

# Transport économique et innovant en Suisse = Wirtschaftlicher und innovativer Verkehr

Autor(en): **Bourquin, Vincent / Chevailler, Samuel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von  
Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des  
associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **112 (2021)**

Heft 4

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-977547>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



AlphaTube.

# Transport économique et innovant en Suisse

**Mobilité durable** | Comment la recherche appliquée peut contribuer au développement durable du transport? Alors que la scène internationale voit plusieurs innovations en transport se développer, la Haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO) a décidé de soutenir un groupe de travail afin de développer les outils, méthodologies et connaissances pour adapter ces concepts à la Suisse.

VINCENT BOURQUIN, SAMUEL CHEVAILLER

Depuis plusieurs siècles, les systèmes de transport sur route et sur rail pour les personnes et les marchandises se sont développés (Figure 1). Ces dernières décennies, de lourds investissements ont permis au système ferroviaire helvétique d'évoluer et d'offrir de plus grandes capacités face à la demande croissante d'un transport public fiable. À cette qualité de service obtenue, enviée par bien des pays, s'ajoute une bonne performance énergétique et écologique. Cependant, les coûts d'investissement, d'opération et de maintenance du système ferroviaire sont très élevés et limitent son développement. D'un autre côté, la part croissante des émissions liées au transport routier sur des infrastructures saturées est problématique face aux engagements de la Suisse pour limiter les émissions de CO<sub>2</sub> (Figure 2). Si les véhicules électriques ont été présentés

comme des solutions d'avenir, on voit surgir d'autres problèmes liés à une telle transition.

Le système de transport doit donc être repensé pour absorber la mobilité en satisfaisant un nouveau compromis entre coûts, performance, émissions, énergie, intégration territoriale, éthique, équité et capacité. Il est essentiel d'envisager d'autres infrastructures permettant d'intégrer des combinaisons technologiques de guidage et de propulsion des véhicules. Il est plus nécessaire que jamais d'interroger les paradigmes actuels et d'envisager de nouvelles approches pour répondre aux besoins de mobilité de la population.

## Solutions internationales

Le Japon et la Chine ont développé des solutions de transport guidé appelées Maglev (pour « magnetic levitation »), qui comprennent des moteurs linéaires

et un système de guidage sans contact, permettant d'atteindre de très grandes vitesses (>500 km/h) à atmosphère libre.[1] Leur consommation d'énergie est importante, du fait de la résistance aérodynamique de ces engins à une telle vitesse qui transforme plus de 90 % de l'énergie fournie en réchauffement de l'air. Par contre, l'absence de contacts permet d'éviter les phénomènes d'usure, qui nécessitent une maintenance lourde sur les systèmes ferroviaires classiques, et contribue ainsi favorablement à leur rentabilité.

Au Japon, pays montagneux comme la Suisse, une telle ligne ne peut pas être construite sur le littoral, densément peuplé, en raison des émissions acoustiques et de l'impact sur le paysage qu'elle génère. La ligne passe donc par les montagnes, ce qui nécessite 90 % de couverture en tunnels entre Tokyo et Nagoya avec un coût de plus de

CHF 250 millions par km.[2] Des tunnels d'une section de 100 m<sup>2</sup> sont nécessaires pour contrôler les phénomènes acoustiques à leur entrée et obtenir une résistance aérodynamique raisonnable.

Si ces technologies sont coûteuses, elles sont rentables car le gain de temps par rapport au train, à l'avion et à la voiture contribue à la productivité des échanges économiques et intéresse une clientèle d'hommes d'affaires.

Ces technologies de propulsion et de guidage sans contact sont également au cœur du développement de nombreux projets, comme des trains urbains silencieux et à faibles coûts de maintenance évoluant sur des infrastructures légères.

Récemment, la Russie a lancé un important programme de développement pour créer une route de la soie depuis Saint-Petersbourg jusque dans les régions de l'est du pays. La technologie ferroviaire, actuellement à l'œuvre sur le célèbre trans-sibérien, a été écartée pour des raisons économiques car les frais de maintenance ne permettraient pas la rentabilisation du système.

### L'idée «Hyperloop»

Par ailleurs, Elon Musk a lancé l'idée d'«Hyperloop» qui a mobilisé des centaines d'étudiants sur la planète pour imaginer et tester des solutions. Tant l'ETHZ que l'EPFL ont participé au concours d'étudiants, et certains poursuivent des travaux en ce sens. C'est dans ce cadre que la Fondation EuroTube a été créée par notamment D. de Morsier.

L'idée d'Hyperloop se fonde sur l'intégration d'un train dans un tube ou un tunnel, qui permet le contrôle de l'atmosphère dans laquelle il évolue. La réduction de la pression d'air diminue le besoin énergétique et la puissance de propulsion requise.

Les États-Unis (avec ET3), le Japon, la Corée, la Chine et la Suisse travaillaient déjà sur ce type de technologies sous vide partiel. Avec les études réalisées par les deux écoles polytechniques fédérales dans le cadre du projet Swissmetro proposé par Rodolphe Nieth dès les années 1970, la Suisse dispose encore aujourd'hui d'un important crédit scientifique. Ces études ont été dirigées par le Prof. Marcel Jufer, qui a par ailleurs joué un rôle de pionnier dans le développement théorique

