

# ACTUATE

## Fortbildung für sicheres, wirtschaftliches Fahren elektrisch betriebener Fahrzeuge - Hybridbus -



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



# ACTUATE

„Fortbildung für sicheres, wirtschaftliches Fahren elektrisch betriebener Fahrzeuge“

Mehr Informationen unter <http://www.actuate-ecodriving.eu/>



- Projekt zur **Optimierung von Fahrverhalten zur Reduzierung des Energieverbrauchs**
  - Entwicklung von Trainingsprogrammen und allgemeinen Bildungsmaßnahmen für das wirtschaftliche Fahren elektrisch betriebener Fahrzeuge im Ö-PNV.
  - Fahrer steht als zentraler Stellhebel für wirtschaftliche Fahrweise im Mittelpunkt
  - Begleitende Motivationskampagnen stellen sicher, dass die Fahrer auch weiterhin das anwenden, was sie in den Fortbildungen gelernt haben



# ACTUATE-Konsortium

- Das ACTUATE-Konsortium besteht aus
  - fünf Nahverkehrsbetrieben aus **Salzburg** (Salzburg AG, Österreich), **Brno** (DPMB, Tschechische Republik), **Parma** (TEP S.p.A., Italien), **Leipzig** (LVB) und **Eberswalde** (BBG, beide Deutschland), die bereits elektrisch angetriebene Fahrzeuge betreiben,
  - sowie den Leipziger Aus- und Weiterbildungsbetrieben (**LAB**),
  - dem belgischen Bushersteller **Van Hool** und
  - **trolley:motion**, dem internationalen Verein zur Förderung innovativer, abgasfreier E-Bus-Systeme (Österreich).
  - Projektkoordinator ist **Rupprecht Consult** (Deutschland)



# Kontakt

## ■ Rupprecht Consult – Forschung & Beratung

Dr. Wolfgang Backhaus

Clever Straße 13-15

50668 Köln/ Germany

Tel.: +49/221/606055-19

Mail.: [w.backhaus@rupprecht-consult.eu](mailto:w.backhaus@rupprecht-consult.eu)

Web: [www.rupprecht-consult.eu](http://www.rupprecht-consult.eu)

## ■ Salzburg AG

für Energie, Verkehr und Telekommunikation

**Salzburger Lokalbahnen**

DI Christian Osterer

Plainstraße 70

5020 Salzburg/ Austria

Tel.: +43/662/4480-1500

Mail.: [salzburger\\_lokalbahnen@salzburg-ag.at](mailto:salzburger_lokalbahnen@salzburg-ag.at)

Web: [www.slb.at](http://www.slb.at)

Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Präsentation liegt bei den AutorInnen. Sie gibt nicht unbedingt die Meinung der Europäischen Union wieder. Weder die EASME noch Europäische Kommission übernehmen Verantwortung für jegliche Verwendung der darin enthaltenen Informationen.



# Einleitung



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



# Wirtschaftliches Fahren im Linienverkehr

- wirtschaftliches Fahren im Linienverkehr bedeutet:
  - energieeffizientes,
  - verschleißarmes und
  - ökologisches Fahren.
  
- wirtschaftliches Fahren trägt
  - zur Schonung der Umwelt,
  - zum stressfreieren Zurücklegen des Reiseweges für Fahrgäste und Fahrer,
  - zur Reduktion der Energie- und Instandhaltungskosten bei



## 3 Gebote für wirtschaftliches Fahren

- **Gebot der Sicherheit**

Dem Gebot der Sicherheit haben sich alle weiteren Gebote unterzuordnen

- **Gebot der Pünktlichkeit**

Pünktlichkeit ist im Linienverkehr Voraussetzung und bedeutet weder eine verfrühte, noch eine verspätete Abfahrt von einer Haltestelle

- **Gebot der Wirtschaftlichkeit**

Wirtschaftliches Fahren bedeutet die Minimierung des Energieverbrauchs und die Schonung des Fahrzeuges unter Beachtung der Gebote Sicherheit und Pünktlichkeit





# Energieträger – E-Mobilität

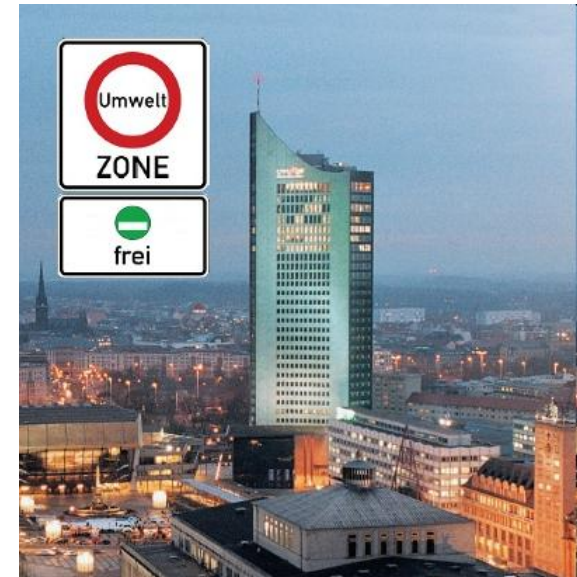
- Nutzung vorhandener elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern
- keine Umwandlungsverluste bei der Gewinnung aus erneuerbaren Energieträgern  
(im Gegensatz zum Raffinerieprozess bei Benzin und Diesel)
- lokal emissionsfrei
- Möglichkeit von Rückgewinnung bei Bremsvorgängen
- Wirkungsgrad bei Elektromotoren bis zu 99%, bei Dieselmotoren nur bis zu 35%  
(Benzin- und Gasmotoren liegen darunter)
- **elektrische Antriebe sind umweltfreundlich!**





## Wann bewegt sich das Hybridfahrzeug „sauber“?

1. Gefüllte Stromspeicher
2. Möglichst wenig elektrische Verbraucher
3. Verbrennungsmotor aus
4. Verbrennungsmotor niedrige Drehzahl
5. Verbrennungsmotor mit Betriebstemperatur
6. **Angepasster Umgang des Fahrers mit dem Fahrzeug**



- Einführung eines modifizierten Hybridplanes
- Richtige Bedienung der Hybridfahrzeuge ist notwendig



## Wem nützt das „eco driving“?

Eine wirtschaftliche Fahrweise bedeutet nicht nur die tatsächliche Einsparung von Kraftstoff.

- **Dem Fahrzeug**

- Es entsteht weniger Verschleiß, die Antriebsaggregate werden sorgfältiger behandelt.



## Wem nützt das „eco driving“?

### ■ Der Umwelt

- Es entstehen weniger Emissionen und Feinstaub

### ■ Dem Unternehmen

- Durch wirtschaftliche Fahrweise mit Hybridtechnologie kann nach den Erfahrungen beim ACTUATE-Partner Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB, DE) eine (zusätzliche und nicht technisch basierende) Reduzierung des Kraftstoffverbrauches von ca. 5 Prozent erreicht werden. Die wirtschaftliche Denkweise ist auf das Fahren mit Dieselnbussen übertragbar, weil das geschulte Personal auch dort zum Einsatz kommt.

