



# Elektrische Fahrzeuge und Infrastruktur

Ladetechnologien, Effizienz der Antriebskonzepte und Stand der Technik

---

PräsProf Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.

Markus Oeser

Bundesanstalt für Straßenwesen



# Jährlicher Energieverbrauch Straßenverkehr

Wieviel Energie wird derzeit pro Jahr für den Straßenverkehr benötigt?

	Verbrauch	Dichte	Heizwert	Endenergie (tank to wheel)	well-to-tank-Faktor	Primärenergie (well to wheel)	
	kg	kg/l	kWh/l	TWh		TWh	
Benzin	15.217.000.000	0,74	8,5	174,8	0,82	213,2	
Diesel	29.408.000.000	0,83	9,8	347,2	0,9	385,8	
Erdgas				1,9	0,86	2,2	
Erneuerbare				38,9	0,95	40,9	
				<b>562,8 TWh</b>		<b>642,1 TWh</b>	
				2026,1 PJ		2311,6 PJ	



Verkehr in Zahlen 2022/2023, 51. Jahrgang, Herausgeber:  
Bundesministerium für Digitales und Verkehr

**ca. 642 TWh**

Bild: <https://www.tsg-solutions.com/de/benzin-oder-diesel/>

# Jährlicher CO2 Ausstoß Straßenverkehr

Wie viele Tonnen CO2 werden derzeit pro Jahr vom Straßenverkehr ausgestoßen?

	Verbrauch	Dichte
	kg	kg/l
Benzin	15.217.000.000	0,74
Diesel	29.408.000.000	0,83
Erdgas		
Erneuerbare		

2,37 Kg CO2 pro Liter Benzin  
2,64 Kg CO2 pro Liter Diesel

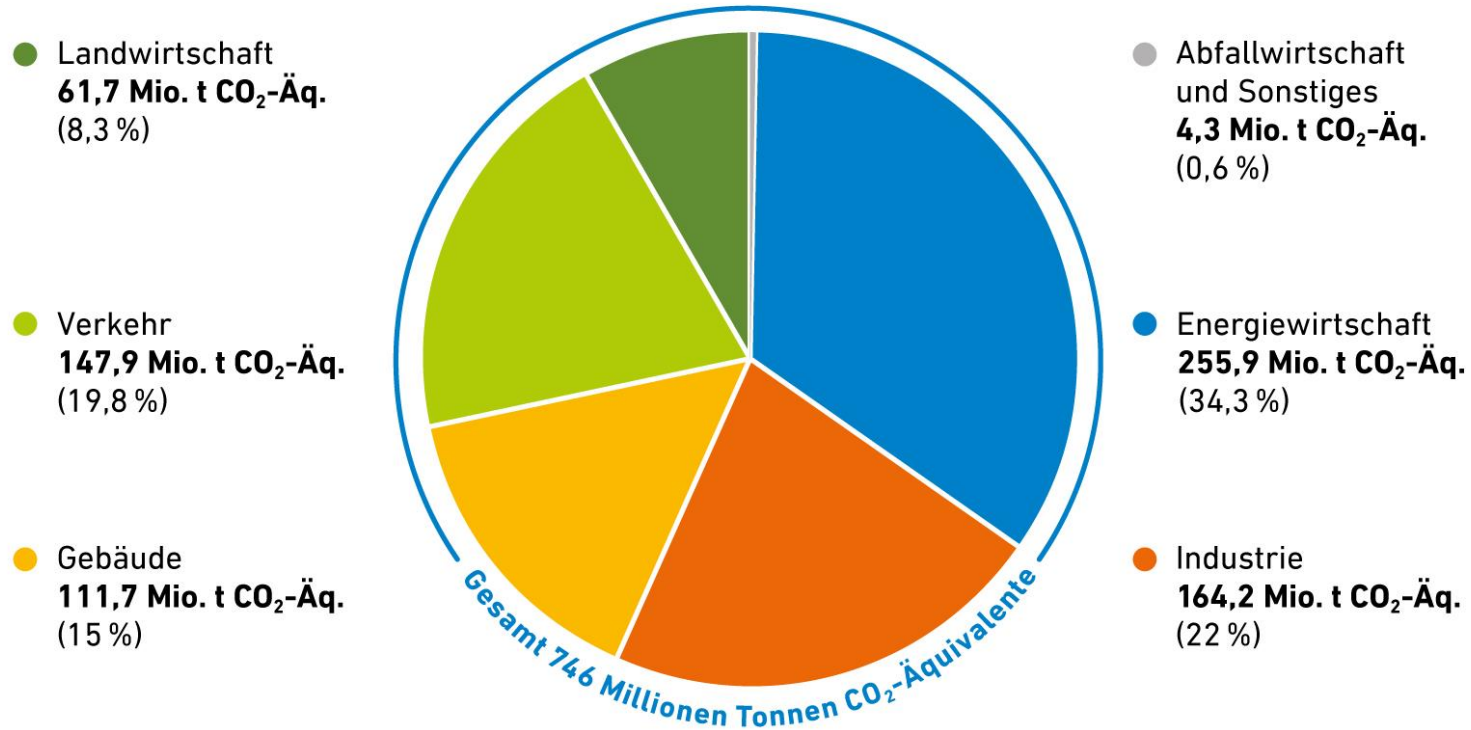
ca. 138 Mio. t CO2



Verkehr in Zahlen 2022/2023, 51. Jahrgang, Herausgeber:  
Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Bild: <https://www.tsg-solutions.com/de/benzin-oder-diesel/>

## Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren 2022



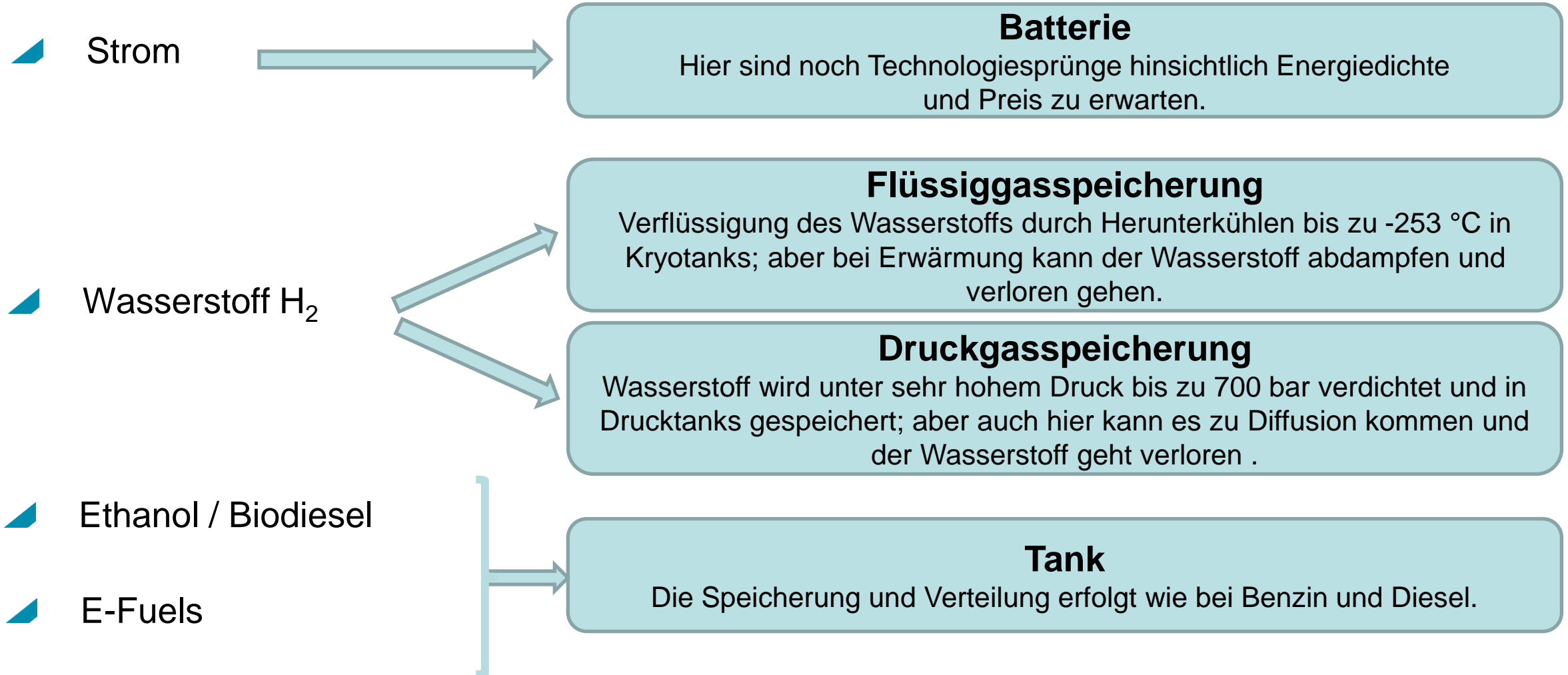
Quelle: UBA; Stand: 3/2023

© 2023 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

**Verkehr ca. 148 Mio. t CO<sub>2</sub>  
rund 20 %**

**Straßenverkehr ca. 138 Mio. t CO<sub>2</sub>  
rund 18,5%**

# Alternative Antriebe und Speicherung der Energie





# Synthetische Kraftstoffe (E-Fuels) / Herstellung



## Effizienz der Antriebskonzepte

Batterieelektrische Fahrzeuge (auch Lkw) erzielen mit großem Abstand die höchsten Gesamtwirkungsgrade und damit die niedrigsten CO<sub>2</sub>-Emissionen