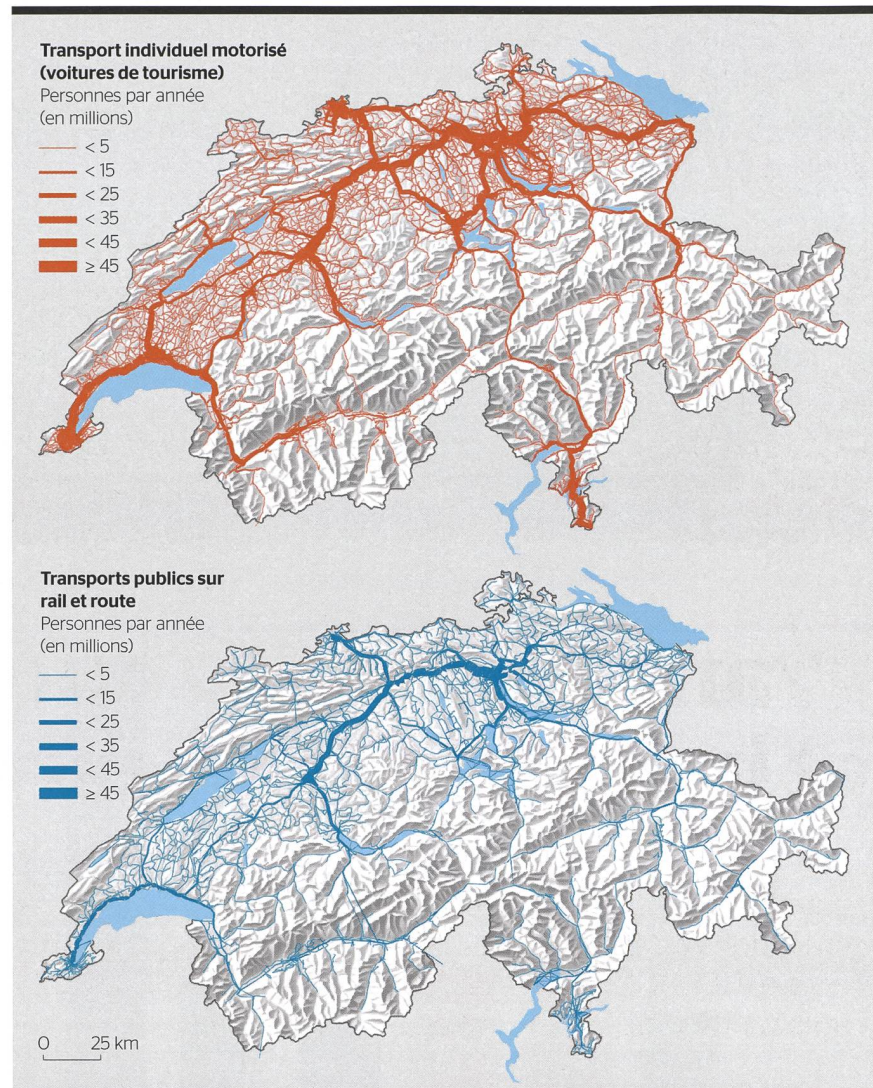


Figure 1 Flux du trafic voyageurs en Suisse, faisant apparaître la dimension fractale.[6]

et industriel des technologies de moteur linéaire et de guidage (lévitation magnétique et positionnement latéral), ainsi que pour le transfert d'énergie sans contact.

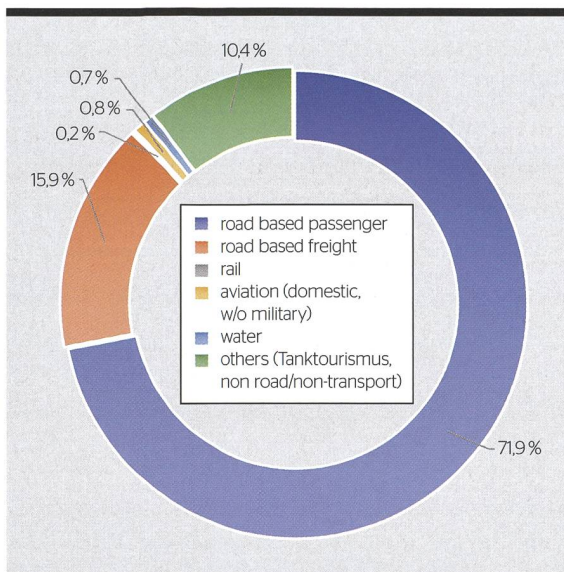
### Faisabilité en Suisse

Ces études ont montré scientifiquement, dès le début des années 1990, la faisabilité, le prédimensionnement et l'intérêt de considérer les tunnels à basse pression (ou sous vide partiel). [3,4] Une solution technique a été proposée pour un tronçon-pilote entre Genève et Lausanne, qui mettait les deux villes à 15 minutes l'une de l'autre.

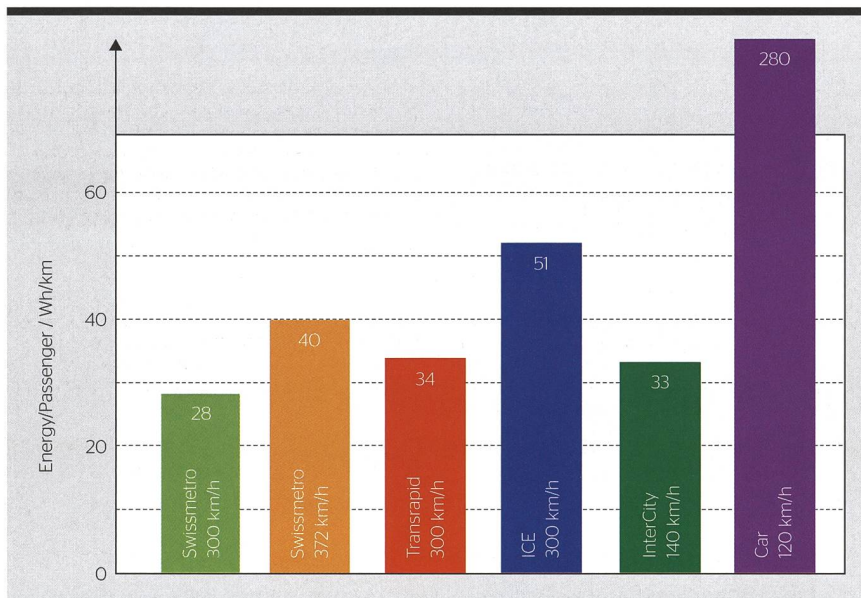
Cette technologie est caractérisée par une faible consommation énergétique (de l'ordre d'un train à 140 km/h, voire en dessous en fonction de l'optimisation entre le diamètre du tunnel et le niveau de pression résiduel). Elle

