

# E-Mobilität – Klimaretter oder Klimakiller?



## Dr. Michael Huber VDI

1979 Diplom und Promotion an der LMU München in Physikalischer Chemie beim Nobelpreisträger Prof. G. Ertl

Themen: Untersuchungen von Autoabgaskatalysatoren und NH<sub>3</sub>-Katalyse an Eisenoberflächen



1985 bis 1996 Mitbegründung mehrerer Firmen, die seitdem u. a. beratend tätig waren für Firmen der Maschinenbau-, Glas-, Metall-, Kunststoff-, **Automobil- und Elektronikindustrie.**

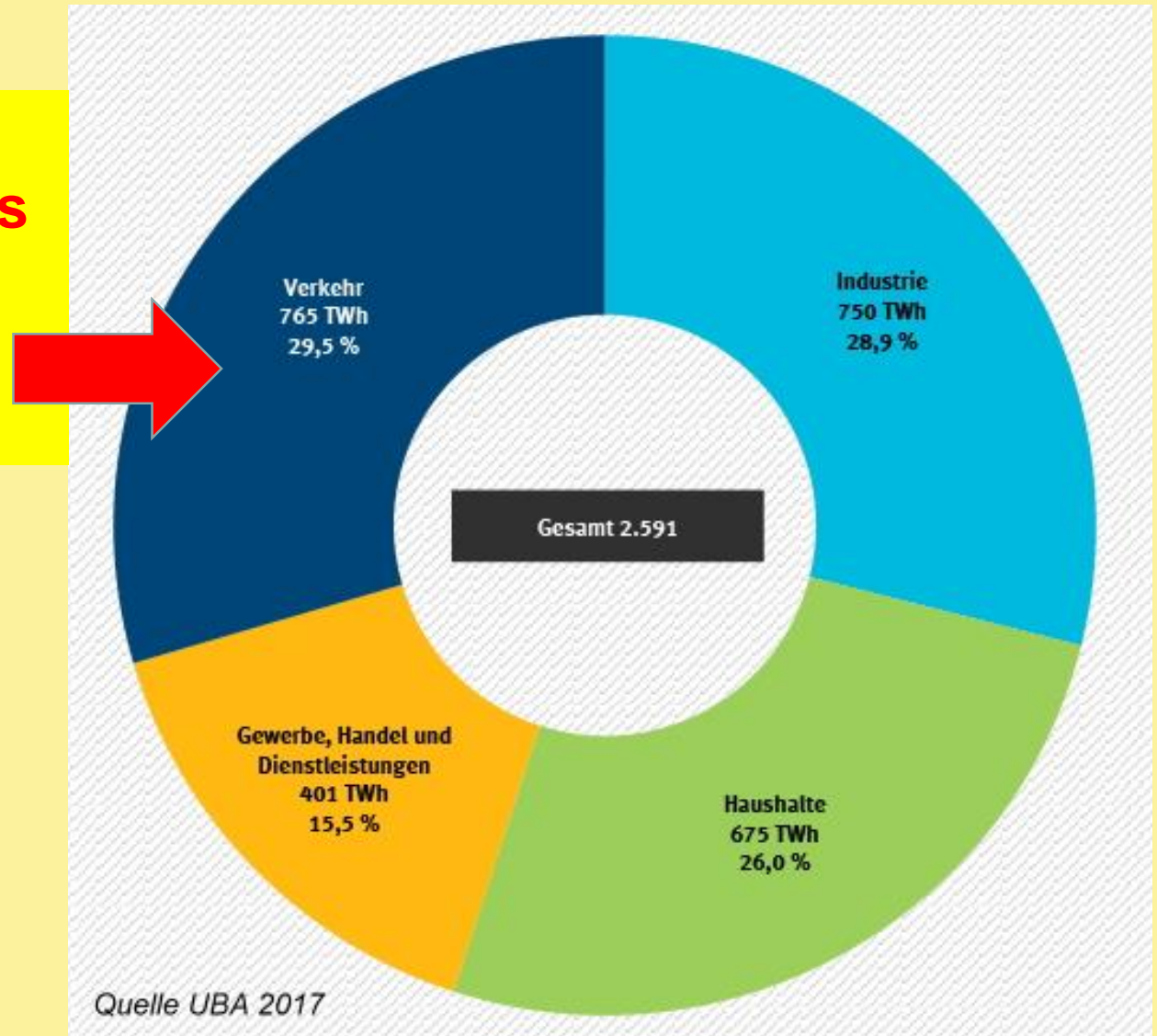
2005 größeres Projekt zu Energie- und Verkehrswende.

Ab 2007 Dozent für Neue Werkstoffe, Neue Technologien und Regenerative Energien

**Ich bin bezüglich dieses Vortrags keiner Firma und keinem Lobbyverband verpflichtet.**

# Was ist das Problem?

**30% des Gesamt-Energieverbrauchs in Deutschland entfällt auf den Verkehr!**



# Was ist das Problem?

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung:

***19 % der Treibhausgasemissionen  
in Deutschland stammen 2019  
aus dem Verkehr!***

# Was tun?

- Ersatz aller\* Verbrennungsmotoren in Fahrzeugen, durch E-Motor und Batterien oder Brennstoffzellen.  
(\*Das betrifft Motorräder, Pkws, Lkws, Busse, Züge)
- Ersatz 47 Mio. VM-Pkws durch ca. 10 Mio. E-Pkws
- Aufbau von öffentlichen(!), Non Profit Shuttle-Bussystemen und Leih-E-Pkw-Systemen auf dem Land
- Ausbau von Fußgänger und Fahrradwegen
- Extremer Ausbau des öffentlichen Nahverkehrssystems
- Verlagerung von ca. 90% des Güterverkehrs über ca. 150 km auf die Schiene
- **Konsequenter Einsatz aller dafür nötigen Technologien**

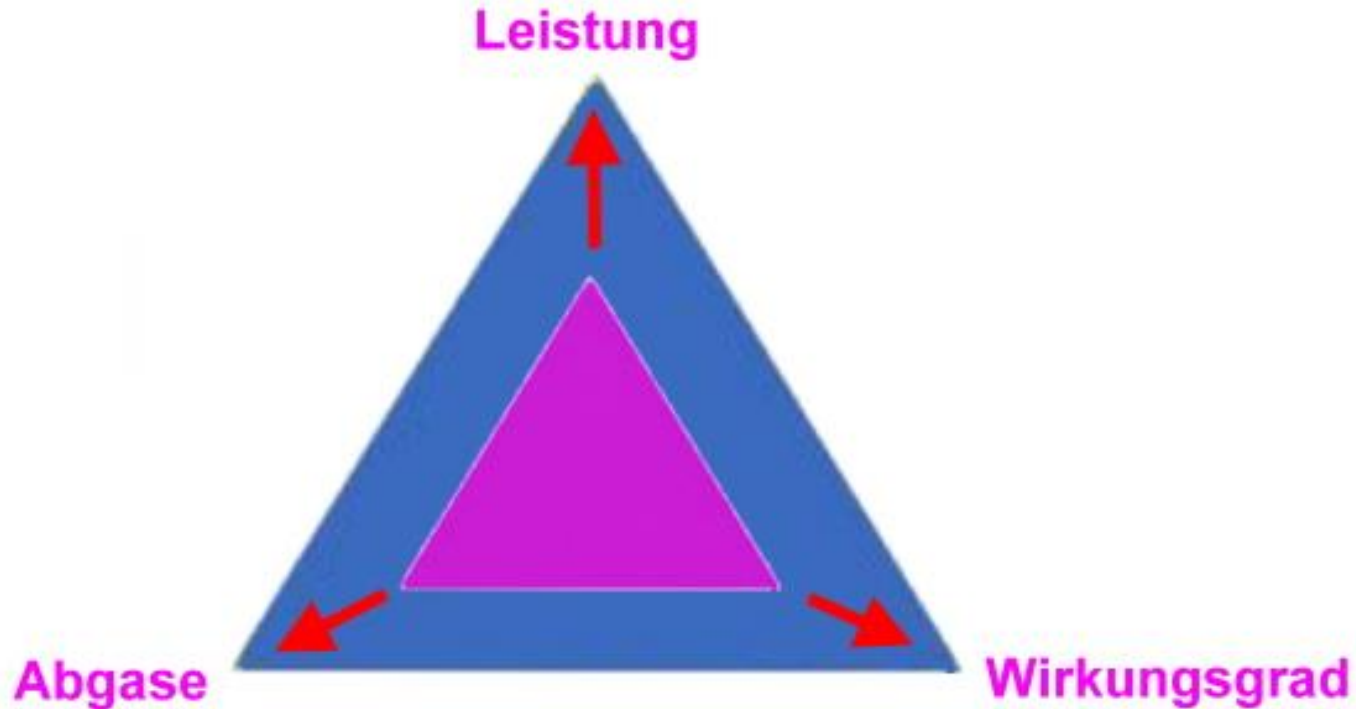
# Warum Umstellung auf E-Mobilität?

Bei Umstellung auf CO<sub>2</sub>-Null bis 2050:

- Steht als **einzig**e „Primärenergie“ nur noch regenerativer Strom aus Wind und Sonne zur Verfügung.
- Soweit wirtschaftlich und bzgl. Effizienz sinnvoll auch **regenerativ erzeugter Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>)**.
- Evtl. auch direkt aus fossilem Erdgas CO<sub>2</sub>-frei erzeugter Wasserstoff (*wirtschaftlich und energetisch derzeit fraglich*).
- Sehr unwahrscheinlich Wasserstoff aus Algen und andere „Biofuels“

# Warum ist der Verbrennungsmotor am Ende?

## Magisches Dreieck des Verbrennungsmotors



**Mit Leistung und Wirkungsgrad steigen auch die Abgase wie Stickoxid und Feinststaub**

# Warum ist der Verbrennungsmotor am Ende?

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Tiefemperaturpunkt

Hochtemperaturpunkt

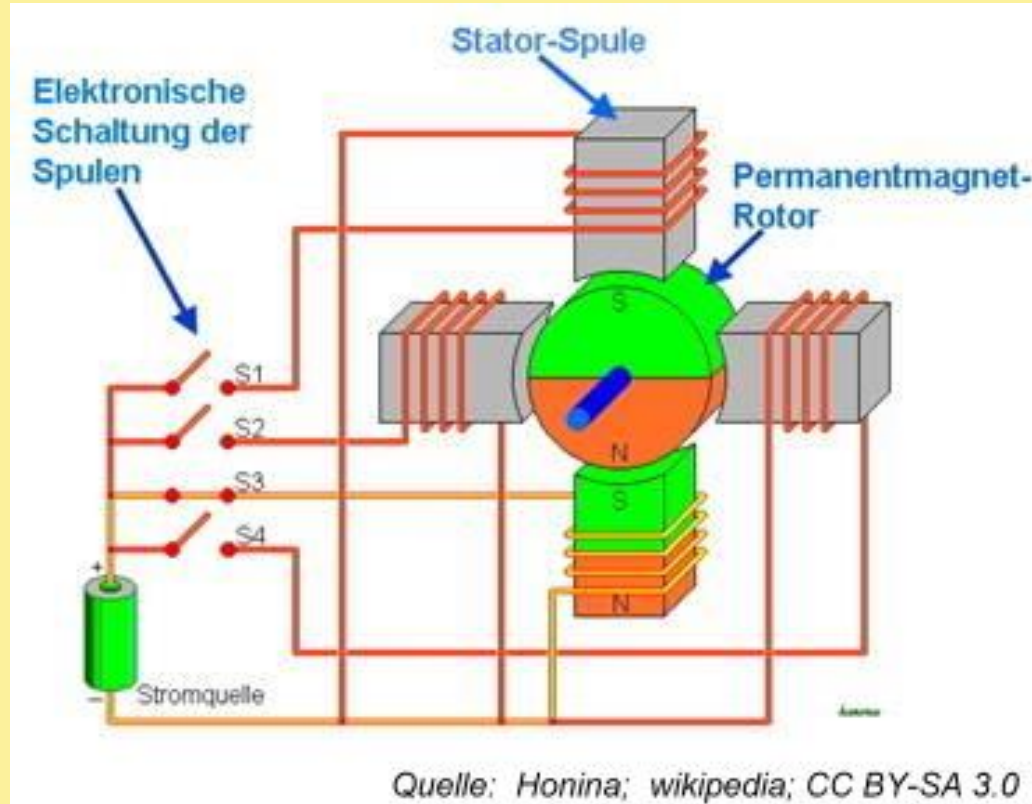
Temperaturhochpunkt lässt sich steigern, durch höhere Kompression, Aufladung und optimierte Kraftstoffeinspritzung.

- Mobile Diesel bis ca. 43% Wirkungsgrad.
- Stationäre Diesel (kleine Kraftwerken oder Schiffsdiesel) bis ca. 50%
- Aber mehr Abgase! (höhere Temperatur = mehr Stickoxid)
- Leistung und Wirkungsgrad senkende Abgasreinigung

**Vergleich: Elektromotor Wirkungsgrad gut 95%**



# Wie funktioniert der moderne Elektromotor ?



- Die Magnetfelder, der von einer elektronischen Steuerung nacheinander ein- und ausgeschalteten Spulen, ziehen den Rotor mit und versetzen ihn in Rotation.
- Die Drehzahl kann über die Schaltfrequenz der Elektronik beliebig hoch und runter gefahren werden.

# Braucht der Elektromotor seltene Erden?

Vorteil E-Motoren mit Permanentmagneten als Rotor:  
besonders klein, leicht und hoher Wirkungsgrad.

*Aber: E-Motoren mit Permanentmagnet-Rotor benötigen seltene Erden*

Zum Beispiel hohe Mengen an Neodym.  
Für dieses Element gibt es nur sehr geringe Ressourcen.

