

Hyperloop

Forschung für die Mobilität der Zukunft





Wir forschen an der Mobilität der Zukunft

Für die Mobilität der Zukunft müssen wir eine grosse Herausforderung meistern: schnell, effizient und komfortabel Passagiere und Güter transportieren und gleichzeitig für den Klimaschutz Emissionen einsparen.

Der Flugverkehr ist für den schnellstwachsenden Anteil am europäischen Treibhausgasemissionsanteil verantwortlich, und der konventionelle Strassen- und Schienenverkehr stösst an die Grenzen der Kapazität und Geschwindigkeit. Daher sind neue innovative Transporttechnologien erforderlich.

Seit einigen Jahren investieren eine Vielzahl von Organisationen in die Hyperloop-Technologie, die das Potenzial hat, das Verkehrssystem der nächsten Generation zu werden. Mit Geschwindigkeiten eines Flugzeugs und dem ökologischen Footprint eines Zugs kann die Mobilität zwischen Ländern schnell, komfortabel und nachhaltig werden.

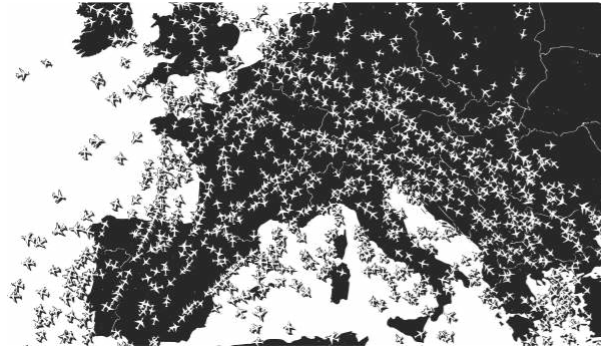
Forschung ist der Schlüssel für den nächsten Schritt dieser innovativen Technologie, damit Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Anfang an Teil des Hyperloops sind. Das gilt im Besonderen für die Infrastruktur. Wir sind überzeugt, dass die Revolution der Infrastruktur den Erfolg des Hyperloops sowohl in technologischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht sicherstellen wird. Genau dort setzen wir mit unserer Forschung den Schwerpunkt.

Die Strategie von EuroTube besteht darin, die Lücken in der Forschung zu schliessen und Teststrecken zu bauen, um die Hyperloop-Technologie bei hohen Geschwindigkeiten zu testen und bis zur Marktreife zu entwickeln.

In diesem Heft möchten wir Ihnen unsere Sicht der Hyperloop-Vision, die technischen und wirtschaftlichen Vorteile und unsere Forschungsarbeit als EuroTube Foundation vorstellen.

Doré de Morsier

Gründer und Vorsitzender des Stiftungsrats



6

Herausforderung klimaschonende Mobilität

Weltweit werden die Passagierzahlen und damit die Anzahl der Flugzeuge, die Starts und Landungen und die Emissionen sich in den nächsten zwei Jahrzehnten nahezu verdoppeln.



8

Mobilitätsbedürfnisse von Morgen

Die Bedürfnisse der Reisenden werden sich wandeln. Möglichst schnell, nachhaltig und komfortabel wollen sie am Ziel ankommen.



20

Hyperloop Forschungsstandort Schweiz

DemoTube

- Ort **Dübendorf**
- Länge **120 m**

AlphaTube

- Ort **Collombey - Muraz**
- Länge **3 km**
- Geschwindigkeit bis **900 km/h**



10

Chancen der Hyperloop-Technologie

Die Hyperloop-Technologie bringt die Vorteile von Zügen und Flugzeugen zusammen.



18

Die Vision in Europa: Transportnetz der Zukunft

Für Europa existieren verschiedene Visionen, wie ein zukünftiges Hyperloop-Netz aussehen könnte.



22

EuroTube Foundation:

Die EuroTube Stiftung ist eine Schweizer Non-Profit-Forschungsorganisation für die Entwicklung der Vakuum-Transporttechnologie, auch bekannt als Hyperloop. Wir sind in der Schweiz als Forschungsinstitut von nationaler Bedeutung anerkannt.

Inhalt

Herausforderung klimaschonende Mobilität	6
Mobilitätsbedürfnisse von Morgen	8
Chancen der Hyperloop-Technologie	10
Zusammenspiel der Verkehrsmittel in der Zukunft	14
Hyperloop - Eine globale Vision	16
Die Vision in Europa: Transportnetz der Zukunft	18
Hyperloop Forschungsstandort Schweiz	20
EuroTube Foundation: Das Schweizer Hyperloop-Projekt	22
EuroTube entwickelt alle technischen Komponenten für Hyperloop-Strecken	24
Partner in der Produktentwicklung	26

