

Hyperloop in der Schweiz

Tüfteln für den Vakuum-Zug

Für mittlere Strecken soll dereinst ein ultraschneller Vakuum-Zug das umweltschädliche Flugzeug ersetzen. Ein Team von früheren ETH-Studierenden entwickelt dazu die Röhre für das neue Verkehrsmittel. Sie setzen dabei auf speziellen Beton, um die Infrastruktur möglichst ressourcenschonend errichten zu können.

Von Ben Kron

Fast 50 Jahre ist es her, dass Schweizer Ingenieure ein Konzept namens «SwissMetro» ersannen. Die Idee damals: Die grossen Schweizer Städte sollten durch unterirdische Tunnels miteinander verbunden werden. In diesen würden Fahrzeuge mithilfe magnetischer Levitation und in einem stark reduzierten Luftdruck mit sehr hohen Geschwindigkeiten verkehren. Damals schätzte man die Fahrzeit von Zürich nach Bern auf noch zwölf Minuten.

Die Idee war damals bahnbrechend, wurde aber bald zugunsten anderer Bahnprojekte aufgegeben. Ein halbes Jahrhun-

dert später ist sie aber wieder auf dem Tisch und wird diesmal von mehreren Teams in Europa weiterverfolgt: In der Schweiz wurde erst ein Verein und später eine Stiftung gegründet, um den «Hyperloop» seiner Realisierung näher zu bringen.

Und trotz neuem Namen wurde die ursprüngliche Idee wieder aufgegriffen: Hyperloop soll ein ultraschnelles Verkehrsmittel für Personen und Waren sein, bei welchem Magnetschwebbahnen in Vakuumröhren verkehren, angetrieben durch einen elektrischen Linearmotor. So sollen die Fahrzeuge trotz geringen Energieaufwand

Geschwindigkeiten bis 900 Stundenkilometer erreichen. «Wir sind angetreten, über die Forschung in Infrastrukturtechnologien ein neues Verkehrsmittel zu etablieren», fasst es Steffen Hartmann zusammen, der Pressesprecher der Stiftung «EuroTube».

Wettbewerb von Elon Musk

Die Initialzündung lieferte kein geringerer als Elon Musk: Er rief 2015 einen Wettbewerb für Studententeams aus. Diese sollten die perfekte Passagierkapsel, den «Hyperloop-Pod» für das futuristisch anmutende Verkehrssystem designen. Wobei

Bild: EuroTube

Visualisierung einer möglichen Hyperloop-Zukunft: Sie soll eine energieschonende Reise mit über 900 Stundenkilometern bringen.



es ihm ausdrücklich nicht darum ging, diesen Zug selber zu bauen: «Das machen andere Unternehmen später.»

Hintergrund: Die Auslastung der Verkehrssysteme wird immer grösser, womit auch der Bedarf an Transportleistungen steigt. Zugleich werden die Probleme der damit verbundenen Emissionen und des Klimawandels immer drängender. Der neue Highspeed-Zug soll deshalb vor allem im innereuropäischen Verkehr Entlastung bringen. Hartmann: «Gemäss einer Studie liessen sich so 60 Prozent der innereuropäischen Flüge ersetzen, mit der entsprechenden Entlastung für die Umwelt, aber auch für die Flughäfen.» Für interkontinentale Reisen und Transporte bleibt das Flugzeug das beste Verkehrsmittel, wenn es schnell gehen muss.

Und ein Transport mittels Hyperloop würde die Umwelt deutlich entlasten. Obwohl das Fahrzeug ähnliche oder sogar höhere Geschwindigkeiten erreicht als ein Flugzeug, braucht es wesentlich weniger Energie hierfür. Konkret wären es nach ersten Berechnungen nur 0,6 Megajoule pro Person und Kilometer, gegenüber 3,5 beim Flugzeug. Der Ausstoss an Kohlendioxid betrüge 21 Gramm pro Person und Kilometer, knapp mehr als ein Zehntel dessen, was ein Flugpassagier an Abgasen verursacht.

Bewährte Systeme als Vorbild

Dabei stützt sich das Konzept auf eine Reihe von technischen Systemen, die bekannt und bewährt sind: Erste Prototypen einer Magnetschwebbahn, mit Namen Transrapid, wurden in Deutschland schon 1969 vorgestellt. Die Vakuum-Technologie ist in der Industrie etabliert und bewährt, und auch elektrische Linear-Antriebe sind im Einsatz, zum Beispiel bei Aufzügen oder für den Katapultstart von Kampffjets auf Flugzeugträgern.