## Alternative Reluktanzmotor ohne seltene Erden!



Quelle: Danfoss;

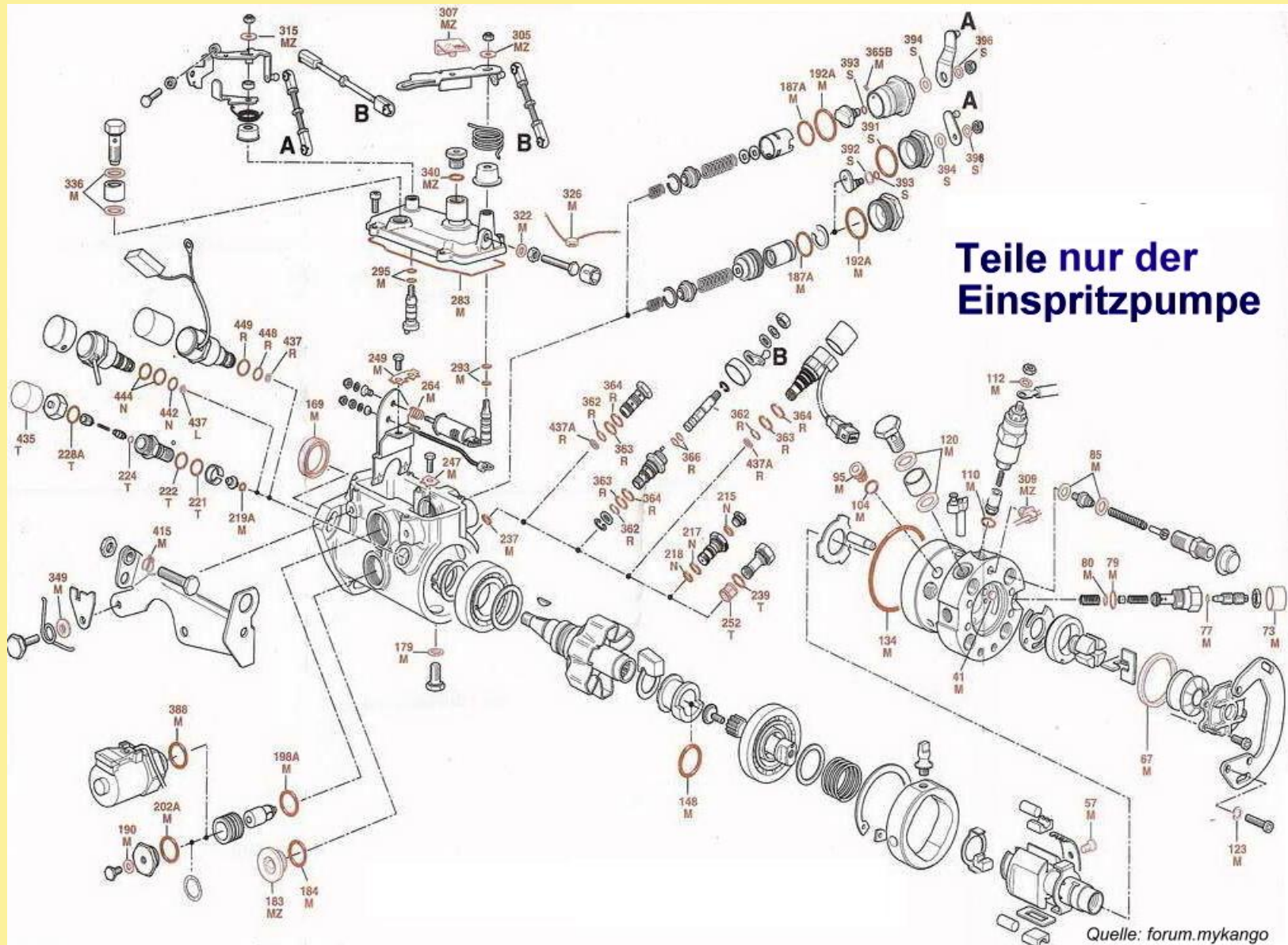
<https://www.danfoss.com/de-de/search/?query=Reluktanzmotor>

- Nutzt den magnetischen Widerstand von Eisen.
- Rotor ist aus reinem Eisen
- relativ billiges Material, mit praktisch unbegrenzten Ressourcen
- Reluktanzmotoren inzwischen preisgünstig
- TESLA verwendet nur noch Reluktanzmotoren

# Vorteile des Elektromotors

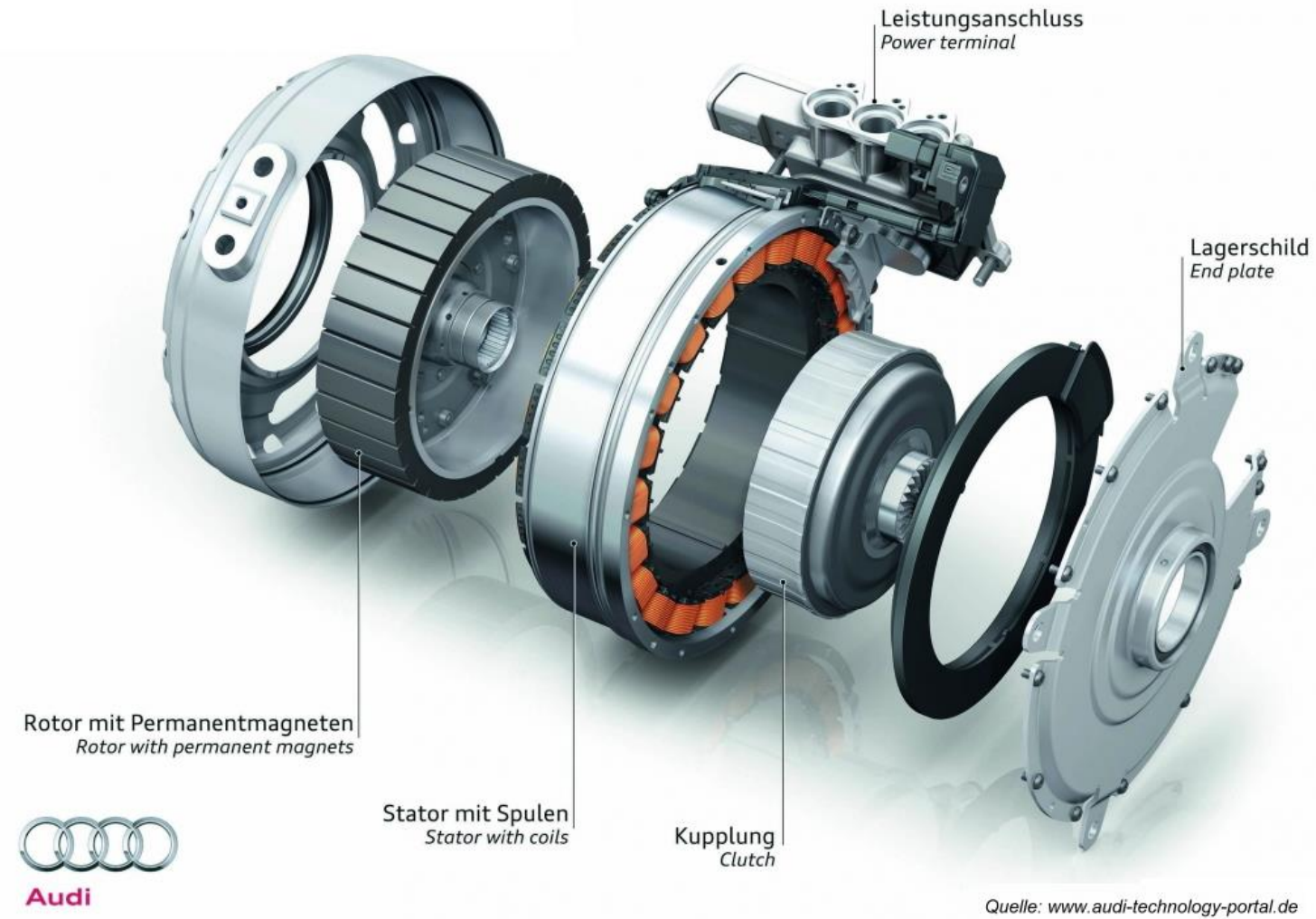
- **Extrem guter Wirkungsgrad moderner Elektromotoren**  
**90% bis 95%**, 2- 3mal besser als Verbrennungsmotoren (ca. 35% – 43%).
- **Geringere Masse und Volumen**  
Bei gleicher Leistung nur ca. **1/5 Masse** des VM nur ca. **1/10 bis 1/20 Volumen**
- **Besseres Drehmoment und Getriebe (fast) überflüssig**  
Ohne Schaltgetriebe volles Drehmoment bereits ab Drehzahl Null. Zur Optimierung des Wirkungsgrads evtl. nur einstufiges Getriebe. **Spart Volumen und Gewicht.**
- **E-Motor kann Energie zurückgewinnen (Rekuperation)**  
Der E-Motor kann **beim Bremsen als Generator** geschaltet werden. Bei vorausschauendem Fahren, keine Energievergeudung durch Bremsen vergeudet. Brems Scheibenverschleiß geht gegen Null (auch kein Brems-Feinstaub).
- **Kostengünstige Produktion durch wenig Teile**  
**E-Motor** besteht aus **ca. 150 Teilen**, **VM aus bis zu 1500 Teilen**.  
Das macht den E-Motor in Großserie auch deutlich **kostengünstiger**.

# Dieselmotor ca. 1500 Teile



# Elektromotor ca. 150 Teile

## Teile des gesamten Elektromotors



**Übrigens, weitgehend verschleißfrei**

# Beispiel Radnabenmotor



Quelle: Elaphe <http://in-wheel.com/>

## Radnaben-Elektromotor:

Leistung: 50 kW

Drehmoment: 700 Nm

Masse: 25 kg

Platzbedarf ca.: 10 l

## Dieselmotor:

Leistung: 50 kW

Drehmoment: 240 Nm

Masse: 170 kg\*

Platzbedarf ca.: 200 l\*

\* ohne Getriebe

Ideal wäre der Elektromotor als Radnabenmotor → **keine Nutzraum-Verschwendung**. Ein kleiner, in die Felge integrierten Motor Radnabenmotor, „hängt nicht mehr am Rad“ und beeinflusst das Fahrverhalten nicht mehr negativ.

## Vorteile:

- Relativ kostengünstige und einfache Konstruktion
- Radnabenmotoren können **als ESP** eingesetzt werden und sparen Bremsenergie.
- **Bei vier Radnabenmotoren** werden „**Unmögliche**“ **Fahrmanöver** möglich: Z. B. Wenden auf der Stelle, da die Motoren der verschiedenen Räder auch gegenläufig angesteuert werden können.

# Beispiel: Sportwagen mit Radnabenmotor



**Gewicht:** 815 kg  
**Maße:** 4,05 × 1,62 × 1,22 m  
**Batterie:** 21.9 kWh  
**Reichweite:** 300 km  
**Motoren:** 4 × 12.5 kW

**Geschwindigkeit max.:** 146 km/h

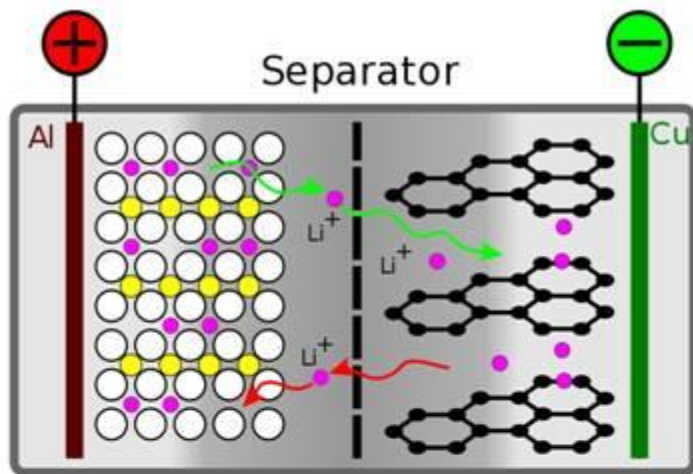
**Beschleunigung:** 9.6 sec / 100 km/h



**Luka EV  
der MW Motors CZ**

*Relativ leichte Fahrzeuge, wie dieser Prototyp, sind gut möglich.*

# Wie funktionieren Batterien für Elektroautos?



## Legende

- Kohlenstoff (Graphit)
- Metall (Cobalt)
- Lithium
- Sauerstoff
- nicht-wässrige Elektrolytlösung
- Ladevorgang
- ← Entladevorgang

Prinzip Lithium Carbon-Cobalt-Akku



Rundzelle von PANASONIC in den TESLA S und X Modellen

Quelle: Panasonic Pressebild; news.panasonic.com

## Grundprinzip:

Die elektrochemische Zelle besteht aus 2 Elektroden aus unterschiedlichen Metallen.

Das eine Metall gibt Elektronen „lieber“ ab, als das andere Metall.

