

ACTUATE - Präsentation

Fortbildung für sicheres, wirtschaftliches Fahren elektrisch betriebener Fahrzeuge - Obus -



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

Stand: 27.11.2014



ACTUATE

„Advanced Training and Education for Safe Eco-driving of Clean Vehicles“

übersetzt: „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

Web: 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

Web: 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.



Grundqualifikation und Weiterbildung

- **Grundqualifikation**

für alle Berufskraftfahrer vor Ausübung des Berufs zwingend notwendig

- **Weiterbildung**

bei Berufsausübung ist eine Weiterbildung nachzuweisen

- der Aufbau der Weiterbildung sieht laut Direktive 2003/59/EC:

- 35 Stunden Weiterbildung in 5 Jahren vor
- in den meisten EU-Ländern wird die Fortbildung in Zeiteinheiten von 7 Std./ pro Jahr realisiert

- Das vorliegende Fortbildungsmaterial kann zur Durchführung der Weiterbildungseinheit „Wirtschaftliches Fahren“ verwendet werden.



Aufbau der Weiterbildung

- Einleitung und Funktionsweise des Systems „Obus“
- Praktisches Fahren – Teil 1
- Wirtschaftlicher Fahrstil mit einem Obus
- Praktisches Fahren – Teil 2
- Sicherheitsaspekte bei Obussen
- Wichtig zu wissen!



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



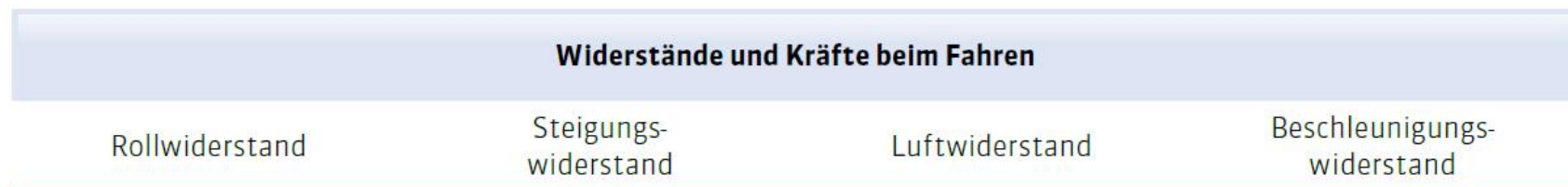
Energieträger – E-Mobilität

- 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 und nahezu geräuschlos**



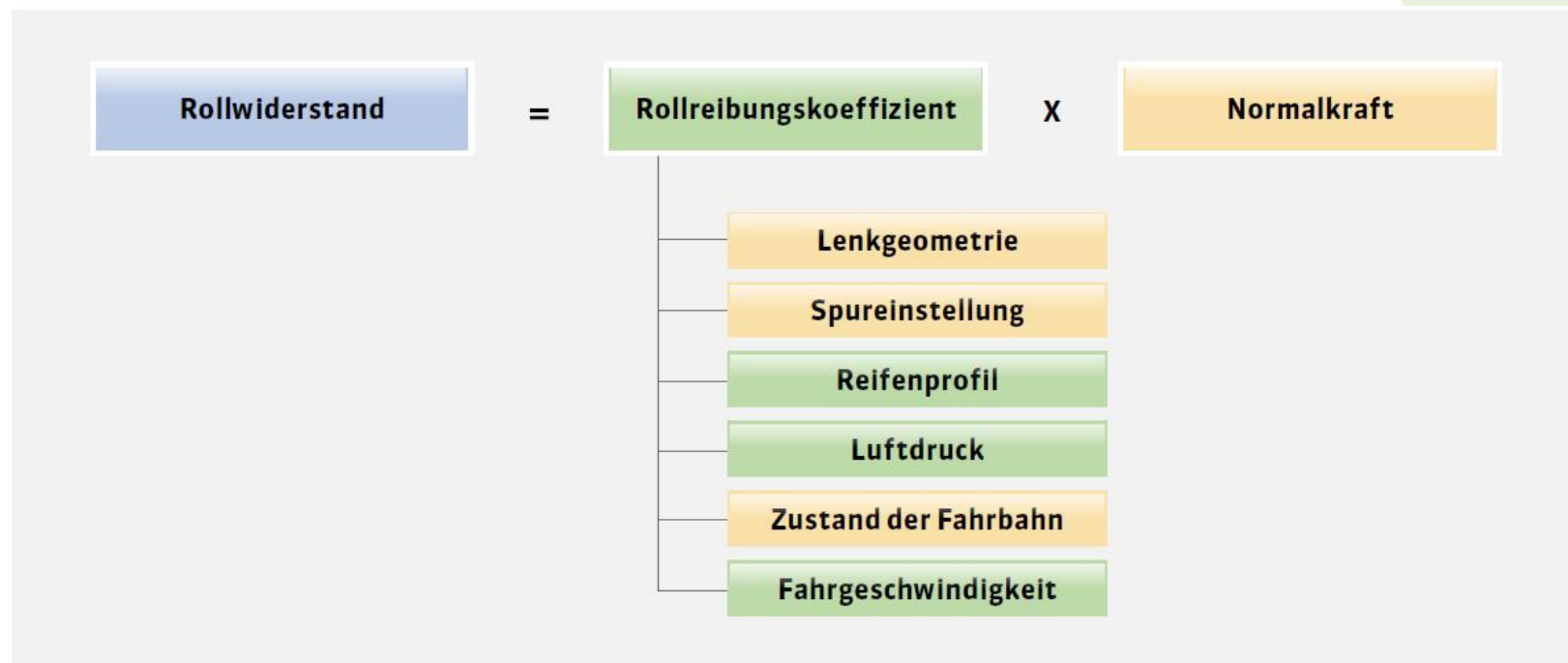
Widerstände und Kräfte beim Fahren

- Fahrwiderstände wirken dauerhaft während der Bewegung eines Fahrzeuges
- resultierende Kraft zeigt entgegen der Bewegungsrichtung und wirkt bremsend
- die zur Überwindung der Fahrwiderstände notwendige Antriebskraft des Motors wirkt sich auf den Energieverbrauch maßgeblich aus
- folgende Widerstände und Kräfte wirken beim Fahren



Rollwiderstand (1/3)

- abhängig von Reibungskräften und Normalkraft (Fahrzeuggewicht)



Rollwiderstand (2/3)

■ Einflüsse auf den Rollreibungskoeffizienten durch

- Reifenprofil (Sommer- oder Winterreifen)

