

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer, nach den Betrachtungen zum Individualverkehr in der letzten Lektion befassen wir uns hier heute mit den möglichen Energieeinsparungen im Kollektivverkehr und im öffentlichen Verkehr.

Notes

Summary

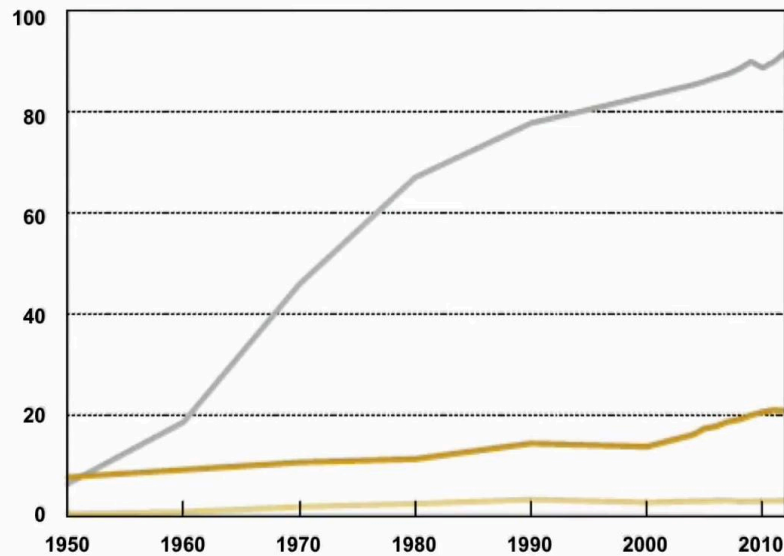


0m 03s



# Individual- und Kollektivverkehr

Personenkilometer  
[Milliarden Pkm]



Motorisierter  
Individualverkehr

Öffentlicher  
Schienenverkehr

Öffentlicher  
Strassenverkehr

Quellen: BFS, CGST, DGD, LITRA

Energiewende in der Schweiz

Seit Mitte des letzten Jahrhunderts hat die Nachfrage nach Mobilität stetig zugenommen. Sie wird wie in diesem Diagramm für die Schweiz durch Milliarden Personenkilometer ausgedrückt, was der Summe aller in einem Jahr gefahrenen Kilometer der Schweizer Bevölkerung entspricht. Die graue Kurve hier stellt den motorisierten Individualverkehr dar, der stetig zunimmt, wie wir bereits in den letzten Lektionen angedeutet haben. Die dicke gelbe Kurve hier stellt den Schienenverkehr dar, wobei auffällt, dass vor allem in den letzten zehn Jahren die Nachfrage stark zugenommen hat. Die hellgelbe Kurve hier unten stellt den öffentlichen Straßenverkehr dar, der gegenüber dem motorisierten Individualverkehr sehr tief ist.

Notes

Summary

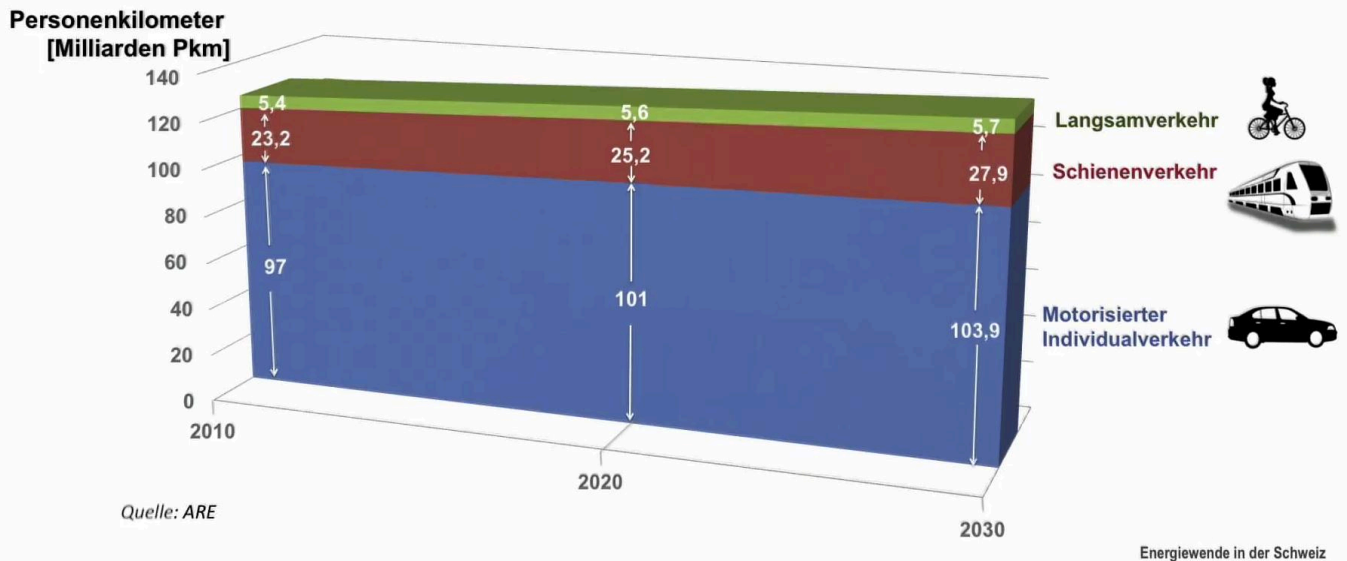


0m 17s



# Individual- und Kollektivverkehr

- Diese Verteilung wird sich auch in Zukunft nicht gross ändern!



