more “plane and train” rather than “plane vs train”.

- 1- **International Union of Railways (UIC):** https://uic.org/IMG/pdf/20200227_high_speed_lines_in_the_world.pdf
- 2- **ECA Special report 19/2018:** A European high-speed rail network: not a reality but an ineffective patchwork. On average, 28/16 years from start of planning/construction to opening for selected HSR lines (study covering 50% of the HSR network), and the average cost of a new HSR line in 2017 was €25M/km. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_19/SR_HIGH_SPEED_RAIL_EN.pdf
- 3- **EEA:** https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/share-of-transport-ghg-emissions-2#tab-googlechartid_chart_13
- 4- **EEA:** <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2020> – 24 Mar 2021.
- 5- **Loi climat-résilience:** <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-climat-resilience>. The Law aims to ban flights where rail services of under 2½ hours exist, excluding flights mostly taken by connecting passengers.
- 6- **SSMS:** https://ec.europa.eu/transport/themes/mobilitystrategy_en
- 7- **EEA:** <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2020>
- 8- **EUROCONTROL Data Snapshot 4,** March 2021. <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-data-snapshot-CO2-emissions-flight-distance>. Short-haul flights accounted for 4.3% of total emissions in 2020 owing to their increased share, slightly up on 2019 data.
- 9- **EUROCONTROL:** <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-think-paper-10-flying-perfect-green-flight>
- 10- **Eurobarometer on Mobility and Transport,** June 2020: https://data.europa.eu/data/datasets/s2226_92_1_495_eng?locale=en
- 11- **UIC:** https://uic.org/IMG/pdf/20200227_high_speed_lines_in_the_world.pdf
- 12- **Carbon Footprint:** https://www.carbonfootprint.com/docs/2019_06_emissions_factors_sources_for_2019_electricity.pdf
- 13- **T&E:** https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2020_07_Air2Rail_Briefing_paper.pdf
- 14- **European Commission:** State of play of internalisation in the European transport sector - Publications Office of the EU (europa.eu), p.44. <https://cedelft.eu/publications/state-of-play-of-internalisation-in-the-european-transport-sector/>
- 15- **EEA:** <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2020>, p. 37.
- 16- **European Commission:** https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/CE_Delft_4K83_Overview_transport_infrastructure_expenditures_costs_Final.pdf. Appendix F: “ the private investment [in road and rail] reached at best of times 10-15% of the total investments.”
- 17- **Publications Office of the EU:** <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/696d402f-a45a-11e9-9d01-01aa75ed71a1>
- 18- **UIC:** https://uic.org/IMG/pdf/20200227_high_speed_lines_in_the_world.pdf
- 19- **Handbook on the External Costs of Transport - 2019:** <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9781f65f-8448-11ea-bf12-01aa75ed71a1>, which calculates that the external environmental cost of this additional land occupancy is on average €84,500 per km per year.
- 20- **SSMS:** https://ec.europa.eu/transport/themes/mobilitystrategy_en
- 21- **ECA Special report n° 19/2018:** A European high-speed rail network: not a reality but an ineffective patchwork. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_19/SR_HIGH_SPEED_RAIL_EN.pdf
- 22- **Airbus:** Hydrogen - Zero emission <https://www.airbus.com/innovation/zero-emission/hydrogen.html>

EUROCONTROL Think Paper series

EUROCONTROL produces regular Think Papers aimed at decision-makers which are designed to inform, stimulate debate and present alternative approaches.

EUROCONTROL Think Paper #10 – Flying the ‘perfect green flight’ <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-04/eurocontrol-think-paper-10-perfect-green-flight.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #9 – Does Radio Frequency Interference to satellite navigation pose an increasing threat to network efficiency, cost-effectiveness and ultimately safety? <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-03/eurocontrol-think-paper-9-radio-frequency-interference-satellite-navigation.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #8 - Impact of COVID-19 on European Aviation in 2020 and Outlook 2021 <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-02/eurocontrol-think-paper-8-impact-of-covid-19-on-european-aviation-in-2020-and-outlook-2021.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #7 - Does taxing aviation really reduce emissions? <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-10/eurocontrol-think-paper-taxing-aviation-oct-2020.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #6 - Arriving on time: the passenger priority <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-6-arriving-on-time-passenger-priority.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #5 - Effects on the network of extra standby aircraft and Boeing 737 MAX grounding <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-5-737.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #4 - The aviation network - Decarbonisation issues <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-4-decarbonisation-en.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #3 - Cybersecurity in aviation <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-3-cybersecurity-aviation.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #2 - Air traffic flow management (ATFM) regulations: a power for good <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-2-atfm-regulation.pdf>

EUROCONTROL Think Paper #1 - Fuel tankering in European skies: economic benefits and environmental impact <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-think-paper-1-fuel-tankering.pdf>



SUPPORTING EUROPEAN AVIATION



© EUROCONTROL - June 2021

This document is published by EUROCONTROL for information purposes. It may be copied in whole or in part, provided that EUROCONTROL is mentioned as the source and it is not used for commercial purposes (i.e. for financial gain). The information in this document may not be modified without prior written permission from EUROCONTROL.

www.eurocontrol.int