«Die Puzzlesteine sind da. Jetzt geht es darum, diese zu einem technischen Gesamtkonzept zusammenzusetzen», so Hartmann weiter. Wobei die Schweizer Stiftung sich auf ein einheitliches Infrastrukturdesign konzentriert: «Wir befassen uns nicht mit den Fahrzeugen, sondern mit dem Bau und Konzept der Infrastruktur. Wir wollen hier die Werkstoffe und Verfahren von Grund auf neu entwickeln, um die Röhren stabil, sicher und möglichst günstig zu errichten.»

Mit dem Bau von Fahrzeugen befassen sich andere Forschergruppen, unter anderem auch das «Swissloop»-Team der ETH Zürich. Zusammen mit einer dritten Organisation, der «Swissloop Tunneling» bilden die Drei die «Swiss Hyperloop Alliance», die in einem stetigen Austausch



Fachsimplen an einem Event: In Europa arbeiten mehrere Teams mit unterschiedlichen Aufgabensetzungen an der Hyperloop-Idee.

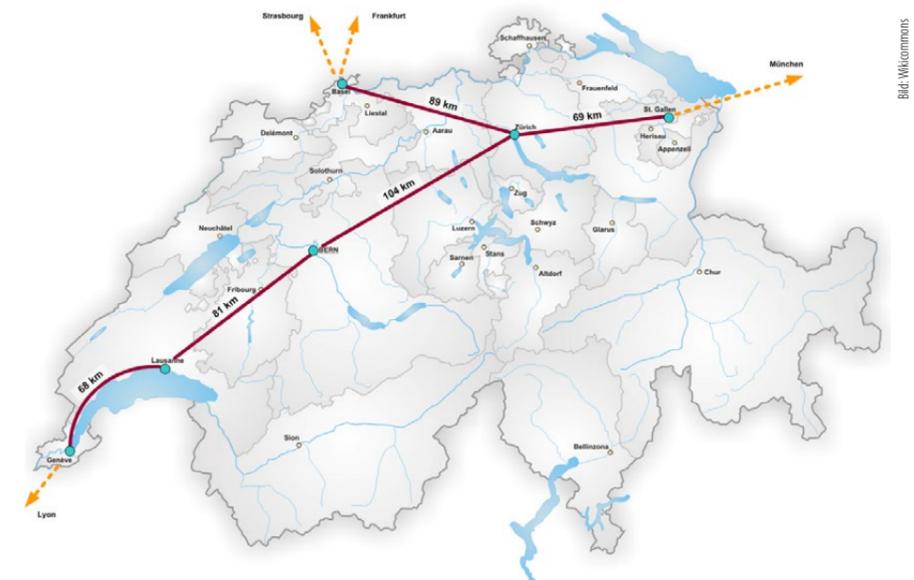
stehen und gemeinsame Events organisieren. Viele EuroTube-Mitarbeitende waren während ihrer Studienzeit zudem an der ETH beim Swissloop-Team.

Möglichst rasch Teststrecken bauen

Ziel der Forschenden des Hyperloop-Teams ist es, möglichst bald Teststrecken für das neue Transportsystem zu bauen. Zuerst soll in Dübendorf eine 120 Meter lange Röhre erstellt werden, bei welcher alle Systeme wie der Antrieb, das Vakuum-system oder die Luftschleusen abgebildet werden. Geplant ist eine Röhre mit rund zwei Metern Durchmesser, während die endgültige Bahn in Röhren mit rund fünf Metern Durchmesser verkehren soll.

Damit wären benötigte Tunnelbauten deutlich kleiner als bei Eisenbahnen. Die Baueingabe für die Teststrecke in Dübendorf ist erfolgt. Die Hyperloop-Stiftung arbeitet dabei eng mit der vor Ort ansässigen Empa zusammen. «In einem zweiten Schritt wollen wir im Wallis eine Forschungsstrecke von drei Kilometern bauen, womit hier dann konkrete Tests mit hohen Geschwindigkeiten möglich wären.»

Für den Bau der Vakuumröhren hat man sich dabei bewusst gegen den Baustoff Stahl und für Beton entschieden. «Die Gründe sind vielfältig: Die Kosten sind dadurch deutlich tiefer, die Einsparmöglichkeiten beim Kohlendioxid sind dafür höher, und wir haben es mit einem lokalen



Das angedachte Streckennetz der Swissmetro, die bis jetzt bei einer Idee blieb. Hyperloop ist mit seiner Entwicklungsarbeit bereits in der Phase konkreter Entwicklung von Bauteilen.