von 1. November bis 15. März besteht in Österreich Winterreifenpflicht für Busse

- Luftdruck

erhöhter Luftdruck mindert zwar den Rollwiderstand, hat jedoch auch negative

Einflüsse auf die Haftung des Reifens und den Fahrkomfort

geringerer Luftdruck führt zu größerem Rollwiderstand und zu erhöhtem

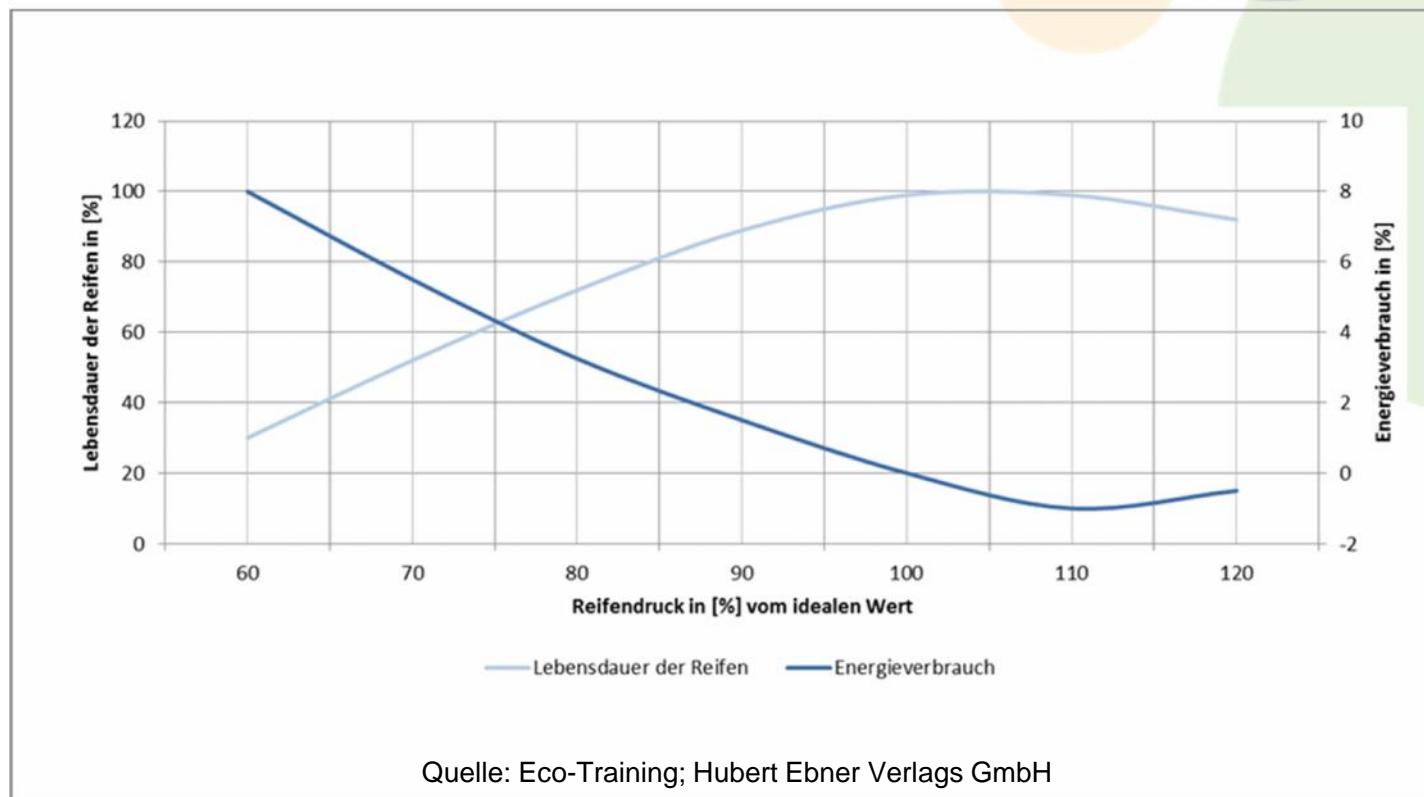
Reifenverschleiß sowie Gefahr von Reifenbrand

- Fahrgeschwindigkeit



Rollwiderstand (3/3)

- Einfluss des Reifendrucks auf den Energieverbrauch und den Reifenverschleiß



Steigungswiderstand

- entspricht jener Kraft, die erforderlich ist, einen Höhenunterschied aufwärts zu überwinden

$$\text{Steigungswiderstand} = \text{Fahrzeugmasse} \times \text{Erdbeschleunigung} \times \cos(\text{Fahrbahnsteigung})$$

(Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²)

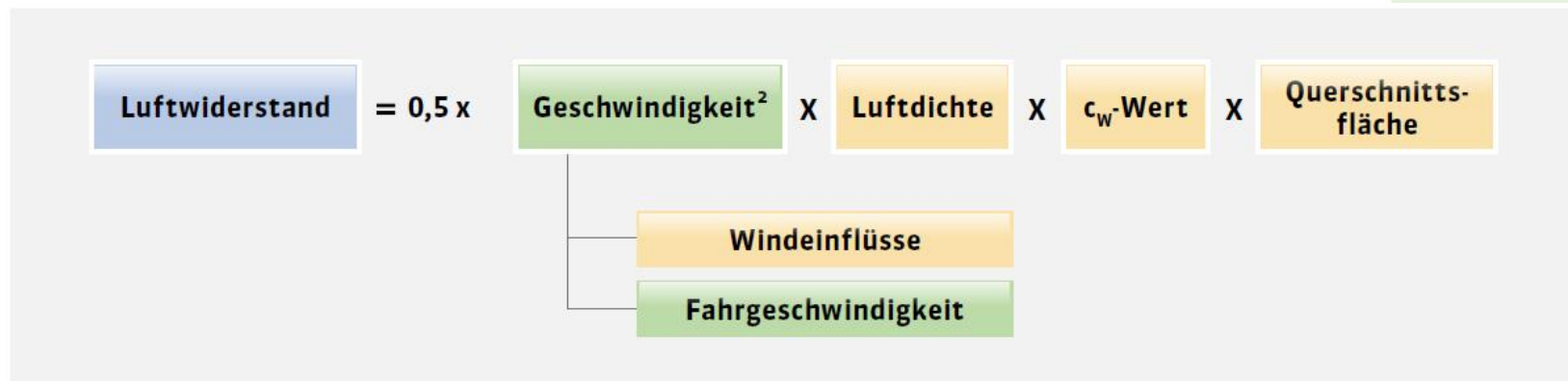
- der Fahrer hat keinen Einfluss auf den Steigungswiderstand (ausgenommen Routenwahl im Gelegenheitsverkehr)

* Cosinus: mathematische Funktion, je größer die Fahrbahnsteigung, desto größer dieser Faktor



Luftwiderstand

- entspricht jener Kraft, die zur Verdrängung der Luft aufgewendet werden muss



- quadratisch abhängig von der Geschwindigkeit
doppelte Geschwindigkeit, vierfacher Luftwiderstand
- sowie abhängig von der Luftdichte, Fahrzeugform (c_w-Wert) und Querschnittsfläche des Fahrzeuges

Beschleunigungswiderstand

- verursacht durch die Trägheit der im Fahrzeug verbauten beweglichen Teile
- Prinzip der Trägheit besagt, dass ein Bauteil in seinem Zustand beharrt, bis eine (Antriebs-) Kraft auf dieses Bauteil wirkt



Wesentliche Faktoren

- aus den Zusammenhängen der einzelnen Fahrwiderstände lassen sich zwei wesentliche Faktoren für energieeffizienten Betrieb ableiten

- **vor Fahrtantritt**

Kontrolle des Fahrzeugzustandes

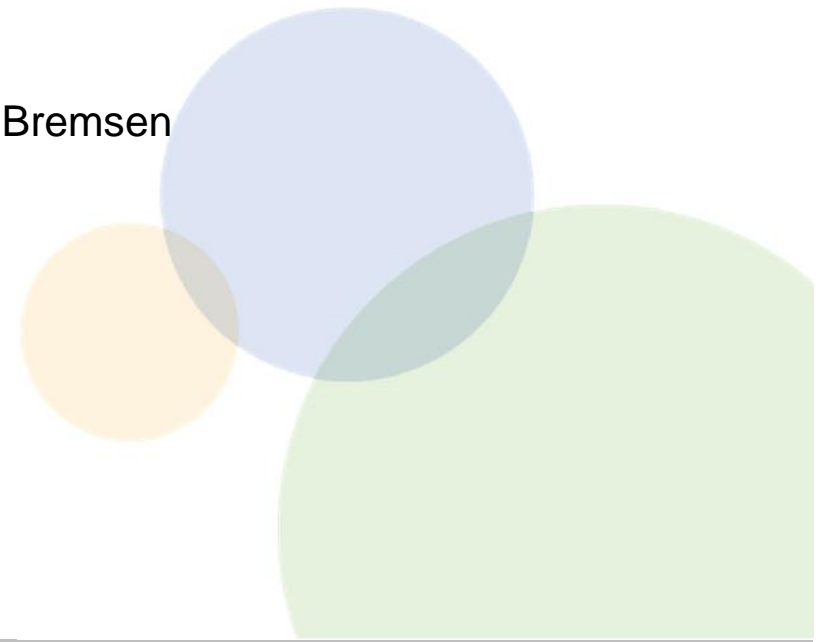
- **während der Fahrt**

bewusste Wahl der Fahrgeschwindigkeit



Allgemeiner Nutzen von Obussen

- Keine Emissionen
 - Kaum Nutzung von nicht-regenerativen Energien
 - Geringe Treibhausgasemissionen
- Leise Operationsweise
- Leistungsstarkes und müheloses Beschleunigen/ Bremsen
- Hoher Reisekomfort