n'entraîne aucune émission en exploitation (CO<sub>2</sub>, bruit, etc.) [5], et est économiquement rentable, avec un prix du billet comparable à l'offre ferroviaire et des coûts d'investissement bien inférieurs à la solution japonaise (CHF 50 millions par km).

Les équipes travaillant sur Hyperloop aboutissent aux mêmes conclusions, ce qui explique d'ailleurs l'intérêt planétaire croissant pour ce type de technologie. La figure 3 montre de plus que Swissmetro, avec des pressions 10 à 100 fois supérieures à celles envisagées pour Hyperloop, est déjà très compétitif sur le plan énergétique comparé aux autres systèmes de transport. La recherche d'une pression optimisée est un des buts du projet. Les émissions de CO<sub>2</sub> seront aussi étudiées, mais des études similaires montrent déjà l'intérêt des technologies sous vide partiel.



**Figure 2** Les émissions de CO<sub>2</sub> dues au transport sont essentiellement liées au trafic routier. La mise en place d'un système de transport qui soit plus rapide, moins consommateur d'énergie et moins émetteur de gaz à effet de serre aurait tout son sens.



**Figure 3** Dépense énergétique en Wh par km par passager.[5]

### Changement de paradigmes dans les transports

L'époque actuelle est donc propice à des changements de paradigmes dans le domaine du transport. On pourrait également évoquer les véhicules autonomes, domaine où la Suisse a encore une fois été pionnière en proposant dès les années 1990 une ligne pilote avec une solution technique: le projet Serpentine. Plus de 20 ans après, ces développements sont repris intensivement dans la plupart des pays.

Dans une vision globale, il faut retenir que les projets Swissmetro et Serpentine sont liés dans une dimension fractale, puisque le système de transport doit être considéré dans sa globalité

et faire appel à différentes technologies complémentaires, dans le but d'assurer un service entre n'importe quelle origine et destination. Ces technologies sont déterminées par des vitesses et des capacités différentes et doivent être développées pour optimiser globalement la performance de leur usage combiné.

### La HES-SO et la recherche dans les transports innovants

Après avoir été pionnière dans les deux domaines d'innovation que sont les véhicules autonomes et le transport souterrain sous vide partiel, la Suisse doit considérer qu'un système de transport développé aux États-Unis a peu de

chances de répondre parfaitement à ses exigences et spécificités. Elle doit également continuer à être innovatrice en la matière. C'est dans ce contexte que la HES-SO (Haute école spécialisée de Suisse occidentale) a établi un groupe de travail fortement interdisciplinaire et créé un pôle de recherche en sciences appliquées. Elle entend ainsi faire le pont entre les besoins actuels et futurs en matière de transport et ces nouvelles technologies, préciser comment et sous quelles formes leur utilisation pourrait être favorable au contexte spécifique de la Suisse et comment ces réflexions pourraient être poursuivies et valorisées sur le plan international.

### Collaboration avec EuroTube

Dans ce cadre, une collaboration avec la Fondation EuroTube est fondamentale, puisqu'elle vise l'objectif de créer un centre d'expérimentation, de validation et d'homologation de ces technologies et des organes technologiques qui les composeront. Les projets d'EuroTube permettront de stimuler et de conduire le développement industriel, l'élément qui a manqué au projet Swissmetro pour continuer son développement.

Les objectifs du groupe de travail sont d'initier une analyse scientifique et des activités de recherche appliquée qui soient à même de fédérer les acteurs académiques et industriels, de développer une solution adaptée aux spécificités suisses ou à d'autres pays ayant des problématiques similaires (réseau de villes de petites et moyennes importances), tout en s'inscrivant dans le réseau scientifique international traitant de ces thèmes. Ceci devrait permettre au groupe de la HES-SO de devenir un pôle de référence, de contribuer à la mise en place effective de projets de développement et d'implantation de ce type de technologie dans toute une gamme de vitesses et de capacités et d'être l'interlocuteur scientifique et technologique des autorités et des décideurs en matière de transport souterrain et/ou sous atmosphère contrôlée.

### La solution dans la multidisciplinarité

Ce groupe de travail multidisciplinaire et complémentaire est initialement composé des 5 membres succinctement présentés ci-après.

Figures: SC CER/Olev

Carole Baudin dirige le groupe en Conception de Produits Centrée Utilisateurs (HE-Arc). Elle se consacre à l'intégration des dimensions humaines et sociales dans les processus de conception de produits ou de systèmes techniques à travers une approche anthropotechnologique et d'ergonomie de conception.