Bild: Wikicommons

Werkstoff zu tun, sind also nicht von langen Lieferketten und Herstellern in Übersee abhängig.»

Was den Verbrauch an Grauer Energie zur Erstellung des Hyperloop-Systems angeht, wurden Lifecycle-Analysen erstellt. Julian Ehwald, bei EuroTube für System-Design und Machbarkeitsstudien zuständig, erläutert: «Hyperloop schneidet in diesen Berechnungen ähnlich ab wie die herkömmliche Eisenbahn. Dies weil das System geringeren Flächenverbrauch und geringere Tunneldurchmesser erfordert und nicht zuletzt auch weil mit End-to-End-Fahrzeugen eine höhere Auslastung als die Eisenbahn erreicht werden kann.» Man schätzt heute Auslastungen von 80 Prozent und mehr. Gegenüber dem Flugverkehr bleibt die Bilanz auch mit Einrechnung der Grauen Energie wesentlich besser.

Umweltfreundlicher Beton

Eine wichtige Rolle bei der Energiebilanz spielt auch der verwendete Beton. EuroTube arbeitet eng mit den Eberhard Unternehmungen zusammen und will deren Entwicklung, den umweltfreundlichen Beton «Zirkulit» nutzen. Dieser nutzt als erster zirkulärer Beton grosse Mengen an rezykliertem Rückbaumaterial, wodurch Zement eingespart wird. Dazu lässt sich im feinporigen Material zusätzliches Kohlendioxid binden, was das Endprodukt noch umweltschonender macht.

Patrick Eberhard hatte das neue Produkt im Herbst 2021 vorgestellt: «Es handelt sich um den ersten zirkulären Beton der Schweiz, mit maximaler Zirkularität, maximalem Einsatz von Sekundärrohstoffen

und Senkung des Kohlendioxidausstosses.» Die Emissionen von zirkulit werden dabei in drei Schritten reduziert. Als erstes ging man zurück auf den Mindestgehalt an Zement gemäss Norm, als zweites verwendete man nur CO₂-armen Zement, als drittes entwickelte man eine neue zertifizierte Speichertechnologie für das Kohlen-säuregas.

Für die Methode braucht es ausschliesslich alten Beton. Dieser wird zu einem Granulat gebrochen und in einem Reaktor mit CO₂ beaufschlagt. «Die Kieskörner weisen an ihrer Oberfläche viele Poren auf und werden mit CO₂ beaufschlagt.» Das Kohlendioxid wird durch eine chemische Reaktion auf dem Betongranulat gebunden und in Kalkstein umgewandelt.

Faserverstärkte Betonkonstruktion

Gemeinsam mit Eberhard entwickeln die Hyperloop-Fachleute der EuroTube Stiftung nun eine Betonmischung, die einen hohen Anteil solcher lokalen und CO₂-angereicherten Materialien enthält und zugleich die Anforderungen erfüllt, die an die vorgespannten Betonfertigteile gestellt werden. Diese Röhren bestehen aus einer faserverstärkten Betonkonstruktion, die mit einer Kunststoffschicht überzogen wird, um das Material luftdicht zu machen. Zugleich sollen die Röhren die Belastungen durch den Unterdruck in der Röhre aushalten, und mehrere technische Systeme müssen darin eingebaut werden können.

«Wir versuchen natürlich, die Röhre so dünn wie möglich zu bauen», erklärt Ingenieur Antoine Juge. «Diese soll nicht dicker als zehn Zentimeter werden.» Zu-

gleich muss der Beton fließfähig sein, um alle technischen Elemente sauber umhüllen zu können. «Wir machen hierzu Tests in der Eberhard-Recyclinganlage in Niederglatt, mit immer grösseren Batches, um die Mixtur zu verfeinern. Die Anlage kann Zuschlagstoffe in vielen unterschiedlichen Grössen aus Rückbaumaterial herausfiltern und zur Verfügung stellen, was die angestrebte Reduktion des Zementanteils möglich macht.»

Die Hyperloop-Röhren sollen dereinst auf Stelzen einige Meter über dem Boden errichtet werden, so die Idee der Ingenieure, mit entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen, etwa für die Evakuierung von Passagieren. Auch Ausweichstrecken sind angedacht, ähnlich wie im Gotthard-Basistunnel. Sollte im Übrigen durch äussere Einflüsse die Dichtigkeit der Röhre beeinträchtigt sein, können die Fahrzeuge trotzdem weiterfahren – nur lassen sich dann nicht mehr ganz so hohe Geschwindigkeiten erreichen. Probleme wie ein Entgleisen sind bei diesem System nicht möglich. Und auch bei einem Stromausfall bleibt Hyperloop nicht stehen: Dann fällt zwar auch der Linearantrieb aus, doch die Fahrzeuge sind mit Batterien versehen und können unabhängig weiterfahren.