Es sind heute Bestrebungen im Gang, um sowohl den Langsamverkehr als auch den Schienenverkehr stärker zu fördern. Auch neue Arbeitsformen, wie zum Beispiel das Homeoffice, werden das Verkehrsnetz natürlich weiter entlasten. Trotzdem werden die Personenkilometer weiter ansteigen, und Prognosen durch das Bundesamt für Raumentwicklung, dem ARE, zeigen hier in diesem Diagramm, dass sich die Verteilung zwischen den verschiedenen Verkehrsformen in Zukunft kaum ändern wird. Der motorisierte Individualverkehr wird von 97 Milliarden Personenkilometer im Jahr 2010, bis 2030 auf 104 Milliarden Personenkilometer ansteigen. Der Schienenverkehr, hier rot dargestellt, von 23 auf 28 Milliarden Personenkilometer.

Notes

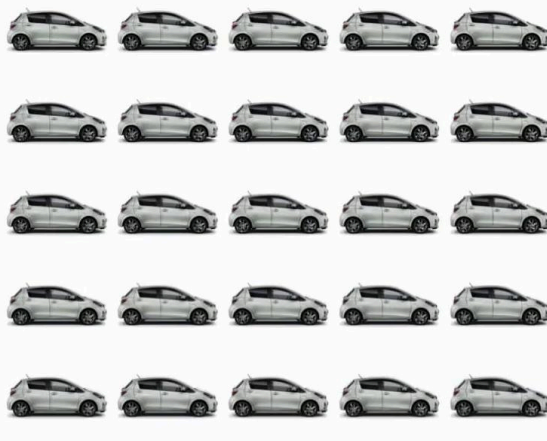
Summary



1m 05s



# Individual- oder Kollektivverkehr?



## Pro Fahrzeug (hybrid):

Anzahl Passagiere	2 (im Mittel)	
Verbrauch	3,8 l/100 km	1,9 l/100 km / Pass.
CO <sub>2</sub> -Emissionen	88 gCO <sub>2</sub> /km	44 gCO <sub>2</sub> /km / Pass.

50	
21 l/100 km	0,42 l/100 km / Pass.
546 gCO <sub>2</sub> /km	11 gCO <sub>2</sub> /km / Pass.

Energiewende in der Schweiz

Auf der Strasse gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten, sich fortzubewegen. Entweder mit dem eigenen Auto -- man spricht dann vom motorisierten Individualverkehr -- oder mit einem Reisebus, der sogenannte motorisierte Kollektivverkehr. Mit diesem Beispiel hier vergleichen wir nun den Verbrauch zwischen diesen beiden Möglichkeiten. Auf der einen Seite, hier links, gehen wir von einem kleinen Hybridfahrzeug aus, auf der anderen von einem modernen Reisebus. Bei einer Auslastung von zwei Personen pro Auto, und 50 Personen pro Reisebus, fällt auf, dass der Verbrauch und natürlich auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß beim Auto etwa viermal höher ausfällt als beim Reisebus.

Notes

Summary

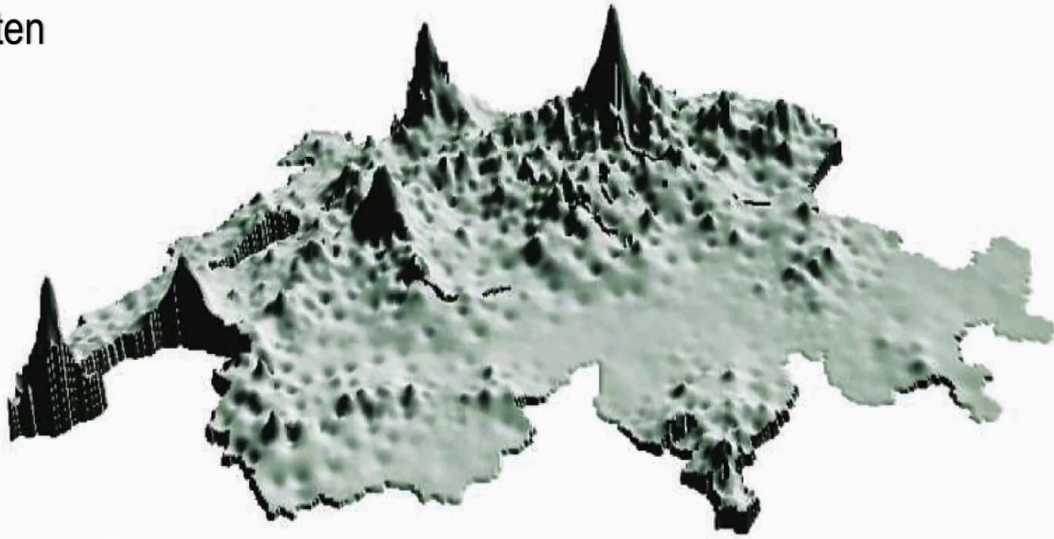


1m 57s



# Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr

- Die Dichte des öffentlichen Verkehrs ist in den Ballungszentren am höchsten



Source: Office fédéral du développement territorial (ARE)