Juli 2023

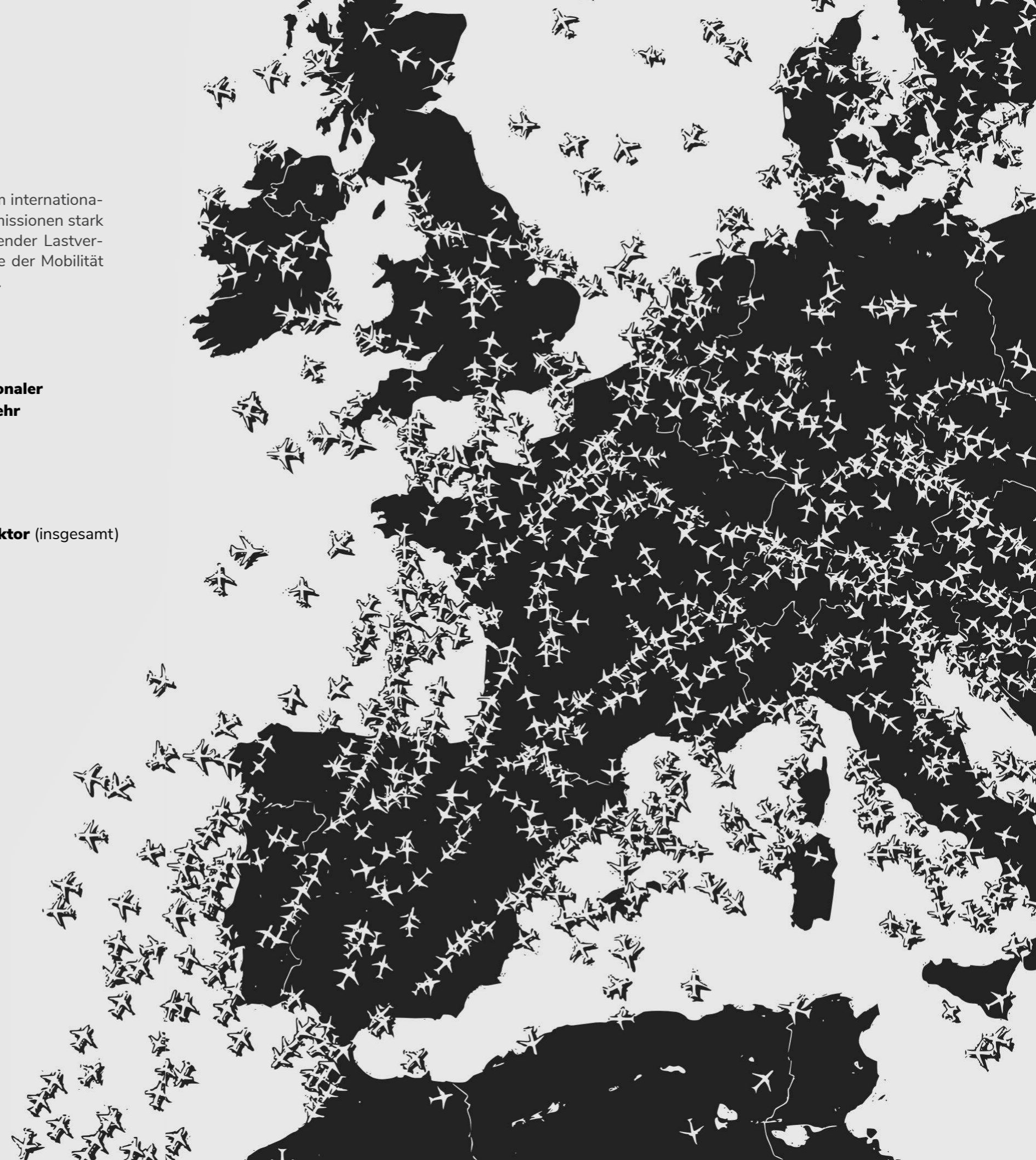
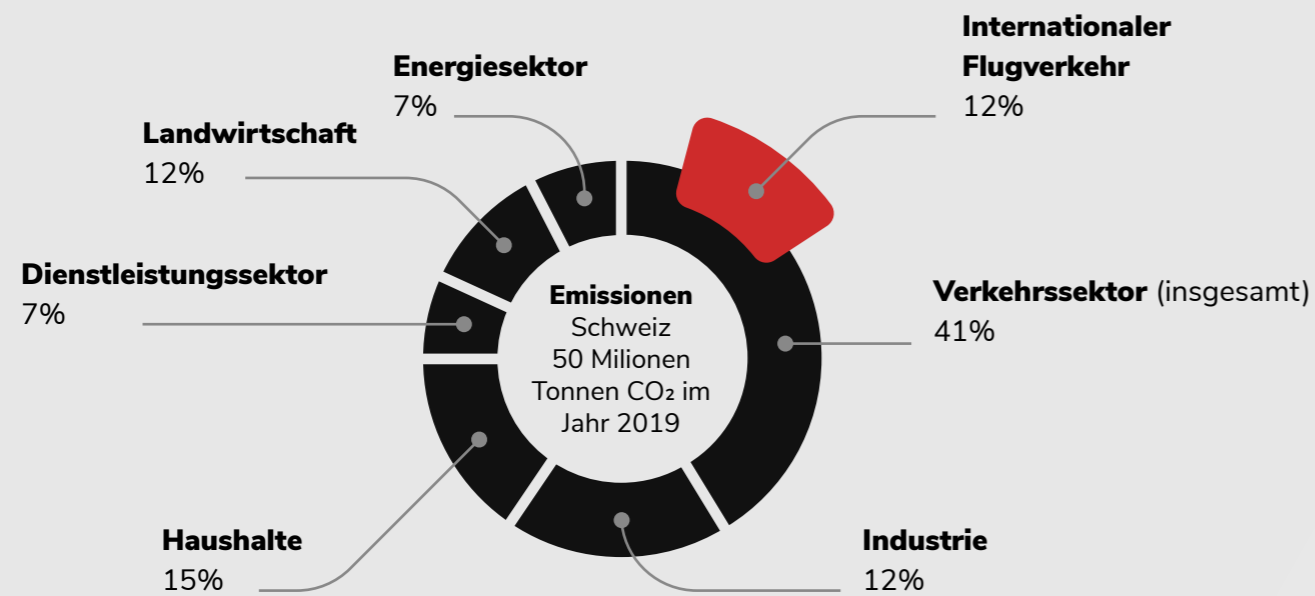
Design und Layout:
Tobias Kauer

EuroTube Foundation
Rue des Dents-du-Midi 44
1868 Collombey-Muraz
Besucheradresse: Neugutstrasse 66
8600 Dübendorf

Herausforderung klimaschonende Mobilität

Konservative Modelle gehen in den nächsten zwei Jahrzehnten von einer Verdoppelung der Passagierzahlen und damit der Anzahl der Flugzeuge, der Starts und Landungen und der damit verbundenen Emissionen aus.

Gerade in der Schweiz, mit hohem internationalem Flugaufkommen, fallen die Emissionen stark ins Gewicht. Hinzu kommt steigender Lastverkehr. Für eine nachhaltige Wende der Mobilität braucht es eine neue Technologie.