Fahrzeuge mit Laufrädern

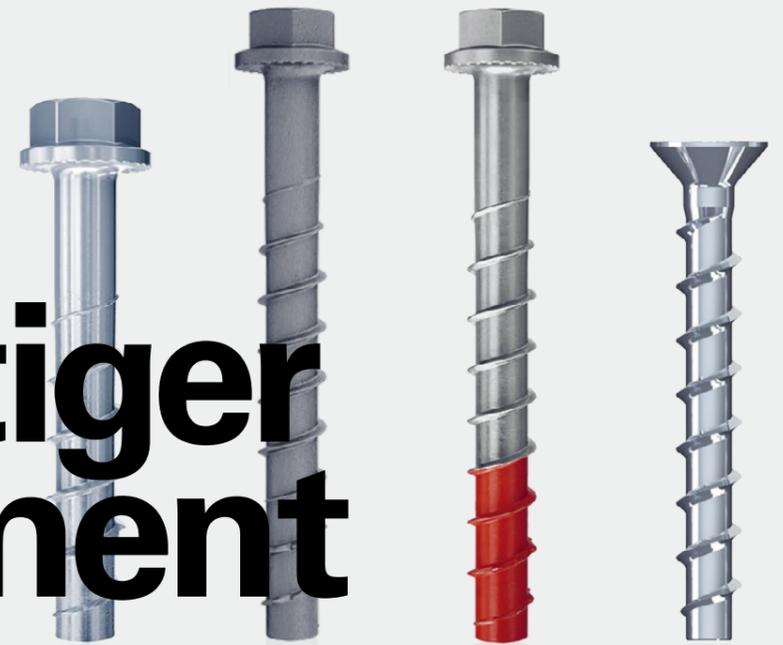
Angedacht sind auch Fahrzeuge, welche Laufräder mit derselben Spurweite wie die Eisenbahn aufweisen. So könnte man zum Beispiel die Hyperloop-Röhren bis in die Agglomeration grosser Städte führen. Von dort könnten die Fahrzeuge dann auf dem bestehenden Schienennetz und mit herkömmlichem Antrieb zum jeweiligen Bahnhof weiterfahren.

Wer aber in der Röhre mit nahezu Schallgeschwindigkeit reisen will, braucht noch Geduld. Erste kommerzielle Projekte mit Hyperloop wird es erst in den 2030er Jahren geben. «Ausgeschrieben ist ein Streckenprojekt vom Hafen Venedig zu einem dreissig Kilometer entfernten Logistikzentrum», so Steffen Hartmann. «Dazu gibt es das Projekt einer Verbindungsstrecke zwischen den Häfen von Abu Dhabi und Dubai auf der Arabischen Halbinsel.»

Beide Projekte sind aber fürs erste auf den Gütertransport beschränkt. Angesichts der nötigen Vorlaufzeit für grosse Infrastrukturprojekte in Europa dürfte es also noch mindestens zwanzig Jahre dauern, bis erste Städtereisen mit dem Hyperloop möglich sind. Und dennoch sind diese Pläne und die dahinterstehende Forschung und Entwicklung wesentlich konkreter, als es die ersten SwissMetro-Ideen in den 1970ern waren. ■



Beton befestiger Sortiment



Leistungsstarke Betonbefestiger für höchsten Montagekomfort

SFS führt neu ein komplettes Sortiment an Betonbefestiger höchster Qualität. Galvanisch verzinkt, zinklamellenbeschichtet und rostfrei A4 in den Durchmessern 6–14 mm. Wählbar sind verschiedene Kopfformen wie Sechskant-, Linsen- oder Senkkopf sowie mit Innen- und Aussengewinde. Dank spezieller Geometrie schneiden sich die Flanken tief in den Beton ein und ermöglichen so hohe Lasten. Kurze Ausführungen erlauben eine geringe Bohrlochtiefe, schnelles Eindrehen und weniger Bewehrungstreffer. www.sfs.ch →

55629



In einem Stück der Betonröhre wird ein Vakuum erzeugt, um die Dichtigkeit der Konstruktion zu überprüfen.

Gibt es einen Stein, der in Sachen Nachhaltigkeit über sich hinauswächst?

YTONG IST DIE ANTWORT.



<http://ytong.ch>



YTONG

55619