Energiewende in der Schweiz

Dieses dreidimensionale Bild der Schweiz stellt die Dichte des Angebots an öffentlichem Verkehr dar. Ohne große Überraschungen, stehen das Mittelland und auch das Tessin sehr gut da, mit jeweils einem sehr dichten Angebot in und rund um die grössten Städte.

Notes

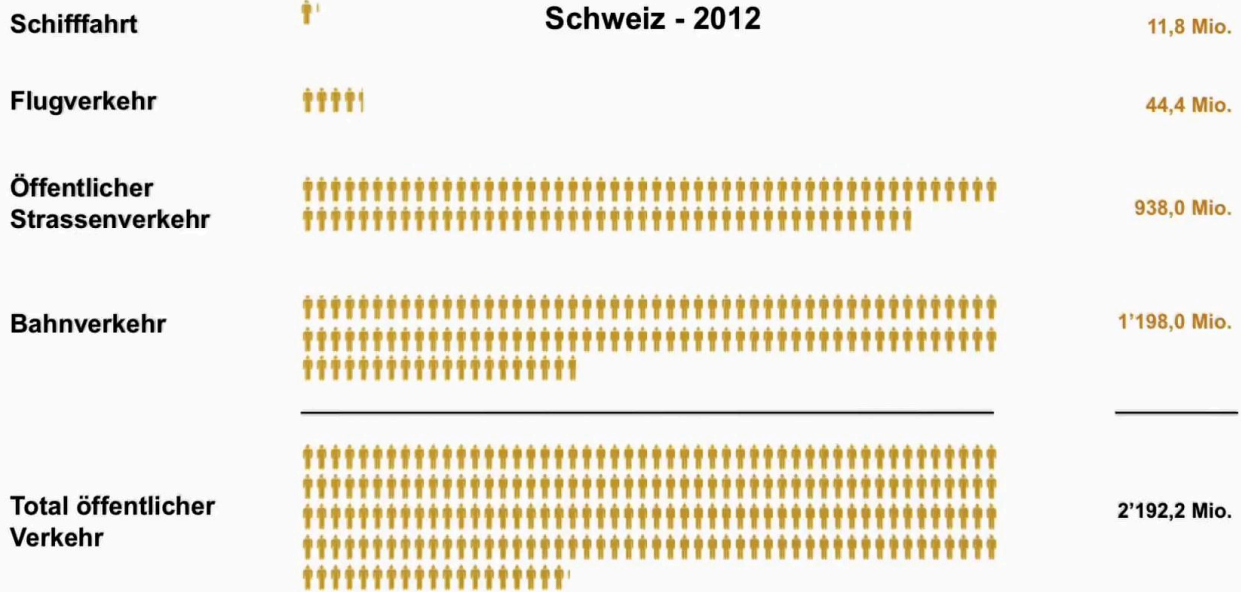
Summary



2m 44s



# Verteilung der Passagiere im öffentlichen Verkehr



Quellen: OFS, CGST, DGD, LITRA

Energiewende in der Schweiz

Dieses Bild zeigt auf, wie der öffentliche Verkehr bezüglich der beförderten Passagiere über die verschiedenen Verkehrsformen aufgeteilt ist. Der grösste Anteil stellt ganz klar die Bahn dar, dicht gefolgt vom öffentlichen Straßenverkehr. Der kleinste Anteil der Passagiere wird durch die Schifffahrt befördert. Schiffe auf unseren Seen und Flüssen sind natürlich ein relativ langsames Transportmittel, das aber auch entsprechend sparsam mit Treibstoff umgeht. Dem gegenüber steht der Flugverkehr, hier oben an zweiter Stelle, der pro Passagier und pro Kilometer wesentlich mehr Energie benötigt, aber Personen und Ware auch sehr schnell und sehr weit befördern kann.

Notes

Summary



3m 03s



# Elektrischer, öffentlicher Strassenverkehr

- Im Stadtverkehr ist eine Elektrifizierung relativ einfach. Eine Idee...  
... die nicht von gestern stammt, ... und die immer noch aktuell ist!



