



Auf Zement gebaut

Politiker und Wissenschaftler preisen **Hochgeschwindigkeitszüge** als Alternative zum Kurzstreckenflug. Doch sie unterschlagen das klimaschädliche Kohlendioxid, das bei Bau und Unterhalt der Strecken anfällt. Dabei ließe sich dort noch einiges einsparen.

TEXT THOMAS STÖLZEL

Kein Trinkwasser“, warnt ein verwittertes Schild. Ansonsten gibt es keinen Hinweis darauf, dass Menschen Interesse an dem Sandsteinportal und der dahinter liegenden Ilsequelle bei Heidenau nahe Dresden haben könnten. Die Touristen zieht es in den Barockgarten nach französischem Vorbild, etwas höher gelegen. Dabei könnte die größere Attraktion, zumindest für Technikenthusiasten, bald bei der Quelle liegen. Hier soll der Eingang zum längsten Eisenbahntunnel Deutschlands entstehen: Bis zu 30 Kilometer soll er durchs Erzgebirgsmassiv in Richtung Prag führen.

Solche Bahntrassen sind ingenieurtechnische Meisterwerke: Die Schweizer werden für ihre Tunnelbauten gefeiert, die Faszination für Hochbauten wie etwa die Müngstener Brücke zwischen Remscheid und Solingen ist ebenso groß. Und die Trassen sollen auch einen Beitrag zur Klimarettung leisten. Kürzlich hat die Lufthansa die Verbindung zwischen Nürnberg und München einge-

stellt, auf der Schnellbahntrasse braucht der ICE kaum länger als die S-Bahn vom Münchener Flughafen in die Innenstadt. Für andere Routen etwa zwischen Frankfurt und Köln wird ebenfalls gefordert, was in Frankreich längst passiert ist: Zug statt Flug. Auch zwischen Dresden und Prag könnte die Reisezeit auf der Schiene künftig unter eine Stunde sinken. Die Grünen preisen die Bahn in ihrem Wahlprogramm als „Rückgrat einer nachhaltigen Mobilitätswende“.

Doch so beeindruckend Reisezeiten auf Schnellfahrtrassen sein mögen, die Klimarechnung hat einen großen Haken: die Emissionen des klimaschädlichen Kohlendioxids (CO₂), die beim Bau dieser Trassen frei werden. Würden die 30 Kilometer langen Erzgebirgstrassen realisiert, dürfte allein der darin verbaute Zement für mehr als eine halbe Million zusätzliche Tonnen CO₂ sorgen. Das entspricht dem jährlichen CO₂-Ausstoß einer Kleinstadt wie Friedrichshafen mit 60 000 Einwohnern. Hinzu kommen auf der deutsch-tschechischen Trasse Emissionen aus dem eingesetzten Stahl, den Brücken und Fundamenten für Oberleitungs- und Starkstrommasten sowie der Betonfahrbahn unter den Schienen. Was im Erzgebirge noch bevorsteht, ist andernorts schon passiert: Gerade hat die Deutsche Bahn die Sanierung der Schnelltrasse zwischen Kassel und Göt-

tingen abgeschlossen, die erste ihrer Art im Land. Nach 30 Jahren Betrieb mussten etwa 72 000 Betonschwellen ersetzt werden, der Zement darin dürfte bei der Produktion um die 5000 Tonnen CO₂ verursacht haben.

Wenig Gespür für die Relationen

„Da muss man sehr lange Bahn fahren, bis die Anfangs-CO₂-Schuld wieder abgetragen ist“, sagt Hans Joachim Schellnhuber, Gründer des Potsdamer Klimainstituts, der sich für grünes Bauen einsetzt und EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen berät. Bislang seien diese Emissionen schlicht ignoriert worden. „Bei einem Infrastrukturprojekt wie der Strecke durch den Thüringer Wald hat die Bundesregierung einfach Geld auf den Tisch gelegt, dann wurde gemacht.“ Bezieht man sie aber in einen ehrlichen Emissionsvergleich ein, verliert das Bild von der Bahn als Klimaretter an Strahlkraft. Vor allem zeigt sich: Bei keinem Verkehrsmittel dürfte es schwerer sein, die Emissionen langfristig ganz zu eliminieren. Von der Bahn heißt es auf Anfrage: Die Entscheidung, Neubaustrecken zu bauen, fällt der Bund nach Abwägung der Effekte für Wirtschaft, Menschen und Umwelt.