Vincent Bourquin a contribué au développement de Swissmetro et dispose depuis d'une expertise reconnue

## La fondation EuroTube

**En tant que fondation suisse à but non lucratif, la fondation EuroTube s'oppose à la tendance des entreprises financées par du capital-risque, qui accaparent la recherche universitaire en construisant des infrastructures d'essai privées dont l'accessibilité, les capacités et les conditions sont limitées à des développements propriétaires, plutôt que par des utilisateurs universitaires ou industriels.**

**La Fondation EuroTube a pour objectif de mettre à disposition des terrains d'essai neutres en matière de recherche et de technologie sur des sites centraux en Europe. Sur son site suisse de Collombey-Muraz, la Fondation EuroTube développe les technologies d'infrastructure nécessaires à la réalisation de sa première piste d'essai de 3 km de long, conçue pour répondre aux besoins des groupes de recherche universitaires et de l'écosystème industriel et favoriser la croissance industrielle du transport sous vide.**

sur les aspects d'innovations et de durabilité liés au transport. Il fait partie du groupe de recherche interdisciplinaire en transport «SwissMoves» (HEIA-FR). Sur le plan international, il est expert à l'Observatoire des politiques et stratégies de transport en Europe et fait partie du Maglev Board.

Joël Cugnoni est spécialisé dans les matériaux composites, la simulation numérique et les technologies de fabrication digitales. Il intègre l'institut de Conception mécanique et technologie des matériaux de la HEIG-VD. Son groupe a développé une grande expertise dans l'optimisation de structures composites, la mécanique de la rupture, les systèmes de monitoring structurels et les techniques de fabrication numérique.

Patrick Haas fait partie du laboratoire de mécanique des fluides et aérodynamique de l'HEPIA, qui est actif depuis de nombreuses années dans le domaine de l'aérodynamique expérimentale et la simulation. Il possède plusieurs souffleries subsoniques et supersoniques, ainsi que des moyens de calculs importants.

Samuel Chevailler apporte les compétences électromagnétiques du groupe électronique industrielle et entraînement de la HES-SO Valais. Les activités du groupe vont de la modélisation à la conception et la réalisation de convertisseurs statiques, de machines électriques et d'actuateurs, ainsi que leurs systèmes de contrôle dédiés.

### Pour le renforcement de la compétitivité des transports publics

La HES-SO souhaite s'engager à long terme dans la recherche appliquée et le développement relatif aux transports alternatifs de personnes et de marchan-

dises et devenir un acteur important dans le support de développements futurs. Pour initier les premiers développements, la HES-SO a octroyé au groupe, à titre exceptionnel, un financement pour une durée de 3 ans.

Les projets induits par la technologie de transport sous vide sont nombreux et donneront à la Suisse des moyens de transport alternatif à basse, moyenne ou haute vitesse et renforceront ainsi la compétitivité des transports publics. Ce but ne pourra être atteint qu'en créant des dynamiques d'innovation entre personnes et compétences complémentaires, comme cela a été fait dans ce groupe de recherche.

#### Références

- [1] J.F. Gieras, « Ultra high-speed ground transportation systems: Current Status and a vision for the future », *Przeegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 96 NR 9/2020.
- [2] [en.wikipedia.org/wiki/Maglev](https://en.wikipedia.org/wiki/Maglev).
- [3] V. Bourquin, A. Cassat, P. Rossel, « Transportation as an engineering system: towards sustainable transportation using existing technologies into innovative architectures to satisfy current and future needs ».
- [4] M. Jufer, A. Cassat, « Report Collaboration with the Korean Railroad Research Institute (KRRRI) Status Synthesis of the Swissmetro Project Swissmetro Maglev and KRRRI Tube Train Developments ».
- [5] Milan Janić, « Estimation of direct energy consumption and CO<sub>2</sub> emission by high speed rail, transrapid maglev and hyperloop passenger transport systems », *International Journal of Sustainable Transportation*, 2020, DOI: 10.1080/15568318.2020.1789780.
- [6] [www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr.assetdetail.3222240.htm](http://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr.assetdetail.3222240.htm)

#### Auteurs

D<sup>r</sup> **Vincent Bourquin** est professeur à la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg.  
→ HEIA-FR, 1700 Fribourg  
→ [vincent.bourquin@hefr.ch](mailto:vincent.bourquin@hefr.ch)

D<sup>r</sup> **Samuel Chevailler** est professeur à la Haute école d'ingénierie du Valais.  
→ HES-SO Valais, 1950 Sion  
→ [samuel.chevailler@hevs.ch](mailto:samuel.chevailler@hevs.ch)

Cet article a été rédigé avec la collaboration de Carole Baudin, Gaëtan Bussy, Joël Cugnoni et Patrick Haas. Nous profitons de cette occasion pour les remercier.

## Revue médias de l'AES

Informez-vous chaque jour sur les principales nouvelles de la branche énergétique.

**Commandez-la maintenant!**

[electricite.ch/revue-medias-electronique](http://electricite.ch/revue-medias-electronique)

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen  
Association des entreprises électriques suisses  
Associazione delle aziende elettriche svizzere



# Das Leben ist schön, solange nichts passiert.



Deshalb gibt's die lebenswichtigen Regeln.

Halte dich an deine lebenswichtigen Regeln  
und sag bei Gefahr «Stopp»!

**suva**



Der Bahnhof von  
AlphaTube.

# Wirtschaftlicher und innovativer Verkehr

**Mobilität** | Welchen Beitrag kann die angewandte Forschung zur nachhaltigen Entwicklung des Verkehrs leisten? Während international bereits diverse Verkehrsinnovationen in der Pipeline sind, unterstützt die Fachhochschule Westschweiz (HES-SO) eine Arbeitsgruppe bei der Entwicklung von Hilfsmitteln, Methoden und Know-how zur Ummünzung dieser Konzepte auf die Schweiz.