Funktionsweise des Systems „Obus“



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

actuate



Allgemeine Informationen zum Fahrleitungsnetz



- zur Stromversorgung sind Gleichrichterunterwerke im Einsatz
Diese wandeln den von Energieversorgungsunternehmen gelieferten Strom in Gleichspannung um und speisen den Strom in die einzelnen Sektoren ein
- Trennung der einzelnen Speiseabschnitte (Sektoren) mittels isolierter Fahrleitungsstellen („Trenner“)
Befahren der Trenner mit ausgeschaltetem Fahrschalter
- bei Bremsvorgängen mit der elektrischen Bremse nehmen die Supercaps den rekuperierten Strom auf (teilweise auch gleichzeitig die Lithium-Ionen Batterie) → wenn diese voll aufgeladen sind, wird dieser Strom in die Fahrleitung geleitet (in diesem Streckenabschnitt muss sich dann allerdings ein anderer Obus als Abnehmer befinden)

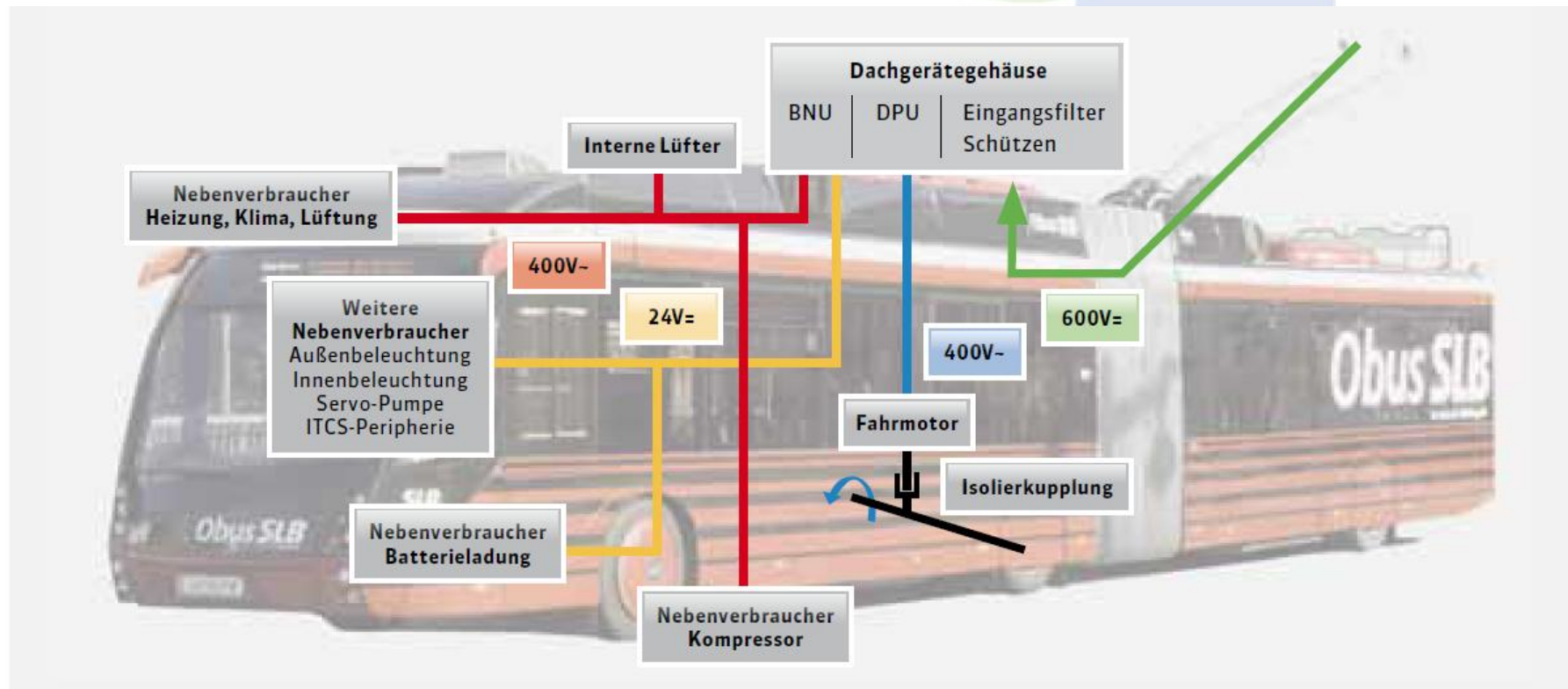


Elektrische Bremse

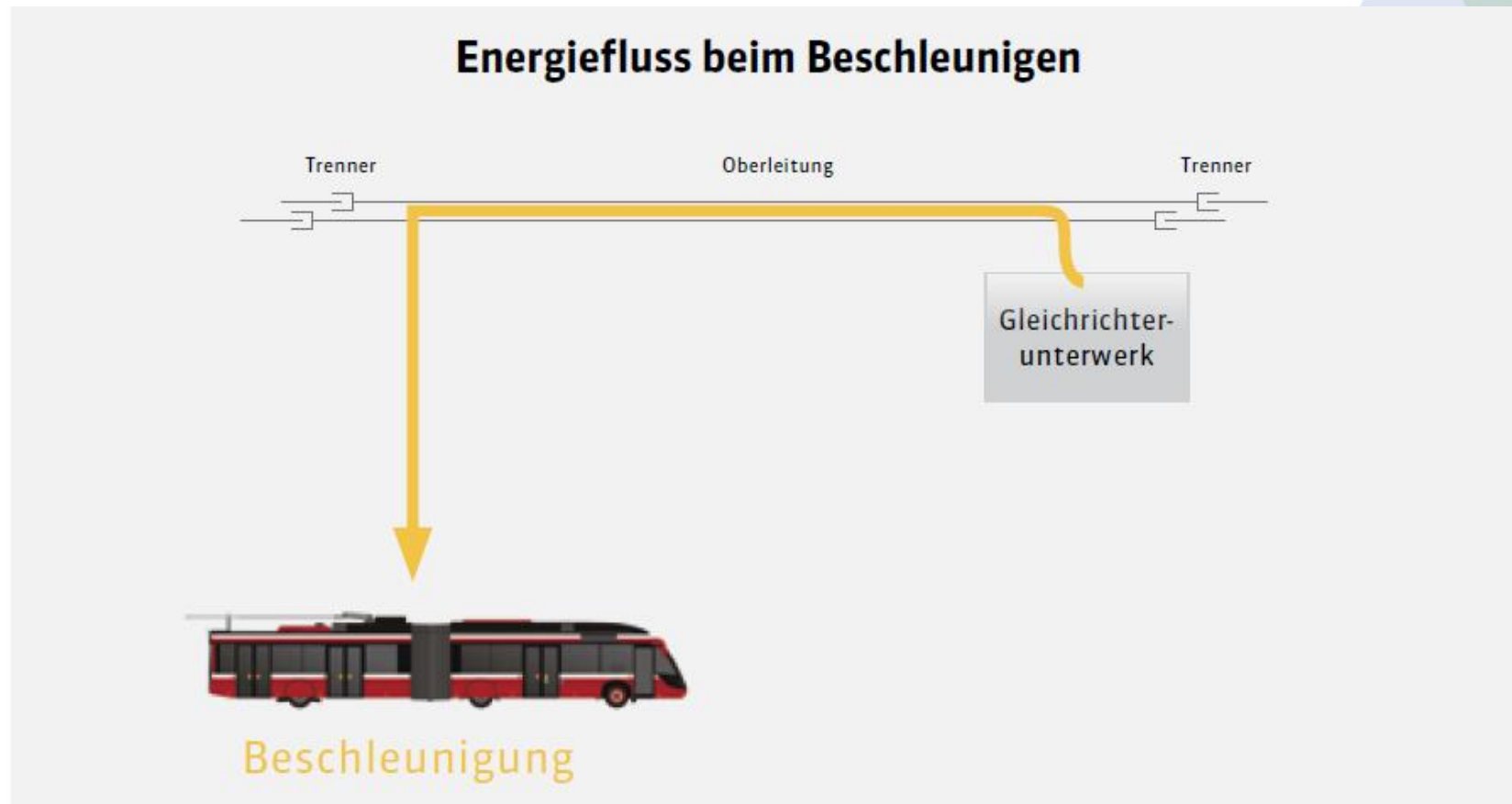
- Fahrmotor und elektrische Widerstände erfüllen die gesetzlichen Anforderungen als Dauerbremse
- **Rückgewinnung von Energie** bei Bremsvorgängen
- überschüssige Energie, welche nicht vom Fahrzeug für Nebenverbraucher benötigt wird, wird in die Fahrleitung zurückgegeben
- die elektrische Bremse ist **verschleiß- und wartungsfrei**