Erster Trolleybus in Berlin von Siemens 1882 (Deutschland)



Trolleybus von Hess in Luzern

Energiewende in der Schweiz

Im Stadtverkehr stellen Trolleybusse eine sehr interessante Alternative zu treibstoffbetriebenen Verkehrsmitteln dar, auch wenn sie eine relative aufwändige Infrastruktur benötigen. Elektrisch angetriebene Fahrzeuge sind im Allgemeinen effizienter und leiser als treibstoffbetriebene. Das bietet natürlich gerade in dicht besiedelten Gebieten einige Vorteile. Der erste Trolleybus wurde schon im vorletzten Jahrhundert eingesetzt. In diesem Bild links hier, zeigen wir einen elektrischen Bus in Berlin, der schon 1882 über eine elektrische Oberleitung angetrieben wurde. Solche Systeme sind immer noch aktuell, sie können moderne Trolleybusse heute in den meisten schweizer Städten antreffen, wie auf diesem Bild hier rechts. Moderne Trolleybusse haben heute auch die Möglichkeit zur Energiespeicherung an Bord, was ihnen erlaubt, beschränkte Fahrten über das Oberleitungsnetz hinaus, durchführen zu können.

Notes

Summary





# Güterverkehr auf der Strasse

- Tendenz hin zu Gigalinern um Kosten und Emissionen zu reduzieren



[https://en.wikipedia.org/wiki/Road\\_train](https://en.wikipedia.org/wiki/Road_train)

Energiewende in der Schweiz

Im motorisierten Straßenverkehr stellt auch der Güterverkehr einen signifikanten Anteil dar. Hier führt die Entwicklung hin zu größeren Fahrzeugen mit mehreren Anhängern, sogenannte Gigaliner. Solche Lastzüge kennt man auch schon aus Australien. Damit werden sowohl Kosten als auch Treibstoff eingespart. Eine Alternative sind natürlich ökologischere Treibstoffe, wie komprimiertes oder verflüssigtes Erdgas. Sie reduzieren durch den geringen Kohlenstoffgehalt die Emissionen, führen aber auch zu tieferen Motorenleistung. Bei solchen Treibstoffen ist eine gute Regelung der Motoren essentiell, um den Ausstoß an unverbrauchten Kohlenwasserstoffen möglichst gering halten zu können.

Notes

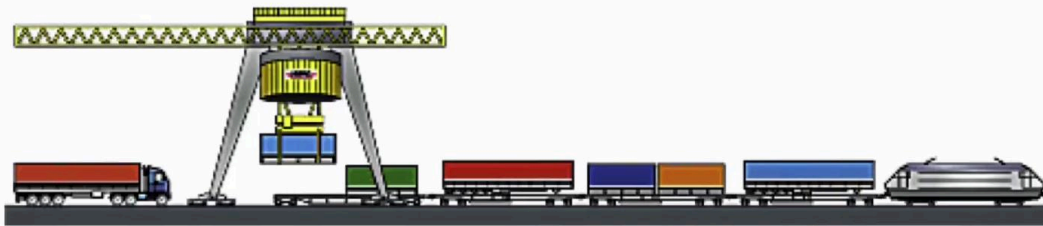
Summary



4m 50s



# Multimodaler Verkehr: eine sinnvolle Synergie



**Containertransfer**



**Direkte Beladung von Lastwagen**

<http://www.hupac.ch/index.php?node=333&lng=2&rif=fc18cbf50c>

Energiewende in der Schweiz

Der multimodale Verkehr, also der Einsatz von verschiedenen Verkehrsmitteln im Gütertransport ist eine sehr interessante Alternative zum reinen Straßenverkehr. Container oder ganze Lastwagen werden so für weite Strecken mit der Bahn effizient befördert, und dann von einem Verteilzentrum aus per Last oder Lieferwagen zum Empfänger verteilt.

Notes

Summary



5m 36s



- Kontinuierliche Verbesserung bezüglich Verbrauch, Emissionen, Geschwindigkeit und Kapazität: der TGV der Zukunft (2019)



- Vorgegebene Ziele
  - 750 Sitzplätze
  - Energieverbrauch um 35% reduziert
  - Optimierte Kosten
  - Stark reduzierte Unterhaltskosten

[http://www.lesechos.fr/25/03/2015/lesechos.fr/0204254866731\\_le-tgv-du-futur-progresse-cahin-caha.htm](http://www.lesechos.fr/25/03/2015/lesechos.fr/0204254866731_le-tgv-du-futur-progresse-cahin-caha.htm) &  
[http://images.lesechos.sdv.fr/archives/2014/LesEchos/21683/ECH21683077\\_1.jpg](http://images.lesechos.sdv.fr/archives/2014/LesEchos/21683/ECH21683077_1.jpg)

Energiewende in der Schweiz

Der Energieverbrauch im Personentransport ist nicht der einzige wichtige Parameter. So ist gerade auch die Geschwindigkeit ein wichtiges Kriterium in der Konkurrenz zwischen den verschiedenen Verkehrsformen. Der zukünftige TGV in Frankreich sollte dementsprechend gegenüber heute schneller sein, einen um 35 % reduzierten Energieverbrauch aufweisen, und das alles bei tieferen Anschaffungs- und Unterhaltskosten. Es ist zu erwähnen, dass besseres Rollmaterial nicht zwingenderweise eine Reduktion des Energieverbrauches zur Folge hat. Ein besseres Angebot für Passagiere führt nämlich meist auch zu einer Erhöhung der Nachfrage, und daher der gefahrenen Personenkilometer.