Mobilitätsbedürfnisse von Morgen

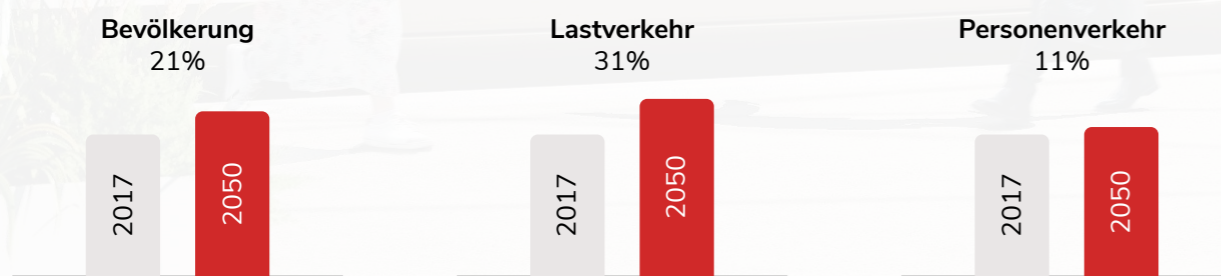
Nicht nur Klimaschutz und zunehmende Urbanisierung verlangen nach neuen Mobilitätsformen. Mobilität ist ein menschliches Grundbedürfnis. Weltweit wollen Menschen reisen und Güter müssen transportiert werden.

Für die Verbindung grösserer Städte über längere Distanzen standen bisher nur Flugzeuge und ein nur an wenigen Orten ausgebautes Netz an Hochgeschwindigkeitszügen zur Verfügung.

Auch die Bedürfnisse der Reisenden werden sich wandeln. Möglichst schnell, nachhaltig und komfortabel am Ziel anzukommen wird auch aus Sicht der Reisenden entscheidend.



Die Schweiz bis 2050
Bevölkerungswachstum und Zunahme des Verkehrs



Dieser Wandel der Bedürfnisse findet vor dem Hintergrund einer zunehmenden Auslastung der Infrastruktur statt, die gerade in der Schweiz künftig steigenden Last- und Personenverkehr bewerkstelligen muss.

<https://www.are.admin.ch/are/de/home/mobilitaet/grundlagen-und-daten/verkehrsperspektiven.html>

Chancen der Hyperloop-Technologie

Die Hyperloop-Technologie bringt die Vorteile von Zügen und Flugzeugen zusammen: niedrige Emissionen dank elektrischem Antrieb bei hohen Geschwindigkeiten. Hochgeschwindigkeitszüge fahren bereits heute in vielen Ländern. Eine grundlegende Problematik dieser Technologie ist jedoch, dass ein Grossteil der Energie für die Überwindung des Luftwiderstands verbraucht wird. So können diese Züge selbst mit hohem Energieeinsatz auf den wenigsten Strecken mehr als 300 km/h fahren und sind somit deutlich langsamer als Flugzeuge und auf vielen Strecken nicht konkurrenzfähig.

Hyperloop setzt genau an dieser Problematik an: Wie kann man den Luftwiderstand verringern, sodass man gleich schnell oder sogar schneller als mit dem Flugzeug von Zentrum zu

Zentrum reisen kann und dabei weniger Energie und Ressourcen verbraucht?

Die neue Infrastruktur kann Städte über grössere Entfernungen verbinden und anders als Flughäfen die Anbindung an den Hochgeschwindigkeitsverkehr in die Stadtzentren holen. Innerhalb einer Röhre können die Fahrzeuge in kurzen Abständen aufeinander folgend starten und so auch hohe Kapazitäten abdecken. Zudem verbraucht die Hyperloop-Infrastruktur weniger Fläche und erzeugt so gut wie keine Geräusche, was insbesondere in städtischen Räumen entscheidende Vorteile sind.

Andere Verkehrsmittel wie Bahn-, Strassen-, und Flugverkehr werden dadurch auf diesen Strecken entlastet.



Geschwindigkeit bis 1000 km/h



Rein elektrisch mit 100% Ökostrom



Verbindet Stadtzentren direkt



Geringer Flächenverbrauch & verringerte Lärmbelastung



Der Hyperloop: Die Technik dahinter

Vakuum-Umgebung

Das Vakuum reduziert den Luftwiderstand drastisch und spart so zusätzliche Energie, die Flugzeuge oder Hochgeschwindigkeitszüge aufwenden müssen, um den Luftwiderstand zu überwinden.

Antriebssystem

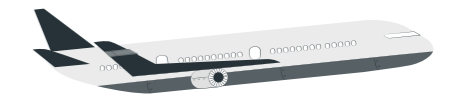
Das Antriebssystem ist sowohl in die Schiene (zur Beschleunigung) als auch in die Pods (zur Aufrechterhaltung der Reisegeschwindigkeit) integriert.

Magnetische Schwebetechnik

Die Magnetschwebetechnik ermöglicht ein sanftes und reibungsloses Gleiten des Fahrzeugs. So können lange Strecken mit geringem Energieaufwand zurückgelegt werden.

Zusammenspiel der Verkehrsmittel in der Zukunft

Hyperloop ist ein neues Verkehrsmittel mit separater Infrastruktur. Ein Umstieg in einen Hyperloop lässt somit auf der gleichen Strecke Kapazitäten im Bahnnetz, auf der Strasse und an den Flughäfen frei werden.



Individualverkehr

e-Autos, selbstfahrende Fahrzeuge, Scooter und Fahrräder für kurze Distanzen und individuelle Reisen, z.B. ab der letzten Haltestelle des öffentlichen Verkehrs bis zur Haustür, oder auf dem Land.

Öffentlicher Verkehr

Weiterhin bilden der Stadt-, Regional- und Fernverkehr das Rückgrat der Verkehrssysteme. Elektrisch und damit zunehmend klimaneutral betrieben, kann der öffentliche Verkehr von der kurzen Strecke bis zur landesweiten Verbindung von Städten nachhaltige Mobilität für alle ermöglichen.