**Lithium-Akku bei der Entladung:** Jedes Lithium-Atom gibt ein Elektron ab

**Lithium-Akku beim Aufladen:** Jedes Lithium-Ion nimmt ein Elektron auf.

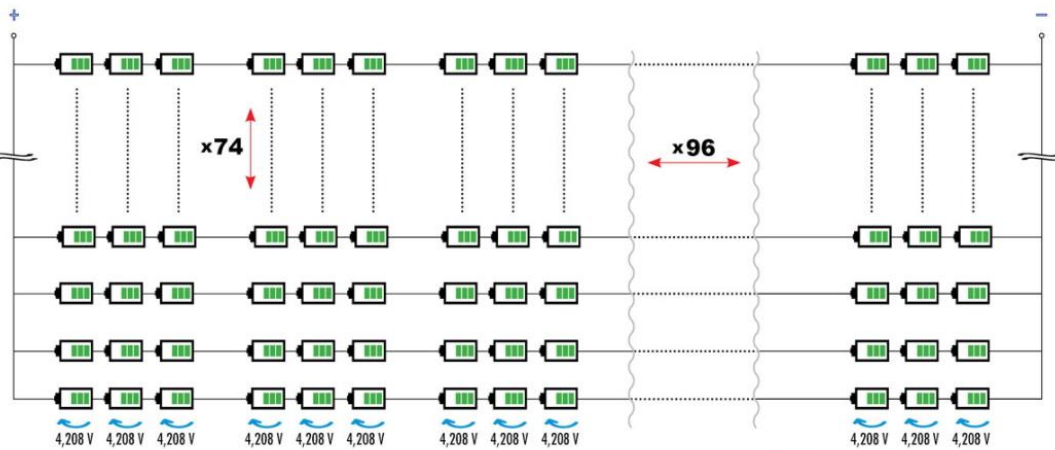


# Wie groß ist die Lebensdauer von Batterien?

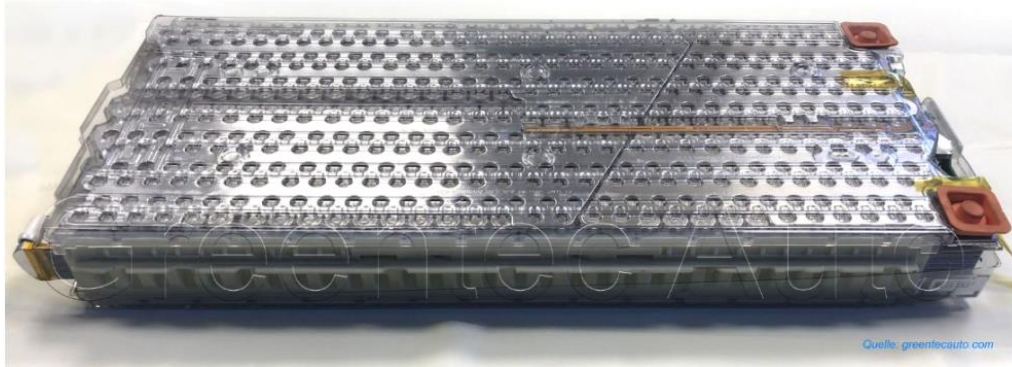
- Standardmäßig ca. 1000 bis 1500 Ladezyklen (= jeweils formal 100% Entladung und Aufladung)
- Volle Entladung und volle Aufladung senken die Lebensdauer
- Batterien altern (verfügbare Metallmenge nimmt ab), Kapazität sinkt
- Dendriten-Bildung führt zu Batterie-internem Kurzschluss
- Überhitzung beim Schnellladen oder Hochstrom-Entladen senkt Lebensdauer
- Spezielle Kontrollelektronik und spezieller Batteriepack-Aufbau kann das verhindern (→ TESLA).
- Bei Tests mit laufend ent- und aufgeladenen TESLA Batterie-Packs in Taxis hatten sie im Schnitt nach 200000 km immer noch ca. 90% der Kapazität.
- Tipp beim E-Pkw-Kauf auf Garantiebedingungen achten!

# Aufbau und Kontrolle des Batteriepacks ist entscheidend!

Aufbau TESLA Batterie-Pack



Quelle: [www.elektroautomobil.com](http://www.elektroautomobil.com)



Quelle: [greentecauto.com](http://greentecauto.com)

Viele E-Pkw-Hersteller verwenden Batterie-Packs aus **relativ wenigen, großen, flachen** Lithium-Zellen  
→ **störanfällig**

**Stattdessen:**

TESLA verwendet **extrem viele, kleine Notebook-Rundzellen**. Vorteil: Millionenfach erprobte Serienproduktion.

**Kühlflüssigkeit** durchströmt Batteriepack mit z. B. 8256 Rundzellen (um Rundzellen = natürliche Hohlräume).

**Elektronisches Kontrollsystem**, erfasst **separat jede einzelne Zelle** auf Strom, Spannung und Temperatur.  
→ **Tiefentladen, Überladen, Kurzschluss unmöglich.**

Defekte Zellen können einzeln abgeschaltet werden. → **Batteriepack funktioniert trotzdem weiter.**

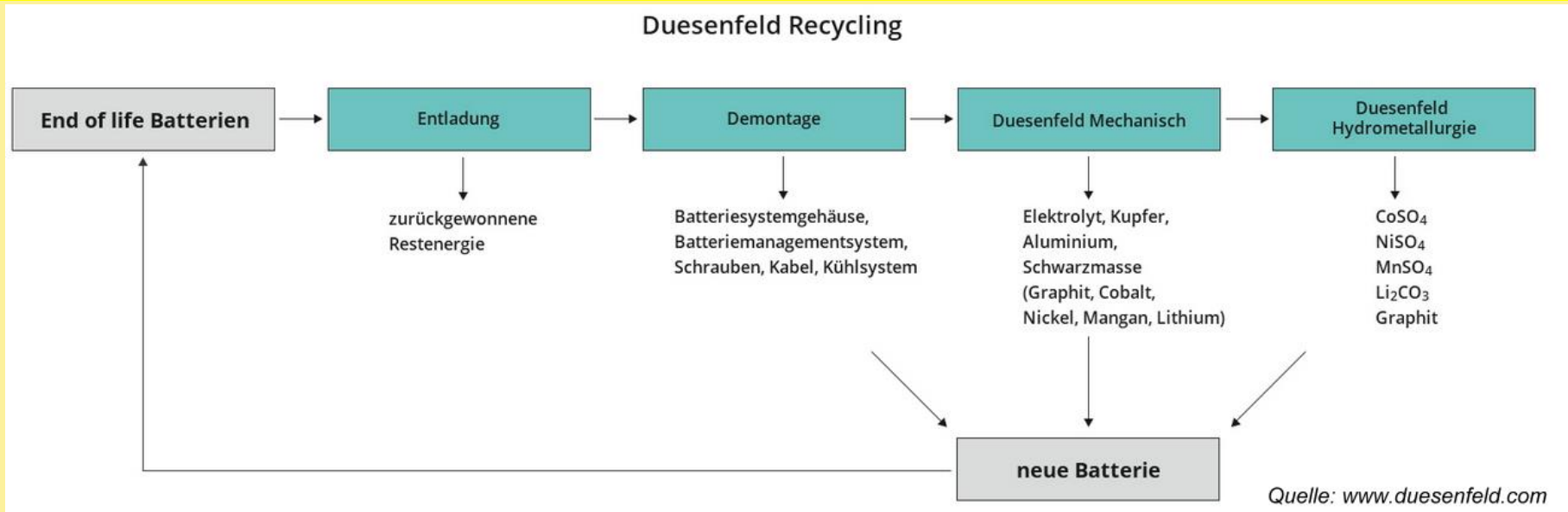
**Automatische Abregelung** bei längeren Fahrten über 200 km/h zur Schonung der Batterie.

# Sind Batterien in E-Mobilen gefährlich?

- E-Mobil-Batterien enthalten **brennbares Lithium Metall**, das sich bei Luft- und Wasserkontakt entzündet. (→ 2006 und 2017 explodierende Notebook- bzw. Smartphone-Akkus)
- Werden Lithiumzellen durch **Überlastung oder internen oder externen Kurzschluss** (Unfall) zu heiß, platzen sie und brennen unter Luftzufuhr explosionsartig weiter
- Bei Unfällen oder **Überlastung** mangelhafter bzw. **schlecht gesicherter Batterien** kann es zu Bränden kommen. (→ einige TESLA-Unfälle, Selbstentzündung von 2 E-Scootern der Post).
- Brände gibt es aber **auch regelmäßig bei VM-Mobilen** (Referent erlebte 3, davon 2 tödlich)
- Ähnlich wie Treibstoff-Löschung **Brandlöschung ohne Wasser!** Wasser führt bei Treibstoffbränden zur Brandausweitung, bei Lithium zur Brandverstärkung.
- E-Mobil-Batterien liefern **Spannungen bis zu 400 Volt**. Spannungen ab ca. 50 V bei DC und ca. 120 V bei AC sind lebensgefährlich. → Scheißhausparole: „E-Mobile töten Feuerwehrleute“
- Die **Spannungen der E-Mobile sind erdpotenzialfrei**, also nur gefährlich wenn sich beim Kontakt über eine Person der Stromkreis schließt. Das ist bei Rettung von Personen aus brennendem Mobil unwahrscheinlich und bei vorschriftsmäßiger Löschung unmöglich.  
(→ **Feuerwehrleute schulen!**)

# Gibt es genug Lithium für die geplante E-Mobilität?

*Nein, wenn bis CO2-Null in 2050 nur frisch gefördertes Lithium verwendet würde!*



## Aber, Lithium wird inzwischen recycelt:

Mit steigendem Altbatterie-Anfall steigt die Wirtschaftlichkeit! (→ Bleibatterien)

## Magnesium und Aluminium werden Lithium ersetzen

Möglich wäre Magnesium, aber günstiger ist Aluminium. Es hat riesige Reserven. (→ Getränkedosen). Aluminium ist schwerer als Lithium, doch Aluminium liefert 3 Elektronen bei Zellspannung 2,7 V, statt nur ein Elektron wie bei Lithium mit 3,7 V. Deshalb ist die Energiedichte mit bis zu 1 kWh/kg deutlich höher als die von Lithium - Akkus mit max. 400 Wh/kg.

# Lithium und Kobalt – Kinderarbeit und Umweltzerstörung?

- Lithium-Batterien enthalten **bis zu 10% Kobalt** (Co). Das macht Batterien teuer und schwer.
- Co kommt zu ca. 64% aus dem Kongo, wo die Erze (auch die Tantal-Erze für die Smartphones) z. T. in **Kinderarbeit und unter Lebensgefahr** abgebaut werden.
- Die Masse des Kobalts wird derzeit im Bau von **Flugzeug-, Gasturbinen und Verbrennungsmotoren** (z. B. Ventile, Katalysatoren, Auspuffkrümmer) verbraucht.
- Lithium wird vor allem in Chile und Bolivien gewonnen. Für einen **Lithium-Akku mit 64 kWh werden 3840 Liter Wasser** verbraucht, was die Lebensgrundlage der lokalen, bäuerlichen Bevölkerung zerstört.
- Ein 64 kWh Akku entspricht dem Wasserverbrauch bei der Produktion von **250 Gramm Rindfleisch, zehn Avocados, 30 Tassen Kaffee oder einer halben Jeans**.

*Mörderische Ausbeutung und Umweltzerstörung ausgerechnet der E-Mobilität anzurechnen ist ein typisches Beispiel für die FakeNews der „Verbrenner-Mafia“ und die selektive Wahrnehmung vieler „Natur- und Menschenschützer“.*

# Li und Co – menschen- und umweltfreundliche Alternativen

**Kobalt ist verzichtbar:** TESLA ist auch bei der Einsparung von Kobalt der Vorreiter und hat in den aktuellen Batterien den Kobaltgehalt auf unter 2,8% gesenkt. Prototypen mit Nullprozent Kobalt sind in Erprobung.

**Lithium kann Wasser und Energie sparend gewonnen werden:** Die Lösung ist eine einfache, man müsste nur das Brauchwasser bei der Lithiumgewinnung im Kreislauf führen und dazu Wind- und Sonnenstrom verwenden. Darüber hinaus könnte zusätzliches Trink- und Brauchwasser für die Bevölkerung durch Einsatz von der regenerativen Energien gewonnen werden.

(→ Wasser und Energieeinsparung bei den Glaswerken von SCHOTT in den 1980-ern).

*Abhilfe: Verbot der Einfuhr aller nicht fair und umweltfreundlich produzierten Rohstoffe und Produkte!*

Wurde übrigens von Gerd Müller (CSU), Bundesminister für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung vorgeschlagen und geflissentlich „überhört“.

**Problem:** die Ausbeutung der Menschen und die Zerstörung der Umwelt wird vor Ort nicht von den großen Konzernen besorgt, sondern von Subunternehmen.

# Verbrauchen Batterien bei der Produktion mehr Energie als sie einsparen helfen?

*Auch das ist ein Problem der selektiven Wahrnehmung*

- **Treibstoff auf Erdölbasis:** Für Förderung, Transport, Raffination des Rohöls, Lagerung und Transport des Treibstoffs **wird zweimal soviel Energie verbraucht**, wie im Tank steckt. Und dann hat der Verbrennungsmotor auch noch nur 40% Wirkungsgrad! Daran lässt sich technisch nichts ändern.
- **Batterien:** Technisch gesehen sind Batterien Welten besser. Denn sowohl die Rohstoffe als auch die Batterien selbst **können problemlos mit regenerativen Energien produziert werden**. (TESLA macht das bei den Batterien bereits).
- Dabei gibt es weder ein Treibhausgasproblem noch ein Ressourcenproblem (die Sonnenenergie reicht noch für 5 Mrd. Jahre).

*Bei Wahl der Technologie muss man die jeweils optimale Lösung in der einen Technologie gegen die optimale Lösung der anderen Technologie vergleichen!*

# Alternative: Wasserstoff, E-Methan, BtL-Fuels, E-Fuels?



## Diesel aus Regenerativem Strom, Wasser und CO2

### Audi e-diesel-Anlage Laufenburg

#### 1. Erneuerbarer Strom

Gewinnung regenerativer Energie aus Wasserkraft.

#### 2. Elektrolyse

Eine Elektrolyse spaltet Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. Der Sauerstoff wird an die Umgebungsluft abgegeben.

#### 3. Konvertierung

In einem zweistufigen Prozess entstehen aus CO<sub>2</sub> und Wasserstoff Kohlenwasserstoffketten.

#### Chemische Synthese

Der Wasserstoff wird im ersten Schritt zusammen mit dem CO<sub>2</sub> im Reverse-Watergas-Shift-Reaktor in Synthesegas umgewandelt. Daraus werden im Fischer-Tropsch-Reaktor Kohlenwasserstoffketten aufgebaut.

#### Infrastrukturkompatibilität

e-diesel ist kompatibel mit der bestehenden Infrastruktur sowie Motorentechnologie und ersetzt fossilen Kraftstoff.