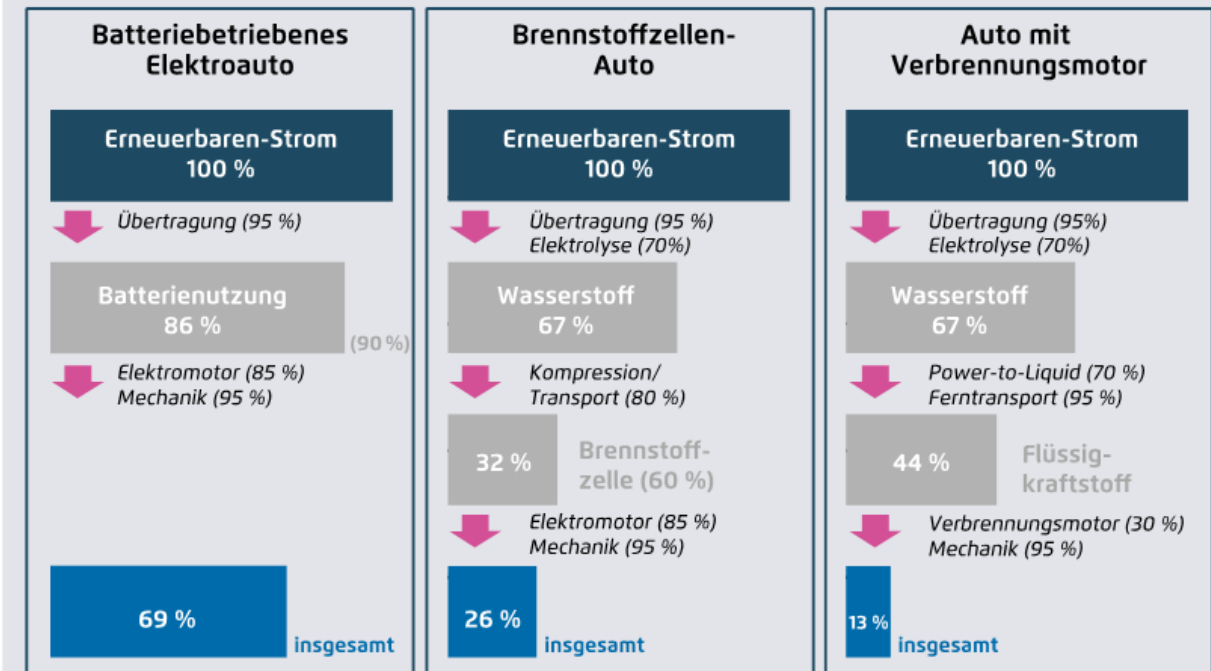
Daher erfüllen sie am besten die drei Kriterien eines nachhaltigen Energiesystems:

- Energieeffizienz
- Energiesuffizienz (Reduktion des Gesamt-Verbrauchs)
- Energiekonsistenz (Bedarfsdeckung mit Erneuerbarer Energie)

Biogas erfüllt auch die Kriterien, hat aber nur ein recht begrenztes Erzeugungspotenzial

Einzel- und Gesamtwirkungsgrade von Pkw mit unterschiedlichen Antriebskonzepten ausgehend von erneuerbar erzeugtem Strom

Abbildung 2



Hinweis: Einzelwirkungsgrade in Klammern. Durch Multiplikation der Einzelwirkungsgrade ergeben sich die kumulierten Gesamtwirkungsgrade in den Kästen.

Abbildung 2: Agora Verkehrswende und Agora Energiewende (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe: Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende. In: Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe, S. 12

## Jährlicher Energiebedarf

Wieviel regenerativ erzeugte Energie wird pro Jahr benötigt, wenn der gesamte Straßenverkehr klimaneutral werden soll?

Konzept	TWh/a = 1 Mrd. kWh/a
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	
Elektromotor mit Batterie	ca. 200

Wieviel Energie wird derzeit pro Jahr für den Straßenverkehr benötigt?

Konzept	TWh/a = 1 Mrd. kWh/a
Benzin / Diesel / Erdgas / Erneuerbare	ca. 642



## Jährlicher Energiebedarf

Wieviel regenerativ erzeugte Energie wird pro Jahr benötigt, wenn der gesamte Straßenverkehr klimaneutral werden soll?

Konzept	TWh/a = 1 Mrd. kWh/a
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	ca. 530
Elektromotor mit Batterie	ca. 200

Wieviel Energie wird derzeit pro Jahr für den Straßenverkehr benötigt?

Konzept	TWh/a = 1 Mrd. kWh/a
Benzin / Diesel / Erdgas / Erneuerbare	ca. 642

## Jährlicher Energiebedarf

Wieviel regenerativ erzeugte Energie wird pro Jahr benötigt, wenn der gesamte Straßenverkehr klimaneutral werden soll?

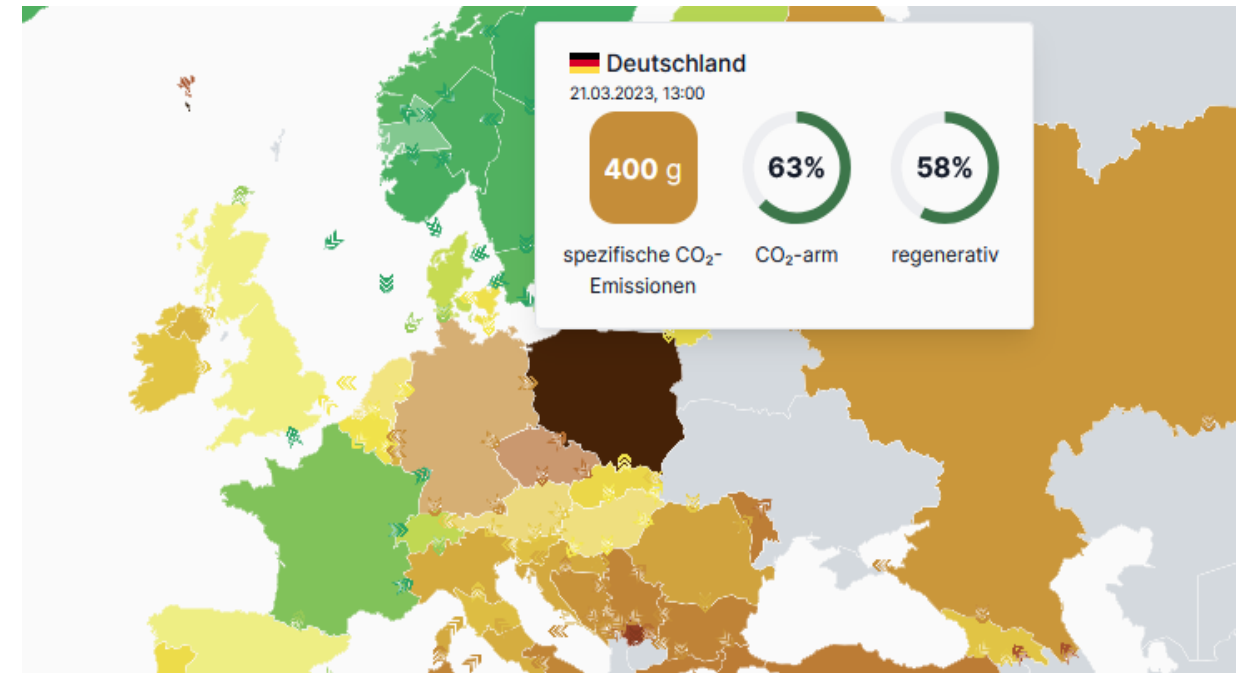
Konzept	TWh/a = 1 Mrd. kWh/a
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	ca. 1.060
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	ca. 530
Elektromotor mit Batterie	ca. 200

Wieviel Energie wird derzeit pro Jahr für den Straßenverkehr benötigt?

Konzept	TWh/a = 1 Mrd. kWh/a
Benzin / Diesel / Erdgas / Erneuerbare	ca. 642

## Energieverfügbarkeit und CO<sub>2</sub> Ausstoß

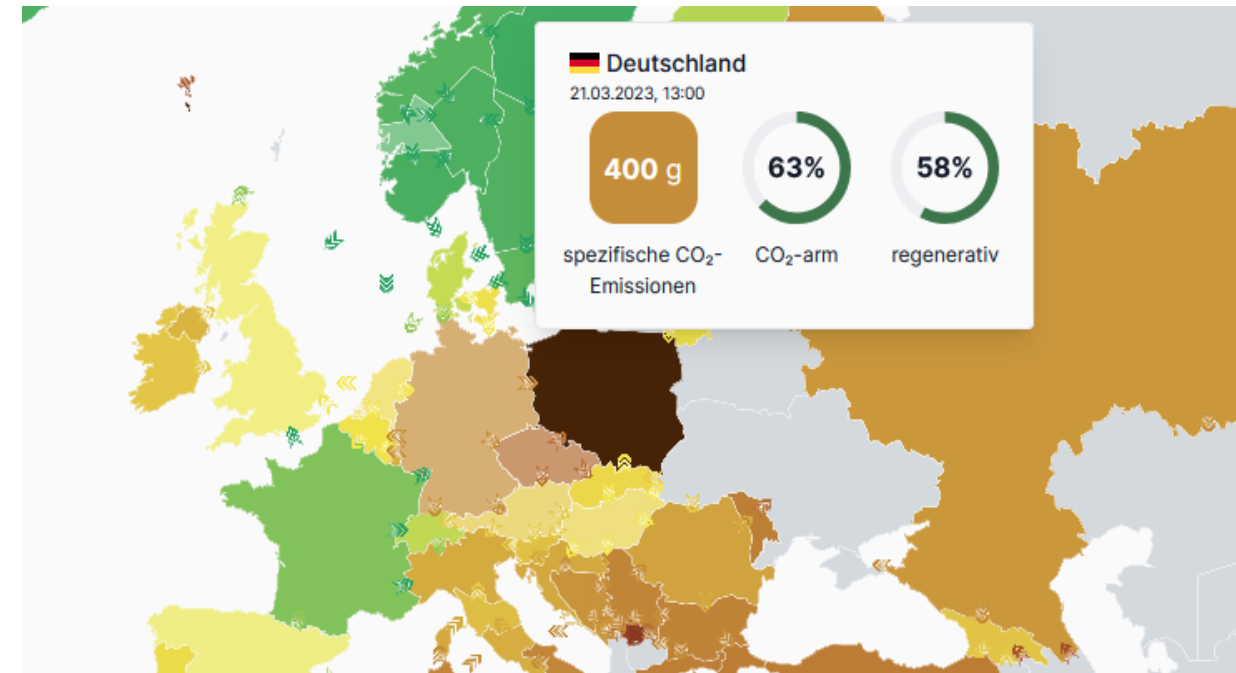
- Stark fluktuierende Energieverfügbarkeit von Sonne und Wind
- Hoher fossiler Anteil an der Deutschen Stromerzeugung (400 g CO<sub>2</sub> / erzeugter kWh)
- (Noch) unzureichende Speichermöglichkeiten
- Derzeit kaum Überkapazitäten für die Herstellung von E-Fuels vorhanden!**