Notes




Summary



5m 59s



- Entwicklung des Energieverbrauches und der Geschwindigkeit

		Maximale Geschwindigkeit	Indizierter Energieverbrauch
Serie 200 (1982)		240 km/h	100
Serie E2 (1997)		275 km/h	69
Serie E5 (2011)		320 km/h	67

Energiewende in der Schweiz

Gerade in Japan wurden in den letzten 30 Jahren beträchtliche Fortschritte bezüglich Geschwindigkeit und Energieverbrauch erreicht. Im Jahr 1982 hatte der Shinkansen eine Reisegeschwindigkeit von 240 km/h. 2011 erreicht er eine Reisegeschwindigkeit von 320 km/h, bei einem Verbrauch von nur noch 67 % gegenüber der Generation von 1982. Dieser reduzierte Verbrauch bei erhöhter Geschwindigkeit ist auf eine verbesserte Aerodynamik und auf einen effizienteren Antriebsstrang zurückzuführen.

Notes

Summary

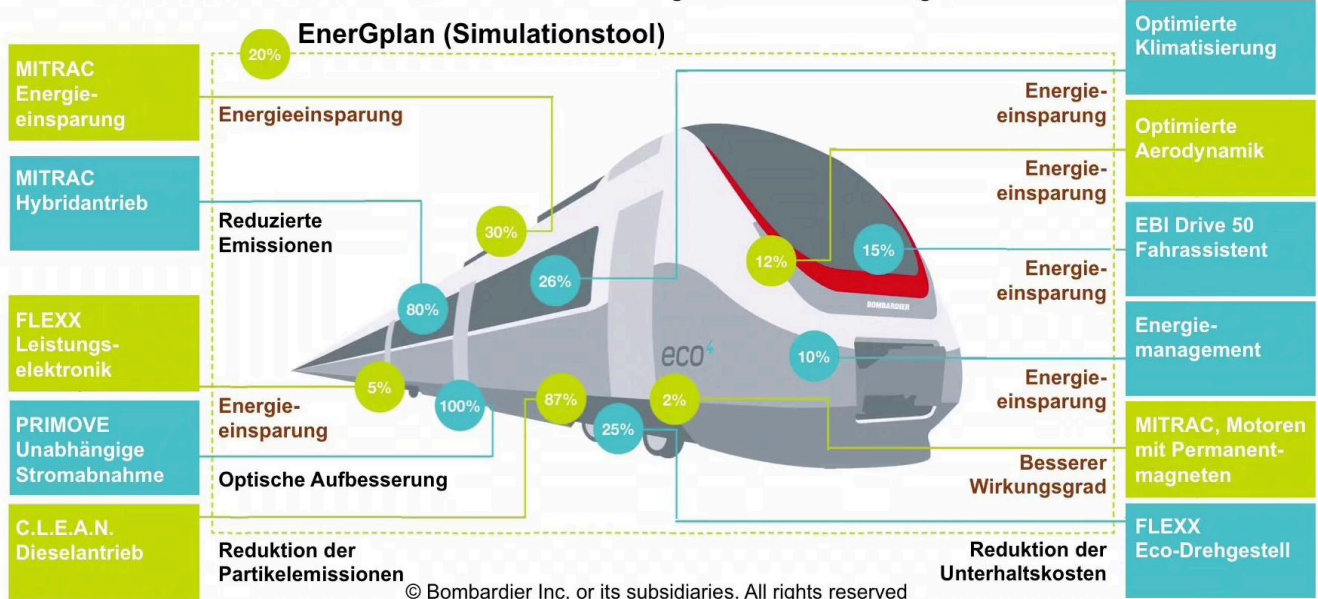


6m 46s



# Öffentlicher Schienenverkehr

- Ein Portfolio von innovativen Technologien und Lösungen



Eine Zugkomposition ist ein komplexes System, das etliche Sparten zur Optimierung des Energieverbrauches bietet, wie dieses Bild hier eines bekannten Herstellers zeigt. Ingenieure arbeiten nicht nur an der Aerodynamik und am Antrieb, sondern auch an der Regelung, am Energiemanagement im Allgemeinen, und der Klimatisierung, Lüftung und Heizung.