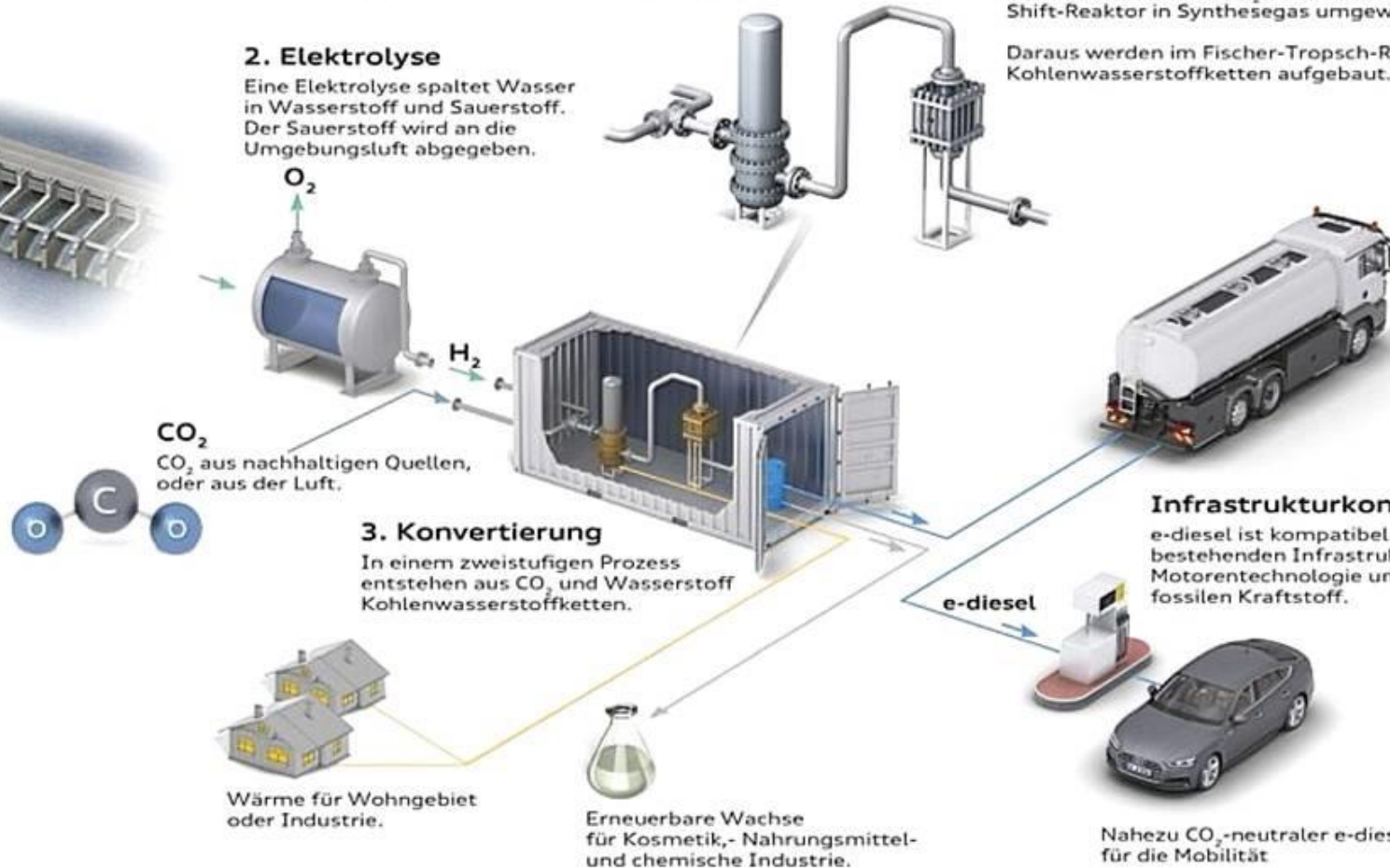


Abbildung: AUDI



# Alternative: Wasserstoff, E-Methan, BtL-Fuels, E-Fuels?

## Treibstoff aus Raps, Mais und Zuckerrohr sind unsozial und nicht klimaneutral

- Durch die **Düngung setzen sie mehr Treibhausgas frei**, als sie einsparen
- Durch die **Rodung tropischer Wälder** wird der Treibhauseffekt verstärkt
- Durch **Pestizide und Düngung** wird das Trinkwasser verunreinigt
- Anbau geht **auf Kosten von Lebensmitteln!**

## Biotreibstoffe aus „Abfällen“ wie Stroh sind schädlich oder illusorisch

- **Stroh ist kein Abfall**, es gehört zurück aufs Feld (Humus Abbau NDS 0,25 bis 5,0 kg/m<sup>2</sup>a)
- Sonstige organische Abfälle **z. T. sinnvoll aber viel zu wenig!**

## Power-to-Liquid, E-Fuel und Wasserstoff sind energetisch ineffizient

- **Batterie-Fahrzeug:** Von der Ökostromerzeugung über Verteilung, Laden der Batterie und Entladung **nur 10% bis 20% Verlust**. E-Motor hat 90% Wirkungsgrad.
- **Synthetischer Sprit: 80% bis 90% Verlust.** V-Motor hat nur ca. 40% Wirkungsgrad.
- **Wasserstoff mit Brennstoffzelle: 65% bis 75% Verlust.** E-Motor hat 90% Wirkungsgrad.
- **Wasserstoff mit V-Motor: 65% bis 75% Verlust.** V-Motor hat nur ca. 40% Wirkungsgrad. .  
Zusätzlich Stickoxide (→ aufwändiger Katalysator) .

# Alternative Treibstoffe sind nur eingeschränkt sinnvoll!

## Synthetischer Treibstoff aus regenerativem Strom

→ *Sinnvoll für große Flugzeuge*

## Regenerativer Wasserstoff mit Verbrennungsmaschine:

- *Sinnvoll für große Flugzeuge*
- *Brückentechnologie für Schwerlast-Lkw-Verkehr*
- *Brückentechnologie für Busverkehr auf Langstrecke*
- *Brückentechnologie für Schifffahrt*

## Regenerativer Wasserstoff mit Brennstoffzelle

- *Brückentechnologie für Zugverkehr*
- *Busverkehr auf Langstrecke (soweit noch nötig)*
- *Schwerlast Lkw-Verkehr (soweit noch nötig)*
- *Sinnvoll für kleine und mittelgroße Flugzeuge*
- *Sinnvoll für Schifffahrt*

*Berücksichtigt ist, dass sich der parallele Aufbau von mehreren flächendeckenden(!) Versorgungsnetzen bzw. „Tankstellen“ für Strom, Wasserstoff und E-Fuel nicht lohnt!*

# Züge mit Wasserstoff und Brennstoffzellen, gute Übergangslösung



Es gibt bereits mehrere Linien in Deutschland (u. a. Niedersachsen) und es wird weiter ausgebaut

# **Betrachten wir nun die verschiedenen Verkehrs-Sektoren!**

## **Güterverkehr**

- Straße
- Schiene
- Wasser
- Luft

## **Individualverkehr**

- Pkw oder ÖPNV
- Auf dem Land
- Metroregionen
- Innerstädtisch

# CO2 Ausstoß verschiedener Güterverkehrsträger!

Vergleich Ausstoß von Treibhausgasen im Güterverkehr



**Hochsee-Containerschiffe** liegen mit ca. 15 g/tkm beim Strommix 2017 besser als die Schiene, beim Strommix 2019 etwa gleichauf.

Mit zunehmendem Regenerativem Stromanteil wird die Schiene sogar am Besten liegen.

# Güterverkehr: Alternative Schiene?

## Hohe Trassengebühren und trotzdem leere Taschen

- **Schienenmaut:** Die Bahn zahlt z. B. je nach Strecke und Zug Typ zwischen 2,92 und 9,97 Euro pro Trassenkilometer, im Jahr 2017 insgesamt ca. 5 Mrd. Euro. Die DB NETZ soll damit ihr **Schienennetz warten, reparieren und ausbauen**.
- **Linke Tasche – Rechte Tasche:** Die DB-Töchter DB FERNVERKEHR und DB REGIO sind dabei Kunden der eigenen Tochter DB NETZ.
- **D. h. zu wenig Geld für alle Töchter:** Die Fernverkehrs- und die Regio-Tochter haben chronisch zu wenig Geld ihre Züge zu warten, zu modernisieren und genug Lokomotivführer einzustellen. Die Netztochter hat zu wenig Geld das Schienennetz zu modernisieren und auszubauen.
- **Stattdessen Dumpingpreise des Straßengüterverkehrs:** Die Wirtschaft profitiert, den Schaden haben Klima, Umwelt und die mit Abgas und Lärm belasteten Bürger. Inzwischen sind in Deutschland zu ca. 40% unterbezahlte Lkw-Fahrer aus Ost- und Südosteuropa unterwegs.

# Güterverkehr: Hoch subventionierter Straßenverkehr

## Ein Lkw nutzt die Straße bis zu 40000-mal stärker ab als ein Mittelklasse Pkw

Nach der „Vierten Potenz der Achslast Formel“ wird seit den 50-ern die Tragfähigkeit von Straßen berechnet. Doch statt 7,5 t Lkw sind heute 40t Lkw unterwegs. (→ alle Straßen sind unterdimensioniert → **überall Schäden**, in heißen Sommern klappen Betonplatten hoch, die neugebaute Ostseeautobahn A20 bricht ein, frisch asphaltierte Straßen schlagen Wellen usw.)

## 90 % aller über 12 Jahre alten Autobahnbrücken sind sanierungsbedürftig

Sie wurden mit billigem Spannbeton gebaut. Der Schwerlastverkehr verursacht Risse, Feuchtigkeit dringt ein, der Monierstahl rostet und der Beton platzt von innen auf. Z. B. wurde die 1972 zur Olympiade in München aus Spannbeton errichtete Donnersbergerbrücke bereits zweimal neu gebaut. → **Übrigens, Stahlbrücken wären haltbarer, sind aber teurer.**

## Fiktive Berechnung der Lkw-Maut, führt zu Subvention des Lkw-Güterverkehrs

Offiziell werden die Mautgebühren so berechnet, dass sie durch die Lkws verursachten Kosten abdecken. Die aktuelle Wegekostenberechnung ergibt ca. 16 Mrd. Euro pro Jahr. Pro Jahr werden aber nur 7 Mrd. Euro Maut eingenommen. Allein für z. B. die Brückensanierung müssten 5,5 Mrd. Euro pro Jahr zusätzlich(!) zu den Wartungskosten ausgegeben werden.

*Grob geschätzt müsste die Lkw-Maut verdreifacht werden, um nur die vom Güterverkehr verursachten Straßen-Kosten auszugleichen. Von den Kosten für Klima, Umwelt und Gesundheit ganz zu schweigen.*

# Abbau statt Ausbau – Schienenverkehr wird nicht gefördert!

*Für Klima und Umwelt wäre es am Besten, wenn zumindest im Fernverkehr der Güterverkehr zu gut 90% auf die Schiene verlegt würde.*

**Privatisierung statt Förderung:** Statt die Bahn als staatlich zu regulierende und zu fördernde Infrastruktureinrichtung zu begreifen, begann der Abbau der Bahn bei gleichzeitiger Förderung des Straßenverkehrs massiv in den 1980-er Jahren und wurde mit der Privatisierung 1994 der Bahn beschleunigt fortgeführt.

**Seit über 30 Jahren Abbau des Streckennetzes:** 1994 bis 2018 von 44.600 km auf 38.500 km. Die Schweizer Schienenwege wuchsen im selben Zeitraum um 10,6 %, in Italien um 4,9 % und in Spanien um 3,5 %.

**Nur 60% Elektrifizierung des Schienennetzes in Deutschland,** Schweiz 100%; Belgien 86 %, Niederlande 76% Österreich 72%.

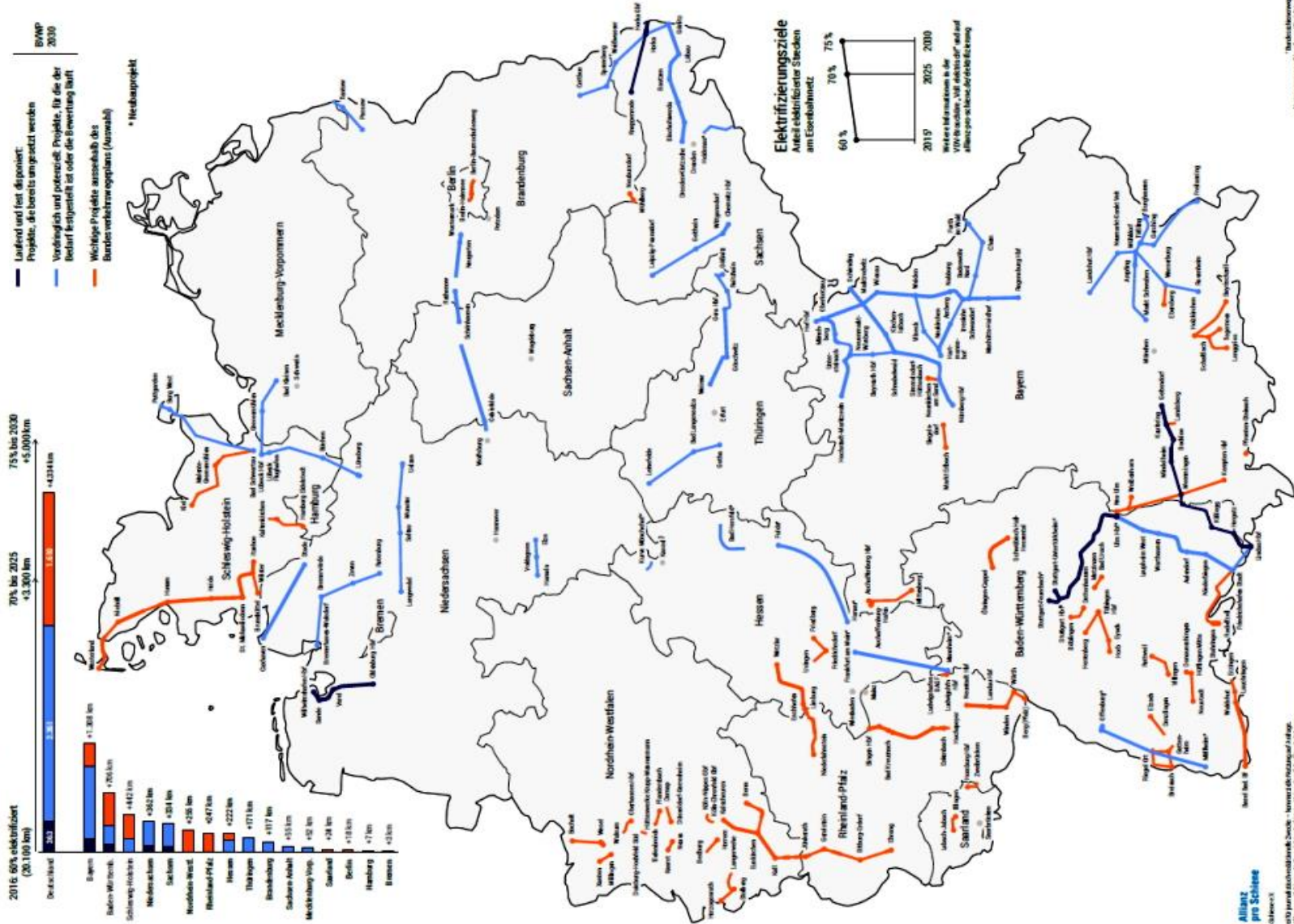
**Hinten bei den staatlichen Pro-Kopf-Investitionen in den Schienenverkehr:** Deutschland 77 Euro, Niederlande 135 Euro, Österreich 218 Euro, Schweiz 365 Euro.