Eine Beispielrechnung für die LVB: Bei einem Jahresverbrauch von etwa 4,5 Mio. Litern Kraftstoff ist mit einer Einsparung von ca. 225.000 Litern Dieselmkraftstoff für Leipzigs Busflotte zu rechnen.

Finanziell wäre das eine Einsparung von etwa 280.000 € pro Jahr für die LVB.



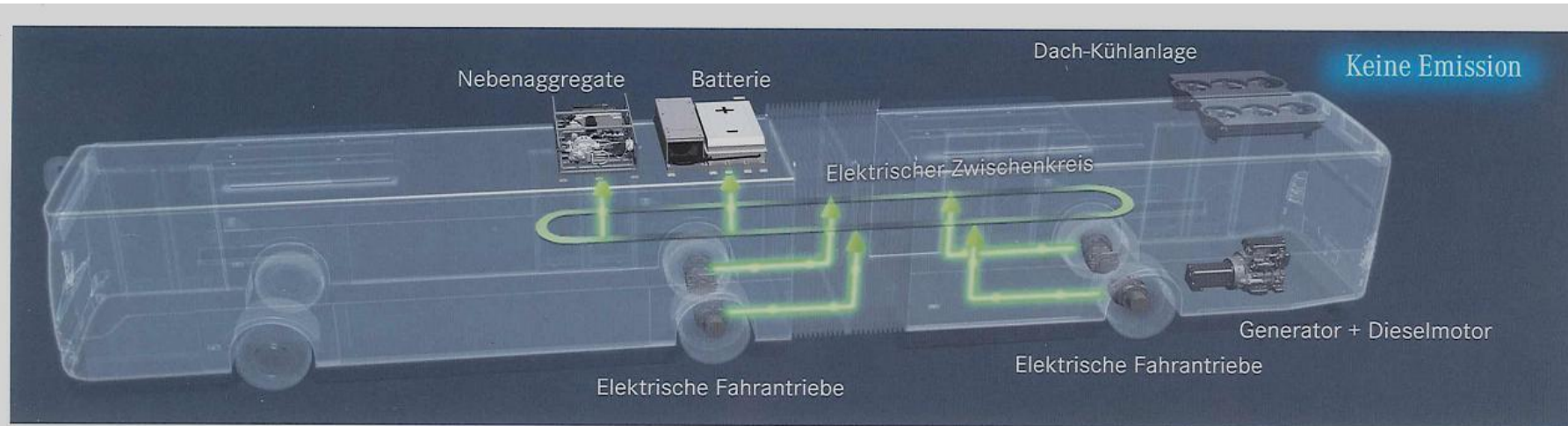
# Funktionsweise des Systems „Hybridbus“



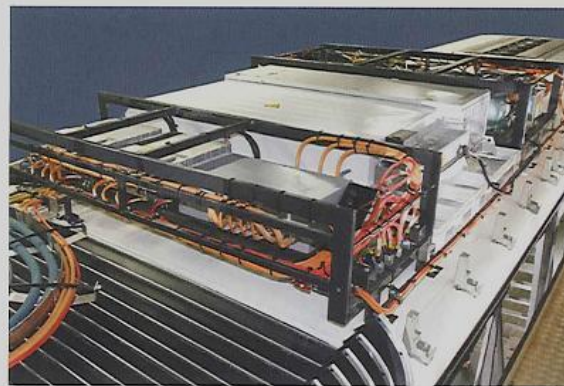
Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate





Die Komponenten des Citaro G BlueTec®-Hybrid.

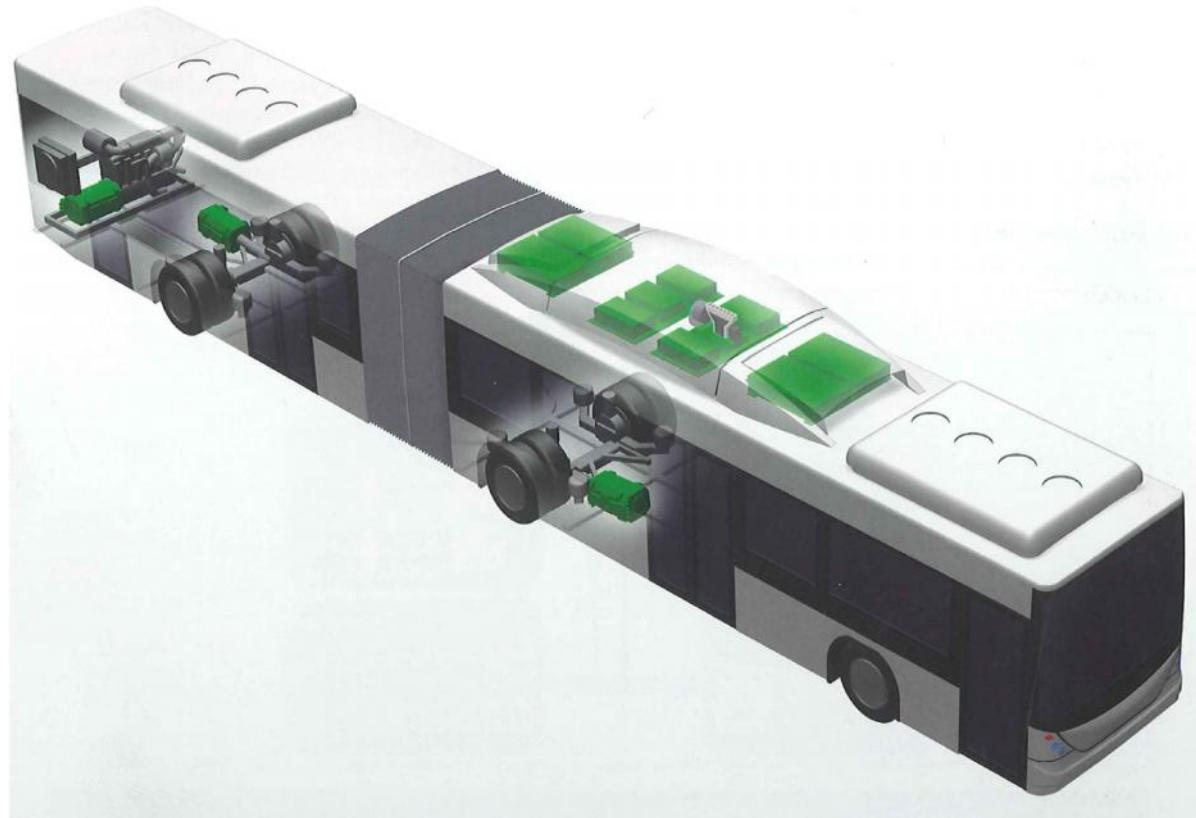


- 4 Elektromotoren 4x80 kW
- Dieselmotor 160 kW
- Speicherung der Energie in Lithium Ionen Batterie