[www.electricitymaps.com](http://www.electricitymaps.com)

## Energieverfügbarkeit und CO<sub>2</sub> Ausstoß

- Stark fluktuierende Energie-verfügbarkeit von Sonne und Wind
- Hoher fossiler Anteil an der Deutschen Stromerzeugung (400 g CO<sub>2</sub> / erzeugter kWh)
- (Noch) unzureichende Speichermöglichkeiten
- Derzeit kaum Überkapazitäten für die Herstellung von E-Fuels vorhanden!**

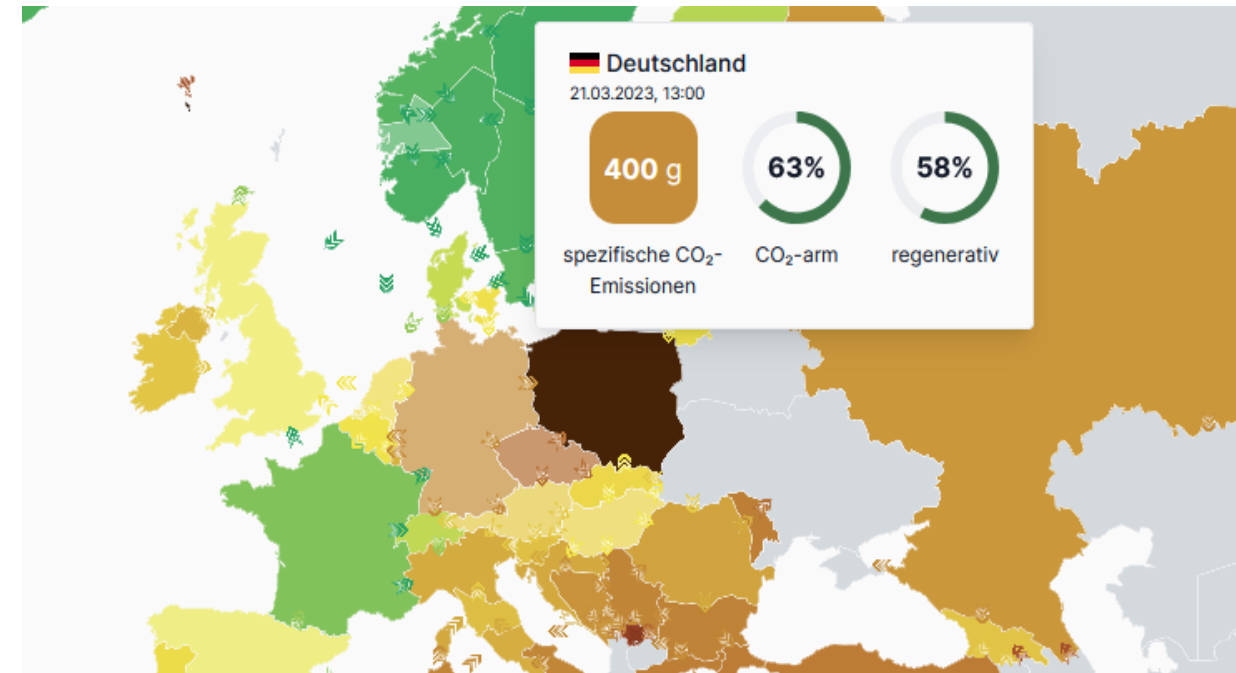


[www.electricitymaps.com](http://www.electricitymaps.com)

**derzeit mit hauptsächlich fossilen Antrieben ca. 138 Mio. t CO<sub>2</sub>**

## Energieverfügbarkeit und CO<sub>2</sub> Ausstoß

- Stark fluktuierende Energie-verfügbarkeit von Sonne und Wind
- Hoher fossiler Anteil an der Deutschen Stromerzeugung (400 g CO<sub>2</sub> / erzeugter kWh)
- (Noch) unzureichende Speichermöglichkeiten
- Derzeit kaum Überkapazitäten für die Herstellung von E-Fuels vorhanden!**



[www.electricitymaps.com](http://www.electricitymaps.com)

**derzeit mit hauptsächlich fossilen Antrieben ca. 138 Mio. t CO<sub>2</sub>**

**rein elektrisch mit derzeitigem Energiemix ca. 200 Mrd. kWh x 0,4 kg/kWh = 80 Mio. t CO<sub>2</sub>**

# Windenergieanlagen

## Leistungssteigerung bei Windenergieanlagen



	1980	1985	1990	1995	2000	2005	heute
Max. Nennleistung (kW)	30	80	250	600	1.500	3.000	7.000
Max. Rotordurchmesser (m)	15	20	30	46	70	90	130
Überstrichene Rotorfläche (m <sup>2</sup> )	177	314	707	1.662	3.848	6.362	13.273
Max. Nabenhöhe (m)	30	40	50	78	100	105	150
Max. Jahresenergieertrag (MWh/a)	35	95	400	1.250	3.500	6.900	15.000

© Bundesverband WindEnergie e. V.



# Windenergieanlagen

## Leistungssteigerung bei Windenergieanlagen



	1980	1985	1990	1995	2000	2005	heute
Max. Nennleistung (kW)	30	80	250	600	1.500	3.000	7.000
Max. Rotordurchmesser (m)	15	20	30	46	70	90	130
Überstrichene Rotorfläche (m²)	177	314	707	1.662	3.848	6.362	13.273
Max. Nabenhöhe (m)	30	40	50	78	100	105	150
Max. Jahresenergieertrag (MWh/a)	35	95	400	1.250	3.500	6.900	15.000

© Bundesverband WindEnergie e. V.

# Windenergieanlagen

## Leistungssteigerung bei Windenergieanlagen



	1980	1985	1990	1995	2000	2005	heute
Max. Nennleistung (kW)	30	80	250	600	1.500	3.000	7.000
Max. Rotordurchmesser (m)	15	20	30	46	70	90	130
Überstrichene Rotorfläche (m²)	177	314	707	1.662	3.848	6.362	13.273
Max. Nabenhöhe (m)	30	40	50	78	100	105	150
Max. Jahresenergieertrag (MWh/a)	35	95	400	1.250	3.500	(6.900)	15.000

© Bundesverband WindEnergie e. V.

6000 MWh/a

## Windenergieanlagen

Wie viele Windenergieanlagen (WEA) mit einer maximalen Nennleistung von 3MW werden benötigt, um die für einen klimaneutralen Straßenverkehr bilanziell erforderliche Energie zu erzeugen?

Konzept	Anzahl der WEA (3MW)
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	
Elektromotor mit Batterie	ca. 33.000

## Windenergieanlagen

Wie viele Windenergieanlagen (WEA) mit einer maximalen Nennleistung von 3MW werden benötigt, um die für einen klimaneutralen Straßenverkehr bilanziell erforderliche Energie zu erzeugen?

Konzept	Anzahl der WEA (3MW)
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	ca. 88.000
Elektromotor mit Batterie	ca. 33.000

## Windenergieanlagen

Wie viele Windenergieanlagen (WEA) mit einer maximalen Nennleistung von 3MW werden benötigt, um die für einen klimaneutralen Straßenverkehr bilanziell erforderliche Energie zu erzeugen?

Konzept	Anzahl der WEA (3MW)
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	ca. 177.000
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	ca. 88.000
Elektromotor mit Batterie	ca. 33.000

## Windenergieanlagen

Wie viele Windenergieanlagen (WEA) mit einer maximalen Nennleistung von 3MW werden benötigt, um die für einen klimaneutralen Straßenverkehr bilanziell erforderliche Energie zu erzeugen?

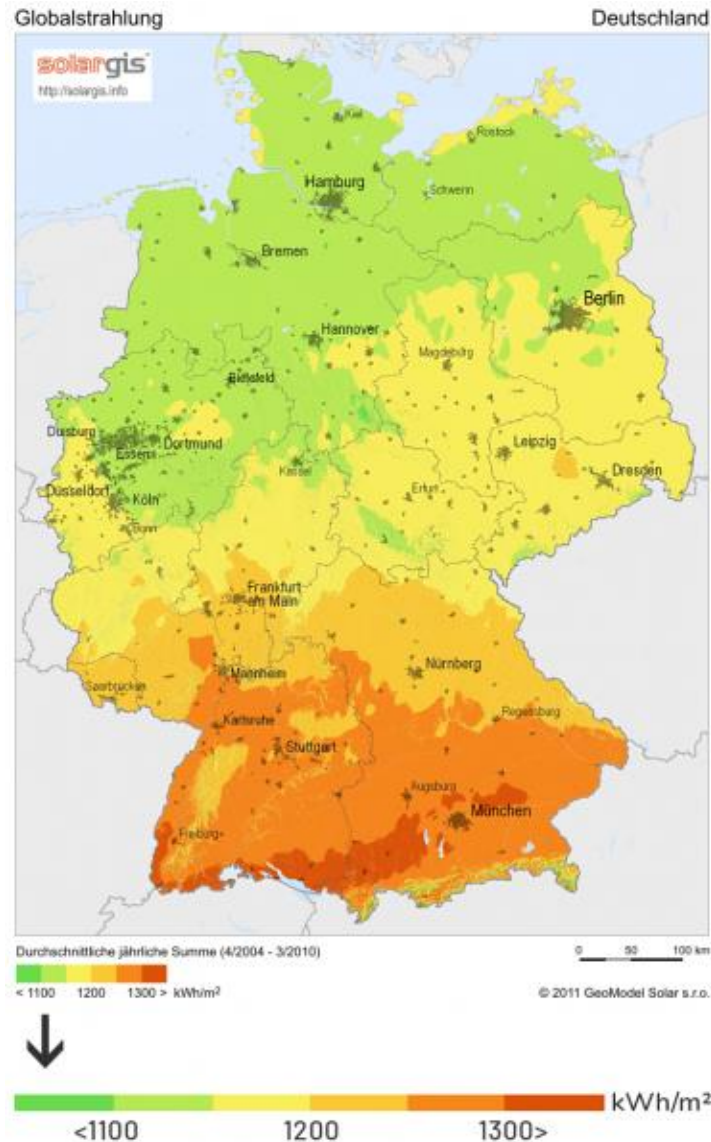
Konzept	Anzahl der WEA (3MW)
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	ca. 177.000
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	ca. 88.000
Elektromotor mit Batterie	ca. 33.000

Wie viele Windenergieanlagen (WEA) standen in Deutschland im Jahr 2022 an Land und wie hoch war der Jahresenergieertrag (Onshore)?