„Den meisten Leuten sind die Größenordnungen gar nicht klar“, sagt Klaus Radermacher, der diese Fragen für die FDP- ▶

Schnell, aber nicht ganz so sauber

Trassen aus Beton und Stahl drücken die Klimabilanz der ICEs

nahe Friedrich-Naumann-Stiftung untersucht hat. Eine Strecke wie die von Köln nach Frankfurt könne beim Bau leicht drei bis vier Millionen Tonnen CO₂ verursachen. Ganz genau kalkulieren lassen werde sich das zwar nie, etwa weil die An- und Abreise Tausender Arbeiter, Transport und Bau ihrer Maschinen, die Anlieferung des Baumaterials und das Aufschütten der Dämme kaum zu beziffern seien.

Die wichtigsten Klimakosten aber lassen sich abschätzen, etwa jene, die bei der Herstellung des eingesetzten Zements entstehen. Wenn Kalk zu Zementklinker gebrannt wird, werden unweigerlich große Mengen Treibhausgas frei. Bei 1450 Grad Celsius wird Kohlendioxid abgespalten, es entsteht Kalziumoxid, der Hauptbestandteil von Zement. Als Faustformel gilt: Eine Tonne Zement verursacht etwa 0,8 Tonnen CO₂.

Aus bestehenden Projekten lässt sich herleiten, wie hoch die CO₂-Kosten durch den Zementeinsatz sind. So verbaute die Schweiz im 57 Kilometer langen Gotthard-Basistunnel laut der Schweizerischen Bundesbahn etwa 1,4 Millionen Tonnen Zement. Das entspricht etwa 20 000 Tonnen CO₂ je Kilometer. Ein Vergleich mit Daten des Öko-Instituts zeigt, dass der Wert auch für manch deutschen Tunnel realistisch ist – etwa beim ostwestfälischen Eggetunnel oder beim Limburger Tunnel zwischen Köln und Frankfurt. Der Neubau der Strecke von Köln nach Frankfurt, von deren 143 Kilometern 47 durch Tunnel führen, hätte demnach allein durch den Zement in den Röhren eine Million Tonnen CO₂ verursacht.