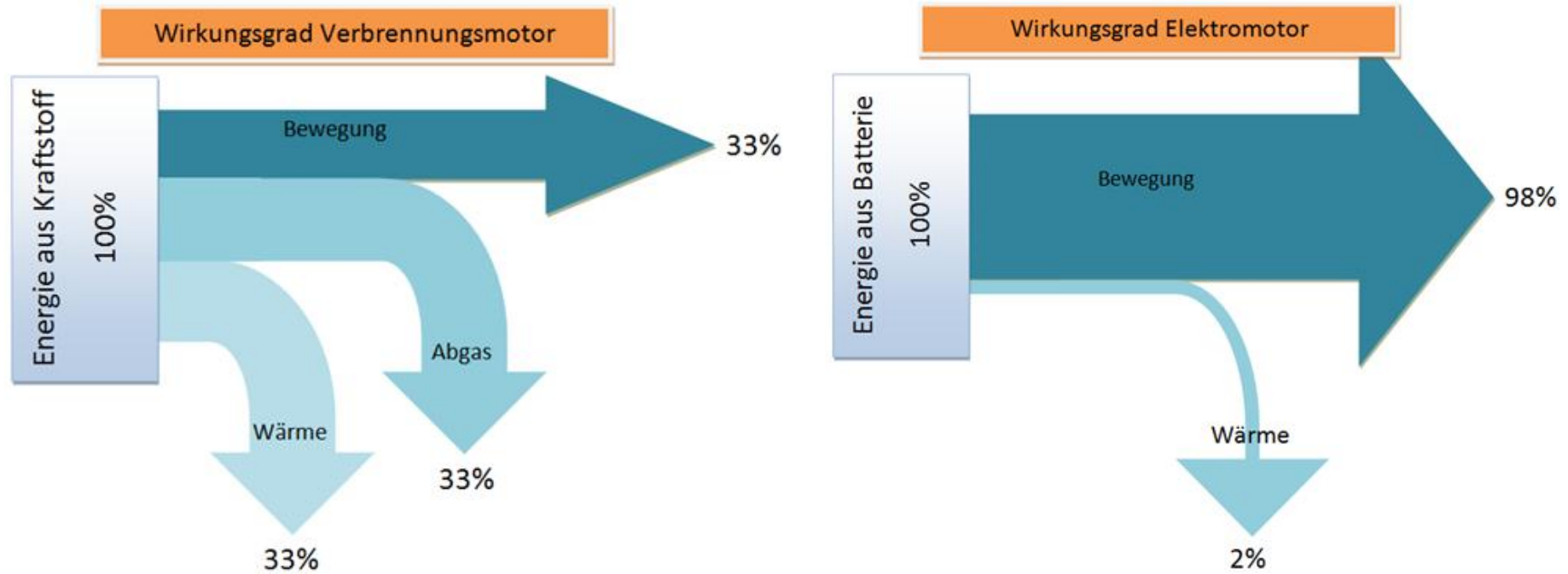
- 2 Elektromotoren mit je 160 kW
- Dieselmotor mit 190 kW
- Speicherung der Energie in Super Cap
- Energiemanagement



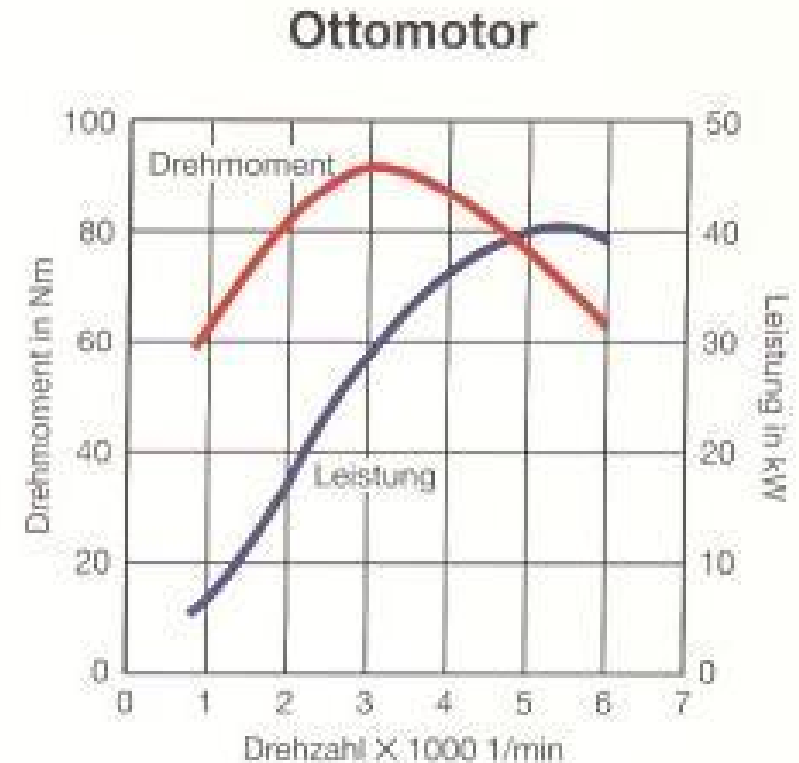
Quelle Vossloh-Kiepe







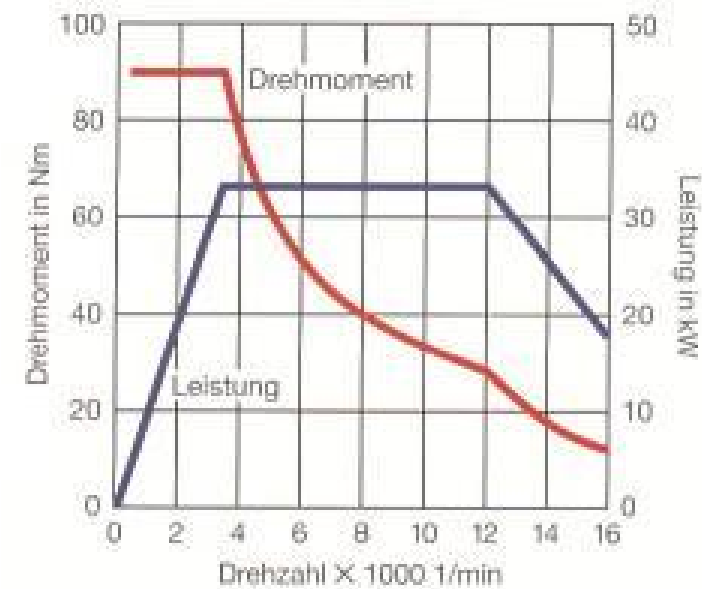
- bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor muss durch das Schaltgetriebe die Zugkraft an den Rädern in Abhängigkeit von der geforderten Leistung und Fahrgeschwindigkeit der Fahrzeuges eingestellt werden
- unterhalb der Lehlaufdrehzahl ist praktisch kein nutzbares Drehmoment vorhanden