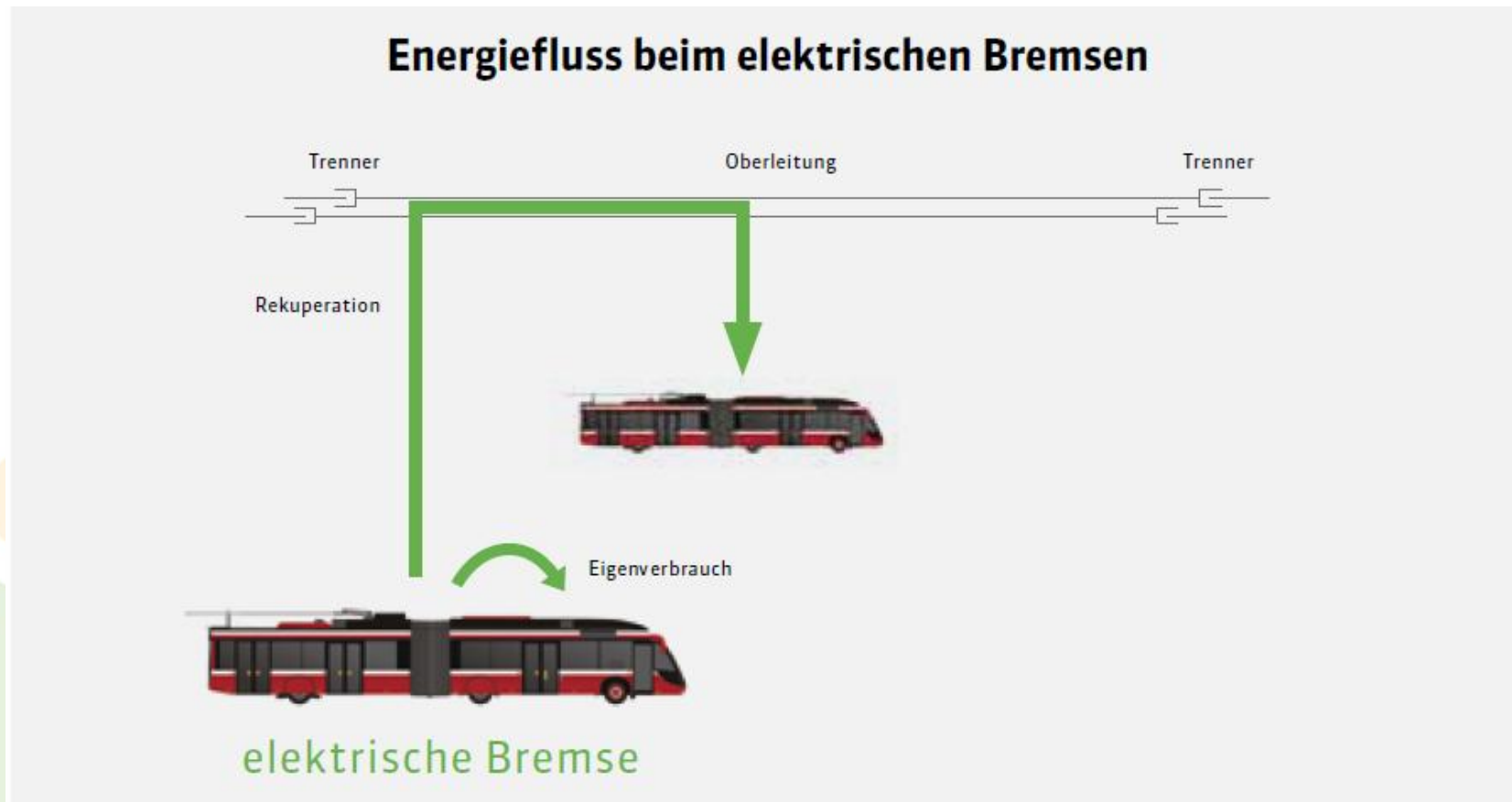
Energiefluss im Obus



Energiefluss beim Beschleunigen

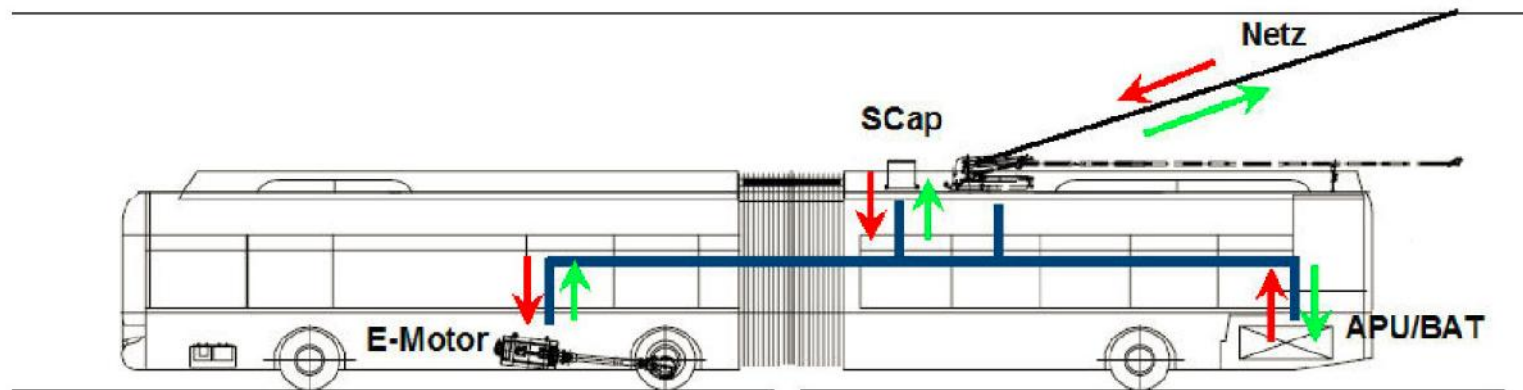


Energiefluss beim elektrischen Bremsen



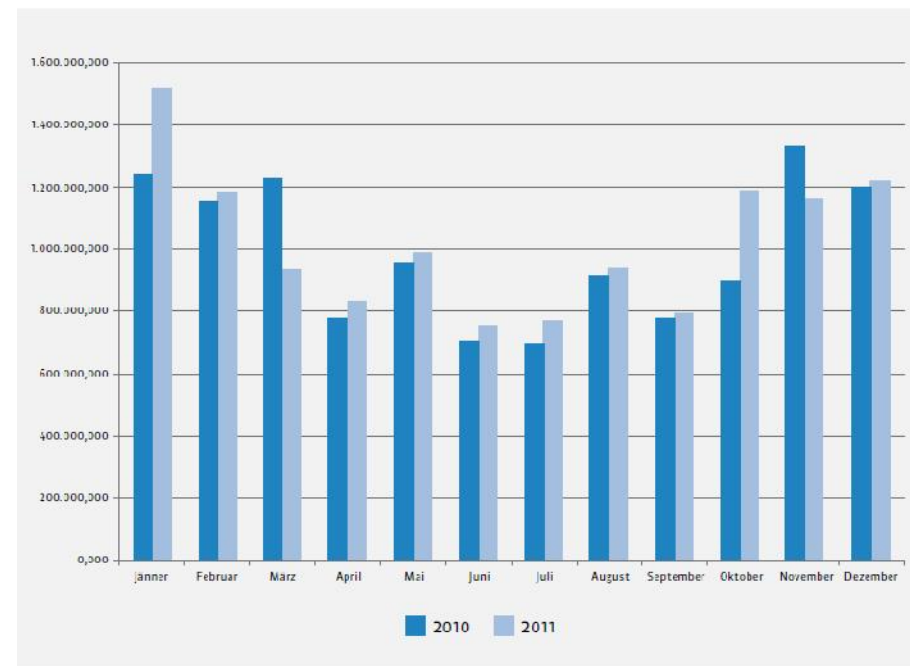
Energiefluss beim Beschleunigen und beim elektrischen Bremsen (mit Supercaps)

- Beim Beschleunigen zieht der O-Bus den Strom zuerst aus den geladenen Supercaps und wenn diese leer sind aus der Fahrleitung.
- Beim Bremsen mit der elektr. Bremse wird der rückgewonnene Strom zu den Supercaps (und gegebenenfalls auch noch zur Batterie) geleitet und dort gespeichert.