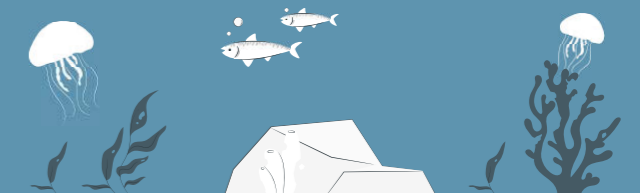
Hyperloop

Ein Hyperloop fügt sich zwischen langen Strassen-, Bahn- und kürzeren Flugverbindungen ein. Ein Hyperloop verbindet grössere Städte innerhalb eines Kontinents, und ist mit ÖV-Angeboten und Flughäfen in Städten zentral verbunden. Umsteigen wie von einer Bahn in die andere wird so möglich.

Strecken, für die Bahnfahrten zu lang dauert und beim Fliegen zu viel Zeit an den Flughäfen verbraucht wird, eignen sich besonders für Hyperloop-Verbindungen.

Flugverkehr

Die Entlastung der kürzeren, kontinentalen Strecken ermöglicht die Nutzung der Flughäfen für lange Distanzen zwischen Kontinenten und über Meere hinweg. So kann der Flugverkehr die absehbar begrenzten Mengen von nachhaltigem Flugtreibstoff dort einsetzen, wo Flugzeuge noch alternativlos sind.

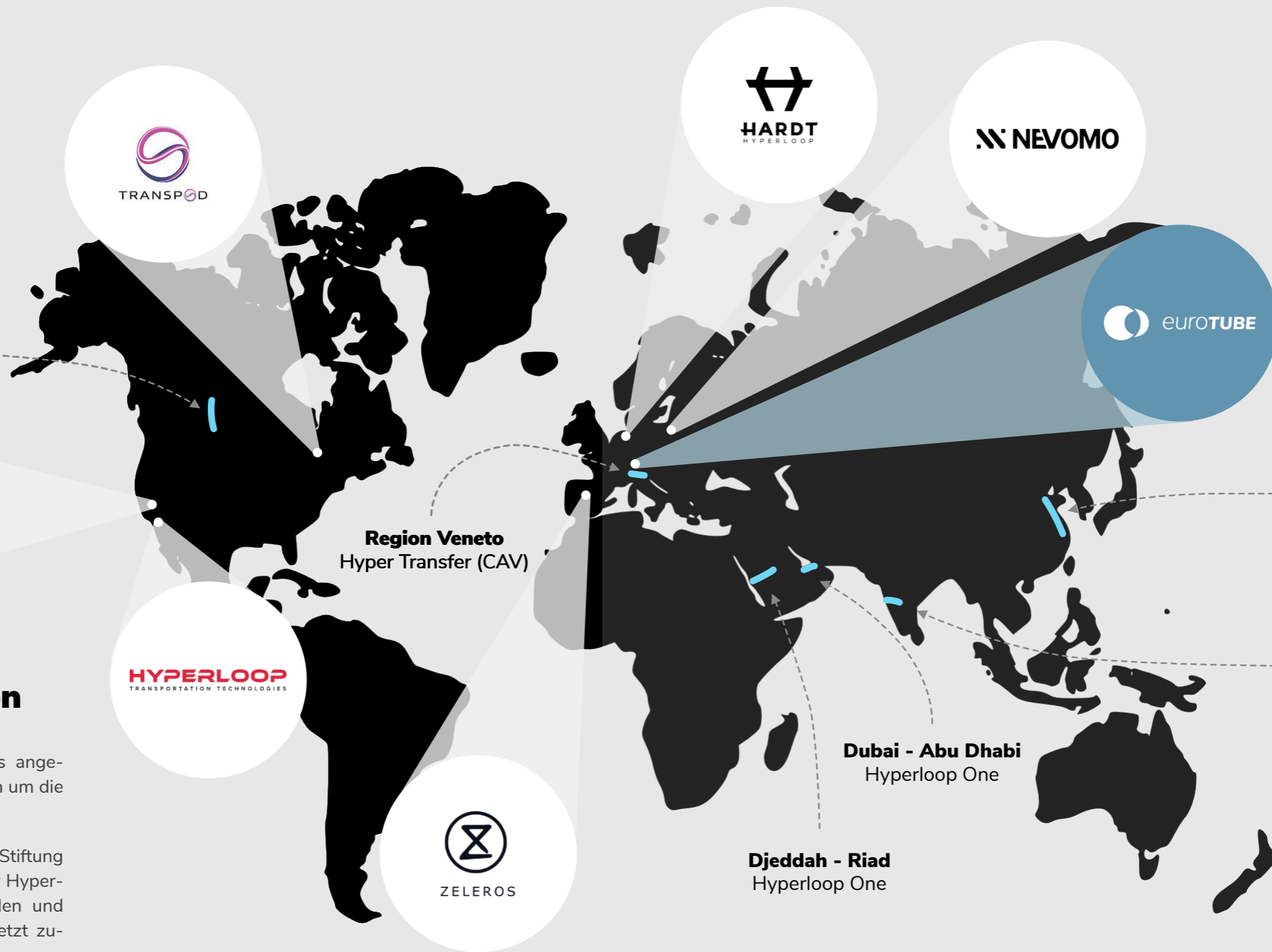


Hyperloop Eine globale Vision

Viele Hyperloop-Projekte sind bereits angekündigt und das internationale Rennen um die Zukunftsmobilität hat begonnen.

Die Schweiz hat mit der EuroTube Stiftung eine eigene Forschungseinrichtung für Hyperloop-Infrastruktur, die mit Hochschulen und anderen Forschern international vernetzt zusammengearbeitet.

Am Innovations- und Forschungsstandort Schweiz können die Technologien für den Hyperloop entwickelt werden, die dann weltweit zum Einsatz kommen.