VINCENT BOURQUIN, SAMUEL CHEVAILLER

Seit mehreren Jahrhunderten haben sich die Systeme für den Strassen- und Bahntransport von Personen und Gütern entwickelt (Bild 1). In den letzten Jahrzehnten konnte einerseits das Bahnsystem in der Schweiz dank beträchtlicher Investitionen ausgebaut werden, während andererseits – in Anbetracht der steigenden Nachfrage nach einem zuverlässigen öffentlichen Verkehr – grössere Kapazitäten bereitgestellt werden konnten. Die so entstandene Servicequalität, um die viele Länder die Schweiz beneiden, geht mit einer guten Energieeffizienz und Umwelt-Performance einher. Allerdings sind die Kosten für Investitionen, Betrieb und Instandhaltung des Bahnsystems sehr hoch, was dessen Ausbau beschränkt. Zudem sind die steigenden Emissionen aus dem Strassenverkehr, dessen Infrastrukturen kapazitätsmässig an ihre

Grenzen stossen, im Hinblick auf die Verpflichtungen der Schweiz zur Senkung ihres CO<sub>2</sub>-Ausstosses problematisch (Bild 2). Auch wenn Elektrofahrzeuge als zukunftssträngige Lösungen präsentiert wurden, entstehen bei einer solchen Umstellung andere Probleme.

Das Verkehrssystem muss daher überdacht werden, um die Mobilität bewältigen zu können, und zwar mit einem neuen Kompromiss von Kosten, Performance, Emissionen, Energie, räumlicher Integration, Ethik, Gerechtigkeit und Kapazität. Ganz grundsätzlich müssen andere Infrastrukturen geprüft werden, die technologische Kombinationen von Fahrzeuglenkung und -antrieb ermöglichen. Es gilt heute mehr denn je, die momentanen Paradigmen zu hinterfragen und neue Ansätze zu prüfen, um den Mobilitätsbedürfnissen der Bevölkerung Rechnung zu tragen.

## Internationale Lösungen

Japan und China haben unter der Bezeichnung Maglev (für «magnetische Levitation») Schienenverkehrslösungen entwickelt, die auf Linearmotoren und einem kontaktlosen Schienensystem beruhen. Dabei können in der freien Atmosphäre sehr hohe Geschwindigkeiten (>500 km/h) erzielt werden.[1] Der Energieverbrauch ist wegen des Luftwiderstands dieser Motoren bei einer solchen Geschwindigkeit sehr hoch, weil über 90% der zugeführten Energie in Wärme umgewandelt werden. Hingegen führt das kontaktlose System zur Vermeidung von Abnutzungserscheinungen, die im klassischen Bahnverkehr grosse Instandhaltungsarbeiten erfordern. Das steigert die Rentabilität der Lösung.

In Japan, das wie die Schweiz sehr gebirgig ist, kann eine solche Strecke wegen der Lärmemissionen und der

Auswirkungen auf die Landschaft nicht an der dicht bevölkerten Küste entlang gebaut werden. Daher führt die Strecke durch die Berge, was bedingt, dass zwischen Tokio und Nagoya rund 90% der Strecke in Tunneln geführt werden. Ein Kilometer kostet über CHF 250 Millionen.[2] Es braucht Tunnelabschnitte von 100 m<sup>2</sup>, um akustische Phänomene beim Eintritt einzudämmen und einen vernünftigen Luftwiderstand zu erreichen.

Zwar sind diese Technologien teuer, doch sie rentieren, weil der Zeitgewinn im Vergleich zu Bahn, Flugzeug und Auto die Produktivität geschäftlicher Treffen steigert und für Geschäftsleute interessant ist.

Diese Technologien für kontaktlosen Antrieb und kontaktlose Lenkung stehen bei der Entwicklung vieler weiterer Projekte ebenfalls im Mittelpunkt, etwa bei Stadtbahnen, die leise sind und einen geringen Instandhaltungsaufwand bedingen, da sie auf leichten Infrastrukturen verkehren.

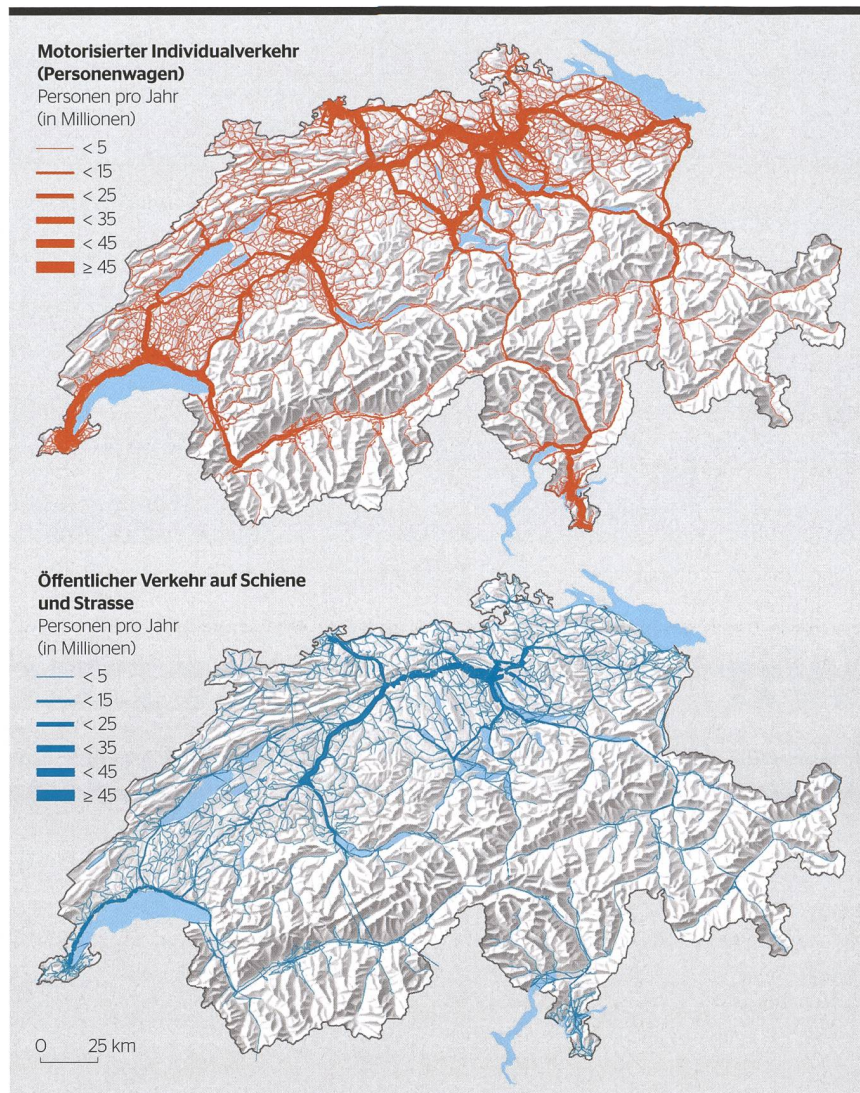
Vor Kurzem hat Russland ein umfassendes Entwicklungsprojekt lanciert, um von Sankt Petersburg aus eine Seidenstrasse in die östlichen Landesteile zu errichten. Die Bahntechnologie, die momentan auf der Strecke des berühmten Transsib eingesetzt wird, wurde aus wirtschaftlichen Gründen verworfen, da die Instandhaltungskosten eine Rentabilisierung des Systems verhindern.