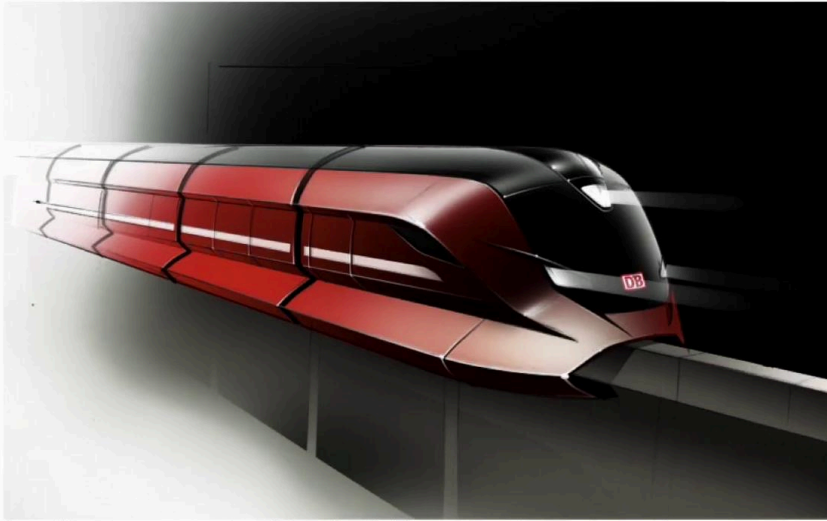
Notes

Summary



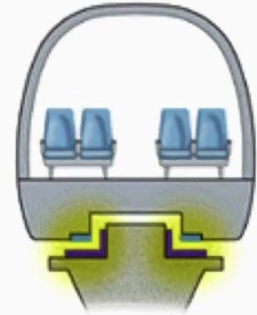


- Magnetschwebbahn: Schienenverkehr ohne Schienen?



[http://fc01.deviantart.net/fs37/f/2008/274/4/c/Deutsche\\_Bahn\\_Maglev\\_by\\_blueprint1981.jpg](http://fc01.deviantart.net/fs37/f/2008/274/4/c/Deutsche_Bahn_Maglev_by_blueprint1981.jpg)

An der Oberfläche...



Elektromagnetische Levitation  
verhindert die Reibung zwischen  
Rädern und Schienen

Energiewende in der Schweiz

Um die Reibungsverluste in Zukunft durch das Abrollen der Räder auf der Schiene, und die dabei entstehenden Partikel zu minimieren, testet man bereits heute die elektromagnetische Levitation. Sie erlaubt es durch eine geschickte Regelung der Magnetfelder jeglichen mechanischen Kontakt zwischen Zug und Schiene zu verhindern. Züge mit elektromagnetischer Levitation können auch sehr hohe Geschwindigkeiten erreichen.

Notes

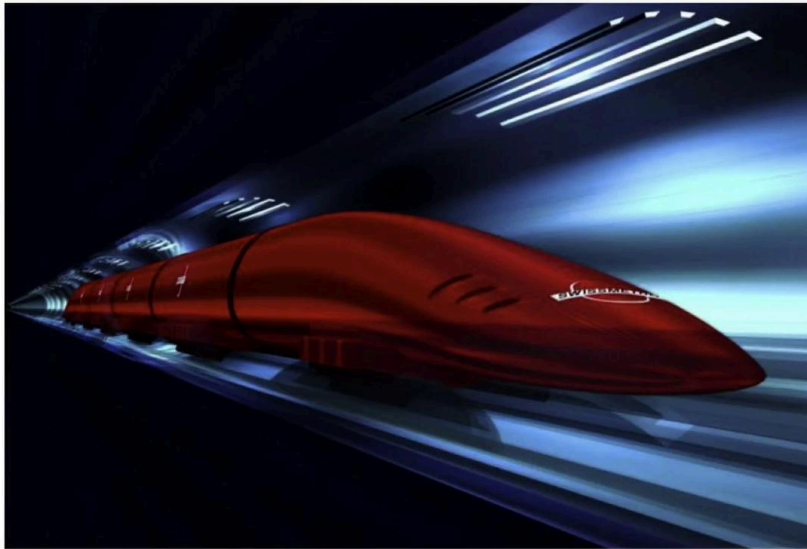
Summary



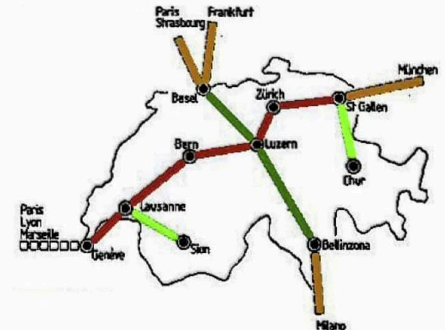
7m 49s



- Magnetschwebebahn: Schienenverkehr ohne Schienen?



... oder im Untergrund



Wurde das Swissmetro-Projekt  
voreilig eingestellt?

Energiewende in der Schweiz

Andere gut bekannte Konzepte in der Schweiz, wie hier der Swissmetro, bestehen darin den eigentlichen Zug mit sehr hoher Geschwindigkeit in Tunnels unter Boden fahren zu lassen. Durch das Teilvakuum im Tunnel werden die Reibungsverluste durch die Aerodynamik reduziert, und so weiter Energie eingespart. Natürlich stellen die dazu benötigte Infrastruktur, die es noch nicht gibt, Sicherheitsaspekte und psychologische Bedenken der Passagiere sehr große Hürden für solche Projekte dar.