Anzahl der WEA	Energieertrag
28.443	ca. 100 TWh/a

Bruttostromerzeugung in Deutschland, [destatis.de](https://www.destatis.de)





Die **Sonneneinstrahlung** in Deutschland liegt bei jährlich etwa **1.000 kWh/m²**.

Moderne Solarmodule erzeugen in Deutschland einen **Jahresenergieertrag** von ca. **200 kWh/m²**.

**0,2 TWh/km²a**

Die **Sonneneinstrahlung** in der Sahara liegt bei jährlich etwa **2.350 kWh/m²**.

Moderne Solarmodule erzeugen in der Sahara einen **Jahresenergieertrag** von ca. **470 kWh/m²**.

**0,47 TWh/km²a**

## PV-Anlagen

Wie viel PVA-Modulfläche mit einem Energieertrag von 200 kWh/m<sup>2</sup>a werden benötigt, um die für einen klimaneutralen Straßenverkehr bilanziell erforderliche Energie zu erzeugen?

Konzept	Fläche PVA (moderne Module)
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	
Elektromotor mit Batterie	ca. 1.000 km <sup>2</sup> (32 km x 32 km)

## PV-Anlagen

Wie viel PVA-Modulfläche mit einem Energieertrag von 200 kWh/m<sup>2</sup>a werden benötigt, um die für einen klimaneutralen Straßenverkehr bilanziell erforderliche Energie zu erzeugen?

Konzept	Fläche PVA (moderne Module)
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	ca. 2.650 km <sup>2</sup> (51 km x 51 km)
Elektromotor mit Batterie	ca. 1.000 km <sup>2</sup> (32 km x 32 km)

## PV-Anlagen

Wie viel PVA-Modulfläche mit einem Energieertrag von 200 kWh/m<sup>2</sup>a werden benötigt, um die für einen klimaneutralen Straßenverkehr bilanziell erforderliche Energie zu erzeugen?

Konzept	Fläche PVA (moderne Module)
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	ca. 5.300 km <sup>2</sup> (73 km x 73 km)
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	ca. 2.650 km <sup>2</sup> (51 km x 51 km)
Elektromotor mit Batterie	ca. 1.000 km <sup>2</sup> (32 km x 32 km)

## PV-Anlagen

Wie viel PVA-Modulfläche mit einem Energieertrag von 200 kWh/m<sup>2</sup>a werden benötigt, um die für einen klimaneutralen Straßenverkehr bilanziell erforderliche Energie zu erzeugen?

Konzept	Fläche PVA (moderne Module)
Verbrennungsmotor mit Liquid e-Fuels	ca. 5.300 km <sup>2</sup> (73 km x 73 km)
Elektromotor mit Brennstoffzelle / Wasserstoff	ca. 2.650 km <sup>2</sup> (51 km x 51 km)
Elektromotor mit Batterie	ca. 1.000 km <sup>2</sup> (32 km x 32 km)

Wie viele PVA-Anlagen waren in Deutschland im Jahr 2022 installiert und wie hoch war der Jahresenergieertrag?

Anzahl der PVA, Flächenäquivalent (mod. Module)	Energieertrag
Bruttostromerzeugung in Deutschland, destatis.de	
ca. 2.2 Mio., ca. 300 km <sup>2</sup> (17,3 km x 17,3 km)	ca. 60 TWh/a

# PV-Anlagen

Wie viel PVA-Modulfläche mit einem Energieertrag von 20 kWh/m²/a benötigt, um die für einen klimaneutralen Straßenverkehr erforderliche Energie zu erzeugen?

Konzept	Fläche PVA (moderne Module)
Verbrennungsmotor mit Liquidus	ca. 5.300 km² (73 km x 73 km)
Elektromotor mit Brennstoffzelle Wasserstoff	ca. 2.650 km² (51 km x 51 km)
Elektromotor mit Batterie	ca. 1.000 km² (32 km x 32 km)

Wie viele PVA-Anlagen sind in Deutschland im Jahr 2022 installiert und wie hoch war der Jahresenergieertrag?

Anzahl PVA-Anlagen, Flächenäquivalent (mod. Module)	Energieertrag Bruttostromerzeugung in Deutschland, destatis.de
ca. 234 Mio., ca. 300 km² (17,3 km x 17,3 km)	ca. 60 TWh/a

Ca. 2344 Quadratkilometer an Dachfläche sind in Deutschland für eine solare Nutzung geeignet (Ecofys-Studie). 11% von diesen Flächen werden für PVA bereits genutzt.



## Thema Flächenkonkurrenz

Der Energiebedarf von 200 TWh/a könnte bilanziell dargestellt werden z.B. mit:

Windkraftanlagen (WKA):

Zum Vergleich:

ca. 29.000 WKA mit  
jew. 3 MW Leistung

2021 in D installierte WKA: 28.000

Photovoltaikfreiflächenanlagen:

Anbaufläche 2022 in D für Biokraftstoffe:

200.000 ha PV-Anlagen mit insges.  
200 GW Leistung\*\*

\*\* bei Freiflächenanlagen: ca. 1 MW/ha  
(Grundfläche NICHT Modulfläche)

ca. 800.000 ha\*

\*Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe



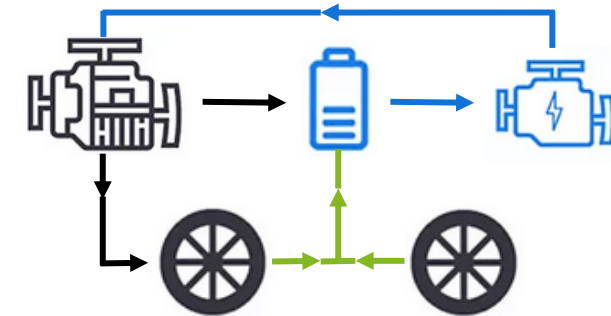
# Elektromobilität im Kfz-Bereich: Hybridfahrzeuge (HEV)

## ■ Mild-Hybrid (mHEV)

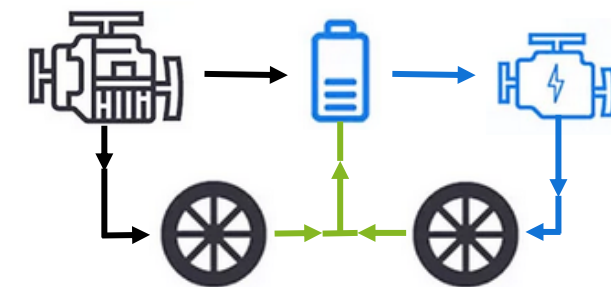
Bei einem Mild-Hybrid unterstützt der elektrische Antrieb den Verbrennungsmotor vor allem beim Anfahren und auf kurzer Strecke. Es gibt jedoch keinen reinen E-Betrieb, der Verbrennungsmotor ist immer aktiv. Durch Rekuperation wird ein Teil der Bewegungsenergie beim Bremsen in der Batterie gespeichert.

## ■ Voll (strong) Hybrid (sHEV)

Der Vollhybrid kann sich sowohl rein elektrisch als auch nur durch das Verbrennen von Benzin oder Diesel fortbewegen. Der Elektromotor arbeitet beim Stop & Go – Betrieb. Bei starker Beschleunigen unterstützt der Verbrennungsmotor den Elektromotor und bei höheren Geschwindigkeiten oder leerer Batterie übernimmt er komplett den Betrieb. Durch Rekuperation wird ein Teil der Bewegungsenergie beim Bremsen in der Batterie gespeichert.