**Die Idee «Hyperloop»**

Elon Musk hat mit der Idee des «Hyperloop» Hunderte Studierende weltweit mobilisiert, um Lösungen zu erarbeiten und zu testen. Sowohl die ETHZ als auch die EPFL haben am Studierendenwettbewerb teilgenommen, und einige Arbeiten werden in dieser Richtung weitergeführt. In diesem Rahmen gründete D. de Morsier die «EuroTube Foundation».

Beim Hyperloop bewegt sich ein Zug in einer Röhre oder einem Tunnel, wobei die Luft in der Röhre kontrolliert wird. Ein geringerer Luftdruck senkt den Energiebedarf und die erforderliche Antriebsleistung.

Die Vereinigten Staaten (mit ET3), Japan, Südkorea, China und die Schweiz haben bereits an solchen Teilvakuumtechnologien gearbeitet. Mit den Studien, die von den beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen im Rahmen von Rodolphe Nieths Pro-



**Bild 1** Personenverkehrsströme in der Schweiz, Darstellung der fraktalen Dimension.[6]

jekt Swissmetro seit den 1970er-Jahren durchgeführt wurden, verfügt die Schweiz heute über eine wichtige wissenschaftliche Grundlage. Diese Studien wurden von Prof. Marcel Jufer geleitet, der übrigens bei der theoretischen und industriellen Entwicklung der Technologien für Linearmotor und Lenkung (magnetische Levitation und seitliche Positionierung) sowie bei der kontaktlosen Energieübertragung Pionierarbeit leistete.

**Machbarkeit in der Schweiz**

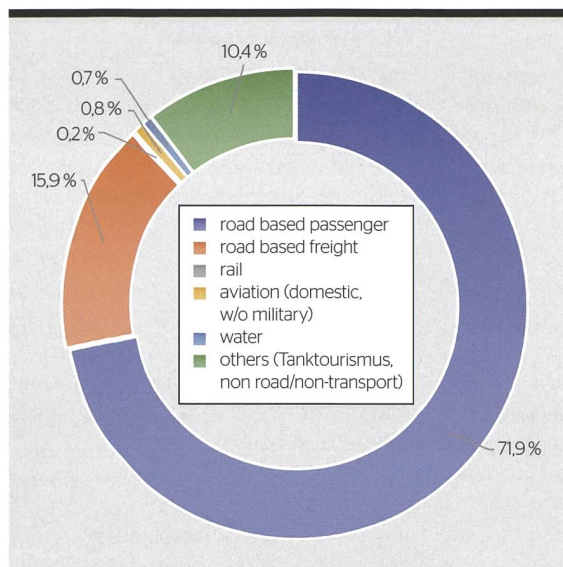
Diese Studien haben seit Anfang der 1990er-Jahre den wissenschaftlichen Grundstein für die Machbarkeit, die Vorbemessung und die Bedeutung von Tunneln mit tiefem Druck (oder mit einem Teilvakuum) gelegt.[3, 4] Für eine Pilotstrecke zwischen Genf und Lausanne wurde eine technische

Lösung vorgeschlagen, mit der die Distanz zwischen beiden Städten in 15 Minuten überbrückt wird.