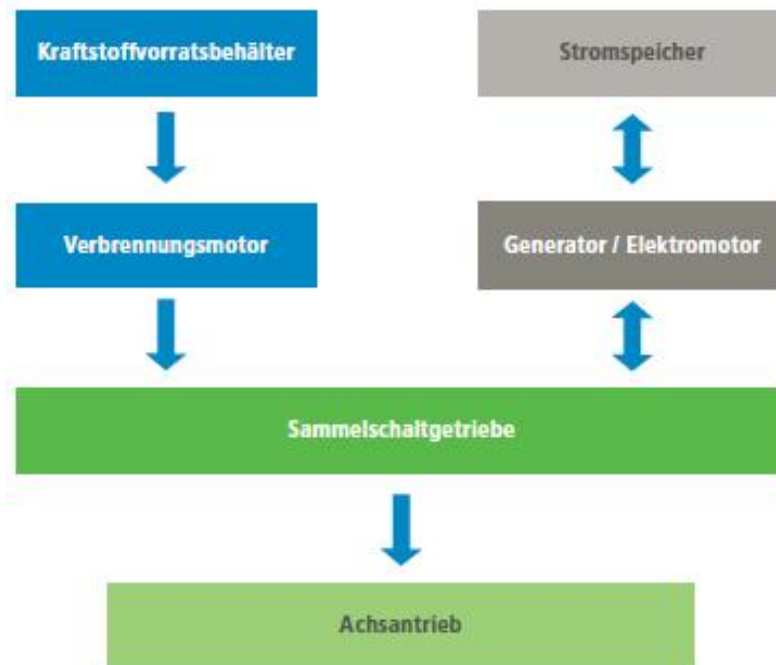
Der Elektromotor weist mehrere Vorteile gegenüber einem Verbrennungsmotor auf:

- sehr reibungsarm, wodurch auch wenig Abwärme entsteht.
- Wirkungsgrad 80 bis 90 Prozent je nach Drehzahl und Lastzustand.
- besonders gute Drehmomentcharakteristik,
- ab der ersten Drehzahl liegt annähernd das maximal erreichbare Drehmoment vor.
- Damit entfällt die Notwendigkeit eines Getriebes und einer Kupplung.
- Zusätzlich ist die Integration in die Radnabe möglich.

## Elektromotor



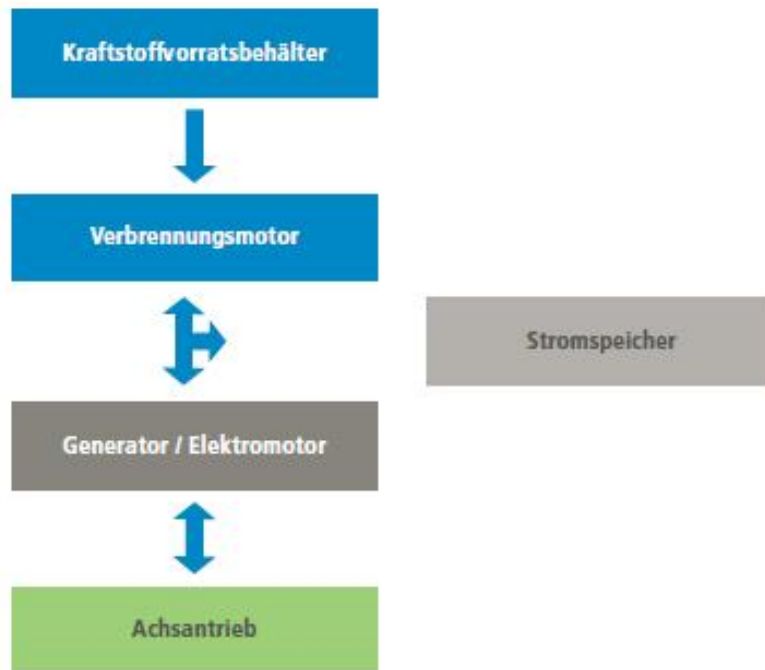
## Paralleler Hybrid



Die Vorteile des Parallelen Hybrid sind  
 Zu Einem der für den Hybridantrieb typisch  
 verminderten Verbrauch wie ebenso ein  
 mehr oder weniger deutlich gesenkter CO<sub>2</sub>-  
 Ausstoß. Je nach Stufe des Parallelen  
 Hybrid – Mikro-Hybrid, Mild-Hybrid oder  
 Voll-Hybrid – ist die Kraftstoffeinsparung  
 wie ebenso die CO<sub>2</sub>-Minimierung allerdings  
 unterschiedlich.