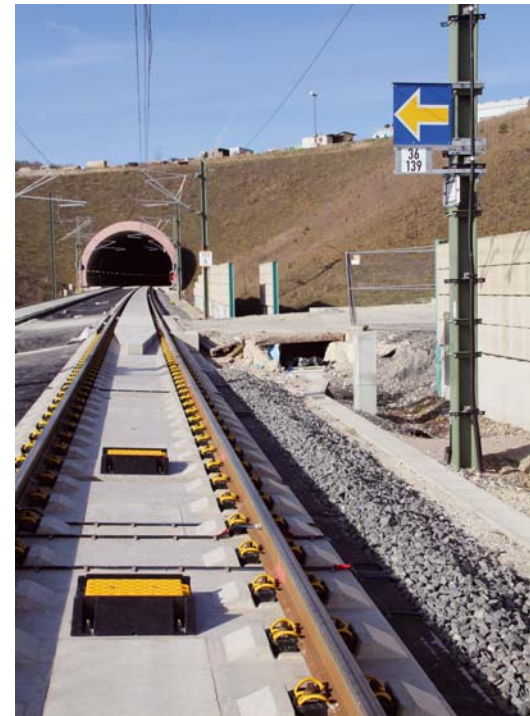
Zurück zu Bahnschwellen

Besser sieht es bei der Verbindung Berlin–Hannover aus. Zwar war sie die erste Hochgeschwindigkeitstrasse im Land mit einer geschlossenen Betonfahrbahn, und deren Zementanteil allein dürfte mehr als 150 000 Tonnen CO₂ verursacht haben, basierend auf Berechnungen des Umweltbundesamtes. Doch brauchte es keine Tunnel und lediglich vier größere Brückenbauten über den Mittellandkanal, die Elbe, die Havel und den Havelkanal. Mit um die vier Millionen Passagieren pro Jahr ist sie zwar eine weniger stark frequentierte Trasse, aufgrund ihres überschaubaren Zementbedarfs aber wohl auch weniger kritisch fürs Klima. Auf der deutschen Vorzeigeschnellstrecke Frankfurt–Köln sind pro Jahr hingegen 15 Millionen Fahrgäste unterwegs. Unterstellt man eine durchschnittliche Lebensdauer der Neubautrasse von 80 Jahren, entfallen auf jeden Passagier allein durch die Infrastruktur zwischen 17 und 23 Gramm CO₂ je

Kilometer. Das Umweltbundesamt kalkulierte 2010 einen Wert von 15,6 Gramm. Hinzu kommen noch mindestens 29 Gramm Emissionen aus dem Energieverbrauch des Zuges. Der dürfte aber auf dieser Strecke höher sein, leitet sich der Mittelwert doch von allen deutschen Fernzügen ab, auch den viel langsameren und damit sparsameren ICs. Ein heutiges Kurzstreckenflugzeug landet bei etwa 120 Gramm je Personenkilometer. Je geringer die Auslastung der Bahnstrecke ist, desto mehr neigt sich die Rechnung zugunsten des Fliegers. Zumindest dann, wenn man die Reise von Bahnhof zu Bahnhof mit der von Flughafen zu Flughafen vergleicht.

Hinzu kommt: Wenn ein ICE mit 300 Stundenkilometern durch eine Röhre rast, schiebt er gewaltige Luftmassen vor sich her. Das erhöht seinen Energieverbrauch um das bis zu 2,8-Fache. Verstärkt wird der Effekt dadurch, dass heutzutage fast nur noch einspurige Tunnelröhren gebaut werden, wo die Luft seitlich kaum ausweichen kann. Das ist zwar eine wichtige Sicherheitsvorkehrung, im Fall eines Brandes können Passagiere so in die entgegengesetzte Röhre flüchten. Auch will die Bahn so die enormen Kräfte auf ihre Züge vermeiden, die wirken, wenn sie einander im Tunnel mit Hochgeschwindigkeit begegnen.

Für die Energiebilanz aber ist das ein Problem: Knapp 33 400 Kilometer umfasst das Streckennetz der Deutschen Bahn. Darauf liegen 747 Tunnel mit einer Gesamtlänge von etwa 600 Kilometern. Doch haben Schnellstrecken, die eine Alternative zum Flieger wären, überproportional viele Tun-



nel. Und neben Tunneln benötigen diese Strecken, wenn sie durch bergiges Terrain führen, auch noch Brücken. Die bestehen wie die Röhren ebenfalls aus Beton und Stahl. So wurden beim Bau der 8,5 Kilometer langen Saale-Elster-Talbrücke, der 2013 eröffneten längsten Eisenbahnbrücke Europas, um die 100 000 Tonnen Zement verbaut – und so etwa 80 000 Tonnen CO₂ ausgestoßen.

Um die Klimabilanz der Bahninfrastruktur zu verbessern, verfolgen Ingenieure und Forscher vor allem zwei Pfade: die Lebensdauer der Bauwerke zu verlängern und den Materialeinsatz zu reduzieren. Ein Hebel

Stabil seit 1900 Jahren
Der Beton des Pantheon kommt ohne Stahl aus und hält deshalb länger





Grau statt grün
In den Gleisbetten (l.)
und Brücken der Bahn steckt
klimaschädlicher Zement