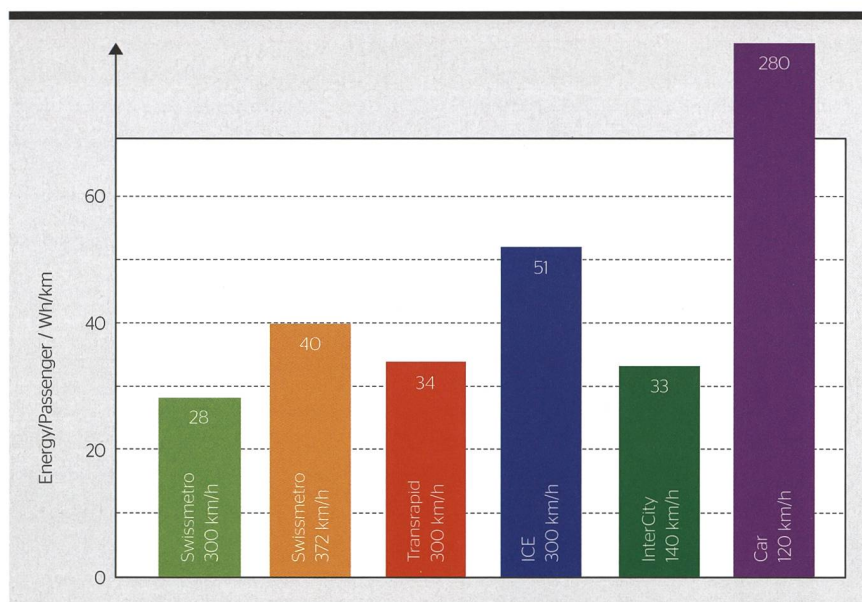
Diese Technologie ist äusserst energieeffizient (wie ein Zug bei 140 km/h oder weniger, dank der Optimierung von Tunneldurchmesser und restlichem Druckniveau). Der Betrieb ist emissionslos (CO<sub>2</sub>, Lärm usw.) [5] und wirtschaftlich – der Billettpreis bewegt sich im selben Rahmen wie beim Bahnbillett, und die Investitionskosten liegen weit unter der japanischen Lösung (CHF 50 Millionen pro km).

Die Teams, die am Hyperloop arbeiten, kommen zu denselben Schlussfolgerungen, was im Übrigen das weltweit steigende Interesse an dieser Art Technologie erklärt. **Bild 3** zeigt, dass Swissmetro mit dem zehn- bis hundertfachen Druck, welcher für Hyperloop angestrebt wird, energetisch bereits





**Bild 2** Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs sind hauptsächlich auf den Strassenverkehr zurückzuführen. Die Einführung eines Verkehrssystems, das schneller ist, weniger Energie verbraucht und weniger Treibhausgase ausstösst, wäre sinnvoll.



**Bild 3** Energieaufwand in Wh pro km pro Passagier.[5]

sehr konkurrenzfähig zu den anderen Transportsystemen ist. Die Suche nach dem optimalen Druck ist eines der Ziele des Projekts. Auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden untersucht. Ähnliche Studien zeigen bereits den Nutzen von Technologien, die mit partiellem Vakuum arbeiten.

**Paradigmenwechsel im Verkehrsbereich**

Die heutige Zeit ist daher günstig für einen Paradigmenwechsel beim Verkehr. Ebenfalls zu erwähnen sind die autonomen Fahrzeuge, ein Bereich, wo die Schweiz eine weitere Vorreiterrolle innehatte. Sie verfügt seit den 1990er-Jahren über eine Pilotstrecke

mit einer technischen Lösung: das Projekt Serpentine. Über 20 Jahre später werden diese Entwicklungen fast im ganzen Land wieder aufgegriffen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Projekte Swissmetro und Serpentine in einer fraktalen Dimension zusammengehören, da das Verkehrssystem als Ganzes betrachtet werden muss und ergänzende Technologien einzubeziehen sind, um einen Dienst zwischen zwei beliebigen Orten zu gewährleisten. Diese Technologien werden durch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Kapazitäten bestimmt und müssen im Hinblick auf eine allgemeine Optimierung der gemeinsamen Leistung weiterentwickelt werden.

**Die HES-SO und die Erforschung innovativer Verkehrsformen**

Die Schweiz hat in den beiden Innovationsbereichen autonome Fahrzeuge und Untergrundverkehr unter Teilvakuum Pionierarbeit geleistet. Nun muss sie beachten, dass ein in den USA entwickeltes Verkehrssystem wenig Chancen hat, perfekt ihren Anforderungen und Besonderheiten zu entsprechen. Daher ist in diesem Bereich weiterhin Innovationskraft gefragt. Die Fachhochschule Westschweiz (HES-SO) hat deshalb eine Arbeitsgruppe mit stark interdisziplinärem Fokus ins Leben gerufen und einen Forschungsschwerpunkt angewandte Wissenschaften geschaffen. So will sie eine Brücke zwischen den heutigen und den künftigen Bedürfnissen beim Verkehr und diesen neuen Technologien schlagen, präzisieren, wie und in welcher Form diese neuen Technologien dem schweizerischen Kontext dienen könnten, und definieren, wie diese Überlegungen auf internationaler Ebene weiterverfolgt und aufgewertet werden könnten.

**Zusammenarbeit mit EuroTube**

In diesem Rahmen ist eine Zusammenarbeit mit der Stiftung EuroTube von grundlegender Bedeutung, da so ein Zentrum für Tests, Validierung und Zulassung dieser Technologien und deren technologischen Elemente geschaffen werden kann. Die Projekte von EuroTube erlauben, die industrielle Entwicklung anzukurbeln und zu steuern – und genau dieses Element fehlte beim Projekt Swissmetro, um dessen Weiterentwicklung voranzutreiben.

Die Ziele der Arbeitsgruppe bestehen darin, eine wissenschaftliche Analyse und eine angewandte Forschung zu initiieren, die die Akteure aus Lehre und Industrie vereinen, und eine auf die schweizerischen Besonderheiten abgestimmte Lösung respektive eine Lösung für andere Länder mit ähnlichen Problemen zu entwickeln (Netz von kleinen und mittelgrossen Städten) – alles im Rahmen des internationalen wissenschaftlichen Netzes, das sich mit diesen Themen befasst. So sollte es der Gruppe der HES-SO möglich sein, zu einem Referenzschwerpunkt zu werden, zur effektiven Umsetzung von Projekten

Bilder: SCCER/Bafu

zur Weiterentwicklung und Einführung solcher Technologien mit einer ganzen Palette an Geschwindigkeiten und Kapazitäten beizutragen und als wissenschaftliche und technologische Ansprechstelle von Behörden und Entscheidungsträgern für Untergrundverkehr und/oder Verkehr in einer kontrollierten Atmosphäre zu fungieren.