**Erklärung → Schweiz hat keine Automobilindustrie!**



# Elektrifizierung der Bahn auf 75% bis 2030

## Schneller elektrifizieren: Empfehlungen für ein Beschleunigungsprogramm Elektromobilität Schiene 2025



Kein Plan der Regierung, sondern Forderung der Allianz pro Schiene



© 2020 Allianz pro Schiene e.V. | www.allianz-pro-schiene.de | 0430 108 108 108

# Güterverkehr: Schiene weiter im Abbau

- **Bis in die 1970-er flächendeckend Güterbahnhöfe:** Orte mit Bahnanschluss und mehr als ca. 3000 Einwohnern hatten Güterbahnhof mit Güterschuppen, Extragleisen, Überholgleisen, Rangiergleisen und Laderampen.
  - **Lieferung via Bahn und lokalem Spediteur ins Haus:** Schüttgut oder sperriges Stückgut wurde per Bahn geliefert und lokale Spediteure lieferten ins Haus.
  - **Aktuell forciertes Abbau von Güterbahnhöfen, Ladegleisen, Weichen etc.** 2016 gab bei ca. 7100 Bahnhöfen in Deutschland **nur noch 1500 Güterbahnhöfe**, davon sollten weitere 500 bis 2020 stillgelegt werden.
  - **Bis 1970 Schienenanschluss für alle größeren Firmen und Industriegebiete:** Heute liegen Industrie-, Gewerbe- und Logistikzentren in der Prarie an der Autobahn.
- Just- In- Time: Die „Lager“ liegen in Schiffscontainern und in den Lkws auf der Autobahn (oder im „Altencelle-Stau“). Was das heißt, zeigt die Corona-Krise*
- **Keine Unterstützung der Firmen:** Nur wenige Firmen schaffen es – größtenteils auf eigene Kosten – ihre Schienenanschlüsse zu modernisieren oder neu einzurichten.

# Güterverkehr auf der Schiene: Was getan werden müsste

## Wiederaufbau eines nationalen Schienennetzes für Güter

- Neue Überholgleise
- Neue Extrastrecken
- Neue Firmenanschlüsse

## Internationaler Anschluss: Ausbau der Zulaufstrecken zu Gotthard und Brenner

Gotthardtunnel ist pünktlich und ohne Mehrkosten **seit 2016** fertig. Der vertraglich zugesagte Ausbau der Bahnstrecken entlang des Rheins, ist 2019 **nur auf Teilstrecken begonnen**, für Anbindung der Seehäfen in den Niederlanden **noch keine Planung**. Österreich und Italien stellen den Brenner-Tunnel bis 2028 fertig. **Seit 2009 müsste die Bahn Zulaufstrecken in Bayern bauen. Bis heute keine gültige Planung.** Die „grenzdebilen“ CSU Verkehrsminister von Ramsauer über Dobrindt bis Scheuer, bezeichnen die Österreicher als „Erpresser“

## Alternative Straßen-Schiene Systeme endlich nutzen

- **Anfang der 1990-er** Jahren führt TALBOT ein Kombinationssystem vor, bei dem Container ohne Kräne oder Laderampen zwischen Lkws und Eisenbahnwaggons verladen werden.
- **Ende der 1990-er** entwickelte THYSSEN-KRUPP ein „Container im Container Konzept“ (wie im Internet die Datenpakete) für kombinierten Schiene-Straßenverkehr.
- Die Politik fördert stattdessen den Straßenverkehr
- **Aktuell:** Das CargoBeamer-System, ein Verladungssystem für den kombinierten Güterverkehr mit speziellen Waggons und einem separaten Gleisstück wartet auf Einsatz.

**→ Es geht im Güterschienenverkehr nichts voran!**

# Politische Unterstützung der Bahn: Nur heiße Luft

- **Offizielles Ziel von Bahn und Regierung: Verdoppelung der Fahrgastzahl bis 2030**, zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses. **Vom Güterverkehr ist keine Rede!**
- **Getakteter Fahrplan bis 2030:** In der Fläche 60 min, auf Hauptstrecken alle 30 min mit Anschluss, auch an Nahverkehr. Niederlande haben das seit 1970, die Schweiz seit 1982.
- **Zunächst 56 Mrd. staatliche Zuschüsse in 10 Jahren:** Das reicht nicht mal für die Sanierung des bestehenden Schienennetzes, wie Erneuerung der defekten Gleiskörper und Brücken so wie Modernisierung der Weichen. Dafür wären 100 Mrd. nötig.

**Für Erweiterung des Gleissystems und des Fuhrparks sind insgesamt min. 150 Mrd. nötig.**

- **Dann soll es angeblich 86 Mrd. geben:** Mehrmals wurde - u. a. im „Klimapaket“ - mit je 10 Mrd. nachgebessert. Angeblich sind im Haushaltsplan bislang **nur 51 Mrd. eingestellt.**
- **Dann angeblich 156 Mrd.:** Im Umfeld des „Klimapakets“ war plötzlich davon die Rede. Auf die Frage woher das zusätzliche Geld komme, erklärte Scheuer: „Aus dem Erlös der Bahn durch zusätzliche Fahrgäste“
- **Milchmädchenrechnungen oder Volksverarschung des „Kleinen Doktors“ Scheuer:** 2019 steigerte die Bahn die Fahrgastzahlen um 2%. Dies wurde aber nur durch Preisaktionen erreicht. Der Netto-Gewinn der Bahn sank deshalb um 60% auf ca. 220 Mio.
- **Bahn investiert im Ausland und in Nicht-Schienen-Verkehr:** Die Töchter DB Schenker und DB Arriva sind in 130 Ländern aktiv. Schenker **vor allem im Straßen-, Luft- und Seetransport.**
- **Bahn total überschuldet:** Die Schulden der Bahn sind 2019 auf 25 Mrd. gestiegen. Ein guter Teil der staatlichen Subventionen wird – wie meist bisher – nicht voll für Sanierung und Ausbau sondern zur Bedienung der Schulden verwendet werden.

# E-Lkw im Fernverkehr – eher eine Schnapsidee

- **E-Lkw eher zu wenig Reichweite:** In Relation **Nutzlast zu Batteriemasse**, **Reichweite und Kosten** sind E-Lkw für den Schwerlast Fernverkehr wenig geeignet.
- **Elektro-Lkws mit durchgehenden Autobahn-Oberleitungen** sind nur technisch gesehen eine Lösung. Fraglich ist auch, ob alternativ eine **partielle Oberleitungsstruktur zum Zwischenladen der Lkws** wirtschaftlich sinnvoll ist.
- **Wirtschaftlich und ökologisch sinnvoller** wäre wie gesagt der **Ausbau des existierenden Oberleitungssystems der Bahn** und Verlagerung des Straßenverkehrs weitgehend auf die Schiene.

*Der restliche Schwerlastverkehr  
auf der Straße sollte auf  
Wasserstoff umgestellt werden.*

# Schifffahrt

## Treibhausgase, Stickoxide, Schwefeldioxyde, Feinstaub, Schwermetalle

- **Globale Handelsschifffahrt:** ca. 90% der Güter über See  
→ 2 % der weltweiten Treibhausgase → bis 2050 ca. 15 %.
- **Bislang mit Schweröl:** Abgase enthalten ohne Katalysatoren und Filter, Schwefel, Schwermetalle, Stickoxide, Ruß, Feinstäube (→ Cuxhaven). **Ab Anfang 2020 Beschränkung bzgl. Schwefel.** → **Wie schnell und weitgehend wird das umgesetzt?**
- **Binnenschifffahrt:** 5,2 Prozent des Gesamtausstoßes von NOX, 0,4% bei SO2  
Tendenz stark steigend.

*Abhilfe: Umstellung mittelfristig auf LNG (flüssiges Erdgas), langfristig auf regenerativen Wasserstoff!*

## Kreuzschifffahrten – Nobel geht die Welt zugrunde

Abgase Kreuzfahrtschiff im Vergleich zu einem Pkw pro Tag: 476 t CO2 (= ca. 84000 Pkws)  
7,5 t SO2 (= ca. 380000 Pkws), 5,25 t NOX (= ca. 420000 Pkws), 0,45 t Feinstaub  
(= ca. 1 Mio. Pkws). → **Keine gesetzlichen Einschränkungen!**

**Unterbezahltes Personal:** Aus Thailand, Philippinen, Bangladesch verdient nur ca. 400 Euro im Monat für eine 7 Tage Woche zu 14 h.

*Abhilfe, zusätzlich bei Kreuzfahrten: Deutliche Erhöhung der Anlegegebühren sowie gesetzlich vorgeschriebene Anpassung der Löhne aller Mitarbeiter!*

# Güterverkehr über Schiene statt mit Schiffen



- Bei Einsatz optimaler Technik ist durchgehender(!) **Schienenverkehr** nicht nur **schneller** als Schiffsverkehr, sondern auch **energieeffizienter und billiger**.
- Bis 2007 gab die EU **lächerliche 4 Mrd.** für das **Projekt TRACECA**, das Mittelasien und China besser anbinden sollte.
- Das Nachfolge-Projekt **Trans-Eurasia-Express**, verbindet China, Mittelasien mit Frankreich, Deutschland und Niederlanden. Das wird genutzt aber die **Transportzeiten sind noch zu lang**.
- Inzwischen baut **China mit 900 Mrd.** eine **Neue Seidenstraße**, ein kombiniertes Schiff-Schiene-System über 117 Staaten auf. China wird wg. „Weltherrschaftsanspruch“ kritisiert. Das Handelsblatt kommentierte die Kritik mit: **„Chinas Neue Seidenstraße: Das Versagen des Westens“**.

# Flugverkehr größtenteils spottbillige Treibhausgasproduktion

## Frachtflüge und Geschäftsflüge weitgehend verzichtbar

- **Frachtflüge sind notwendig:** Manche(!) Ersatzteile, kleine Wertgegenstände, Dringende Medikamente\*, Notfallversorgung bei Katastrophen, anders nicht transportierbare Großteile.  
(\*Herstellung gängiger Medikamente allüberall wäre besser → Corona!)
- **Frachtflüge sind verzichtbar für: Lebensmittel\*, Elektronikgeräte** etc. (\*statt Spargel in Peru für den Export anzubauen, Anbau von Lebensmitteln für die Bevölkerung vor Ort!).
- **Geschäftsflüge:** Sind innerdeutsch und z. T. innereuropäisch **durch Zugverbindungen ersetzbar**. International können sie durch **Videokonferenzen** stark eingeschränkt werden.

## Flugtouristik stark einschränkbar

- **Bedingt in Ordnung:** In einer globalen Welt möchte man auch einige(!) entfernte Länder und Kulturen kennen lernen. Und im Zeitalter der Globalisierung, sind Familien und Freunde oft weltweit verstreut. Jedem Bürger sind deshalb **einige(!) Fernflüge in seinem Leben** zu zubilligen.
- **Das kann zum Beispiel weg:** Komasaufen auf Mallorca, Raven auf Ibiza, Shoppen in London, Billigficken in Thailand oder Pinguin Belästigen in der Antarktis, ist verzichtbar!

## Anzahl der Flughäfen und Subventionen reduzieren

- **34 staatlich subventionierte, öffentliche Flughäfen in Deutschland:** Jeder Provinzfürst braucht einen eigenen Flughafen. Für den unbedingt nötigen Geschäftsverkehr könnte man die Kunden auch mit Hubschrauber vom nächsten Großflughafen abholen.
- **Abhilfe: Extreme Subventionskürzung**, d. h. u .a. **auf 5 Flughäfen zusammen streichen**. Nicht 17,50 Euro **Flugsteuer, sondern 20% und mindestens 100 Euro** auf jeden Flug.



# Konzept für Güterverkehr der Zukunft

- Ausbau des Schienennetzes
- Modernisierung der Verkehrssteuerung
- Modernisierung des Fuhrparks
- Ferntransport für 90% der Güter nur noch per Bahn



- Regionale oder besser noch lokale Verteilung per E-Lkw oder E-Lieferwagen.