Rekuperation



Rekuperation

© Toyota

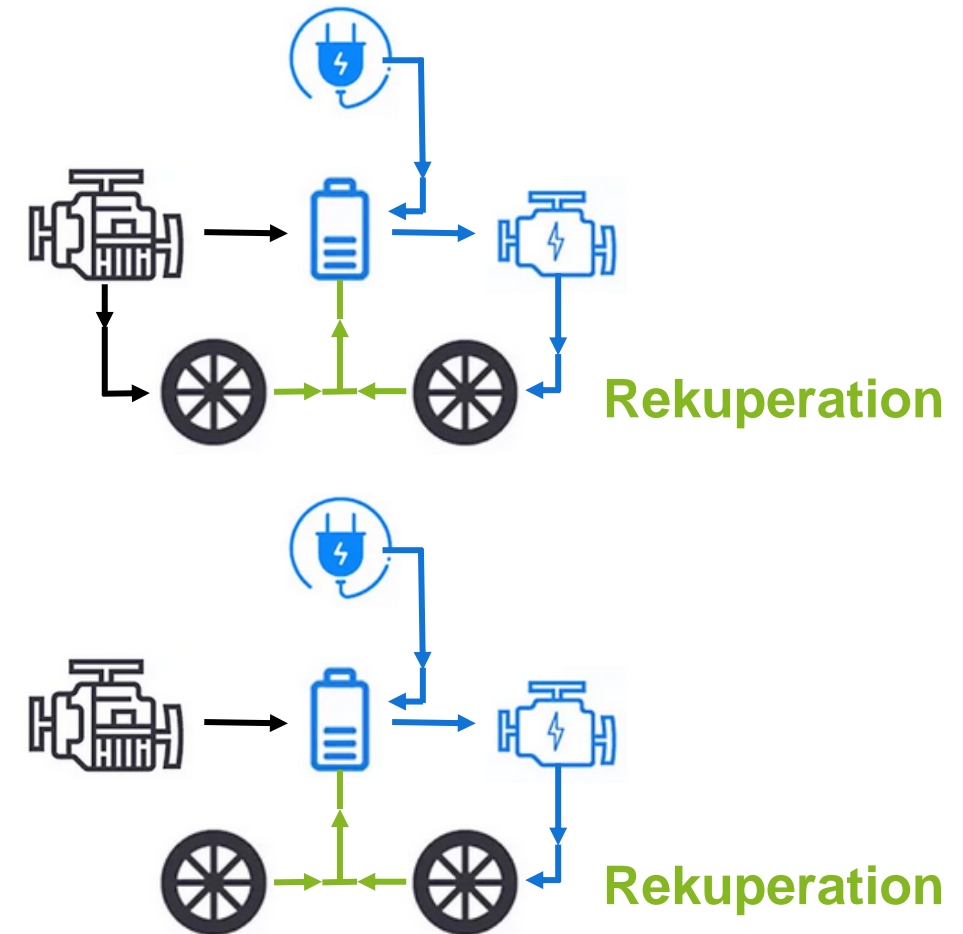
# Elektromobilität im Kfz-Bereich: Hybridfahrzeuge (HEV)

## Plug-In Hybrid (PHEV)

Beim einem **parallelen Hybrid** können sowohl E-Motor als auch Verbrennungsmotor die Räder antreiben und bei einem Plug-in-Hybrid kann die Batterie extern laden. In Abhängigkeit von der Batteriekapazität können höhere Reichweiten rein elektrisch zurückgelegt werden. Wenn höhere Leistung angefordert wird oder die Batterie entladen ist springt der Verbrennungsmotor ein. Durch Rekuperation wird ein Teil der Bewegungsenergie beim Bremsen in der Batterie gespeichert.

## Plug-In Hybrid (PHEV) + Range Extender (REEV)

Bei einem **seriellen Hybrid** hat der Verbrennungsmotor keine mechanische Kopplung zu den angetriebenen Rädern, sondern wird lediglich als Generator verwendet, welcher die Batterie nachlädt. Die Räder werden also immer über den E-Motor angetrieben. Durch Rekuperation wird ein Teil der Bewegungsenergie beim Bremsen in der Batterie gespeichert.

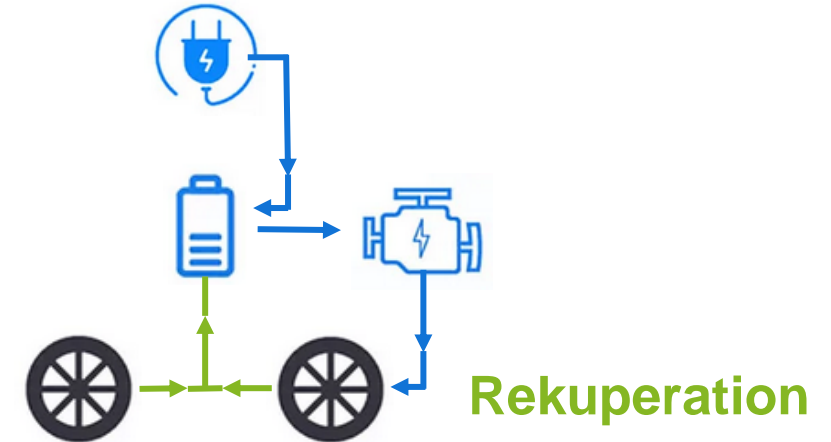


© Toyota

# Elektromobilität im Kfz-Bereich: Hybridfahrzeuge (HEV)

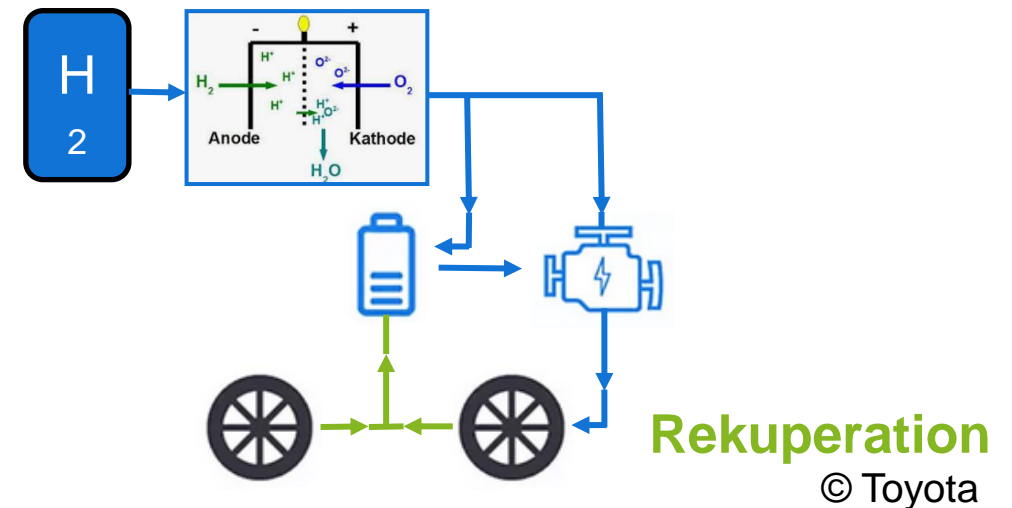
## ■ Batterie-elektrische Fahrzeuge (BEV)

Reine Elektrofahrzeuge sind ausschließlich mit einem Elektromotor ausgestattet und erhalten ihre Energie aus einer Batterie im Fahrzeug, die ihrerseits über das Stromnetz aufgeladen wird. Durch Rekuperation wird ein Teil der Bewegungsenergie beim Bremsen in der Batterie gespeichert.

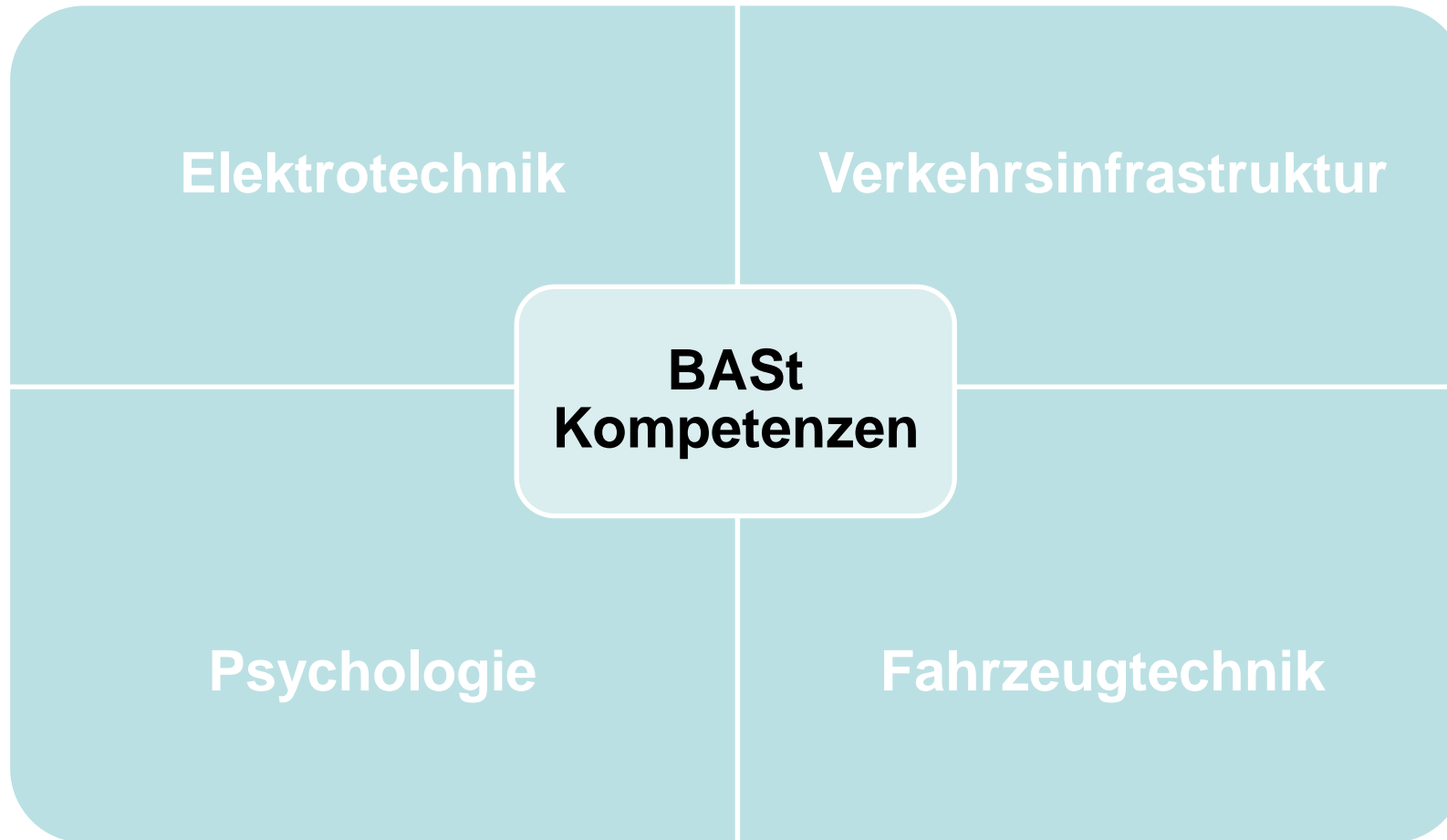


## ■ Brennstoffzelle – Fuel Cell (FCEV)

Eine Brennstoffzelle erzeugt elektrische Energie durch ein chemisches Verfahren. Die Basiselemente dieses Prozesses sind Wasserstoff  $H_2$  und Sauerstoff. Die Brennstoffzellen-Einheit wird meist durch eine leistungsstarke Batterie ergänzt. Damit sind Fuel Cell Fahrzeuge auch eine Art Hybridfahrzeug mit einem Antrieb, der eine Brennstoffzellen-Einheit und eine Batterie miteinander kombiniert. Die Batterie unterstützt beim Anfahren und Beschleunigen den Brennstoffzellen-Antrieb. Durch Rekuperation kann ein Teil der Bewegungsenergie beim Bremsen in der Batterie gespeichert werden.



## Kompetenzen der BASt



## Projekte der BASt

Fachliche Bewertung der technischen Machbarkeit und Integrationsfähigkeit der Oberleitungstechnologie (ENUBA 2)

„Sicherheitsaspekte beim Laden von Elektrofahrzeugen“ (FE 82.0552/2012)

Expertenetzwerk TF5 „Erneuerbare Energien“: Verkehrsträgerübergreifender Austausch von EE



Bedarfsplanung zur Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge an Bundesfernstraßen (FE 02.0348/2012)

Assoziierter Projektpartner



Alternative Antriebe im Straßenbetriebsdienst (AIADin)  
Batterieelektrische Antriebe Für Unimog und 3-Achser

PV-SÜD:  
Straßenüberdachung mit PV Demonstrator an T&R-Ausfahrt an BAB A81

Dynamisches Induktives Laden auf duraBASt  
3 Projekte: Inductinfra, eCharge, E|ROAD

PV-BuF: Potenziale für PV an Bundesfernstraßen  
PhonSi – 100 Dächer:  
PV an Straßenmeistereien (Dach und Fassade)



# Oberleitungs-Lkw (15 Lkw gesamt)

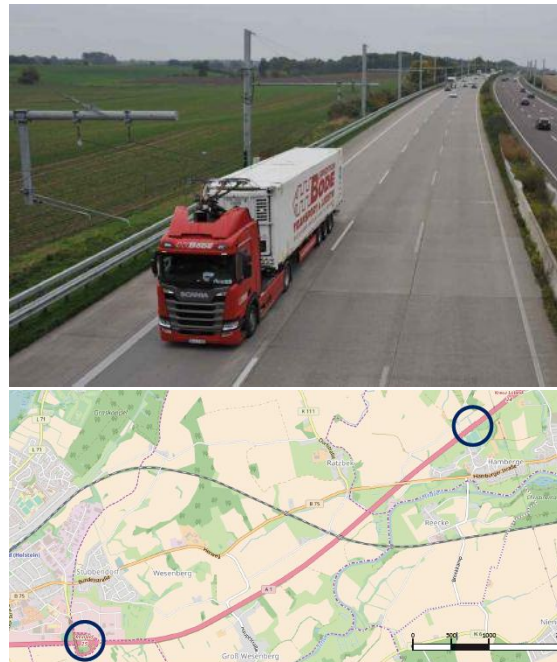
## ELISA - eHighway Hessen BAB A5

Bau: April-November 2018  
Betrieb: 05/2019 – 12/2022  
Länge: 2x5km (beide FR)  
Fördermittel: 14,6 Mio. Euro



## FESH – Feldversuch eHighway SH, BAB A1

Bau: 10/2018 – 05/2019  
Betrieb: 2019 – 12/2022  
Länge: 2x5km (beide FR)



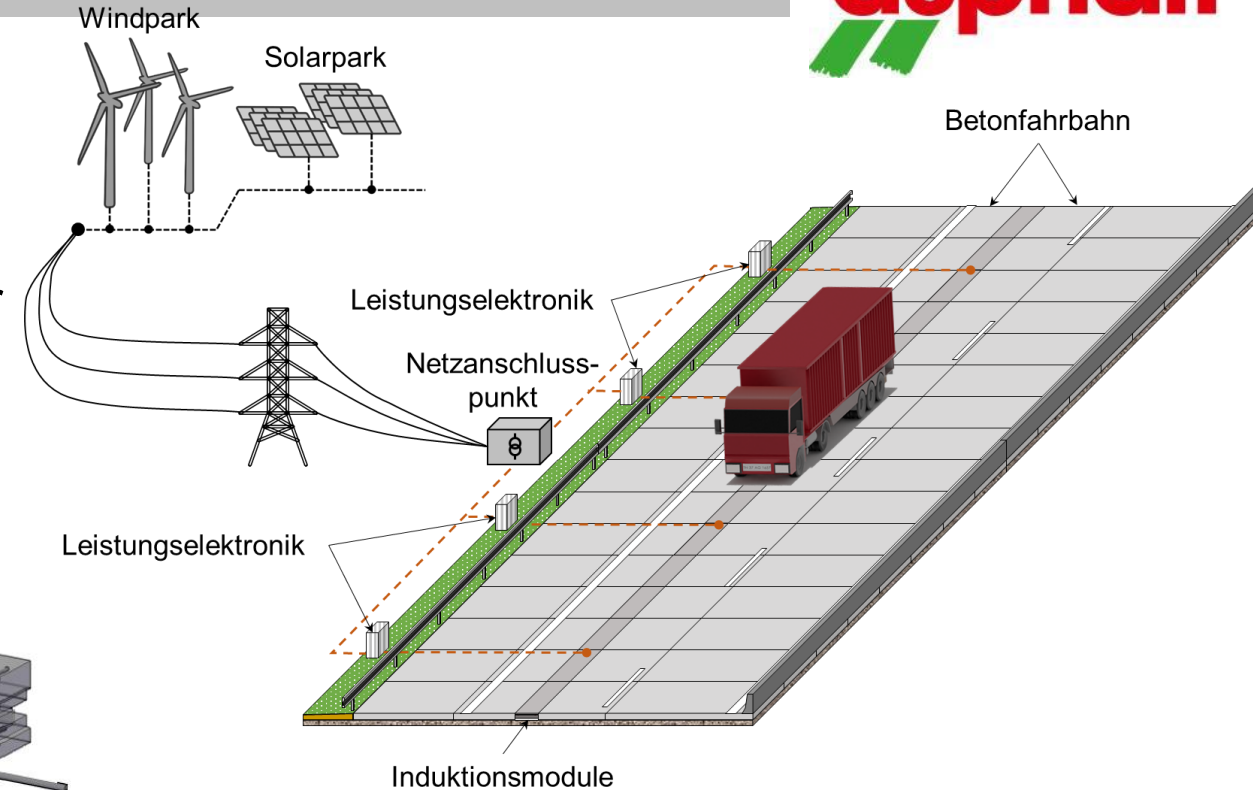
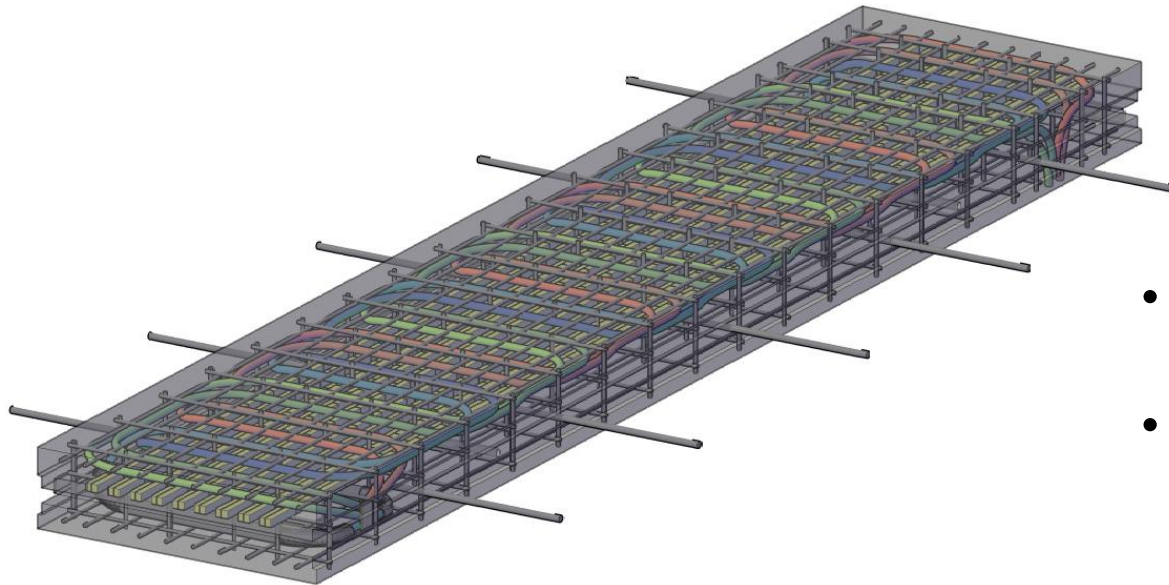
## eWayBW B 462

Bau: 06/2020 – 06/2021  
Betrieb: 07/2021 – 06/2024  
Länge: ca. 4km



# Induktives dynamisches Laden

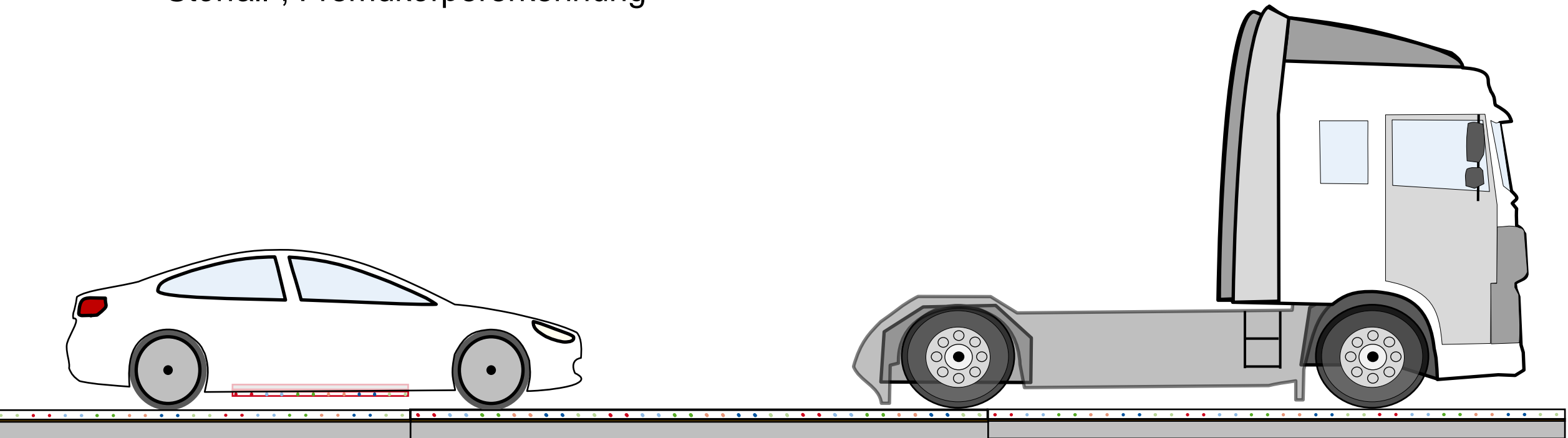
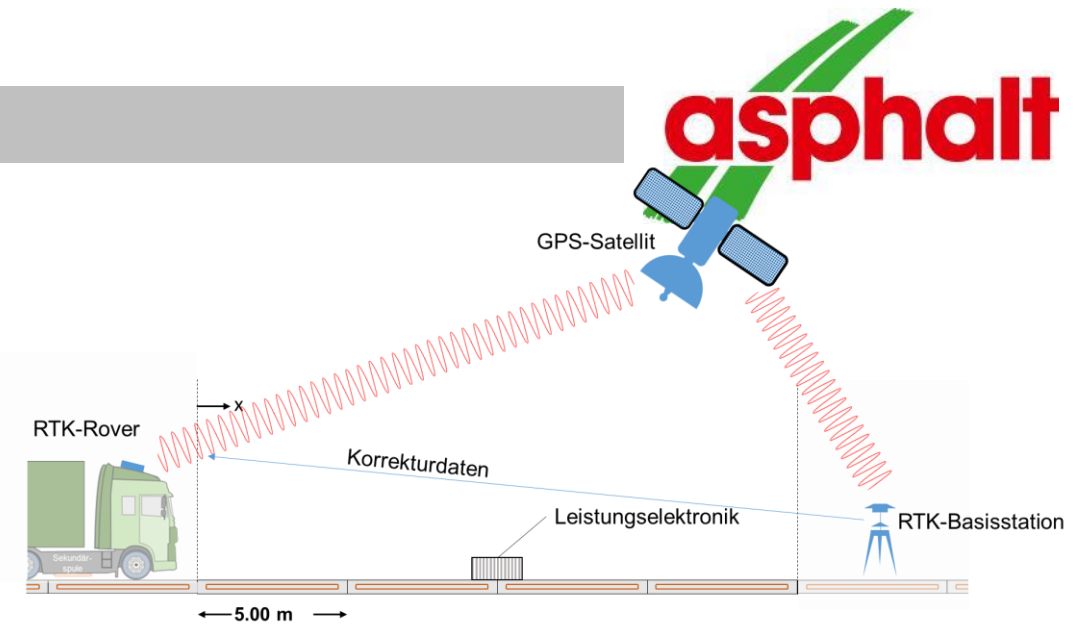
- Modularer Aufbau
- Dreiphasiges Wicklungssystem
- Bemessungswirkleistung pro Modul auf der Sekundärseite: 100 kW (für Lkw: 200kW)



- Demonstratoren in D, USA, Israel, Schweden, Italien, Frankreich, China
- Max. 1km Länge

# Induktives dynamisches Laden

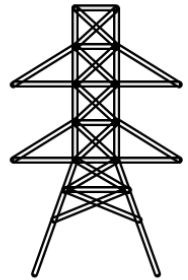
- Für Pkw und Lkw geeignet
- Abstand Fahrbahnoberfläche ↔ Sekundärmodul: > 11 cm
- Genaues Positionierungssystem erforderlich
- Störfall-, Fremdkörpererkennung





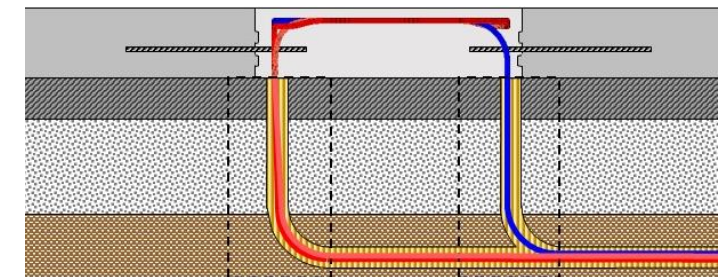
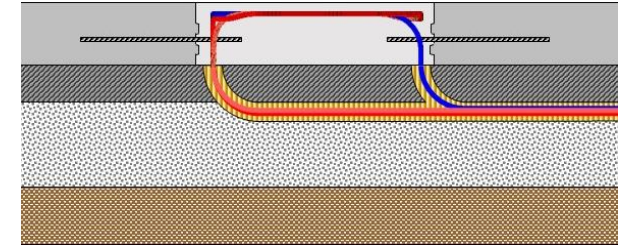
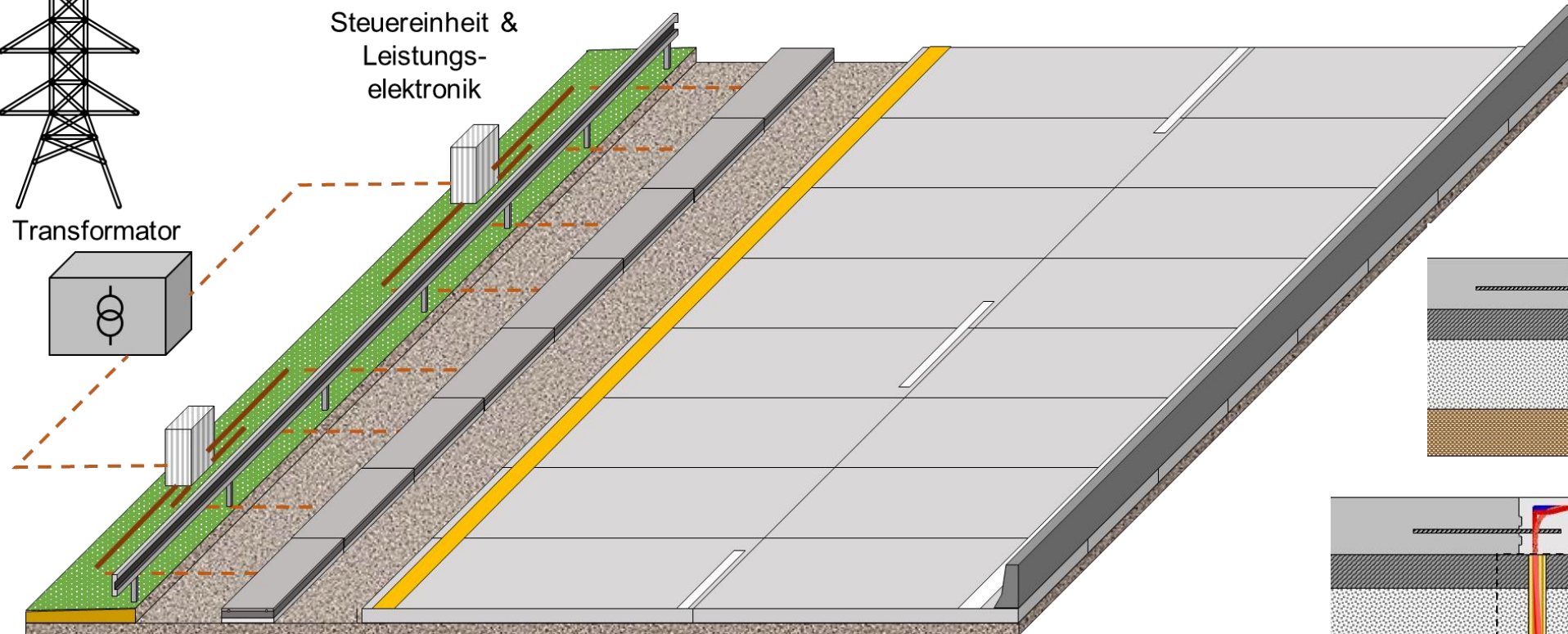
# Induktives dynamisches Laden

Anbindung an  
übergeordnetes  
Energienetz



Transformator

Steuereinheit &  
Leistungs-  
elektronik



- Nachrüstung der Seitenstreifen
- Betrieb über temporäre / dauerhafte Seitenstreifenfreigabe

## Oberleitungs-Lkw (Pilotstrecke)

	Scania CV BA
Antrieb	Elektrisch (Pantograph) Elektrisch (Batterie einige km) Diesel
Gewicht	40t



Quelle: Projekt ewaybw

*OH-LKW mit reinem Akkubetrieb als Back-up vorgesehen*



## Batterieelektrischer Lkw

In der Batterieentwicklung wurden große Fortschritte erzielt, z.B. bei der Energiedichte, der Zyklenfestigkeit und den Kosten.