Karte zeigt führende Hyperloop-Firmen und angekündigte Projekte mit unterschiedlichem Konkretisierungsgrad.

Die Vision in Europa: Transportnetz der Zukunft

Auch europaweit wird der Bedarf an nachhaltiger Mobilität zunehmen. Hyperloop kann hier eine zentrale Rolle spielen. Es existieren verschiedene Visionen für ein europäisches Hyperloop-System.

Wie ein ausgebautes Netz aussehen könnte, hängt unter anderem davon ab, ob erst einzelne Verbindungen entlang der günstigsten Korridore separat geplant, gebaut und später verbunden werden, oder ob von Beginn an ein kontinentales Netz als Vision dient.

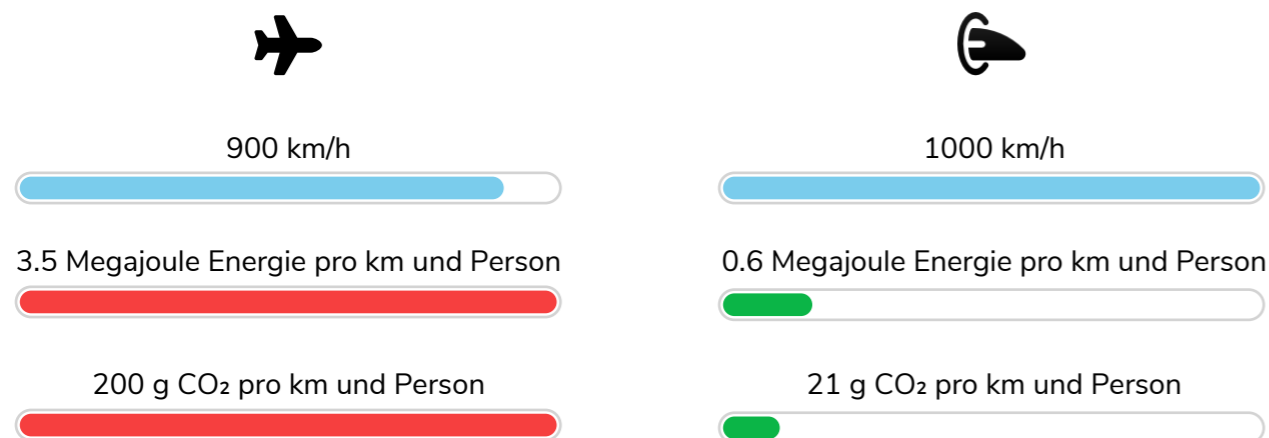
Ein solches gesamteuropäisches Netz könnte einer Studie des Hyperloop Development Programs (HDP) zufolge 60% der Kurz- und Mittelstreckenflüge ersetzen.

EuroTube hat ein Rechenmodell entwickelt, das es ermöglicht, die Streckenplanung entlang der Mobilitätsbedürfnisse und der verfügbaren Alternative von Kurzstreckenflügen zu optimieren. Zudem lässt das Modell Rückschlüsse auf den Ressourcen- und Energiebedarf der Infrastruktur und Vergleiche mit anderen Verkehrsmitteln zu.

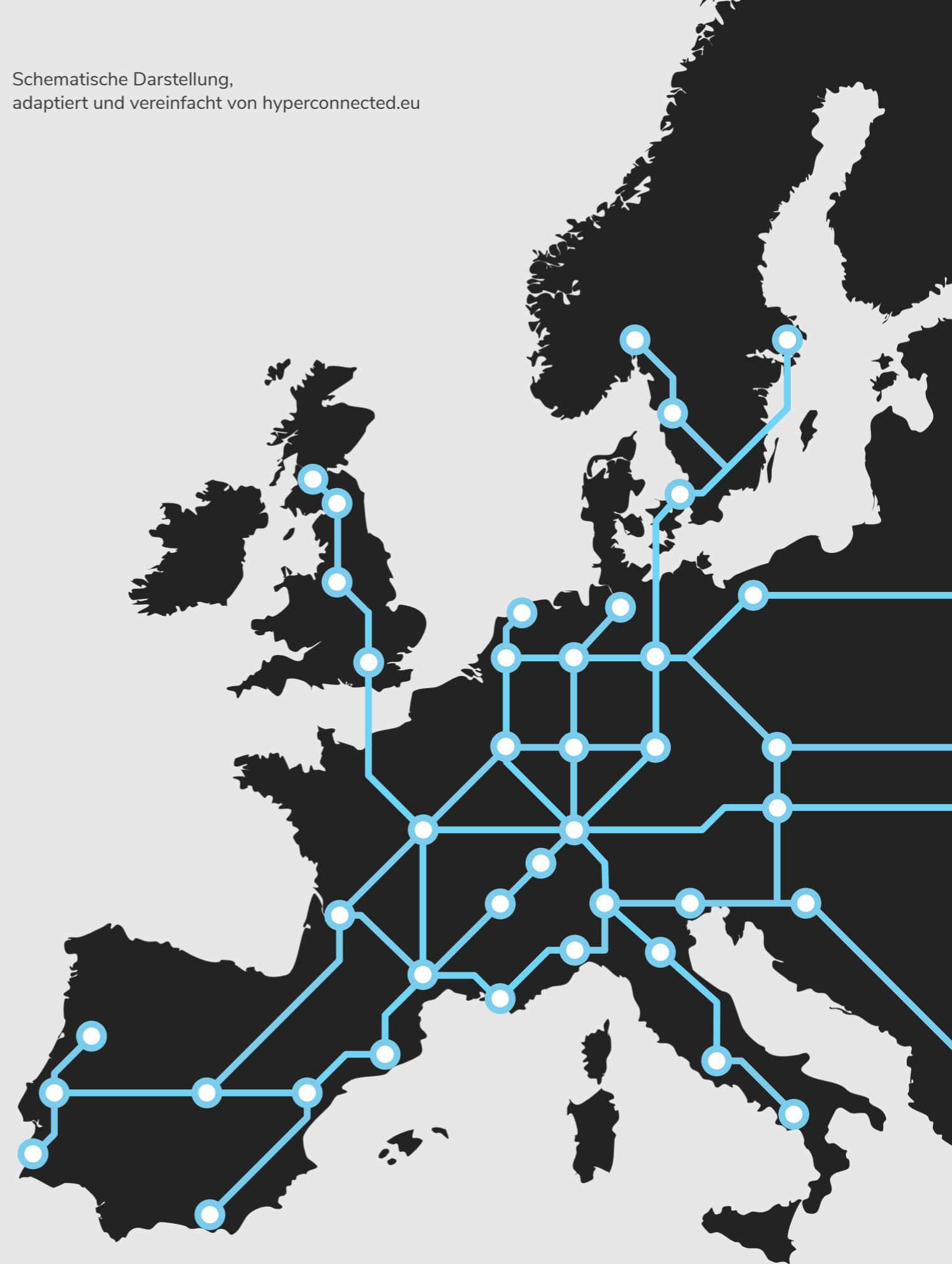
Die Verlagerung der kontinentalen Kurz- und Mittelstreckenflüge auf ein System wie Hyperloop könnte entscheidend zur Einsparung von Emissionen beitragen.