# Umstellung auf E-Lkw - Die Schweiz macht's vor

- **Initiative von 30 Unternehmen:** u. a. die großen Supermarktketten COOP und MIGROS sowie 19 Logistik-Firmen.
- **Zeitplan bis 2025:** Der innerschweizerische Schwerverkehr soll **bis 2025 auf Brennstoffzellen Lkws mit E-Wasserstoff** umgestellt werden.
- **Begünstigt durch:** **Extrem teure Schwerverkehrs-Maut:** 40 t Lkw zahlt **auf allen Straßen** ca. 105 Euro / 100km (Deutschland 18,70 /100 km) und **hoher Dieselpreis** CH ca. 1,60 Euro / l, D ca. 1,27 Euro / l (vor Corona).
- **Flächendeckendes Lkw H2-Tankstellennetz:** Wird **bis 2021** aufgebaut



**Start 2021:** Mit Fuel-Cell-Lkws von **Hyundai**.

*Angefragte deutsche Hersteller waren noch nicht lieferfähig.*

# Ersetzt Elektrischer Individualverkehr fossilen Individualverkehr ?

**Um 900 Menschen  
zu transportieren,  
braucht es im  
Berufsverkehr**



**47 Mio. VM-Pkws können nicht  
47 Mio. E-Pkws ersetzen!**

- **Verkehrschaos:** Schon jetzt sind Städte, Autobahnen und Bundesstraßen überfüllt.
- Dazu käme ein **unnötiger Verbrauch an Strom und anderen Ressourcen.**

**Schon wegen begrenzter  
Rohstoffressourcen und  
um Strom zu sparen,  
muss der Individualverkehr  
weitgehend durch  
öffentlichen Verkehr  
abgedeckt werden!**

**692  
Autos**

**9  
Gelenk-  
busse**

**2  
CityBahnen in  
Doppeltraktion**



# Zu Fuß gehen oder Fahrradfahren?

- **Fußwege ausbauen und sichern:** Innerorts und für kürzere Strecken ist das zu Fuß gehen eine gute Alternative. Allerdings ist dazu eine **gute Fußweg-Infrastruktur** unerlässlich. Hier müssten viele Orte (auch auf dem Land!) nachbessern.
- **Fahrradwege ausbauen und sichern:** Der Anteil des Fahrradverkehrs in D liegt zwischen ca. 7.5% in Stuttgart und ca. 44% in Greifswald (→ **Abkehr von „autogerechter“ Innenstadt**).
- **Fahrrad ist keine generelle Lösung für Großstädte:** Fahrrad Musterstädte wie Kopenhagen schaffen nur 40% und in der ehemaligen Fahrradstadt **Peking** sind heute **70% mit U-Bahn oder Bus** unterwegs (**2011 noch 42%**).

Fahrradfahren in Kopenhagen



Quelle: heb@Wikimedia Commons; CC BY-SA 3.0

*Zu Fuß gehen und  
Fahrradfahren kann  
nur als Ergänzung  
zu effizienten öffentlichen  
Verkehrsmitteln  
funktionieren.*

# Ausbau und Umrüstung des ÖPNV !

## Verkehrschaos am Beispiel Großraum München mit 3 Mio. Einwohnern:

- Der MVV wird werktäglich von ca. 2,5 Mio. genutzt. Jährlich hat er ca. **750 Mio. Nutzer**, ausgelegt ist er für ca. 220 Mio. Nutzer.  
→ **Ständige Verspätungen und ausfallende Fahrten.**
- Das Streckennetz von U-Bahn und S-Bahn ist sternförmig angelegt.  
→ **In der Luftlinie kurze Fahrten dauern mit dem ÖPNV extrem lang.**
- Folge der Überlastung und Langsamkeit  
→ **Der ÖPNV ist keine wirklich nutzbare Alternative, 600000 Personen pendeln täglich mit dem Pkw zur Arbeit.**  
→ **Verbesserungen würden die nächsten 10 Jahre ca. 20 Mrd. kosten, inklusive CO<sub>2</sub>- Null bis 2050 ca. 50 Mrd.**

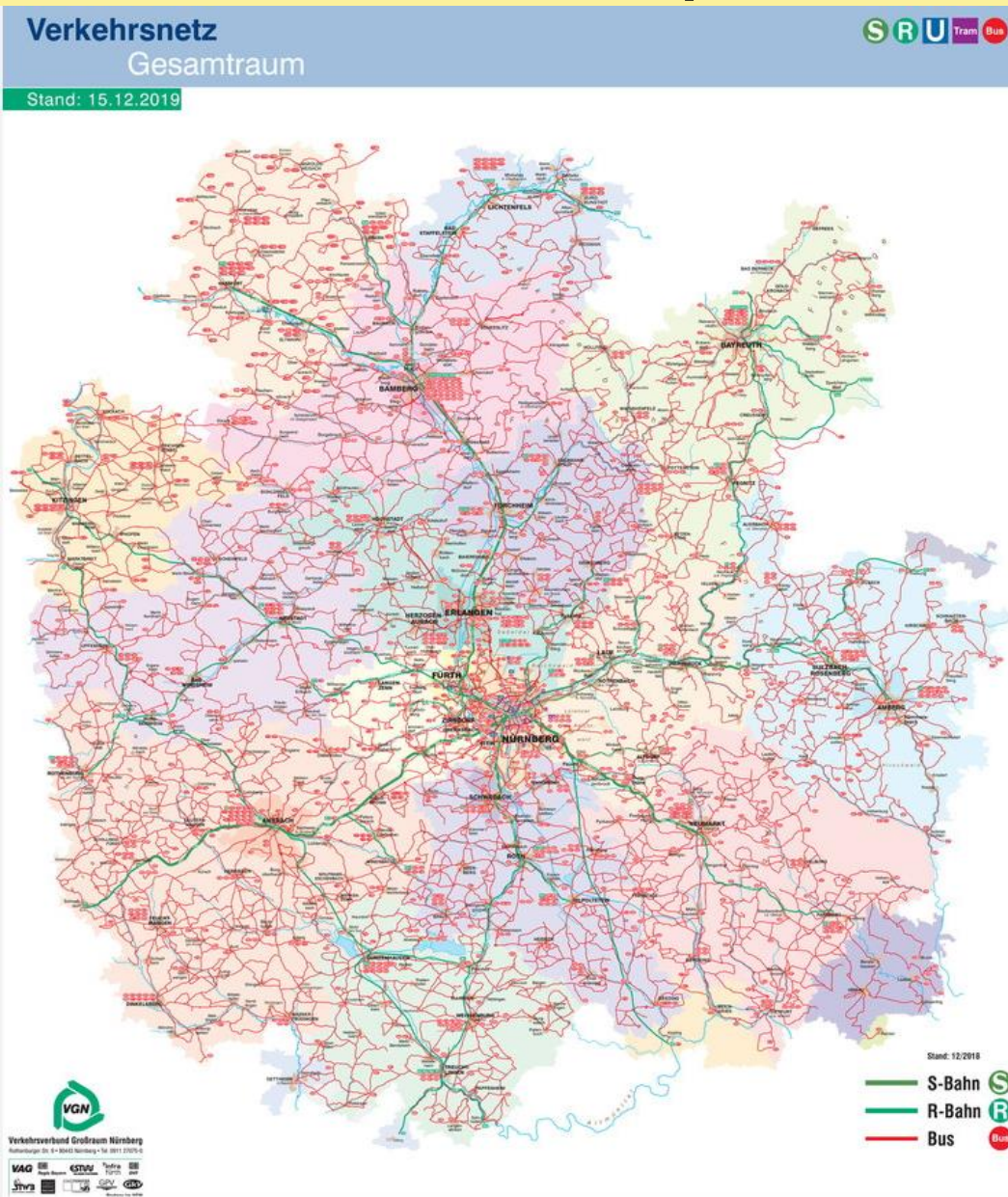
## Gutes Beispiel schnelle Express-Buslinien – die Leute lassen ihr Auto stehen

Um die Probleme des sternförmigen Streckennetzes teilweise zu kompensieren, wurden im MVV einige tangentielle Expressbuslinien eingeführt. Wegen geringer Nutzung sollten sie anfangs wieder eingestellt werden.

Stattdessen **wurden die Zeiträume von Frühmorgens bis in die Nacht erweitert und die Taktzeiten verkürzt.** Jetzt werden sie von 3 Mio. zusätzlichen Fahrgästen benutzt und werden weiter ausgebaut.

**→ Nur ein wirklich nutzbares Angebot schafft die Nachfrage!**

# Gutes Beispiel Metro Region Nürnberg



Der Verkehrsverbund Großraum Nürnberg VGN hat fast 200 km Durchmesser und bietet ein **einheitliches, kostengünstiges Tarifsystem für alle Verkehrsmittel** wie U-Bahn, Trambahn, S-Bahn, und Regionalzüge.

*Wäre das nicht ein Vorbild für den Großraum Hannover von Lüneburg bis Göttingen, von Minden bis Wolfsburg?*

# E-Mobilität durch Ausbau und Reaktivierung von Trambahnlinien

## Rückbesinnung auf die Trambahn

In Frankreich, wurden in mehr als **20 Städten komplett neue Straßenbahnsysteme** aufgebaut. In München, Freiburg, Ulm, Mainz, Bochum, Nürnberg und Mannheim wurde das **Streckennetz ausgebaut oder stillgelegte Strecken reaktiviert**.

## Gegen das Verkehrschaos in den Innenstädten

Einschränkung des Pkw-Verkehrs, als Alternative schnell getakteter Trambahnverkehr. Bewirkt durch **extrem wenige und teure Parkplätze** (wie z. B. Wien und Prag) oder **separate Trambahngleise** (wie partiell z. B. in Karlsruhe oder München).

## Technische Integration in das Gesamt-Verkehrssystem

Technisch angepasste Trambahnen werden als Zweibahn- bzw. Universalbahn-System eingesetzt.

**Beispiel Schweiz:** In Genf als **Trambahn** startend entlang des Genfer Sees teils als **Zug** auf den Gleisen der SBB teils als Trambahn im Val d'Illeiez **als Zahnradbahn ohne Umsteigen** bis vor die Talstation der Ski-Anlage.

**Beispiel Karlsruhe:** Die „Stadtbahn fährt als Zweibahnssystem auch auf DB-Gleisen **ohne Umsteigen** bis in den Schwarzwald.

# E-Mobilität: Separate Busspuren und Umrüstung auf E-Bus

- **Separate, für Busse reservierte Spuren** drosseln den Pkw-Verkehr, machen Busse schnell und pünktlich und **animieren zum Umsteigen**.
- **E-Busse senken die Emissionen von den CO<sub>2</sub>, Stickoxiden und Feinstaub.**

Elektrobus Solaris Urbino 18



Abbildung: Solaris

Antriebsachse mit Radnabenmotoren  
2 x 125 kW und 2 x 11000Nm

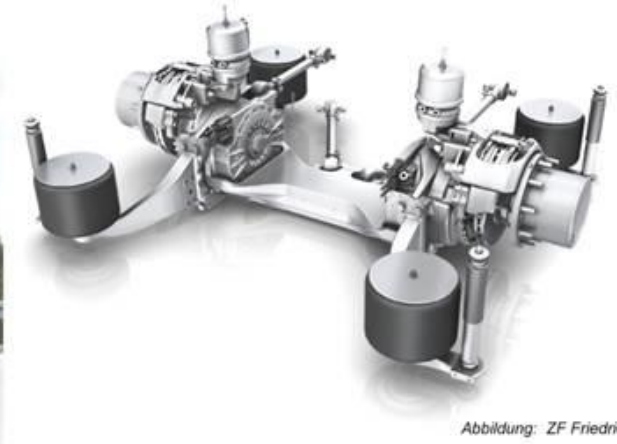


Abbildung: ZF Friedrichshafen

**Deutsche Hersteller hinken hinterher:** Seit 2010 produziert die chinesische Firma BYD E-Busse und hat bis Ende 2019 **weltweit ca. 60000** ausgeliefert. Die Polnische Firma Solaris liefert seit 2016 E-Busse und Hybrid-Busse und in **2020 ca. 500 reine E-Busse** aus. Daimler Benz liefert **Ende 2019 erstmals 56 E-Busse** aus, MAN **Ende 2020 erstmals 17 E-Busse**. Übrigens, das Antriebssystem von Solaris stammt vom deutschen Zulieferer ZF Friedrichshafen.

**Gutes Beispiel, Hannover stellt zügig auf E-Busse um:** Zunächst begann die ÜSTRA ab 2016 mit Solaris Bussen. Mit 18 E-Gelenkbussen (18 m) und 30 E-Standardbussen (12 m) von Daimler Benz soll **bis 2023 der Innenstadtverkehr komplett elektrisch** werden.



# Keine städtische Alternative: UBER, Ride-Sharing und Co

- **Alle elektrischen Verkehrsmittel**, die CO2-Emissionen, Stickoxide und Feinstäube ersparen **erscheinen prinzipiell sinnvoll**.
- **Über APP rufbare Privatfahrer E-Taxis:**
  - schaffen nur prekäre Arbeitsplätze
  - verstopfen die Straßen (siehe Ride Sharing).
- **Über APP rufbares Ride Sharing:** „Ständig kreisende“ E-Vans ohne feste Route und Fahrplan bringen die Fahrgäste von Punkt zu Punkt. („konsequentes MOIA“)
  - klingt genial, aber ..
  - schafft privatwirtschaftlich prekäre Arbeitsplätze und **ist für viele Nutzer zu teuer**
  - verstopft die Straßen
  - **schädigt effizientere Verkehrsmittel** wie Trambahn, U-Bahn und Bus.