Notes

Summary



8m 16s



# Öffentlicher Schienenverkehr (Metro)

- Lösungsansatz zur Minderung der Verstopfung des Stadtverkehrs



<http://www.rail-pictures.com/bild/Switzerland~Metro~Lausanne/9309/bessires-bridge-in-lausanne-a-m2-metro.html>

Erste automatische Metro der Schweiz wurde 2008 in Lausanne eingeweiht

Energiewende in der Schweiz

Für den Stadtbetrieb eröffnet die erfolgreiche Inbetriebnahme der vollautomatischen Metro M2 in Lausanne, im Jahr 2008, ganz neue Perspektiven für dicht besiedelte Ballungszentren in der Schweiz. Natürlich ist das Bauen von vollautomatischen Untergrundlinien sehr teuer, und es hängt sehr stark von den politischen Randbedingungen der jeweiligen Städte ab, ob noch weitere solche Systeme gebaut werden können.

Notes

Summary



8m 48s



# Öffentlicher Schienenverkehr (Tram)



Günstigere Lösung als eine Untergrundbahn, die allerdings zu Konflikten mit dem Strassenverkehr führen kann

Energiewende in der Schweiz

Trams sind wesentlich günstiger als Untergrundbahnen, da sie aber oft den engen Platz mit dem Straßenverkehr teilen müssen, führt diese Lösung öfters mal zu Konflikten, gerade in Stoßzeiten. Nichts desto trotz werden in Zukunft sicher weitere Tramlinien gebaut, gerade um dicht bebaute Außenquartiere besser mit Stadtzentren zu verbinden.

Notes

Summary



9m 16s



- Der A350 XWB (Extra wide body) als Antwort zum Boeing 787 besteht zur Hälfte aus Verbundwerkstoffen



<http://up2u.tv/wp-content/uploads/2014/12/a350xwb.png>

Flugzeuge weisen eine wesentlich bessere Ökobilanz auf als generell angenommen

Energiewende in der Schweiz

Bezüglich energetischen und ökologischen Aspekten hat das Flugzeug einen schlechten Ruf. Dessen Bilanz ist allerdings gar nicht so schlecht wie man glauben würde. Flugzeuge verbrauchen nämlich beim Starten und beim Landen am meisten Energie, und stoßen in diesen Phasen auch am meisten Schadstoffe und CO<sub>2</sub> aus. Fortschritte werden aktuell besonders, was die Materialien und Motoren betrifft, verzeichnet. So werden vermehrt Verbundstoffe eingesetzt, wie beim Boeing B787, oder beim Airbus A350, welche zu signifikanten Gewichtseinsparungen führen. Auch haben sie sicher schon beobachtet, dass die Motoren immer größer werden. Das ist auf ein erhöhtes Bypass-Verhältnis zurückzuführen, was deren Effizienz steigert.

Notes

Summary



9m 38s



# Kommerzieller Flugverkehr in Zukunft



[https://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/future\\_airplanes.html](https://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/future_airplanes.html)

- Ehrgeizige Ziele der NASA für 2030
  - Reduktionen der Lärmemissionen um 71 dB, der NOx-Emissionen um 75%, des Treibstoffverbrauch um 70%
  - Landen und Starten auf kürzeren Pisten
- Die Konsequenzen sind:
  - Reduzierte Reisegeschwindigkeit
  - Effizientere Motoren
  - Einsatz von leichteren Materialien
  - Kleinere Flugzeuge für direktere Routen, ohne Hubs anfliegen zu müssen

Energiewende in der Schweiz

Ein NASA Wettbewerb zur Frage, wie den Flugzeuge 2030 aussehen werden, mit dem Ziel den Treibstoffverbrauch, die Lärm- und Schadstoffemissionen zu reduzieren, hat mehrere interessante Konzepte an den Tag gelegt. Oben hier, sehen sie das Konzept, das durch das MIT ausgeheckt wurde, unten, das vom amerikanischen Hersteller Northrop Grumman. Um diese ehrgeizigen Ziele erreichen zu können, haben alle Konzepte gewisse Gemeinsamkeiten. Nämlich eine reduzierte Geschwindigkeit, Mach 0,7 anstatt wie heute 0,84. Den Einsatz von effizienteren Motoren mit erhöhtem Bypass-Verhältnis. Leichtere Materialien wie Verbundstoffe, und interessanterweise kleinere Flugzeuge, mit 130 bis 180 Sitzen, damit direktere Routen geflogen werden können, ohne dass zuerst ein großer Hub angeflogen werden muss. Große Schwellenländer wie Indien und China werden jedoch eher noch größere Flugzeuge, als der heutige A380 von Airbus benötigen, um das erhöhte Passagieraufkommen bewältigen zu können.

Notes

Summary



10m 26s



- Solarenergie als Antrieb für Flugzeuge?