Vergleich: Energieaufwand und Emissionen

Quelle: EuroTube-Analyse



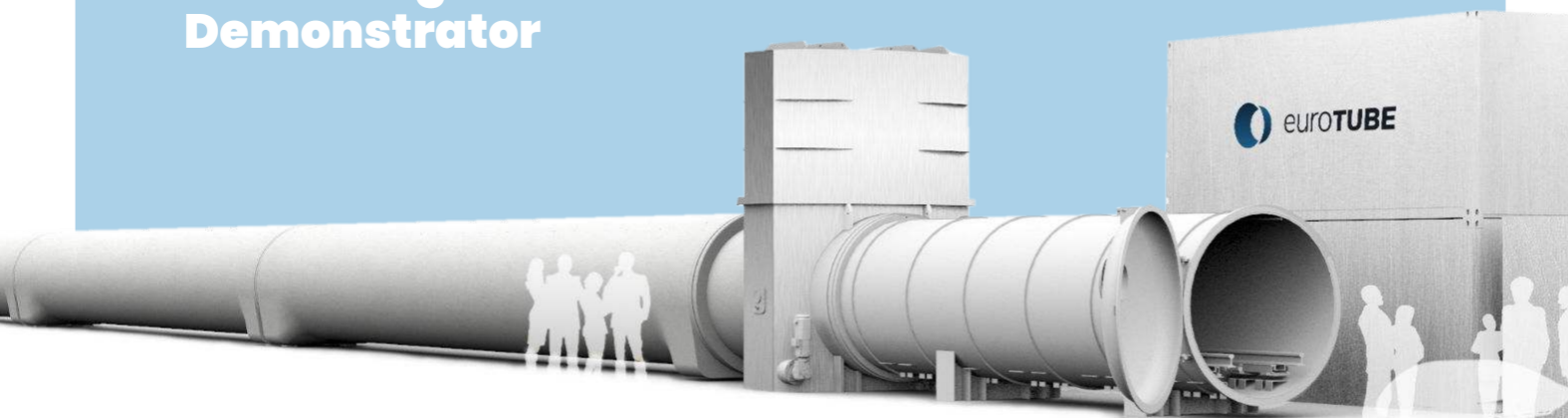
Schematische Darstellung,
adaptiert und vereinfacht von hyperconnected.eu



Hyperloop Forschungs- standort Schweiz

Die EuroTube Foundation wird weltweit
einzigartige Forschungsinfrastruktur
für Hyperloop errichten.

DemoTube
Erster vollständiger
Technologie-
Demonstrator



Die DemoTube testet alle Systeme, die für Hyperloop notwendig sind, Sicherheitssysteme, Vakuumkompatibilität, Einfahrt über eine Luftschleuse, Fahrten mit niedriger Geschwindigkeit unter Vakuum.

Die DemoTube wird Forschungsgruppen und Universitäten für Ihre Forschungsarbeit zur Verfügung stehen. Ausserdem ermöglicht die DemoTube Produkttests im elektrischen und mechanischen Bereich.

Ort **Dübendorf**
Länge **120 m**

Entwicklung aller Komponenten und Systeme

Ort **Collombey - Muraz**
Länge **3 km**
Geschwindigkeit bis **900 km/h**
Öffentlich zugängliche Forschungsplattform



AlphaTube
Weltweit einzigartige
Forschungsinfrastruktur
für Hyperloop-
Technologie

Die Forschung an der Hyperloop-Technologie an Hochschulen und in Unternehmen ist weltweit verstreut und bisher wenig vernetzt. Wir bringen Forschung, Bildung, und ein Netzwerk aus Industrie, Start-ups und Wissenschaft an einen Tisch.

In unserem Forschungszentrum in Collombey-Muraz im Schweizer Kanton Wallis können Unternehmen, Universitäten und deren Forschende ihre Prototypen praxisnah testen, weiter erforschen und interdisziplinär zusammenarbeiten. So wird die Region am Arc Lémanique zum "Hyperloop-Valley" und die Schweiz Vorreiter und Innovationsstandort Nummer 1.





EuroTube Foundation: Das Schweizer Hyperloop-Projekt

Ziel der EuroTube Stiftung ist es, der Hyperloop-Technologie als dem vielversprechendsten nachhaltigen Transportmittel der Zukunft zum Durchbruch zu verhelfen.

- Weiterentwicklung der Hyperloop-Technologie und eines herstellerneutralen Hyperloop-Infrastrukturdesigns in den Testanlagen DemoTube und AlphaTube. Dazu forscht EuroTube in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern an allen benötigten Elementen eines Hyperloop-Systems.
- Vernetzung eines Hyperloop-Ökosystems aus Hochschulen, produzierenden und forschenden Unternehmen, Start-ups, Infrastrukturbetreibern, Politik und Zivilgesellschaft.
- Verankern der Hyperloop-Vision in der Gesellschaft durch die Förderung der wissenschaftlichen Forschung und der öffentlichen Diskussion zu den Herausforderungen und Lösungsmöglichkeiten der Mobilität der Zukunft.