Energieverbrauch und Einflüsse (Bsp. Salzburg)

- schwankender Energieverbrauch durch unterschiedliche Nutzung von Heizung-, Klima- und Lüftungsanlage bei variierenden Außentemperaturen
- besonders hoher Energieverbrauch zwischen November und Februar, da hier besonders viel geheizt werden muss
- bei Temperaturen zwischen -4°C und $+4^{\circ}\text{C}$ ergibt sich ein durchschnittlicher Heizenergiebedarf von 13,5 Kilowatt



Unterschiede zwischen Obus und Dieselbus

- Energieumsetzung durch Verbrennung von Dieselkraftstoff
- Wirkungsgrad des Dieselmotors bis maximal 35%
- Kraftübertragung im Antriebsstrang
 - kraftschlüssig mit Automatikgetriebe (hydraulischer Wandler, Reibscheiben etc.)
 - formschlüssig mit Schaltgetriebe (Zahnräder)
- formschlüssige Kraftübertragung ist verlustfrei, jedoch Unterbrechung des Antriebsstranges zum Schalten erforderlich
- kraftschlüssige Kraftübertragung ist verlustbehaftet
- bei Obussen ist die Kraftübertragung formschlüssig



Praktisches Fahren – Teil 1



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

actuate



Hinweise zum praktischen Teil der Fortbildung I

- Auswahl einer „realen“ Fahrtenroute/ Linie
- Festlegen einer bestimmten Reihenfolge der Fahrer/innen
- Anwendung des „normalen Fahrstils“
- möglichst realistische Rahmenbedingungen (zum Beispiel hinter einem im Linienverkehr fahrenden Bus fahren, um möglichst realitätsnah das Anfahren, Halten und Abfahren an Bushaltestellen zu simulieren)
- Energiemessung der Fahrt vorbereiten



Wirtschaftlicher Fahrstil mit einem Obus



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

actuate



Einflüsse auf den Energieverbrauch



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 Obusses können augenscheinlich überprüft werden



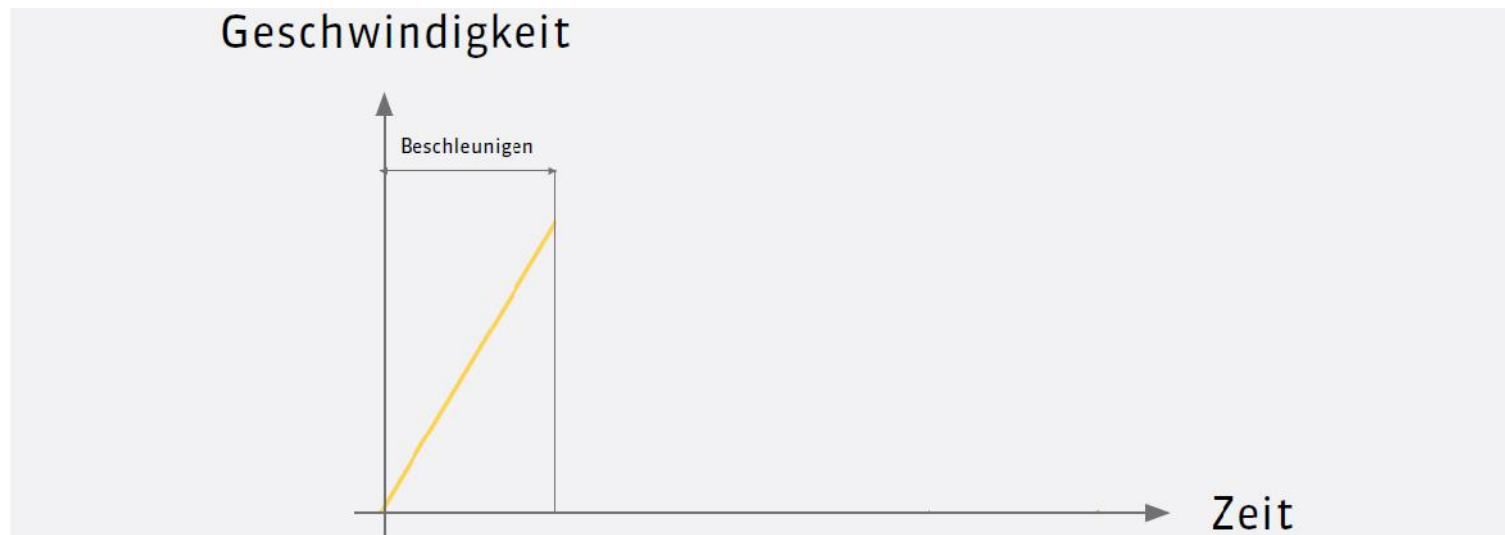
Unterschiedliche Fahrzustände

- bei der Bewegung von Fahrzeugen sind unterschiedliche Fahrzustände möglich
- unmittelbarer Zusammenhang zwischen Fahrzustand und Energieverbrauch
- 4 verschiedene Fahrzustände
 - Beschleunigen
 - Beharren
 - Rollen
 - Bremsen



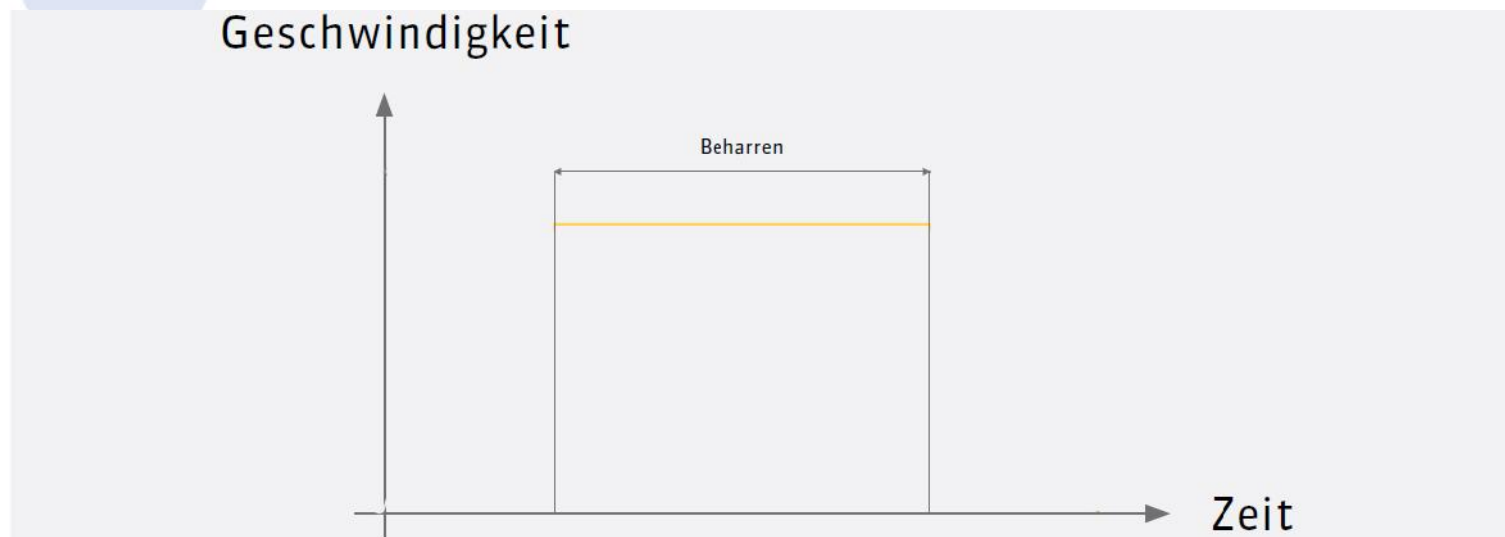
Beschleunigen

- bedeutet durch Energieeinsatz die Geschwindigkeit zu erhöhen
- die Antriebskraft des Obusses muss dazu größer sein, als die entgegen der Fahrtrichtung wirkenden Fahrwiderstände