*Die Verkehrsreferentin von San Francisco:*

*>>Wir bereuen Ride Sharing erlaubt zu haben und können nur allen Städten davon abraten. Die jungen Leute nutzen keine öffentlichen Verkehrsmittel mehr und gehen keinen Meter mehr zu Fuß. Und die Straßen sind verstopfter denn je.<<*

# Zur Ergänzung bedingt geeignet : Autonome E-Vans und E-Busse

**Kleine autonome ÖPNV E-Busse** verbinden sinnvollerweise als Shuttle-Systeme die Terminals verschiedener öffentlicher Verkehrsmittel mit Parkplätzen oder auch miteinander. Wird in vielen Städten und Gemeinden meist erfolgreich getestet.



- **Funktioniert nur im Schritttempo sehr gut** in autofreien Kur-Zonen, wenig und belebten Fußgänger-Zonen u. ä.
- Funktioniert mit 15 km/h – 20 km/h **nur auf reservierten Separat-Spuren.**

# Auf dem Land: E-Car Sharing und Ride-Sharing sinnvoll

Ein flächendeckender, dicht getakteter ÖPNV ist auf dem flachen Land nicht organisierbar und bezahlbar. Hier gilt

**Für Pendler gezielter Ausbau des Busverkehrs:** u.a. Haltestellen an den Arbeitsstätten

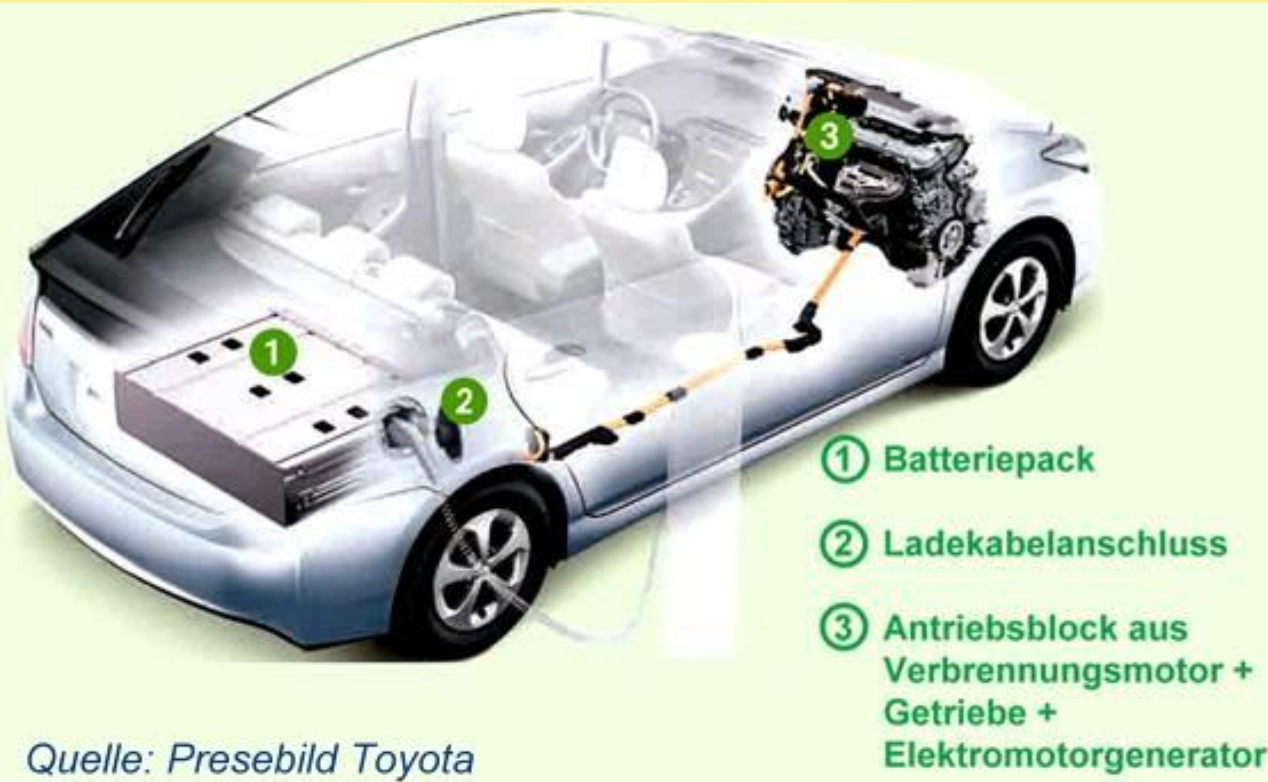
**Öffentlich rechtliches Non-Profit E-Carsharing:** In jedem Ort steht eine ausreichende Anzahl E-Pkws und Vans **jederzeit(!) und ohne zwingende Voranmeldung** zur Verfügung. (sozusagen „Erweitertes Modell Nienhagen“).

**Über Internet und Smartphone APP rufbares, öffentlich rechtliches Non Profit Ride Sharing:** Leute, die nicht mit dem Pkw fahren dürfen, können oder wollen, können während eines täglichen Zeitraums (z. B. 8:00 bis 23:00) **jederzeit, ohne lange Wartezeit\*** eine Fahrt im E-Van **zu beliebigem Ziel** im Umkreis von (z. B. 20 km) abrufen. Zum Beispiel zum Einkauf, zum Arzt, zu kulturellen Veranstaltungen.

Die Erfahrung mit herkömmlichen VM-Shuttles auf dem Lande zeigt: Ist der **Zeitraum über den Tag nicht groß genug** (z. B. nur ein paar Stunden, wenn der ehrenamtliche Opa oder der BFD-ler gerade Zeit haben), ist die **Anmeldung umständlich** oder sind die **Wartezeiten\* zu lang**, wird das nicht zur echten Alternative und meist wieder eingestellt.

*\* Wartezeiten über 12 min führen zur Abkehr von Verkehrsmitteln*

# Hybrid-Autos seit 1997 in Serie – nur nicht in Deutschland



1997 startet Toyota - belächelt von deutschen Autobauern - mit der Serienproduktion von Hybrid-Pkws.

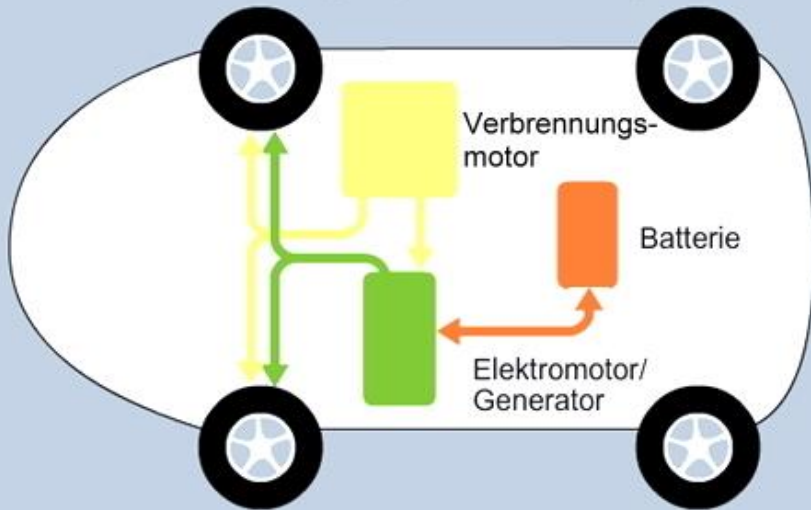
Inzwischen ist Toyota mit weltweit über 11 Mio. verkauften Hybrid-Pkw (vor allem des Modells Prius) Marktführer.

Hyundai und Honda haben im Massenmarkt relativ erfolgreich nachgezogen.

Die deutschen Autobauer konzentrieren sich bei Hybriden lieber auf den nicht rentablen Premiumsektor. (→ **idiotisches Imagedenken und hilfloser Versuch den Flottenverbrauch zu senken.**)

# Hybrid-Autos könnten Treibstoff und Emissionen sparen

## Paralleles leistungsoptimiertes Hybridauto



## Funktionsweise beim parallelen Voll-Hybrid bei Energie optimierter Fahrweise

**Starten und Anfahren:** Mit **Elektromotor**, Energie kommt aus Batterie (→ hoher Treibstoffverbrauch des VM wird vermieden).

**Gleichbleibendes Fahren:** Mit VM, im Leistungsbereich mit geringsten Treibstoffverbrauch treibt er allein das Fahrzeug an. Überschüssige Leistung treibt zusätzlich den Generator an und lädt die Batterie.

**Beschleunigen, Überholen:** Der **Elektromotor** wird mit Batterie-Energie zugeschaltet.  
→ Treibstoffverbrauch steigt nicht an.

**Bremsen und Talfahrten:** Der **Elektromotor** wirkt als **Generator** und lädt die Batterie auf.  
→ Energierückgewinnung, "Rekuperation".

**Rein elektrische Fahrten, mit Plug-in-Hybrid:** Die **Batterie** wird zuhause aufgeladen und man fährt 40 bis 60 km weit rein elektrisch.  
→ **Wenn der Lade-Strom 100% regenerativ ist fährt man emissionsfrei.**

# Premium-Hybrid-Pkws – Verbrennungsmotoren mit Elektro-Booster

## Volvo V60 T8 TWIN ENGINE AWD



VOLVO <https://www.volvocars.com/de/modelle/neuwagen/v60/twin-engine>



## Alte VM-Technik mit zusätzlichem E-Motor

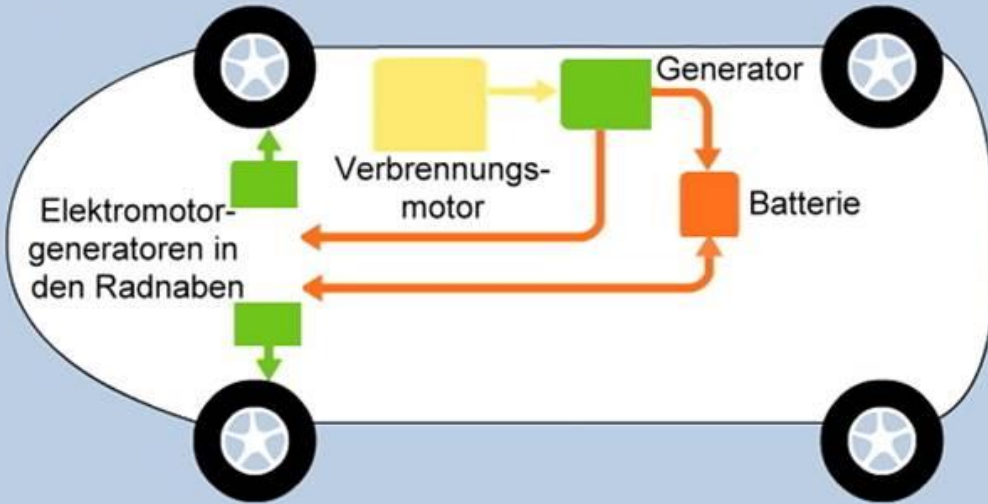
Die meisten Automobilhersteller wollen bei Hybridautos ihre bisherigen **Verbrennungsmotor (VM) Technologien einfach fortführen**. Fast alle am Markt befindlichen Modelle sind unter Energiespar-kriterien „Missgeburten“. Es sind VM-Autos mit zusätzlich „reingequetschter“ **Elektrotechnologie**.

## Formale Senkung des Flottenverbrauchs, statt echtes Energiesparen

Der Trick der Premiumhersteller: Eine Achse mit VM hoher Leistung, zweite Achse E-Motor kleiner Leistung. Beim **Verbrauchstest mit E-Motor** kommt der Pkw auf z. B. 1,9 l/100km. In der Werbung ist aber nicht gesenkter Verbrauch, sondern „optimale Leistung“ das Ziel. In der Fahrpraxis dient der E-Motor nur als Booster und das 400 PS Auto braucht in Wirklichkeit 16l/100 km. (Pkw als Viagra-Ersatz?). **Treppenwitz: Die Produktion der Premium Hybrids ist eigentlich zu teuer, kann aber wegen (formaler) Senkung des Flottenverbrauchs derzeit nicht eingestellt werden.**

# So sähe ein auf Energiesparen optimiertes Hybridauto aus!

## Serieller Hybrid Energie optimiert



Alle Hybridautos der Mittelklasse derzeit: **Koppelung VM über Getriebe mit dem E-Motor.** → Das macht diese Hybrid Pkw schwer und teuer. **Stattdessen sollte man Energieverbrauch und Abgasemissionen optimieren!**

Ein solcher Spar-Hybrid muss ein Plug-in-Hybrid für Nah-, Stadt- und Fernverkehr sein. **Spitzengeschwindigkeit ca. 130 km/h aber sehr gute Beschleunigung,** damit er auf Autobahnen „mitschwimmen“ kann.

→ Hybrid im reinen Stadtverkehr ist Unsinn, da sollte man E-Pkw nutzen.

**Technische Umsetzung:** Es wird ein **vom Antrieb entkoppelter Verbrennungsmotor** verwendet. Dieser **leistungsarme Verbrennungsmotor** - vielleicht 50 kW - läuft nur wenn nötig am optimalen Betriebspunkt bzgl. Abgas und Wirkungsgrad zum Abtrieb des Generators. E-Antrieb der Räder: An zwei Rädern sitzen **kleine, leichte Radnabenmotoren**.

**Bei Neukauf in den nächsten ca. 5 Jahren wäre ein solcher Spar-Hybrid eine gute Brückentechnologie bis zur endgültigen Umstellung auf E-Mobilität!  
Leider ist keiner am Markt!**

# E-Pkw erfordern ein geeignetes Konzept!

## Suboptimale Beispiele VW e-up und BMW I3

Werden E-Mobile auf derselben Plattform produziert wie die VM-Modelle wird der V-Motor lediglich durch den E-Motor ersetzt. Beim **VW e-up** z. B. wurden die Batterien in die VM-Plattform rein gequetscht und reichen nur für ca. 170 km. Aus dem preisgünstigen, aus hochfestem Stahl in Space-frame-Technik konstruierten VM-Modell, wurde ein **teures E-Modell mit mäßigem Nutzen**.