liegt etwa in der Konstruktion des Schienenunterbaus. Das sind auf Deutschlands Expressstrecken meist keine Bahnschwellen mehr, die auf Schotter lagern, sondern feste Fahrbahnen aus Beton. „Diese festen Fahrbahnen haben keine Entwässerung“, kritisiert Hans-Christoph Thiel, Professor für Eisenbahnwesen an der Brandenburgischen Technischen Universität in Cottbus. Dadurch bleibe nach dem Regen Wasser stehen, es bilde sich Moos, Haarrisse entstünden, in denen sich Pflanzen ansiedelten und die Konstruktion zerstörten. „Auf der Strecke Berlin–Hamburg sind solche Fehler en gros gemacht worden“, erzählt Thiel. So müsse in weiten Teilen nach nicht einmal 25 Jahren die komplette Fahrbahn getauscht werden. „Und das, obwohl sie 80 Jahre halten sollte.“ Eine Rückkehr zur Betonschwelle könnte das verhindern – und zugleich mehr als 80 Prozent der Betonmenge und damit des Zements sparen. Frankreich setzt bei den TGV-Trassen genauso auf Schwellen wie Japan beim Shinkansen.

Ähnlich pragmatische Möglichkeiten gäbe es bei den Oberleitungen. Hier setzt Deutschland anders als Länder etwa im Alpenraum oder in Skandinavien auf eine sogenannte Einzelmastaufhängung. Die hat zwar einen großen Vorteil: Wird an einer Stelle die Oberleitung heruntergerissen, sind

die anderen Gleise weiter befahrbar. Doch die Konstruktion benötigt oft mehr Masten samt Fundament. Beide sind heute in der Regel aus Beton. Die Alternative wäre die sogenannte Jochbauweise. Dabei stehen nur rechts und links der Strecke Masten. Die Oberleitung wird über alle Gleise gespannt. Wenn jemand das für Deutschland fordere, sagt Thiel, heiße es immer nur: „Wir machen das nicht, weil wir das nicht so machen.“ Die wohl CO₂-sparendste Stromversorgung, eine seitliche Stromschiene wie bei U-Bahnen, komme bei offenen Bahntrassen hingegen nicht infrage. Sie sei lebensgefährlich für Tier und Mensch, wenn sie diese berühren.

Für das größte Problem aber fehlt eine simple Lösung. Auf ein Tunnelbauwerk wirke vor allem Druck. Und da sei nun mal eine dicke Betonschicht alternativlos, sagt Oliver Fischer, Professor für Massivbau an der TU München. Fischer hat in seiner Karriere an

1

Million Tonnen Kohlendioxid
hat der Bau der 30 Tunnel auf der
Schnellfahrstrecke zwischen Frankfurt
und Köln ungefähr verursacht –
allein durch den dort nötigen Zement

Dutzenden Tunneln gearbeitet, etwa an Bahnstrecken in Taiwan und den USA. Zumindest Optimierungspotenzial sieht er: etwa indem die Bahn, wo möglich, darauf verzichtet, Stahlnetze oder Stahlstäbe in den Beton einzugießen, um Zugkräfte aufzunehmen. Das spart nicht nur jenes CO₂, das bei der Stahlproduktion frei wird. Der Beton wird so auch langlebiger. Denn Stahl beginnt spätestens nach 100 bis 150 Jahren zu rosten, selbst wenn er dick mit Beton ummantelt ist. Das macht den Baustoff schwach. Kommt der Tunnel ohne Stahl aus, kann er 500 Jahre oder länger halten. Berühmtestes Vorbild ist das Pantheon in Rom. Nach 1900 Jahren ist der Betonbau hervorragend in Schuss.

Carbon statt Stahl

Mit einem ähnlichen Ansatz lassen sich auch Eisenbahnbrücken klimafreundlicher machen. Dazu können Hightechwerkstoffe wie Carbonfasern eingesetzt werden. Wenn die Brücke höhere Lasten tragen soll oder der Stahl rostet, müssen Arbeiter bisher eine dicke Schicht Stahlbeton aufbringen, um die schwächelnde Bewehrung der Brücke zu ergänzen. Das ist oft unmöglich, weil sie zu schwer würde. Eine ein bis zwei Zentimeter dicke Schicht Carbonbeton kann das Problem aber lösen und die Brücke retten. Darin wird statt Stahl Kohlefaserverbundmaterial genutzt: Stoffe, Gitter, Stäbe. „Das Material ist fünf bis sechs Mal stabiler als Stahl bei Zugkräften, wiegt aber nur ein Viertel“, sagt Frank Schladitz, Geschäftsführer von Deutschlands größtem Bauforschungsprojekt C3, das die Technologie zusammen mit mehr als 160 Partnern auf den Markt bringen will. Und Kohlefasern rostet nicht. Noch werden die Fasern meist aus Erdöl oder Erdgas gewonnen. Doch arbeiten Forscher daran, sie aus Pflanzenresten, Umgebungsluft oder Zementabgasen herzustellen. Sie könnten dann das Klimagas sogar binden wie ein Wald oder Moor – und die Klimabilanz der Bahn in doppelter Hinsicht aufbessern.