## Serieller Hybrid

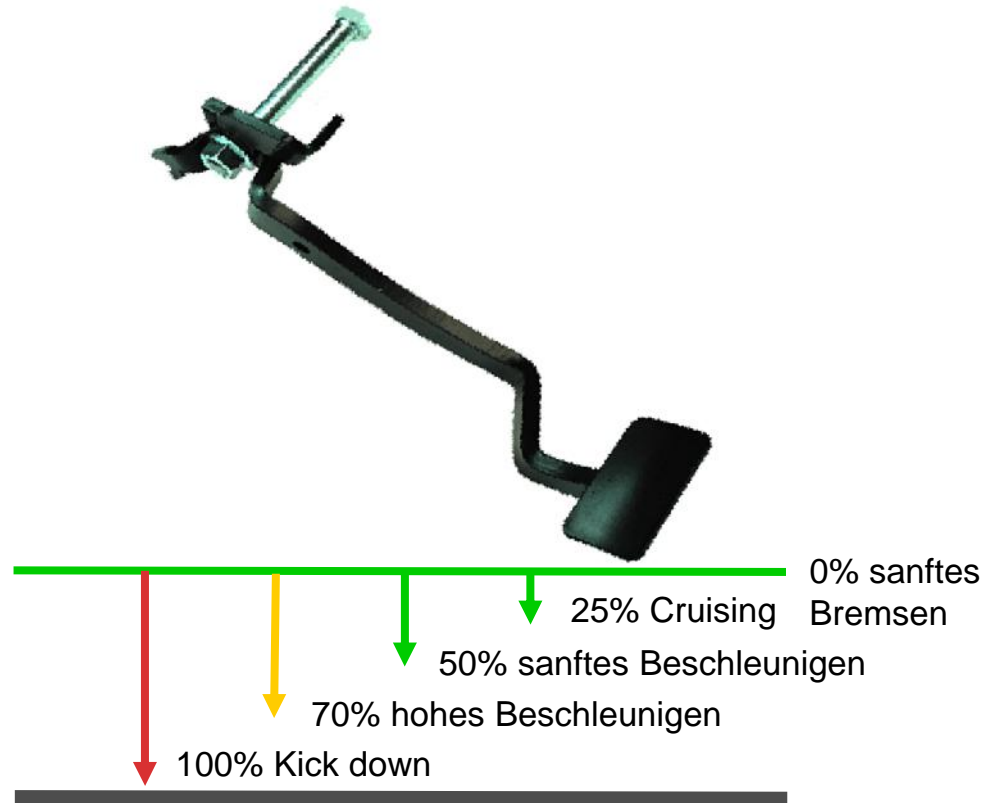


Der große Vorteil des Seriellen Hybrid liegt darin, dass der Verbrennungsmotor in einem optimalen Fenster betrieben werden kann, was die Drehzahl und somit das Drehmoment angeht. Hieraus ergibt sich der „Trend“ Downsizing und vor allem ein minimierter Benzinverbrauch wie ein ebenso minimierter CO<sub>2</sub>-Ausstoss.



- Mit der Stellung des Fahrpedals bestimmt der Fahrer nicht die Motordrehzahl des Dieselmotors, sondern die Leistung für die Fahrmotoren.
- Das ZLG (Zentrales-Leit-Gerät) steuert die Leistung und legt fest, ob die Supercaps, der Generator oder beide gemeinsam die Leistung zur Verfügung stellen.
- Der Generator stellt seine Leistung entsprechend der Motorkennlinie des Dieselmotors ein, um immer im Bestpunkt des Dieselmotors die max. Leistung abzufordern (Grundlage für Kraftstoffeinsparungen).
- Während des Bremsens (Bremspedal betätigt oder Fahrpedal in „0“ Stellung) übernimmt der Generator den Schubbetrieb des Dieselmotors. Der Dieselmotor wird dabei über den Generator bewegt, die Deseleinspritzung ist gesperrt.



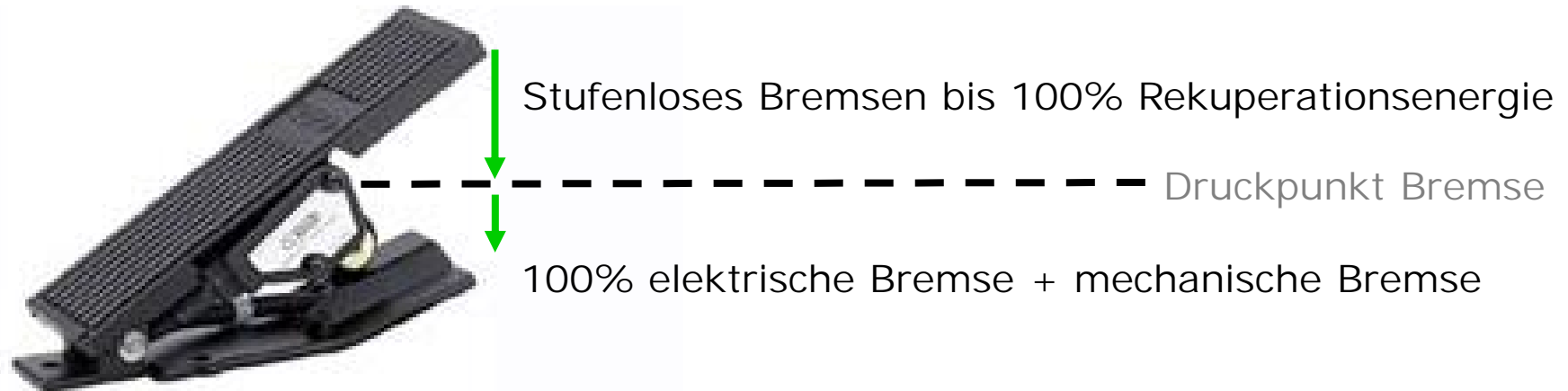


## Sanftes Bremsen

- ab 35 km/h mit 20% der maximalen Rekuperationsrate
- unter 25 km/h mit 10% der maximalen Rekuperationsrate
- zwischen 35 und 25 km/h erfolgt ein weiches Abrampen der Rekuperationsrate
- Bremsgefühl ähnlich wie bei der Motorbremse







## Bremsen

- Fahrzeug lässt sich mit der elektrischen Bremse bis 3 km/h abbremsen, der Stillstand erfolgt mit der mechanischen Bremse
- Das Festhalten des Fahrzeuges erfolgt mit Haltestellenbremse/ Feststellbremse
- Das Fahrzeug ist gegen Zurückrollen gesichert



## Umgang mit Retarder

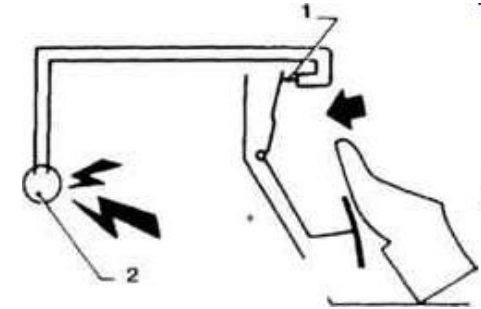
- Der Retarder erzeugt durch die Bremswirkung eine höhere Energieausbeute
- Im Sinne des fahrgastfreundlichen Fahrens Retarderstufe beachten
- Retarder nicht „durchreißen“
- Möglichst langen Bremsweg nutzen



## Start Dieselmotor Zero Emissionsbetrieb

- Abfahren des Busses erfolgt mittels Leistung aus den Supercaps
- beim Treten des Fahrpedals bis zum Kick down wird der Startmodus über den Generator bei mind. 20% Energieinhalt der Supercaps aktiviert
- bis zum Starten des Dieselmotors tritt ein Zeitverzug von 1 Sekunden ein
- Die Wegstrecke für Zero Emission wird bestimmt durch den Energieinhalt der Supercaps und den Lastanforderungen zum Fahren (bei großen Wegstrecken in der Geraden kleine Fahrpedalstellung wählen)





### Start Dieselmotor Kick down

- Abfahren des Busses erfolgt mittels Leistung aus den Supercaps
- beim Treten des Fahrpedal über die Kick down Stellung wird der Startmodus über den Generator bei einer Geschwindigkeit von 10 km/h aktiviert
- bis zum Starten des Dieselmotors tritt ein Zeitverzug von 1 Sekunden ein