[http://assets.kennislink.nl/upload/85926\\_962\\_1027697169872-a310\\_cryoplane3.jpg](http://assets.kennislink.nl/upload/85926_962_1027697169872-a310_cryoplane3.jpg)

Solarenergie könnte über Wasserstoff als Antrieb eingesetzt werden. Dabei würde der Wasserstoff am Boden durch Solarpanels generiert und in Tanks im Flugzeug mitgeführt

Energiewende in der Schweiz

Noch zur Erinnerung, im Swiss Energy Scope Rechner wird der größte Teil des Energieverbrauches durch den Flugverkehr nicht berücksichtigt, da nur der Kerosinverbrauch innerhalb der Schweiz beachtet wird. Natürlich wird mit Hochdruck nach Alternativen zum fossilen Kerosin geforscht. Erneuerbare Biotreibstoffe werden schon heute erfolgreich an Flugzeugen getestet, und könnten schon in naher Zukunft durch die Behörden freigegeben werden. Natürlich gibt es auch Konzepte, um solargetriebene Flugzeuge zu bauen. Ein tolles Beispiel ist sicherlich der Solar Impluse, der gerade in den Schlagzeilen ist. Eine Option wäre auch durch Elektrizität, aus Solarzellen am Boden Wasserstoff zu gewinnen, der als flüssiger Treibstoff getankt und im Flugzeug als Treibstoff eben mitgeführt werden könnte.

Notes

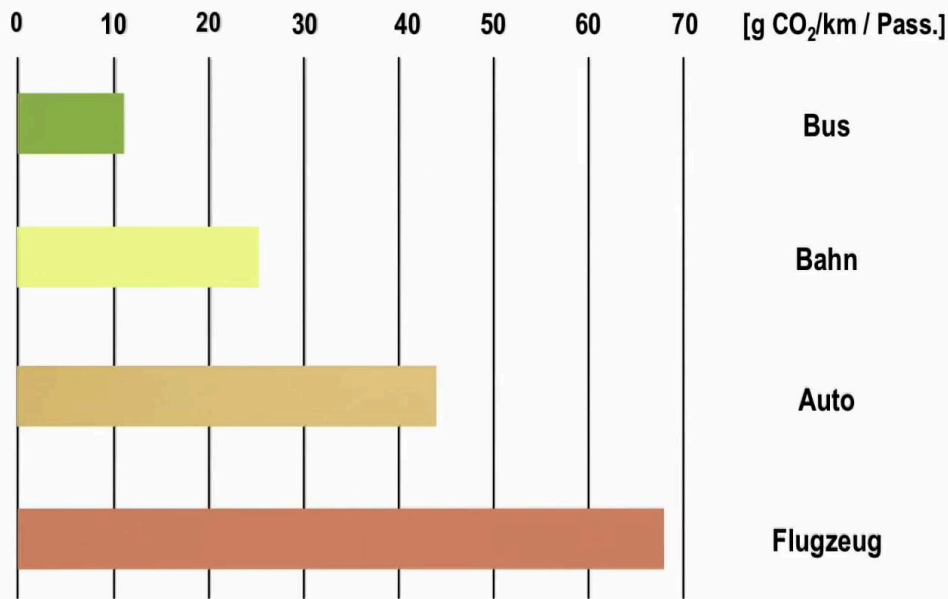
Summary

11m 36s





# CO<sub>2</sub>-Emissionen je nach Verkehrsmittel



Energiewende in der Schweiz

In Anbetracht der Vielfalt der verschiedenen Verkehrsformen, die heute eingesetzt werden, ist es sehr schwierig, sich einen Überblick zu verschaffen. Die Grafik hier versucht nun Reisebusse, Bahn, Auto und Flugzeuge bezüglich CO<sub>2</sub> Emissionen miteinander zu vergleichen. Reisebusse scheinen gefolgt von der Bahn die klaren Gewinner zu sein. Flugzeuge stoßen pro Passagier und Kilometer am meisten aus. Es ist aber auch das schnellste Verkehrsmittel, das es uns erlaubt, überhaupt, und in einer nützlichen Frist, von Kontinent zu Kontinent zu reisen.

Notes

Summary



12m 26s





- Der Bedarf an Mobilität nimmt stetig zu
- Alle Verkehrsformen werden daher in Anspruch genommen
- Die technologischen Fortschritte auf allen Verkehrsmitteln werden jedoch einen Anstieg des Verbrauches eindämmen
- In Zukunft sollten vermehrt synthetische Treibstoffe aus erneuerbaren Energieformern eingesetzt werden, die eine wesentlich bessere Ökobilanz aufweisen

Energiewende in der Schweiz

In dieser Lektion haben wir gesehen, dass die individuelle Mobilität in Zukunft weiter ansteigen wird, und dass dabei alle möglichen Verkehrsformen von dieser steigenden Nachfrage betroffen sein werden. Es ist davon auszugehen, dass technische Fortschritte die Effizienz der verschiedenen Verkehrsformen stark verbessern werden, und dass dies sowohl den Energieverbrauch pro Passagier und Kilometer, wie auch die Emissionen reduzieren werden. Im weiteren werden Biotreibstoffe, aus erneuerbaren Energiequellen, fossile Treibstoffe zukunftsnahe ablösen, und die Ökobilanz von öffentlichen Verkehrsmitteln stark aufbessern.

Notes

Summary



13m 05s