„Mehr Gleise, insbesondere durch Neubautrassen, sorgen für eine deutlich höhere Kapazität im Streckennetz“, argumentiert die Bahn. Durch sie könnten mehr Reisende und Güter „auf der klimafreundlichen Schiene fahren“. In vielen Fällen aber dürfte es klimafreundlicher sein, auf Neubauprojekte zu verzichten – und existierende Routen zu optimieren. Die verlaufen oft an Flüssen wie Elbe oder Rhein. Die haben sich in Millionen Jahren durch die Mittelgebirge gegraben, es braucht kaum Brücken und Tunnel. Die Reise mag langsamer als auf der Hochgeschwindigkeitstrasse sein, dafür aber besser fürs Klima – und mehr zu sehen gibt es auch. ■

Sridhar Ramaswamy hat einst selbst einiges dazu beigetragen, dass der Gigant, der ihm nun etwas unheimlich ist, so mächtig wurde. 2003 stieß der gebürtige Inder zu Google – und machte das Anzeigengeschäft zur Gewinnmaschine des Technologiekonzerns. Unter seiner Führung stieg der Umsatz der Werbesparte um mehr als das 60-Fache auf gut 95 Milliarden Dollar im Jahr. Etwa jeder dritte Dollar, den Unternehmen weltweit in Anzeigen und Kampagnen im Netz investieren, landet in den Kassen von Google. Aber: „Irgendwann wurde mir klar, dass wir uns zu einem Punkt entwickeln, bei dem die Suche nur noch entweder werbefinanzierte Ergebnisse anzeigt oder Inhalte, die von Googles eigenen Diensten stammen“, erzählt Ramaswamy. „Dass die Interessen der Nutzer selbst keine Relevanz mehr haben, das hat mir nicht gefallen.“

Onlineshops ausblenden

Nun will es Ramaswamy, der 2018 bei Google ausstieg und bei der Investmentfirma Greylock anheuerte, besser machen: Gemeinsam mit einem Team von 60 Leuten, von denen jeder Dritte ebenfalls vorher bei Google war, hat er eine neue Suchmaschine namens Neeva entwickelt. „Die arbeitet komplett werbefrei und verzichtet auf jede Art von Tracking“, versichert der Informatiker. Wie weit oben oder wie weit unten ein Suchergebnis landet, das hängt bei Neeva nicht von meistbietend versteigerten Werbeplätzen ab, sondern ausschließlich davon, wie relevant es ist. Dazu ermöglicht es diese neue Suchmaschine ihren Nutzern sogar, die Bedeutung unterschiedlicher Quellen selbst zu justieren. So können sie unter anderem einstellen, ob die Treffer aus bestimmten Nachrichtenangeboten oder Onlineshops in den Suchergebnissen bevorzugt oder auch komplett ausgeblendet werden. Bislang ist der Dienst nur auf Englisch verfügbar, doch „nächstes Frühjahr wollen wir auch in Deutschland und Frankreich starten“, verspricht Ramaswamy.

„Das stellt Googles Ansatz auf den Kopf, aus gesammelten Nutzerdaten und der Analyse früherer Abfragen abzuleiten, was wohl die treffendsten Antworten für die jeweilige Suche sein könnten“, sagt Dirk Lewandowski, Suchmaschinenexperte und Professor für Informationsgewinnung an der Hochschule für angewandte Wissenschaften in Hamburg. „Und es gibt den Nutzern eine ganz neue Souveränität bei der Internet-suche.“ Der Wissenschaftler zeigt sich überzeugt, dass Neeva damit einen Nerv treffe. In

Googeln ohne Spitzelei

Das Start-up Neeva hat eine Suchmaschine entwickelt, bei der die Nutzer bestimmen, was für sie relevant ist – und nicht die Werbekunden. Aber hat solch ein Dienst überhaupt eine Chance gegen den Giganten?