### Die Lösung heisst Multidisziplinarität

Diese multidisziplinäre und sich ergänzende Arbeitsgruppe setzt sich aus den folgenden fünf Mitgliedern zusammen, die nachfolgend kurz vorgestellt werden.

## Über EuroTube

**EuroTube ist eine gemeinnützige schweizerische Stiftung. Sie lehnt die Tendenz ab, dass mit Risikokapital finanzierte Unternehmen die Hochschulforschung für sich allein beanspruchen, indem sie private Testinfrastrukturen bereitstellen, deren Zugänglichkeit, Kapazitäten und Bedingungen proprietären Entwicklungen vorbehalten sind statt Benutzern aus Hochschulbereich und Industrie.**

**Die Stiftung EuroTube will an zentralen Standorten in Europa neutrale Testgelände für Forschung und Technologie zur Verfügung stellen. An ihrem Standort Collombey-Muraz in der Schweiz entwickelt die Stiftung EuroTube Infrastrukturtechnologien für den Bau der ersten drei Kilometer langen Teststrecke, die den Bedürfnissen der universitären Forschungsgruppen sowie der Industrie entsprechen und das industrielle Wachstum des Vakuumtransports fördern soll.**

Carole Baudin führt die Forschungsgruppe für nutzerzentriertes Produktdesign (HE-Arc). Sie befasst sich mit der Einbindung der menschlichen und sozialen Dimension in die Prozesse zum Design von Projekten oder technischen Systemen über einen Ansatz der Anthropotechnologie und der Designergonomie.

Vincent Bourquin war an der Entwicklung von Swissmetro beteiligt und verfügt über ausgewiesenes Fachwissen zu Innovationen und Nachhaltigkeit im Verkehrswesen. Er gehört der interdisziplinären Forschungsgruppe «SwissMoves» (HEIA-FR) an. International ist er als Experte am Observatoire des politiques et stratégies de transport en Europe tätig und er ist Mitglied des Maglev Board.

Joël Cugnoni ist Experte für Verbundwerkstoffe, digitale Simulation und digitale Fertigungstechnologien. Er ist am Institut de Conception mécanique et technologie des matériaux der HEIG-VD tätig. Seine Gruppe hat grosse Erfahrung in den Bereichen Optimierung von Verbundwerkstoffkonstruktionen, Bruchmechanik, strukturelle Monitoringsysteme und digitale Fertigungstechniken.

Patrick Haas arbeitet am Laboratoire de mécanique des fluides et aérodynamique der HEPIA, das seit vielen Jahren im Bereich experimentelle Aerodynamik und Simulation tätig ist. Es verfügt über mehrere Unterschall- und Überschall-Windkanäle sowie über umfassende Berechnungsverfahren.

Samuel Chevailler bringt die Kompetenzen des Teams Industrial Electronics & Drives an der HES-SO Wallis im Bereich Elektromagnetik ein. Die Kompetenzbereiche des Teams erstrecken sich von der Modellierung über das Design bis hin zur Herstellung von statischen Umrichtern, Elektromaschinen und Aktuatoren sowie der entsprechenden Kontrollsysteme.

## Öffentlichen Verkehr im Wettbewerb stärken

Die HES-SO möchte sich langfristig in der angewandten Forschung und in der Entwicklung alternativer Personen- und Warentransportmöglichkeiten bewähren und ein wichtiger Akteur für die Unterstützung künftiger Entwicklungen werden. Um die ersten Entwicklungen anzustossen, hat die HES-SO der Gruppe eine ausserordentliche dreijährige Finanzierung gewährt.

Viele Projekte beruhen auf der Technologie des Vakuumtransports und werden der Schweiz alternative Transportmittel mit tiefer, mittlerer oder hoher Geschwindigkeit verschaffen und so die Wettbewerbsfähigkeit des öffentlichen Verkehrs steigern. Dieses Ziel kann jedoch nur erreicht werden, indem zwischen Personen und ergänzenden Kompetenzen eine Innovationsdynamik geschaffen wird, wie dies bei der Forschungsgruppe der Fall war.

### Referenzen

- [1] J.F. Gieras, «Ultra high-speed ground transportation systems: Current Status and a vision for the future», Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 96 NR 9/2020.
- [2] en.wikipedia.org/wiki/Maglev.
- [3] V. Bourquin, A. Cassat, P. Rossel, «Transportation as an engineering system: towards sustainable transportation using existing technologies into innovative architectures to satisfy current and future needs».
- [4] M. Jufer, A. Cassat, «Report Collaboration with the Korean Railroad Research Institute (KRRRI) Status Synthesis of the Swissmetro Project Swissmetro Maglev and KRRRI Tube Train Developments».
- [5] Milan Janić, «Estimation of direct energy consumption and CO<sub>2</sub> emission by high speed rail, transrapid maglev and hyperloop passenger transport systems», International Journal of Sustainable Transportation, 2020, DOI: 10.1080/15568318.2020.1789780.
- [6] www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr.assetdetail.3222240.htm

### Autoren

Dr. **Vincent Bourquin** ist Professor an der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg.  
→ HEIA-FR, 1700 Freiburg  
→ vincent.bourquin@hefr.ch

Dr. **Samuel Chevailler** ist Professor an der Hochschule für Ingenieurwissenschaften Wallis.  
→ HES-SO Wallis, 1951 Sitten  
→ samuel.chevailler@hevs.ch

Dieser Artikel entstand unter Mitarbeit von Carole Baudin, Gaëtan Bussy, Joël Cugnoni und Patrick Haas. Ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.