2017
**Gründung von EuroTube
als Verein**



2019
**EuroTube wird zur
Stiftung**



2019
**Die SBB beteiligt sich am
AlphaTube Projekt**

2020
**Auszeichnung durch den
Bund als
Forschungseinrichtung
von nationaler Bedeutung**

mit öffentlicher Ansprache
von Guy Parmelin.

„Die Geschwindigkeit und der Umwelteinfluss sind zentral für die Zukunft der Mobilität. Wir brauchen visionäre Projekte, um dies anzugehen. Der Vakuumtransport von Menschen und Gütern ist nicht nur in sich eine Chance, sondern repräsentiert auch einen vielversprechenden Markt, in dem sich Schweizer Firmen positionieren können.“



Bundesrat Guy Parmelin

2021
**Technologische und
visionäre Fortschritte im
Hyperloop-Markt**

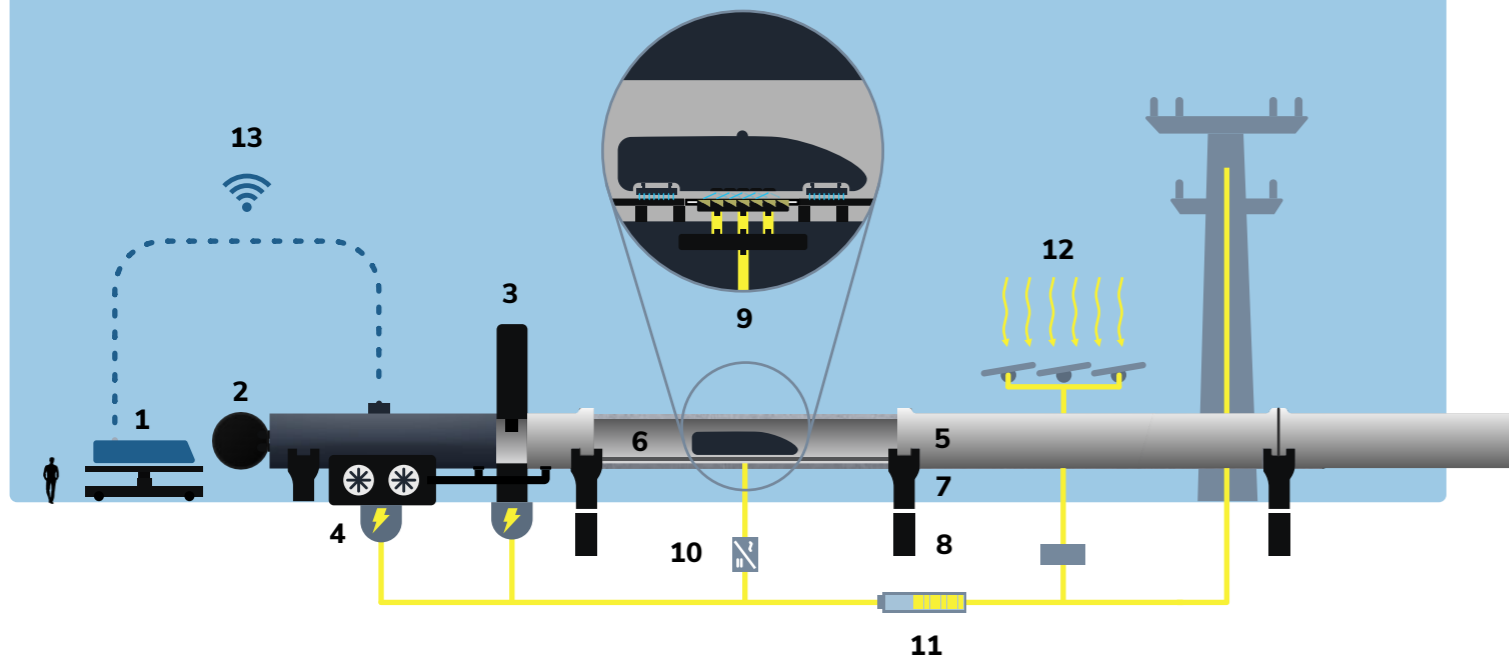
- Entwicklung von Design, Herstellung und Funktionsweise der Teststrecken
- Team von 20 jungen Forscherinnen und Forschern aufgebaut

2022
**Finalisierung der
technischen Designs für
die DemoTube**

- Studien zu Hyperloop in der Schweiz sowie zu den Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten
- Das Verkehrshaus der Schweiz stellt EuroTube Prototypen aus
- Seminare und Betreuung von Abschlussarbeiten an mehreren technischen Hochschulen