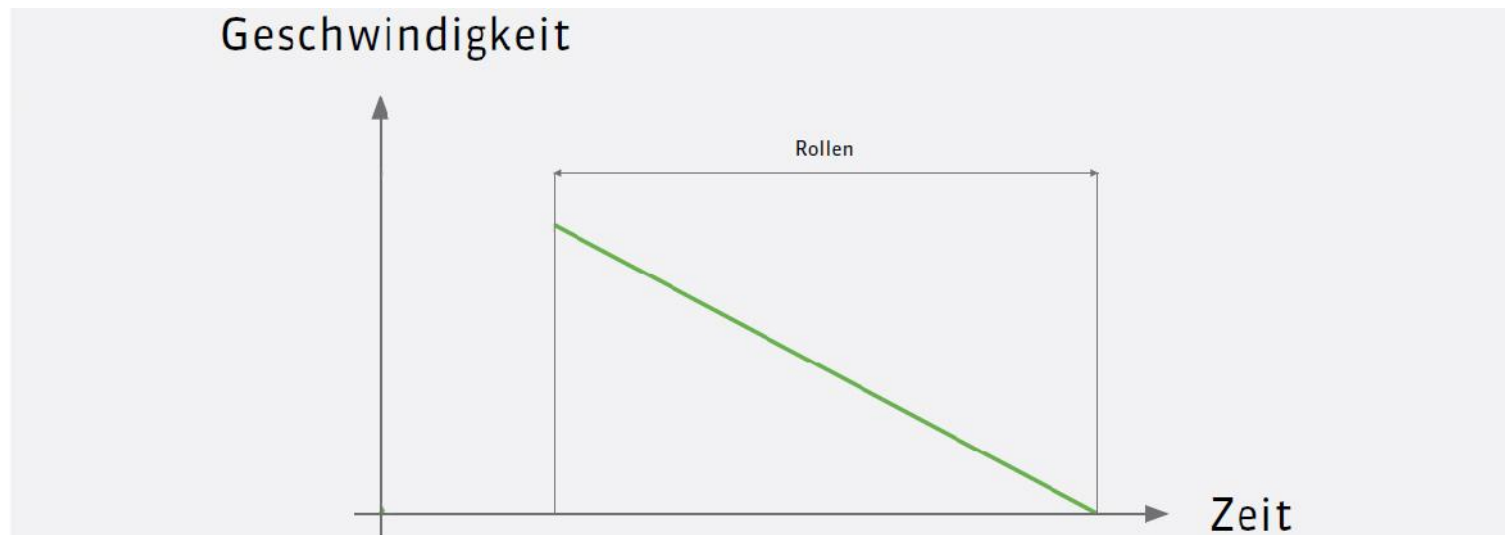
Beharren

- bedeutet die Geschwindigkeit zu halten
- dadurch muss genau jene Energie aufgewendet werden, die den der Bewegung entgegen gerichteten Fahrwiderständen entspricht



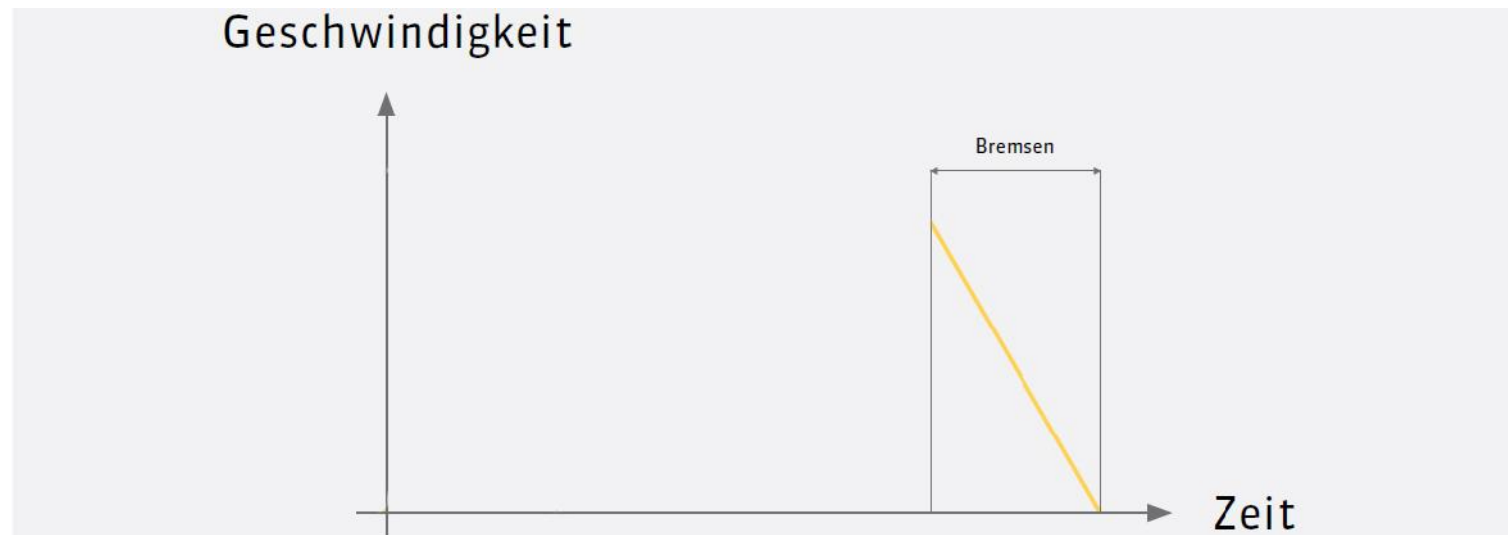
Rollen

- beim Rollen wird das Fahrpedal nicht bedient und keine Energie zur Vorwärtsbewegung benötigt
- Nebenverbraucher werden durch Selbsterregung des Motors mit Energie versorgt
- beim Rollen sinkt die Geschwindigkeit durch die bremsenden Fahrwiderstände



Bremsen

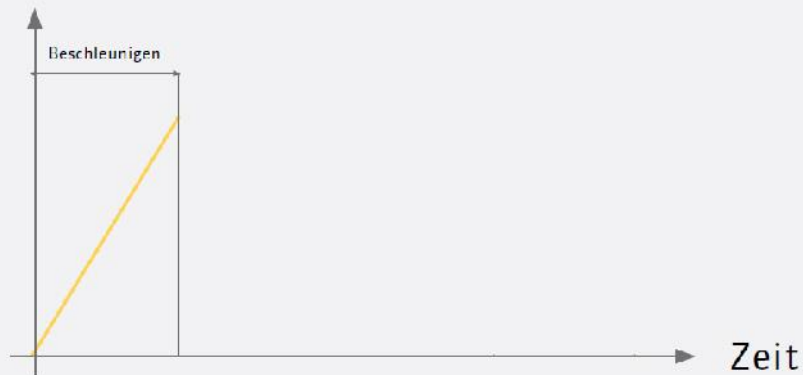
- Bremsen heißt, die Geschwindigkeit zu reduzieren
- Rückgewinnung von Energie durch Nutzung der elektrischen Bremse
- beim Bremsen mit der Druckluftbremse wird die gesamte Bremsenergie zwischen Bremsscheibe und Bremsbelag in Wärme umgewandelt und geht verloren



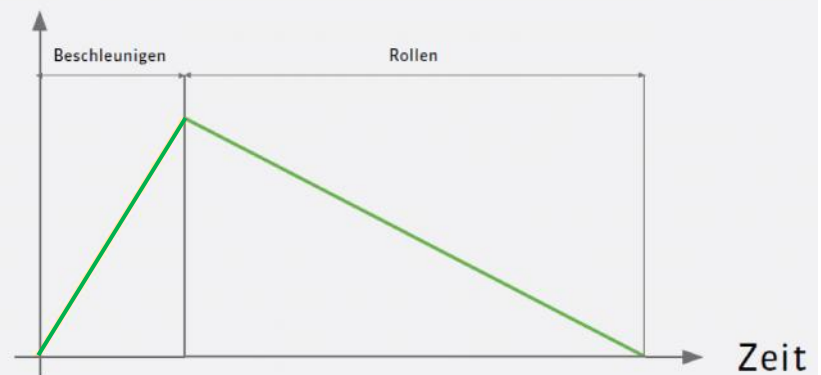
Verschiedene Fahrzyklen

- Fahrzustände zusammengesetzt ergeben Fahrzyklen
- idealisierte Darstellung von Fahrzyklen mit
 - Anteil „Beharren“
 - Anteil „Rollen“