TEXT THOMAS KUHN



den vergangenen Jahren sei das Bewusstsein für die Privatsphäre im Netz gestiegen. Und wohl auch für die enorme Macht von Google: Die Europäische Union hat bereits in drei Kartellverfahren Milliardenstrafen gegen den Konzern verhängt, weil er nach ihrer Auffassung mit seiner Suchmaschine seine Marktmacht missbraucht hatte.

Wie viele kleinere Alternativen zu Google nutzt auch Neuling Neeva den Seitenindex von Microsofts Suchmaschine Bing, der „speziell auf nicht englischsprachigen Seiten im Netz nicht so umfassend ist, wie Googles Datenbasis“, sagt Lewandowski. Dass die Leute trotzdem immer wieder auch zu anderen Diensten greifen, zeige gerade, wie groß das Bedürfnis ist, sich nicht bei jeder Suche im Netz von Google durchleuchten oder mit Werbung bespielen zu lassen.

Zudem sei die Bereitschaft gewachsen, Onlineangebote zu abonnieren, betont der Experte. Deshalb könne auch Neevas Geschäftsmodell aufgehen. Statt auf Werbeumsätze setzt der neue Dienst nämlich auf die Zahlungsbereitschaft der Nutzer: 4,95 Dollar im Monat, hofft der Gründer, werde der Dienst den Kunden wert sein. Ramaswamy hat schon mal durchgerechnet: „Mit etwa 20 Millionen Nutzern in den USA, Kanada und Westeuropa sollten wir profitabel sein.“ Drei Wochen nach dem Start sei die Zahl in den USA deutlich fünfstellig. In den kommenden fünf Jahren, so Ramaswamys Ziel, will er zwei bis drei Prozent der globalen Suchanfragen erreichen.

Das klingt nach einem bescheidenen Ziel – zumindest wenn man es an der Größe des bisherigen Marktführers misst: Knapp 70 Prozent aller Anfragen, die die Menschen weltweit vom PC aus stellen, landet bei Google. Vom Smartphone aus sind es sogar 95 Prozent. Diese enorme Macht zu brechen, daran haben sich in den vergangenen Jahren, von Cliqz über Quero bis Qwant zahlreiche neue Suchdienste mit viel Elan und teils auch staatlicher Förderung versucht. Und die meisten sind daran gescheitert.

Glücklich in der Nische

Dass sich ausgerechnet in einem Markt, in dem eigentlich das Prinzip „The winner takes it all“ gilt, ein Unternehmer in Bescheidenheit übt, mag auf den ersten Blick überraschen. Doch Lewandowski hält es für klug. „Wir müssen uns von der Vorstellung frei machen, dass ein solcher Dienst Google vom Thron verdrängen muss, um erfolgreich zu sein.“ Denn profitabel arbeiten, das funktioniert auch in einer Nische. Das beweist nicht bloß Microsofts Bing-Suche, die dem Softwarekonzern – trotz geringem Marktanteil – gut zweistellige Milliardenumsätze beschert. „Danach leckte sich mancher Onlinedienst die Finger“, so Lewandowski, „selbst wenn es, verglichen mit Google, winzig wirkt.“

Das belegen auch Suchanbieter wie Eco-sia, DuckDuckGo oder Swisscows. Die überleben in ihren Nischen, weil sie etwa mit Erlösen aus Werbeanzeigen Aufforstungsprojekte finanzieren, ebenfalls das Tracking von Nutzeranfragen verhindern oder ihr Angebot mit einem eigenen Suchindex und besonders datensicher auf eigenen Rechnern in der Schweiz betreiben. Offenbar mit Erfolg: „Wir verzeichnen seit Jahren konstant wachsende Nutzer- und Abrufzahlen“, sagt etwa Andreas Wiebe, Chef und Gründer des Swisscows-Betreibers Hulbee. ■