2023
**Genehmigungen für den
Bau der DemoTube erteilt**

EuroTube entwickelt alle technischen Komponenten für Hyperloop-Strecken

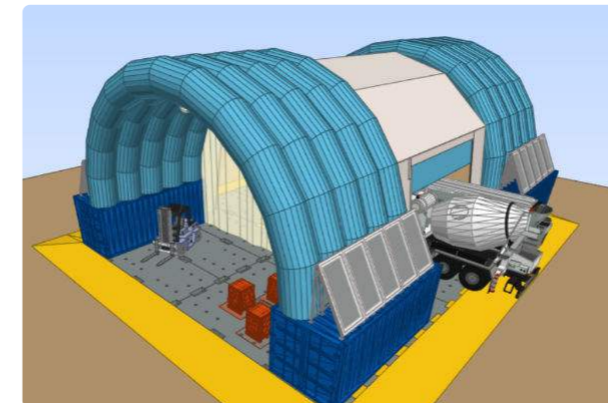
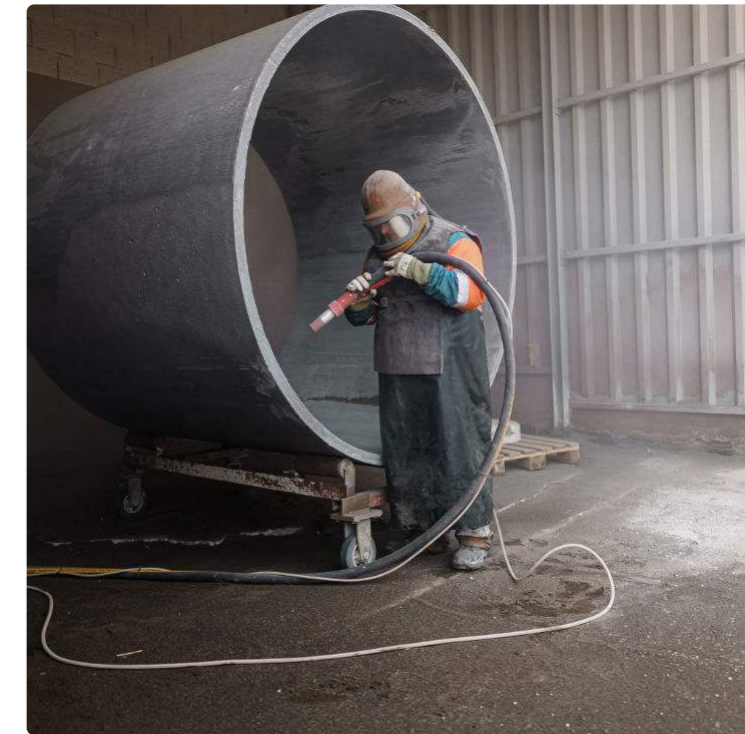


Übersicht Technologie

- | | | | |
|----------|-----------------|-----------|--------------------------|
| 1 | Testfahrzeug | 8 | Fundamente |
| 2 | Tor | 9 | Elektrischer Linearmotor |
| 3 | Luftschleuse | 10 | Inverter |
| 4 | Vakuumsystem | 11 | Energiespeicher |
| 5 | Röhre | 12 | Solaranlage |
| 6 | Fahrbahn | 13 | Steuerung |
| 7 | Bauwerksstützen | | |

EuroTube-Ingenieure entwickeln eine vakuumdichte Betonröhre für den Transport von morgen

Der Beta Shell Joint vereint die positiven Eigenschaften von Beton, Stahl und Kunststoff in einer Verbundstruktur, und ist das weltweit erste vakuumgeprüfte Betonrohr für Hyperloop-Systeme.



Nachhaltiger Bau von Infrastrukturprojekten: Smart Mobile Factory

Im SNF-Forschungsprojekt "Smart Mobile Factory for Infrastructure" entwickelt EuroTube eine wirtschaftlichere und umweltfreundlichere Fabrikation für Infrastrukturprojekte. Die lokale Produktion reduziert Kosten und Lieferzeiten sowie die durch den Transport verursachten Emissionen.



"Digitaler Hyperloop" - Simulationstool für Verkehrsplaner

Als "Digital Twin" physischer Infrastrukturen simuliert der digitale Hyperloop die Auswirkungen auf die Wahl von Verkehrsmitteln und das optimale Netzwerkdesign für einen Hyperloop als Ergänzung zum bestehenden Verkehrssystem. Zudem können Umweltauswirkungen der verbauten Materialien bewertet werden.

Partner in der Produktentwicklung

EuroTube arbeitet mit führenden Firmen zusammen, um Materialien, Bauprozesse und Bauteile für eine Hyperloop-Infrastruktur zu entwickeln, oder aus anderen Bereichen des Apparate- und Infrastrukturbaus adaptieren zu können. Mit speziellen Prüfverfahren wird die Nutzung erprobt und validiert, und schliesslich für den Bau der Testanlagen DemoTube und AlphaTube genutzt. Die Unternehmen können dann für den künftigen Hyperloop-Markt ein praxiserprobtes Produkt anbieten.

Gemeinsam mit Creabeton Matériaux und Vigier hat EuroTube die faserverstärkte Betonformteilproduktion für die Hyperloop-Röhren entwickelt und getestet und so erste Prototypen produziert.



SIMONA

Für spezielle Kunststoff-Bauteile arbeitet EuroTube mit der Simona Group zusammen. Kunststoff ist nachhaltiger und günstiger als Stahl und eignet sich durch die gute Dichtigkeit für verschiedene Bauteile des Vakuumsystems.

VAT

Vakuumtransportsysteme erfordern eine neue Klasse von großen Vakuumventilen. In Partnerschaft mit VAT, einem weltweit führenden Unternehmen für hochwertige Vakuumventiltechnologie wurde ein spezielles Ventilsysteme für den sicheren Betrieb von Hyperloop-Infrastrukturen entwickelt.

InterApp

Entscheidend für den wirtschaftlichen Betrieb einer Hyperloop-Infrastruktur ist auch die Nutzung existierender Bauteile aus dem Apparatebau für das Vakuumsystem. Zusammen mit InterApp testet EuroTube deren Komponenten auf Vakuumtauglichkeit.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Staatssekretariat für Bildung,
Forschung und Innovation SBF



CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

ETH zürich

 SBB CFF FFS

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale

PAUL SCHERRER INSTITUT


HSLU Hochschule
Luzern

 **Empa**

ERNST GÖHNER
STIFTUNG

BAUGARTEN ZÜRICH
GENOSSENSCHAFT UND STIFTUNG


GEBÄUER STIFTUNG

VAT

B+S

diteo

Leviat


vigier

InterApp **IA**

SIMONA

DILLINGER

LEISTER

UV
UTILITIES VALVES

zirkulit
Für saubere Eisen

streng plastic
pipes for generations

Wir danken unseren Unterstützern, Forschungspartnern und
Suppliern für die Zusammenarbeit

www.eurotube.org