Abbildung: VW Pressbild

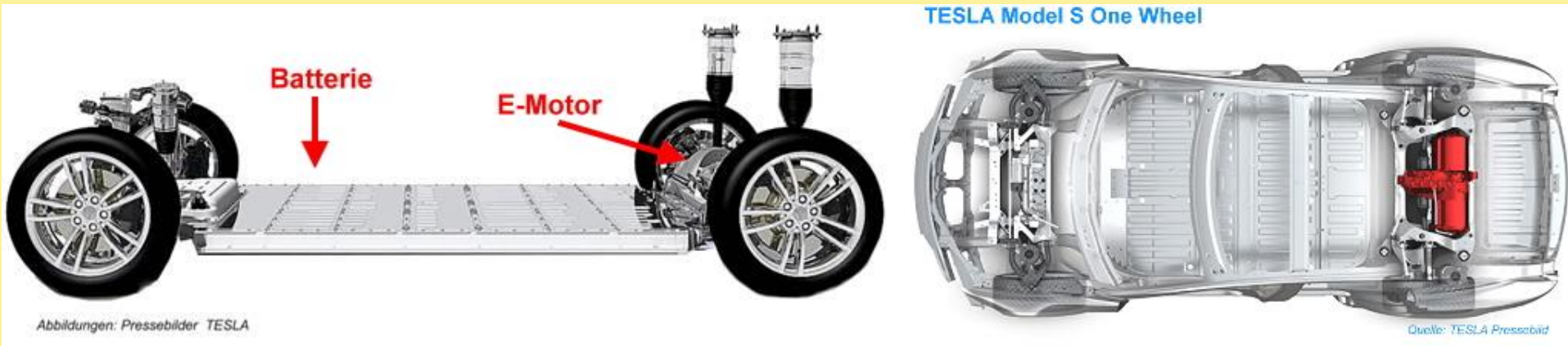
Abbildungen: BMW



Eine **technologische Meisterleistung** ist der als echtes Elektroauto konzipierte **BMW I3** mit einer **Chassis aus Carbonfaserverbundwerkstoff (CFK)** auf einem Aluminium Leiterraum. In der Produktion ist die CFK Chassis sehr aufwändig (5-mal teurer als Aluminium, sonst nur bei Flugzeugen und Formel 1). → Der I3 ist **unrentabel, muss aber zur Senkung des Flottenverbrauchs zunächst weiter produziert werden**.



# Das erste taugliche E-Pkw Konzept kam von TESLA



**TESLA widerlegt das Vorurteil:**

**„Die Batterien machen das Auto schwer und brauchen zu viel Platz“**

TESLA integriert die Batterien für bis zu 600 km Reichweite in den Bodenbereich und sie nehmen keinen Platz weg. Sie verbessern den Schwerpunkt und die Straßenlage.

**→ Die TESLA Modelle mit Batterie und E-Motor sind nicht schwerer und bieten gleich viel Nutzraum wie leistungsgleiche Verbrenner der Premiumklasse.**

*TESLA hat gezeigt, wie es geht.*

*Aber die Modelle sind bzgl. Leistung und Preis*

*(ca. 50000 bis 120000 Euro) nicht tauglich für den Massenmarkt!*

# VW lässt hoffen



## Eine Plattform für alle E-Modelle

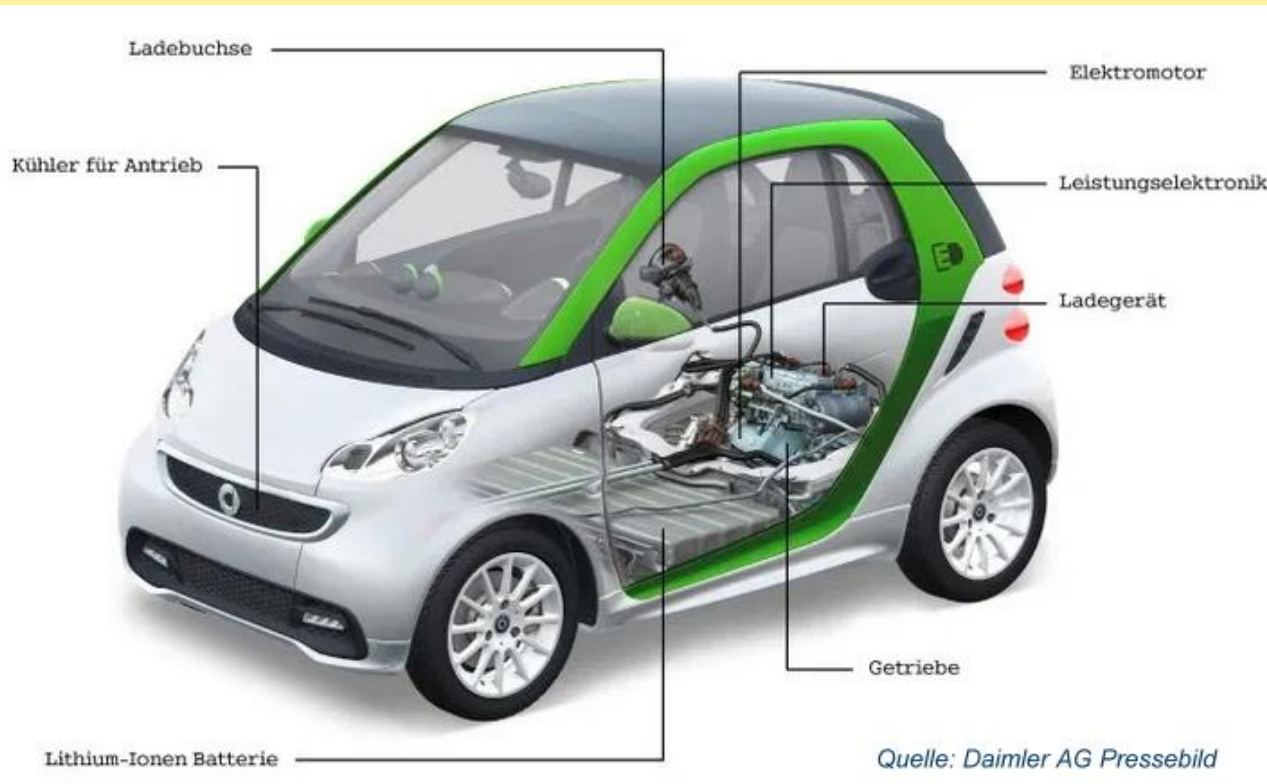
- 100%-ige Umstellung auf Elektromobilität, als erster großer deutscher Hersteller.
- **Eine gemeinsame Plattform senkt die Kosten:** Dies soll mit der mit der ID-Modellreihe stattfinden. Der **modulare E-Antriebsbaukasten (MEB)** wird die gemeinsame Plattform für alle ID Modelle, egal ob Limousine, Kombi, SUV oder Bus.
- **Bezahlbare Modelle für de Massenmarkt?** Angeblich will VW auch preisgünstige Modelle für den Massenmarkt anbieten. Angekündigt ist das für 22000 Euro ab Ende 2021.

**Wird auch ein auf Energieverbrauch optimiertes Model dabei sein?**

# Brauchbare, kleine E-Pkw für Nah- und Stadtverkehr noch rar

## Viel Angebote auf „Bastelniveau“

Kleine kostengünstige E-Mobile für den **Nahverkehr auf dem Lande** oder z. B. für **Liefer- und Botendienste in Städten** werden zwar zunehmend angeboten. **Doch die Qualität vor allem bzgl. Wetterfestigkeit und Nutzraum, lässt noch wünschen übrig.**



Einer der derzeit perfektesten E-Kleinwagen ist zweifelsohne der **smart EQ fortwo**.

Länge: 2.7 m

Nutzraum: 250 l (→ **sehr klein**)

Reichweite: bis 160 km

Wendereis: 6.95 m

Preis: "nackt" ca. 22000 Euro.

*Angesichts des relativ hohen Preises ist der Nutzwert allerdings sehr beschränkt*

# Wie müsste ein E-Pkw für den Massenmarkt aussehen?

**Ziel nicht hohe Fahrleistung, sondern energetische und finanzielle Sparsamkeit bei hohem Nutzwert.**

**Energie optimierte Leistung:** kurzzeitig Tempo 150 km/h für schnelles Überholen, **Optimierung auf 130 km/h Reisetempo.**

**Einfacher, platzsparender Aufbau:** z. B. 2 Radnabenmotoren á 25 kW, flache Bodenbatterie

**Hoher Nutzwert:** Platz für fünfköpfige Familie, Großeinkauf, Bierkisten, Urlaubsgepäck, Fahrräder, Surfbretter etc.

**Günstiger Preis:** für ca. 20000 Euro wäre ein solcher E-Pkw ein Renner.

## Ein universelles Motionboard für alle Fahrzeugtypen



Abbildungen: HFM und ELAPHE

Das von der Hanseatischen Fahrzeug Manufaktur HFM gemeinsam mit der slowenischen Elektromotorfirma ELAPHE entwickelte **Motionboard mit vollelektrischer Lenkung (drive by wire)** könnte dafür eine gute Lösung sein.

# Welche Nachteile haben die E-Pkws ?

## Reichweite meist ungenügend?

Der Deutsche legt täglich durchschnittlich **nur ca. 41 km mit dem Pkw** zurück.

**→ Eigene Pkw durch ÖPNV bzw. flexibles Carsharing mit Hybrid-Pkw und E-Pkw ersetzen!**

## Ungenügende Ladestruktur?

Im 2. Quartal 2020 in Deutschland ca. **19000 Ladestationen mit ca. 40000 Ladesäulen** für schnelles Laden. Der Ausbau erfolgt inzwischen relativ zügig.

**Problem ist derzeit die mangelhafte Kompatibilität der Such-Apps und Bezahlssysteme.**

Für **Ladestationen in Privathäusern** genügen bei den üblichen Fahrstrecken die 3kW bis 22 kW Wallboxen. Ansonsten könnten Parkuhren und Laternenmasten mit Ladefunktion ergänzt werden.

## Ist das Stromnetz zu schwach um 10 Mio. E-Pkw zu laden?

**10 Mio. E-Pkws** verbrauchen **ca. 3,5% der derzeitigen Stromproduktion**. Von der derzeitigen **Leistung von 80 GW** benötigt das gleichzeitige Laden von 10 Mio. E-Pkw mit 6 kW **nur ca. 7 %**. Die großen Schnellladestationen (z. B. von TESLA) werden derzeit mit **großen Pufferbatterien** ausgerüstet. Und auch das gesamte Stromnetz wird im Rahmen der Energiewende ausgebaut.

## Sind spezifische Kapazität der Batterien zu gering und die Kosten zu hoch?

Von 2013 bis 2020 sind die **Kosten der Batterien auf 1/5 gefallen**. Von 2013 bis 2020 **verdoppelte sich die Spezifische Kapazität (Wh/kg)**. D. h. die Batterien wurden leichter.

## Heizung und Klimaanlage sind meist noch nicht optimal gelöst! Es fehlt z. B.

im Winter eine elektrische **Standheizung mit beim Laden der Batterie aufladbarem Wärmespeicher**. Im Sommer **Dachsolarzellen zum Betrieb der Klimaanlage ohne Belastung der Batterie**.

# Sind E-Pkws teurer als VM-Pkw?

Vergleicht man die noch relativ wenigen Mittelklasse E-PKw mit vergleichbaren VM-Pkw, ergibt sich u. a. laut ADAC folgendes Bild:

**Anschaffungskosten bzw. Grundinvestition inkl. Wallbox:  
E-Pkw sind min. 30% bis 50% teurer!**

**Kosten über mittlere Haltungsdauer ca. 8 Jahre,  
(u. a. Wartungskosten, Steuern, „Treibstoff“,  
Wiederverkaufswert):  
E-Pkw ca. 10 bis 15% billiger! .**

# Sind E-Pkw wirklich klimafreundlicher?

**Gesamtwirkungsgrad beim Fahrbetrieb:** ca. **6-mal besser**; Wirkungsgrad E-Motor bis zu 3mal besser als VM. **Gesamtwirkungsgrad\* beim Fahren E-Pkw bis zu 70%, VM-Pkw 10 – 15%.**

\* Was trägt letztlich nach Abzug von Roll- und Windwiderstand usw. zum Vortrieb bei.

**Energiebilanz nur beim Fahren:**

VM-Pkws ca. **55 kWh/100 km** ; E-Pkws ca. **30 kWh/100km.**

**Spezifischer CO<sub>2</sub>-Ausstoß:** **VM-Pkw ca. 310 g/km, E-Pkw ca. 80 g/km** (Strommix ca. 40% EE).

**KEA (Kumulierter Energie Aufwand), d. h. die Gesamtenergiebilanz über den Lebenszyklus:** Förderung und Herstellung der Rohstoffe, Produktion, Betrieb, Recycling, Entsorgung in 2016 für **E-Pkws ca. 410 GJ**, für **VM-Pkws ca. 550 GJ**. **Entscheidend ist nicht der Energiebedarf sondern die Treibhausgasemission!**

**Wie viele km muss man mit E-Pkw fahren um klimafreundlicher zu sein als ein VM-Pkw:**

Stand 2019, je nach Voraussetzungen mit dem E-Pkw **ca. 60000 km bis ca. 160000 km.**

**Dank wenigen Verschleißteilen kann ein E-Pkw eine Lebensdauer von 300000 km erreichen.**

*Generell gilt: Mit zunehmendem Einsatz von EE bei Rohstoffgewinnung und Produktion geht beim E-Pkw die CO<sub>2</sub> Gesamt-Lebens-Emission gegen Null.*

*Der VM-Pkw setzt dagegen beim Fahren stets CO<sub>2</sub> frei.*

# Fazit:

*Auf dem Weg zu Energiewende,  
Klimaschutz und Nachhaltigkeit  
ist E-Mobilität unverzichtbar!*

*E-Mobilität darf nicht  
auf E-Pkws reduziert werden!*