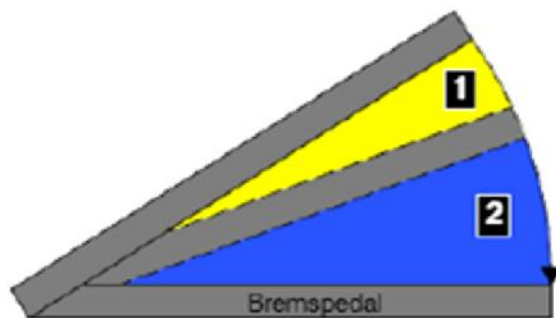
### Start Rückfallebene

- Kann der Generator den Dieselmotor nicht starten, wird der Anlassvorgang unterbrochen und der Anlasser mit einem Zeitverzug von 5 Sekunden automatisch zugeschaltet



## Bremspedal

1. Ausschließlich Ansteuern der elektrischen Bremse (max. 25% betätigt)



2. Zusätzliche Nutzung der mechanischen Bremse (25% - 100 %)





### **Einschalten eines Events**

- erfolgt mit Erreichen eines definierten GPS-Punktes der im Eventmanagement hinterlegt ist

### **Ausschalten eines Events**

- erfolgt mit Erreichen eines neu definierten GPS-Punktes oder durch Einschalten eines neuen Events, welche im Eventmanagement hinterlegt sind

### **Abwählen eines Events**

- erfolgt mit Betätigen des Betriebswahlschalters in Stellung „0“ und Stellung „Manuell“

### **Schalten von Events**

- Durch das Eventmanagement können einzelne Events geschaltet oder mehrere Events miteinander kombiniert werden



■ MAN Hybrid - Stadtbus



**Die Vorteile des MAN Lion's City Hybrid im Überblick:**

- Bis zu 30 Prozent weniger Kraftstoffverbrauch
- Optimale Luftführung durch neues EfficiencyDesign (cw-Wert von 0,31)
- Keine Geräusch- und Abgasemissionen an Haltestellen
- Schonung von Ressourcen
- Wartungsfreie, auf Fahrzeuglebensdauer ausgelegte Bremsenergiespeicher
- Eignung für Biokraftstoffe der zweiten Generation





## ■ MAN Hybrid - Stadtbus

Die Start- Stopp Automatik funktioniert vollautomatisch und unabhängig vom Fahrer

wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Geschwindigkeit unterschreitet 1,5 Km/h
- Ladezustand des Energiespeichers ist ausreichend ( 60% )
- Entladeleistung des Energiespeichers ist kleiner als 10 KW (Geschwindigkeit bis ca.18 Km/h)

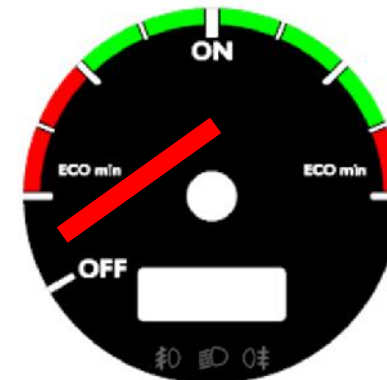
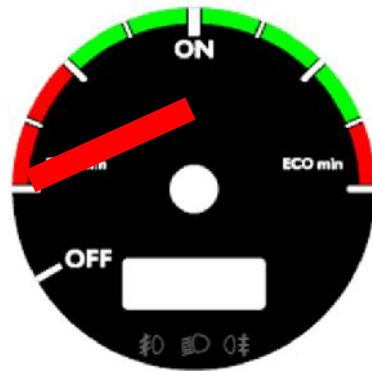


MAN Hybrid - Stadtbus



**Inbetriebnahme:**

Nachdem einschalten der Zündung, wird der Bordrechner gestartet.

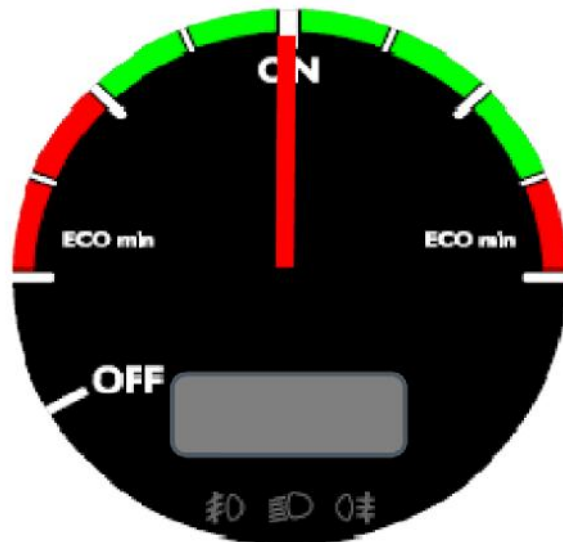


Dabei bewegt sich der Zeiger über die Stellung „OFF“



■ MAN Hybrid - Stadtbus

Ist das System betriebsbereit, bewegt sich der Zeiger in die Position „ON“



Das Fahrzeug ist fahrbereit, (Zeigerstellung: ON)

Erst dann, kann der Motor gestartet werden.



■ MAN Hybrid - Stadtbus



Es wird ökonomisch beschleunigt  
(rechts, ECO min = roter Bereich)



Es wird ökonomisch gebremst  
(links, ECO min = roter Bereich)