Geschwindigkeit

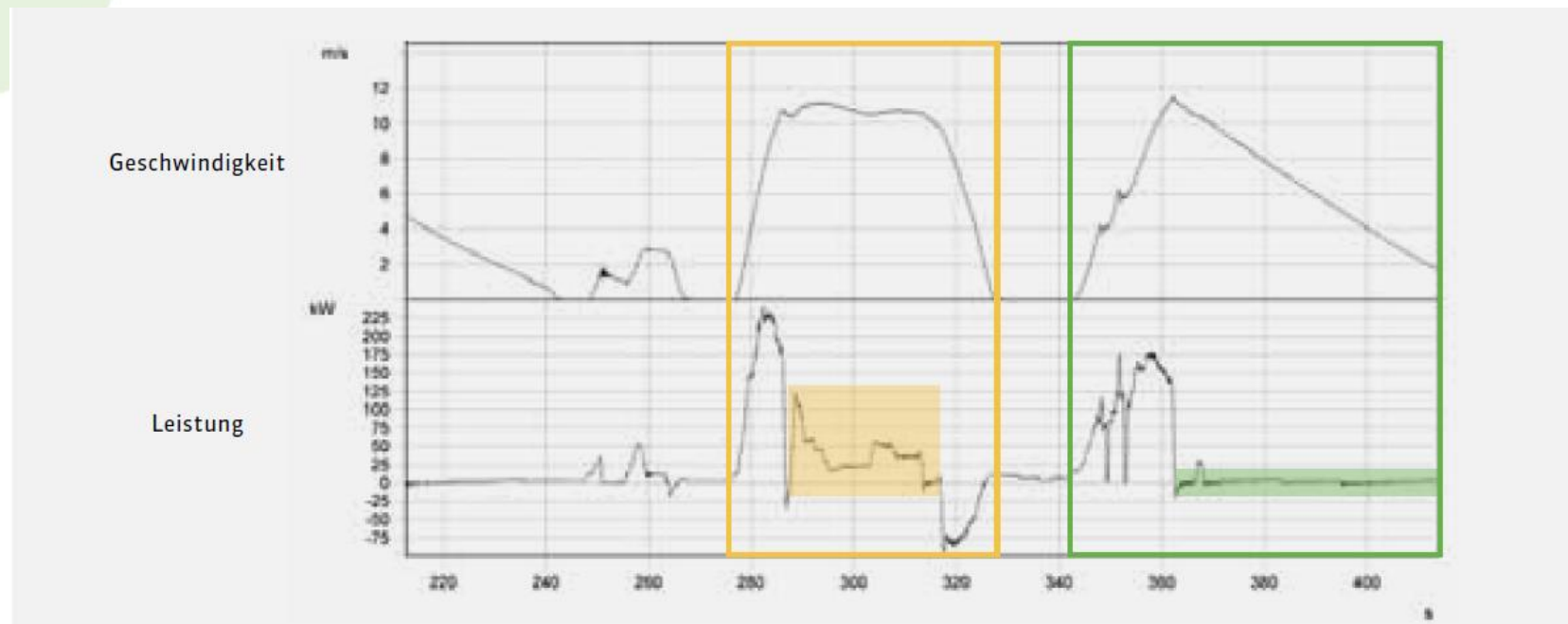


Geschwindigkeit



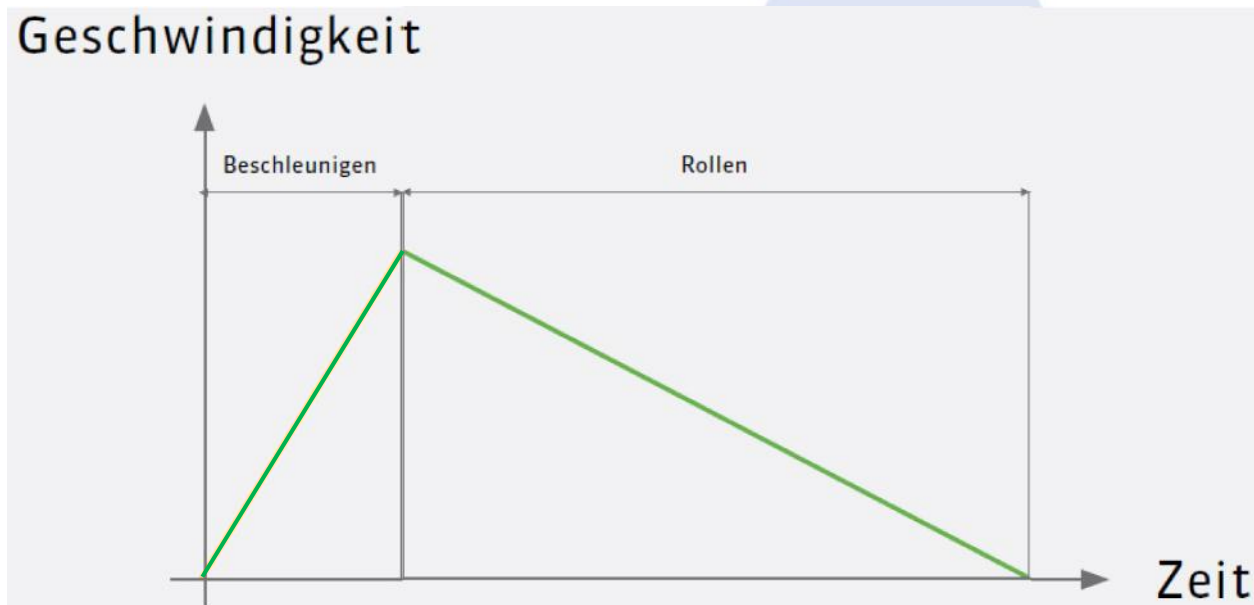
Reale Fahrzyklen

- Darstellung des Energieverbrauchs als Fläche unter der Leistungskurve
- während Beharren (gelb) höherer Energieverbrauch als bei Rollen (grün)



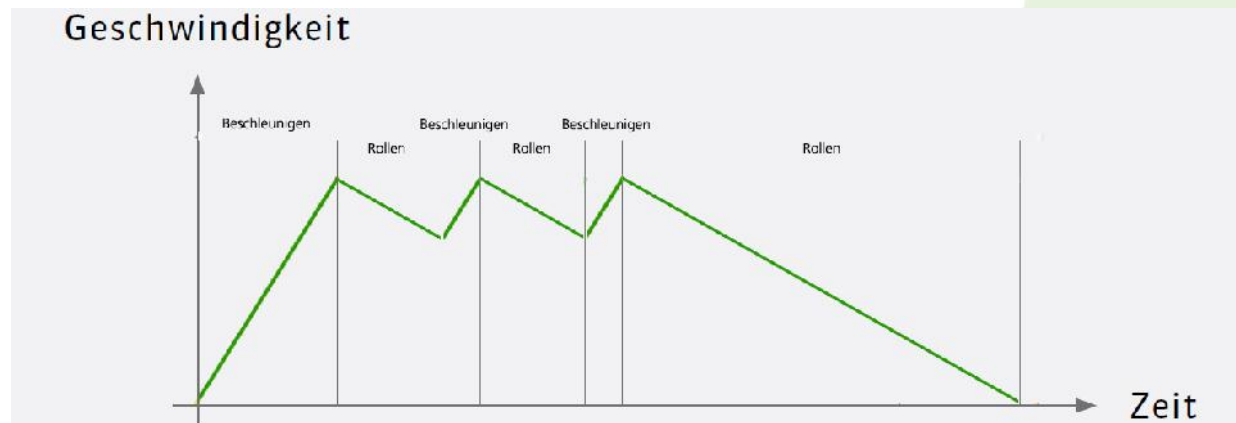
Idealer Fahrzyklus

- beim idealen Fahrzyklus folgt der Beschleunigung ein Rollanteil bis zum Stillstand am gewünschten Ort
- er kann als Dreieck im Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm dargestellt werden



Fahrweise für den idealen Fahrzyklus

- Beschleunigung möglichst sanft und dennoch zügig
- Beharren gänzlich vermeiden
- Halten der Geschwindigkeit im Sägezahn (Beschleunigung – Rollen)



- Rollanteil möglichst hoch unter Einhaltung des Fahrplanes
- Bremsen idealerweise mit elektrischer Bremse



Auswirkungen auf die Fahrleitungsspannung

- jede **Beschleunigung** führt infolge des Strombedarfs zu einem **Sinken der Fahrleitungsspannung**
- jeder **Bremsvorgang mit der elektrischen Bremse** führt zu einem **Ansteigen der Fahrleitungsspannung**
- Bei Einsatz von Supercaps ist dieser Spannungsabfall bzw. –anstieg wesentlich geringer