	Futuricum
Nutzlast	bis 28,5 t
Kapazität	900 kWh
Ladezeit mit 150kW	4,1 h
Ladezeit mit 350kW	1,7 h
Reichweite	500 km
Gewicht Batterie	5440 kg



Alle Angaben sind Herstellerangaben

## Designwerk: HIGH CAB for long distances

	Designwerk
Nutzlast	bis 50 t
Kapazität der Batterie	1.027 kWh
Ladezeit mit 150 kW*	4 h
Ladezeit mit 350 kW*	1,7 h
Reichweite mit Trailer	Bis 685 km
Gewicht Batterie	5.620 kg



\* Von 20 % bis 80 %



# Volvo

Technische Daten	Volvo
Dauerleistung	666 PS/490 kW
Batteriekapazität	540 kWh
Ladezeit mit 43 kW (AC)*	10 h
Ladezeit mit 250kW (DC)*	1,9 h
Reichweite	343 km
Zul. Zuggesamtgewicht	40 t

\* Von 20 % bis 80 %



[Volvo FH Electric](#)

## eActros 400

Technische Daten	Daimler
Dauerleistung	330 kW
Batteriekapazität	448 kWh
Ladezeit mit 160 kW*	1h 40min
max. Geschwindigkeit	89 km/h
Reichweite	Bis 400 km
Zul. Zuggesamtgewicht	27 t

\* Von 20 % bis 80 %



[eActros 400](#)

## eActros 600

Technische Daten	Daimler
Spitzenleistung	Bis 600 kW
Batteriekapazität	621 kWh
Ladezeit mit Megawatt charging*	In 30 min
Lebensdauer der Batterie	1,2 Million km
Reichweite	Bis 500 km
Zul. Zuggesamtgewicht	40 t

\* Von 20 % bis 80 %



## Tesla Semi

- „Serienproduktion“ gestartet, bisher ca. 50 Fahrzeuge im Einsatz bei PepsiCo
- Total Cost of Ownership: deutlich niedriger als Diesel

Nutzlast	Keine Einschränkung im Vgl. zu Diesel
Kapazität	ca. 1000 kWh
Preis (750km Batt.)	180.000 US Dollar
Cw-Wert	0,36
Reichweite	Derzeit ca. 633 km
Gew. Batterie	?



Angaben von Tesla & PepsiCo bzw.  
[www.energieloesung.de](http://www.energieloesung.de)



## ERS – BEV – H2 - eFuels: Vor- und Nachteile

- Zusammenfassung von Studien von ITF, ICCT, ETH Zürich, Fraunhofer ISI:
  - Kostenparität (TCO) von BEV, ERS mit Diesel je nach Größe der Lkw: 2023-2035 (CO<sub>2</sub>-Bemautung und andere externe Faktoren haben großen Einfluss)
  - ERS: geringere Batteriekosten, aber hohe Investitionen in Infrastruktur, organisatorische Hürden (Betrieb der Ladeinfrastruktur öffentlich/privat), Lkw mit kleinen Batterien nur auf dem Kern-ERS-Netz sinnvoll einsetzbar
  - BEV: höhere Anschaffungskosten für Batterien aber dann flexibel einsetzbar
- Unbekannte: Autonom fahrende Lkw und resultierende Konsequenzen für die Ladeinfrastruktur (Zeitskalen für Einführung korrelieren), starke Verkopplung des Verkehrs- und Energiesektors (Risiko: Kaskadeneffekte), noch kein Verteiler- und Ladenetz, Entwicklung des BEV-Anteils im Cargo-Bereich

## ERS – BEV – H2 - eFuels: Vor- und Nachteile

- ▶ H2: voraussichtlich nur Spezialanwendungen aufgrund hoher Kosten, hohe H2 Konkurrenz z.B.: klimaschonende Herstellung von Metallen, kein Verteilernetz, kaum H2V, schwierige H2-Speicherung und herausfordernde Betankung der H2Vs
- ▶ eFuels: zwar hohe Kosten und Energieaufwände für Kraftstoffherstellung aber Nutzung der Bestandsflotte und des Bestandsverteilernetzes möglich, geeignet für den längerfristigen technologischen Übergang, bei schrittweiser Steigerung der Beimischungen erfolgt eine sukzessive Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes aus fossilen Quellen, gute Speicherbarkeit der Kraftstoffe, geringeres Risiko für Kaskadeneffekte infolge Verkopplung des Energie- und Verkehrssektors, Flächenbedarfe für Energiebereitstellung zu groß um sie in Deutschland zu realisieren, Importe notwendig

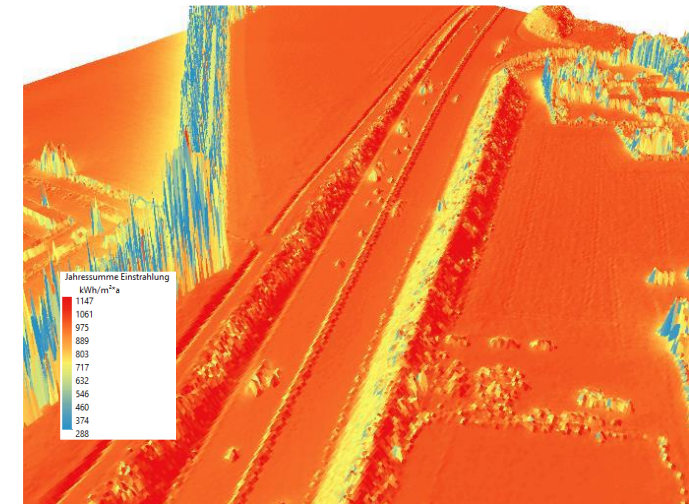
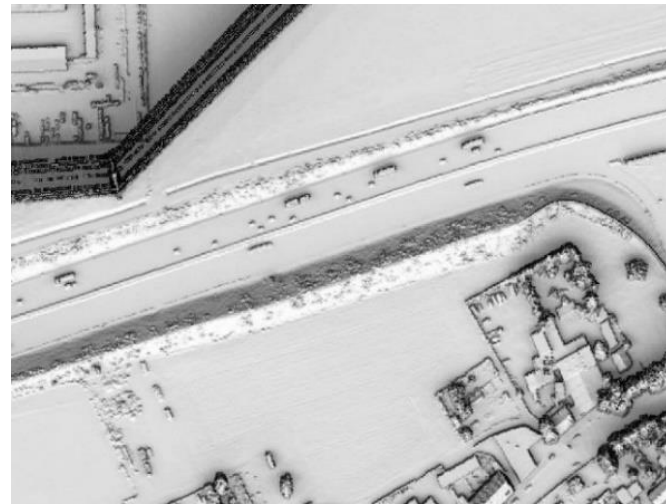
## Überlegungen zur Versorgung von BEV

- Der Energiebedarf entlang der Strecke wird ähnlich ausfallen, egal ob ERS oder stationäres (punkt- oder linienförmiges) Laden sich durchsetzen.
- NB: In den meisten Modellberechnungen wird von ca. 30-40% des Schwerverkehrs als Nutzer von ERS ausgegangen, alle anderen Fahrzeuge laden stationär.
- Daher untersucht die BASt Potenziale zur Produktion erneuerbarer Energie an Straßen zur netzschonenden Versorgung der Ladeinfrastruktur.



## PV-BuF: PV Potenziale an Bundesfernstraßen

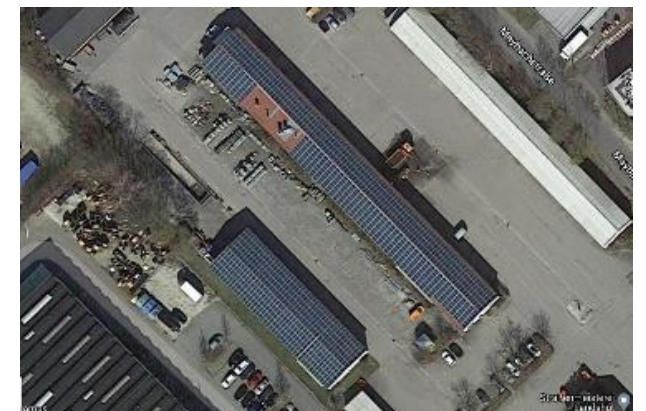
- ▶ Kartierung und Potenzialabschätzung auf Basis validierter Ertragsmodelle
- ▶ Parkplätze, Lärmschutzeinrichtungen, Gebäude, Freiflächen
- ▶ Implementation neuer Technologien (z.B. Lsw-Aufsätze)



# Ermittlung der Photovoltaikpotenziale im Bereich von Straßenmeistereien (PhonSi)

Ziel:

- Bestimmung von PV-Potenzialen an Meistereigebäuden: sehr große Potenziale: ca. 300 kW pro Meisterei
- Analyse von 100 Dächern: wertvolle Datengrundlage
- Entscheidungsgrundlagen für die Verantwortlichen vor Ort
- Nachtrag zu rechtlichen und organisatorischen Fragen mit konkreten Empfehlungen für zwei Demonstrator-Projekte



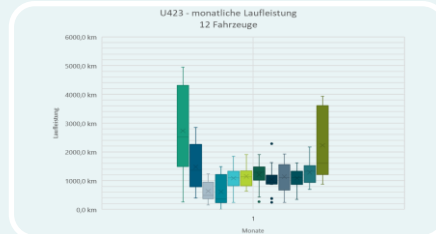
# Projekt „ALADIN“

## Alternative Antriebe im Straßenbetriebsdienst: Insbesondere BEV aber auch H2, CNG, E-Fuels



### Analyse der IST-Situation

- Erfassung der Anbaugeräte
- Analyse Leistungsbedarf
- Verfügbarkeit bisheriger Fahrzeuge mit E-Antrieb



### Anforderungen des Betriebsdienstes

- Ermittlung Energiebedarf
- Empfehlung Batteriegröße & Art



### Analyse der Ladeinfrastruktur

- Voraussetzungen analysieren
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung



### Konzeption Pilotanwendungen

- Anzahl Fahrzeuge
- Zeitraum
- Eignung verschiedener Arbeiten



## PV-SÜD: PV-Straßenüberdachung (DACH Call 2019)

- Der im Projektbudget enthaltene Demonstrator wurde auf dem Beschleunigungsstreifen einer Rastanlage (A81) erstellt und wird nun messtechnisch begleitet.
- Er ist technisch so gebaut, dass er grundsätzlich auch auf BAB (Richtungsfahrbahn) eingesetzt werden könnte.
- Insgesamt sollen die Einsatzpotenziale und Einsatzgrenzen (Wirtschaftlichkeit, Zielkonflikte) aufgezeigt werden.



**Vielen Dank!**  
Ich freue mich auf die  
Diskussion.





# Autobahn GmbH hat aktuell den Actros 600e im Winterdienst getestet



Bilder Daimler Truck AG