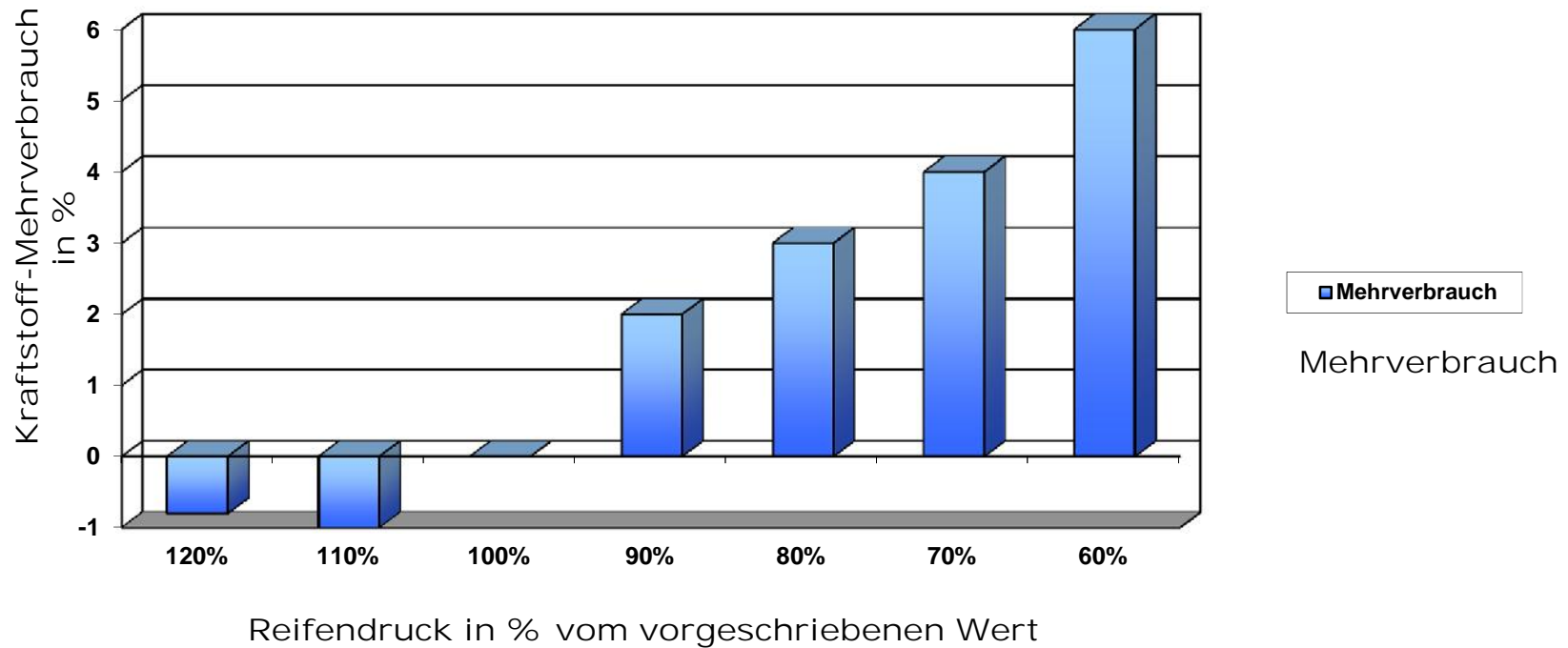


## Beeinflussbare Faktoren

- da Verkehrsaufkommen, Streckenführung und Zuladung (Gewicht) im Linienverkehr nicht beeinflussbar sind, gewinnen die Faktoren
  - Fahrstil
  - vorausschauende Fahrweise
  - Regelung der Heizungs- und Klimaanlagean Bedeutung
  
- Reifendruck und Zustand des (Hybrid-)Busses können augenscheinlich überprüft werden



## Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Reifendruck



Bei 110 % Luftdruckauslastung der Reifen senken Sie den Kraftstoffverbrauch um ca. 1 %.

Bei 70 % Luftdruckauslastung der Reifen haben Sie einen Mehrverbrauch von ca. 4 %.



# Praktisches Fahren



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



# Hinweise zum praktischen Teil des Trainings

- Auswahl einer „realen“ Fahrtroute/ Linie für praktischen Teil (möglichst realistische Rahmenbedingungen schaffen, z.B. Bus im aktuellen Linienbetrieb folgen), um möglichst realitätsnah Anfahren, Halten und Abfahren an Bushaltestellen zu simulieren)
- Festlegen einer bestimmten Reihenfolge der Fahrer/innen
- Energiemessung der Fahrt vorbereiten
- Anwendung des „normalen Fahrstils“ (Vorher-Fahrt)
- Für „Nachher-Fahrt“ möglichst gleiche Fahrtroute und gleiche Reihenfolge der Fahrer ermöglichen
- Fahrweise mit Einbezug der im Theorieteil vermittelten Informationen während Nachher-Fahrt vermitteln
- erneute Energiemessung zur Vergleichbarkeit möglicher Energieverbrauchs-reduzierung gegenüber Vorher-Fahrt ermöglichen





# Sicherheitsaspekte bei Hybridbussen



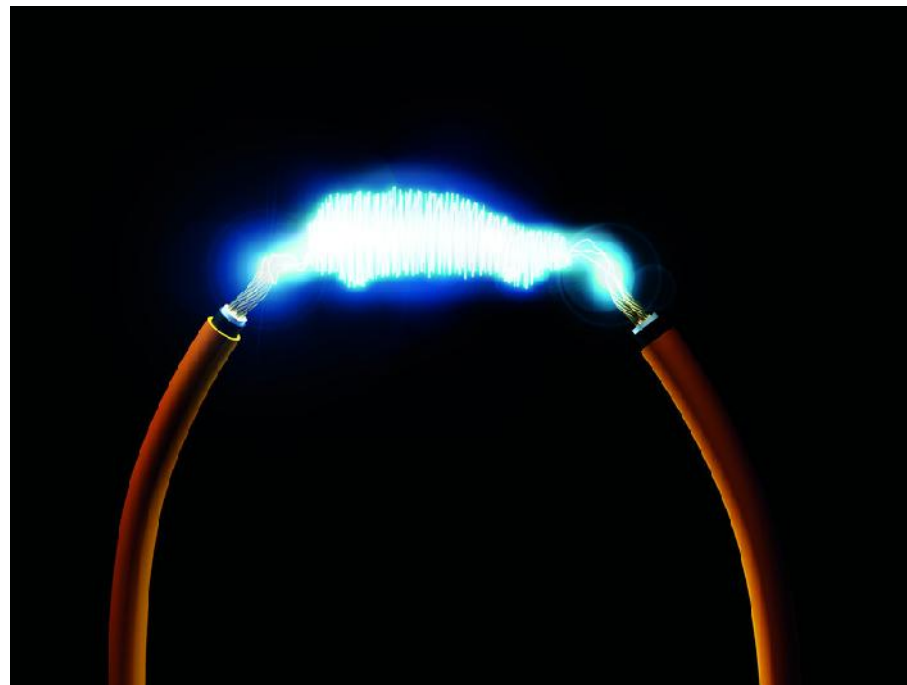
Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



■ Citaro G BlueTec Hybrid

Die elektrische Spannung des KOM Citaro G BlueTec Hybrid liegt bei 600 V.



©[http://www.amz.de/files/smthumbnaildata/lightboxdetail/4/1/9/7/0/6/Hochvolt.jr1405\\_29.1.jpg](http://www.amz.de/files/smthumbnaildata/lightboxdetail/4/1/9/7/0/6/Hochvolt.jr1405_29.1.jpg)



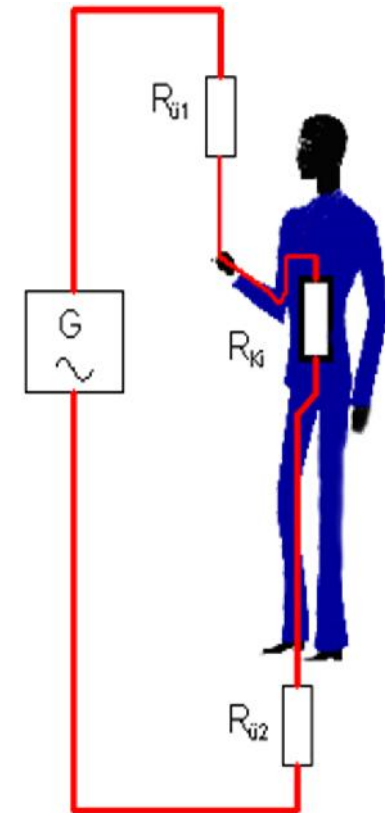
## Wirkung des elektrischen Stroms

Der durch den Körper fließende Strom hängt von der Spannung und dem Widerstand des Körpers ab:

- Körperwiderstand  $R_K$  = Körperinnenwiderstand  $R_{Ki}$  und Übergangswiderstände  $R_{Ü1}$  und  $R_{Ü2}$  an der Stromeintritts- und Stromaustrittsstelle

Die Übergangswiderstände hängen von äußeren Bedingungen ab:

- trockene Haut/Kleidung: hoher Widerstand
- Feuchtigkeit, z.B. Schweiß oder Nässe

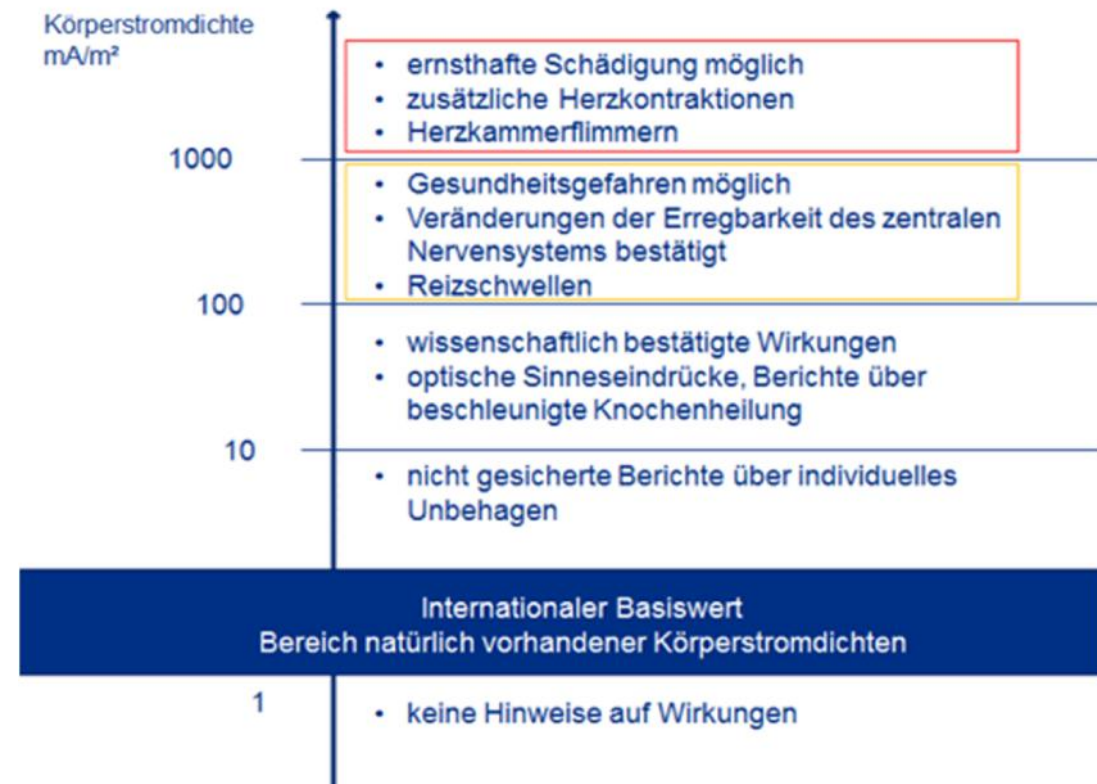


© <http://www.elektro-wissen.de/Tipps/wirkung-des-stroms-auf-den-Menschen.html>



## Wirkung des elektrischen Stroms

Auswirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Körper



© [http://www.tennet.eu/de/fileadmin/\\_migrated/pics/auswirkungen-korperstromdichten\\_01.png](http://www.tennet.eu/de/fileadmin/_migrated/pics/auswirkungen-korperstromdichten_01.png)



## Maßnahmen bei Unfällen

- Vorgehen gemäß der „Rettungskette“:

Zuerst an Eigensicherung  
denken!

- Sofortmaßnahmen: Stromkreis unterbrechen.
- Vorsicht: Bei Berühren von unter Spannung stehenden Teilen besteht Lebensgefahr!
- Ausschalten, Stecker ziehen.
- Sicherung herausnehmen.
- sich isoliert aufstellen.
- Verunglückten mit nicht leitendem Gegenstand von Spannungsquelle trennen oder an trockener Kleidung wegziehen.



## Maßnahmen bei Unfällen

- Herzrhythmusstörungen oder Herzstillstand bedeuten Lebensgefahr
- Sekunden können lebensrettend sein
- möglichst schnell Notruf nach W-Schema absetzen:

WO  
geschah es?

WAS  
geschah?

WIE VIELE  
Verletzte?

WELCHE ART  
von Verletzungen?

WARTEN  
auf Rückfragen!

- Ansprechbarkeit überprüfen, Atmung und Puls kontrollieren
- Erste Hilfe je nach Verletzung leisten oder Ersthelfer suchen
- Verunfallten nicht allein lassen



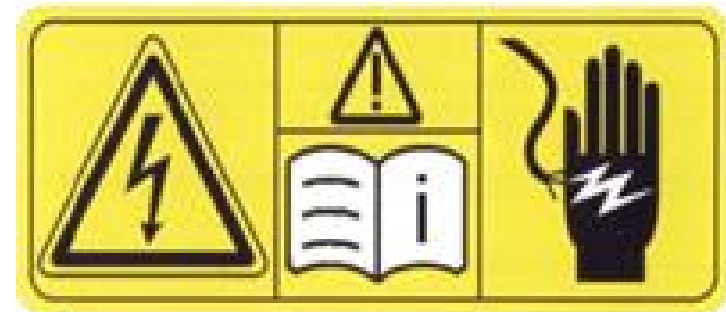
Maßnahmen zur Unfallverhütung

An unter Spannung stehenden Teilen darf nicht gearbeitet werden

DGUV Vorschrift 3 - §6 (1).

Vor Arbeiten an diesen Teilen:

- Spannungsfreiheit feststellen/prüfen
- Spannungsfreiheit während der Arbeit sicherstellen



## 5 goldene Regeln für energieeffizientes Fahren:

- Beschleunige nie maximal aber gleichmäßig bis zur gewünschten Geschwindigkeit!
- Nutze optimal den Rollvorgang!
- Bremsen gleichmäßig und fahrgastfreundlich mit Bremsen zur Energierückgewinnung!
- Gehe bewusst mit Nebenverbrauchern, wie Heizung und Klimaanlage um!
- Behalte immer die Ruhe & fahre konzentriert und aufmerksam!





# ACTUATE



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate