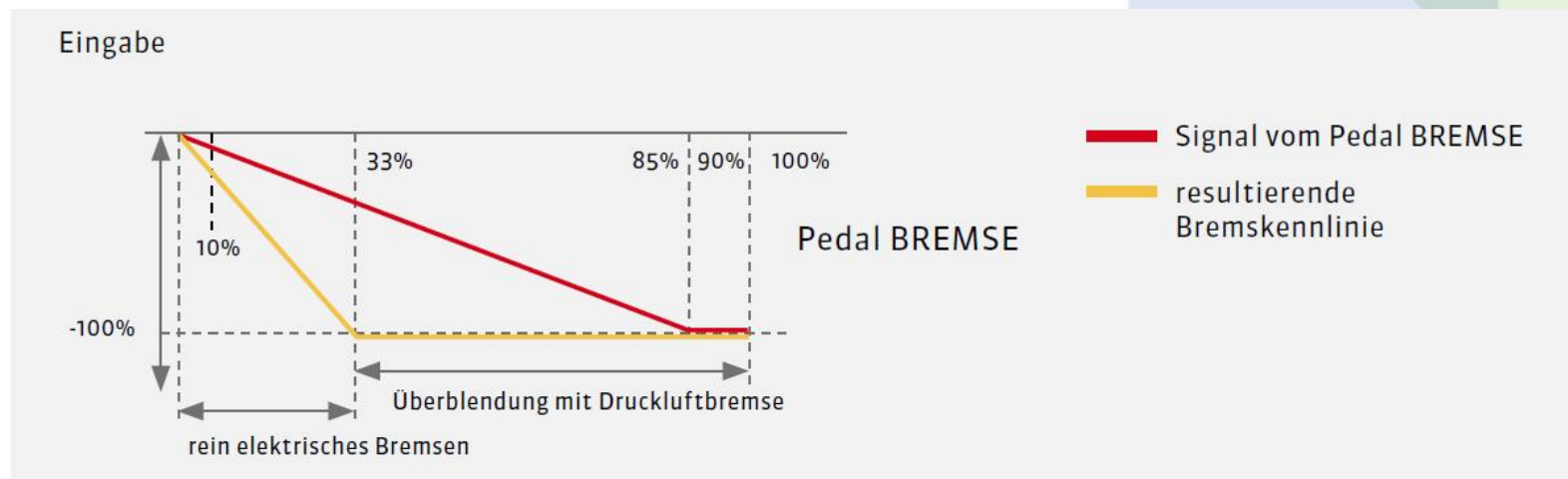
Vorteile der Rollphase

- keine Energieaufnahme aus der Fahrleitung und Versorgung der Nebenverbraucher durch Selbsterregung des Fahrmotors
- Schonung der mechanischen Druckluftbremse aufgrund der verringerten Annäherungsgeschwindigkeit an den nächsten Haltepunkt
- gleichmäßiges Fahren mit hohem Komfort für Fahrgäste und Fahrer
- **hohe Rollanteile sind jedoch nur mit vorausschauender Fahrweise und gut bemessenem Abstand zum vorderen Fahrzeug möglich**



Vorteile und Funktion der elektrischen Bremse

- Rückgewinnung von Bremsenergie
- verschleiß- und wartungsfrei
- hoher Komfort für Fahrer und Fahrgäste
- bis zu einer Stellung von ca. 33% des Pedalweges wirkt die elektrische Bremse alleine



Bewusstes Verwenden von Heizung und Klima

- Vermeiden von offenen Fenstern und Türen beim Beheizen bzw. Kühlen
- während längeren Haltestellenaufenthalten und Wendezeiten Türen mit Türfreigabe geschlossen halten bzw. Heizungs- oder Klimaanlage ausschalten
- Heizleistung beträgt 13,5 kW bei Außentemperaturen zwischen -4°C und +4°C (Beispiel Salzburg)
- bei neuen Obussen kommen automatisierte Heizungs- bzw. Klimaanlage zum Einsatz



Praktisches Fahren – Teil 2



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

actuate



Hinweise zum praktischen Teil der Fortbildung II

- gleiche Fahrtroute wie bei Teil 1
- gleiche Reihenfolge der Fahrer wie in Teil 1
- möglichst ähnlich realistische Rahmenbedingungen wie in Teil 1 schaffen (sofern möglich)
- Fahrweise mit Einbezug der im Theorieteil vermittelten Informationen
- erneute Energiemessung zur Vergleichbarkeit möglicher Energieverbrauchsreduzierung gegenüber 1. praktischer Fahrt



Sicherheitsaspekte bei Obussen



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

actuate



Verhalten bei Entgleisung der Stromabnehmer

- unverzüglich, jedoch mit Rücksicht auf die Fahrgäste, anhalten
- vor Verlassen des Obusses ist die Warnweste anzulegen
- Stromabnehmer und Fahrleitung sind einer Sichtprüfung zu unterziehen
- es ist verboten
 - eine Stromabnehmerstange zu berühren, während die andere noch angelegt ist
 - spannungsführende Teile von Fahrzeug und Oberleitung zu berühren
 - auf das Dach des Obusses zu steigen
- vor dem Anlegen der Stromabnehmer ist der Hauptschalter auszuschalten
- die Betriebsleitstelle ist jedenfalls zu informieren, bei jeglichen Schäden ist die Weisung der Betriebsleitstelle abzuwarten und eine schriftliche Meldung zu verfassen



Verhalten bei Oberleitungsschäden

- besondere Vorsicht gegenüber herabhängenden Oberleitungsteilen!
- der Obusfahrer des zuerst eintreffenden Obusses ist verpflichtet, die Gefahrenstelle abzusichern, sofern Gefahr für andere Verkehrsteilnehmer besteht
- das Berühren herabhängender Teile ist verboten
- steht ein Fahrzeug mit herabhängenden Teilen der Oberleitung in Berührung, so ist eine Notabschaltung durch die Betriebsleitstelle zu veranlassen
- die Fahrgäste sind ggf. bis zum Eintreffen des Störungsdienstes im Fahrzeug zu halten
- Bei Ausbrechen eines Brandes ist die über die Leitstelle eine Notabschaltung der Oberleitung zu veranlassen: Sofern dies nicht möglich ist, müssen die Fahrgäste zur Vermeidung von Spannungsüberschlägen aus dem Obus springen und es ist dafür Sorge zu tragen, dass die Fahrbahn beim Ausstieg durch Auflegen von geeigneten Mitteln (Bsp. trockene Kleidung) isoliert wird



Ausfall und Überlastung der Stromversorgung

- verhindert ein Ausfall der Stromversorgung die Weiterfahrt, ist nach Möglichkeit die Eigengeschwindigkeit, also der Schwung, auszunutzen und der Obus so abzustellen, dass der Straßenverkehr nicht wesentlich beeinträchtigt wird
- der Obus ist gegen Entrollen durch Anziehen der Feststellbremse zu sichern
- die Stromabnehmer sind gegebenenfalls abzuziehen
- Obusse mit Hilfsantrieb setzen die Weiterfahrt mit dem alternativen Antrieb fort
- bei wiederholten Stromunterbrechungen in kürzester Zeit ist mit einer Überlastung der Stromversorgung zu rechnen
- mit besonderer Vorsicht fahren, gleichzeitiges Beschleunigen vermeiden
- Heizungs- und Klimaanlage sind auszuschalten
- mögliche Koordination der Abfahrten durch die Betriebsleitstelle befolgen



Wichtig zu wissen!



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

actuate



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



Energieeffizienter Fahrstil mit dem Obus

■ 5 goldene Regeln für energieeffizientes Fahren

- (1) das Beschleunigen soll rasch erfolgen
- (2) das Beharren soll gänzlich vermieden werden
- (3) der Rollanteil unter Einhaltung des Fahrplanes soll möglichst hoch sein
- (4) unnötiges Bremsen soll vermieden werden und idealerweise nur mit der verschleißfreien elektrischen Bremse zur Rückgewinnung von Energie erfolgen
- (5) bewusstes Verwenden der Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlage, wenn diese nicht ohnehin optimiert automatisch geregelt ist



Ende



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



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

56

actuate

