



ACTUATE

*Fortbildung für sicheres, wirtschaftliches Fahren
elektrisch betriebener Fahrzeuge
– Bus –*

www.actuate-ecodriving.eu



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

actuate



ACTUATE

ein Projekt zur Optimierung von Fahrverhalten zur Reduzierung des Energieverbrauchs

Im Rahmen des EU-geförderten Projektes ACTUATE wurden Trainingsprogramme und allgemeine Bildungsmaßnahmen für das wirtschaftliche Fahren elektrisch betriebener Fahrzeugen im ÖPNV entwickelt, getestet und erfolgreich eingeführt.

Durch die Einführung von Fortbildungen für wirtschaftliches Fahren kann das Energieeinsparpotenzial von elektrisch betriebenen Fahrzeugen, wie Straßenbahnen, Hybridbussen oder Oberleitungsbussen, weiter optimiert werden und somit die Wirtschaftlichkeit und die weitere Verbreitung dieser Fahrzeugtypen gefördert werden.

Im Projekt ACTUATE stehen die Fahrer als zentrale Stellhebel für eine wirtschaftliche Fahrweise im Mittelpunkt. Begleitende Motivationskampagnen sollen sicherstellen, dass die Fahrer auch langfristig das anwenden, was sie in den Fortbildungen gelernt haben.

Ein Projekt zur Optimierung von Fahrverhalten ...

- für ein sicheres und wirtschaftliches Fahren elektrisch betriebener Fahrzeuge im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)
- für eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit elektrisch betriebener Fahrzeuge im ÖPNV durch
 - Entwicklung und Erprobung von Trainingsprogrammen für sicheres und wirtschaftliches Fahren
 - Motivationskampagnen für Fahrer von Straßenbahnen, Hybridbussen, Oberleitungsbussen

Die vorliegende Trainingsbroschüre wurde für den Fahrzeugtyp Hybridbus im Rahmen von ACTUATE entwickelt.

INHALT

1	Einleitung	4
2	Einflussfaktoren	6
2.1	Einflussfaktor Mensch	6
2.2	Einflussfaktor Infrastruktur und Topografie	7
2.3	Einflussfaktor Fahrgeschwindigkeit	7
3	Technische Grundlagen und Fahrzeugtechnik	8
3.1	Technische Grundlagen	8
3.2	Fahrzeugtechnik	9
4	Wirtschaftliches Fahren im Linienverkehr	10
5	Das Training	12
6	Weiterführende Maßnahmen nach dem Training	14
7	Schlussbemerkungen	14

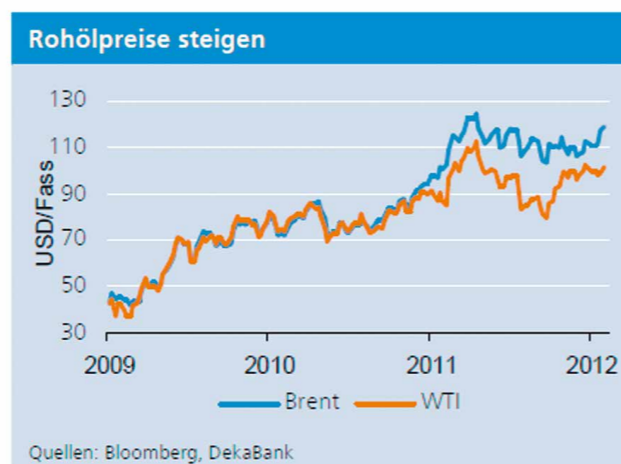
1 Einleitung

Studien belegen, dass der Fahrstil erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Fahrzeugen haben kann. Dies gilt natürlich auch für elektrisch betriebene Fahrzeuge im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), die durch erhöhte Energieeffizienz bereits von Haus aus eine verbesserte Umweltfreundlichkeit mitbringen.

Vor diesem Hintergrund entwickeln die ACTUATE-Projektpartner Trainingskonzepte und allgemeine Bildungsmaßnahmen für das wirtschaftliche Fahren („eco driving“) elektrisch betriebener Fahrzeuge im ÖPNV. Die entwickelten Informations- und Trainingsmaterialien sowie Motivationskampagnen für wirtschaftliches Fahren, die spezielle Anforderungen von sauberen Bus- und Straßenbahnflotten berücksichtigen, werden allen interessierten Nahverkehrsbetreibern kostenlos zur Verfügung gestellt.

Warum eigentlich „eco driving“?

Wenn man sich die Rohölpreise vor Augen führt, gibt es grundsätzlich nur eine Tendenz zu erkennen: Die Preise steigen weiter.



Diese Tatsache schlägt sich auch in den Kosten jedes öffentlichen Nahverkehrsunternehmens nieder, das Fahrzeuge mit Diesel betreibt. Es ist deshalb dringend erforderlich, sich eingehend mit dem Thema der energiesparenden Fahrweise auseinanderzusetzen. Auch und gerade für Hybridbusse, die bereits durch gezielte Weiterentwicklung der Antriebstechnik einem konsequent auf Kraftstoffersparnis zugeschnittenem Konzept für mehr Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit im Stadtverkehr folgen, da die Kraftstoffersparnis letztlich nur durch eine entsprechende Fahrweise zu realisieren ist.

Werden die Grenzwerte überschritten, ist mit empfindlichen Geldbußen zu rechnen.

„eco driving“:
Trainingskonzepte und
Bildungsmaßnahmen
verbessern das wirtschaftliche
Fahren elektrisch betriebener
Fahrzeuge im ÖPNV.



Auch hier ist die Trendwende hin zu einer energiesparenden Fahrweise nicht mehr aufzuhalten.

In der Richtlinie zur Aus- und Fortbildung von Berufskraftfahrern (2003/59/EG) der Europäischen Kommission ist das Ziel hinterlegt, Verbesserungen insbesondere der Sicherheit im Straßenverkehr und des rationellen Fahrverhaltens auf der Grundlage der Sicherheitsregeln durch die Vermittlung besonderer fahrerbezogener Fertigkeiten und Kenntnisse zu erreichen. Mit der vorliegenden Trainingsbroschüre und den ergänzenden Trainingsmaterialien, die auf der Seite www.actuate-ecodriving.eu zur Aus- und Fortbildung von (Hybrid-)Busfahrern zur Verfügung stehen, kann im Rahmen dieser EG-Richtlinie eine wirtschaftliche Fahrweise mit Hybridbussen geschult werden.

Wem nützt das „eco driving“?

Energiesparend bedeutet aber nicht nur die tatsächliche Einsparung von Kraftstoff.

Dem Fahrer

- Er fährt entspannter, ist nicht gestresst.
- Weniger Krankheit, weniger Unfälle

Dem Fahrgast

- Er fühlt sich sicherer, weil er die Gelassenheit des Fahrers am Fahrstil spürt.

Dem Fahrzeug

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

Der Umwelt

- Es entstehen weniger Emissionen und Feinstaub.

Dem Unternehmen

- Eine wirtschaftliche Fahrweise mit Hybridtechnologie kann realistischerweise auf Grund der gemachten Erfahrungen beim ACTUATE Partnerbetrieb Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB, DE) zu einer (zusätzlichen und nicht technikbasierten) Reduzierung des Kraftstoffverbrauches von ca. 5 Prozent führen. Eine Beispielrechnung für die LVB: Bei einem Jahresverbrauch von etwa 4,5 Mio. Litern Kraftstoff ist mit einer Einsparung von ca. 225.000 Litern Dieseldieselkraftstoff für Leipzigs Busflotte zu rechnen. Finanziell wäre das eine Einsparung von etwa 280.000 € pro Jahr für die LVB.



Der Kraftstoffverbrauch soll mit der Hybridtechnologie um mindestens 5 Prozent gesenkt werden.

2 Einflussfaktoren

Eine wirtschaftliche Fahrweise unterliegt mehreren Einflussfaktoren. Es gibt äußere Faktoren wie zum Beispiel die vorherrschende Verkehrssituation, die Topografie oder klimatische äußere Bedingungen, die vom Fahrpersonal nicht zu beeinflussen sind. Allerdings gibt es Faktoren, die durchaus vom Fahrpersonal beeinflussbar sind. Die energiesparende Fahrweise gehört dazu. Wirtschaftliches Fahren bedeutet verbrauchsarmes, materialschonendes und umweltbewusstes Fahren. Es ist im Wesentlichen abhängig von

- dem technischen Entwicklungsstand, insbesondere der Software
- dem Wartungszustand
- der Linienführung, der Verkehrsdichte und der Auslastung des (Hybrid)busses
- der Fahrweise des Fahrers
- dem bewussten Verwenden von Nebenverbrauchern, z. B. Klimaanlage und Heizung

2.1 Einflussfaktor Mensch

Das Fahrpersonal muss sich bewusst sein, dass eine energiesparende bzw. kraftstoffsparende Fahrweise im Fahrzeug nur durch sie selbst erzielt werden kann.

Besonders geeignet ist dabei ein gleichmäßiges Beschleunigen, eine möglichst lange Rollphase und anschließend ein gleichmäßiges Abbremsen mit einer möglichst verschleißfreien Bremse (Retarder). Insbesondere durch den Retarder lässt sich ein Teil der Energie zurückgewinnen. In der Praxis ist diese Fahrweise auf Grund äußerer nicht vom Fahrpersonal beeinflussbarer Faktoren (siehe oben) oftmals nicht durchsetzbar; es soll aber möglichst oft praktiziert werden, um sich eine dauerhafte Routine in dieser Fahrweise anzueignen. Für viele Fahrer ist das Erlernen einer wirtschaftlichen Fahrweise eine tatsächliche Verhaltensänderung, die man nicht von heute auf morgen realisiert.

Um den Einfluss des Fahrverhaltens auf den Kraftstoffverbrauch besser auswerten zu können, ist es sehr hilfreich, wenn geeignete Messinstrumente zur Verfügung stehen. Diese sind möglichst mit dem Hersteller der Busse abzustimmen, um Messfehler bzw. Ungenauigkeiten zu minimieren. Sinnvoll ist die Installation der Messanzeigen im Sichtbereich des Fahrers, um gegebenenfalls gleich Einfluss auf das Fahrverhalten nehmen zu können.



2.3 Einflussfaktor Fahrgeschwindigkeit

Fahrgeschwindigkeit und Bremsweg unterliegen einer untrennbaren Wechselwirkung. Bei der Wahl der Geschwindigkeit sind mehrere Einflussfaktoren zu berücksichtigen. So sind die Sichtverhältnisse, die Straßen- und Wetterverhältnisse, aber auch die Besetzung des Fahrzeuges sowie die persönlichen Fähigkeiten des Fahrers, von entscheidender Bedeutung. Insbesondere der Stress durch mangelnde Zeit im Linienverkehr wirkt sich negativ auf die persönlichen Fähigkeiten und damit auf die energiesparende Fahrweise aus. Aber auch der Bremsweg wird von diesen Faktoren sehr stark beeinflusst.

Eine Regel sagt, der Bremsweg steigt quadratisch zur Fahrgeschwindigkeit. Einfach formuliert bedeutet das:

Verdoppelt man die Geschwindigkeit, vervierfacht sich der Bremsweg.

Daraus ergibt sich der Vorteil, dass das Fahrpersonal unabhängig von Linie (Topografie) und Tageszeit energiesparend fahren kann. Ist der Fahrer dann noch in der Lage, seine persönlichen Werte auszulesen und mit den Ergebnissen anderer zu vergleichen, unterstützt das noch einmal zusätzlich seine Motivation, die erlernte wirtschaftliche Fahrweise auch tatsächlich anzuwenden. Will man hier den Erfolg steigern, kommt es auf Freiwilligkeit und das Bewusstsein für einen vertraulichen Umgang mit den Daten an.

Nach Auswertung von mehr als 200 Messfahrten während des praktischen Teils des Trainings, konnte festgestellt werden, dass:

- Beschleunigen gemäß Betriebsanleitung nicht mit „Vollgas“, jedoch zügig erfolgen soll,
- der Rollanteil unter Beachtung der Fahrzeit möglichst hoch sein soll,
- unnötiges Bremsen vermieden werden soll,
- möglichst verschleißfreies Bremsen (mit Retarder) zur Energierückgewinnung genutzt werden soll.

2.2 Einflussfaktor Infrastruktur und Topografie

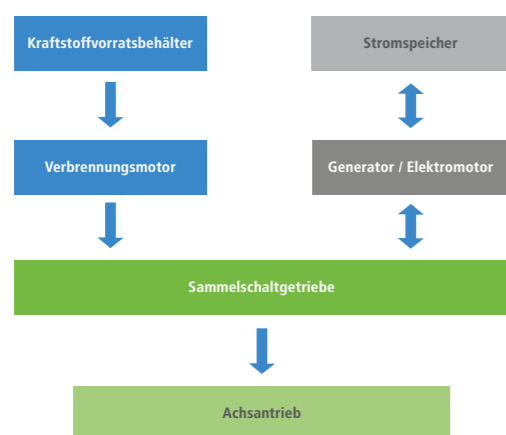
Zu den nicht beeinflussbaren Faktoren gehören die topografischen Verhältnisse der Linie. Dazu zählen Steigungen und Gefälle, aber auch der besondere innerstädtische Bereich, in dem der Linienbus sich bewegt.

Eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit erreicht man nicht durch vereinzelt hohe Fahrgeschwindigkeiten, sondern durch eine gleichmäßige Fahrweise.

3 Technische Grundlagen und Fahrzeugtechnik – Hybridbus

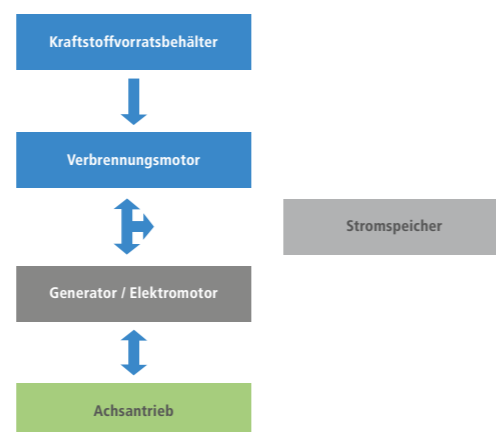
3.1 Technische Grundlagen

Der Ausdruck Hybrid bedeutet „etwas Gebündeltes, Gekreuztes oder Gemischtes“ und stammt von dem lateinischen Fremdwort Hybrida. In der Technik versteht man unter Hybrid ein System, welches zwei Technologien miteinander kombiniert. In der Fahrzeugtechnik spricht man von Hybrid beim Einsatz von zweierlei Energiearten beziehungsweise Antrieben. Die am weitesten verbreitete Hybridvariante ist die Kombination aus Verbrennungsmotor (also Diesel, Benzin oder Flüssiggas) als Hauptantriebsquelle und elektrischer Maschine mit einem Stromspeicher in Form eines Akkumulators oder Doppelschicht-Kondensators. In der Praxis handelt es sich meist um die Kombination aus einem Verbrennungsmotor und einem oder mehreren Elektromotoren in ein und demselben Fahrzeug. Man unterscheidet hierbei zwischen parallelem und seriellen Hybridantrieb.



Bei einem Parallelantrieb wird die angetriebene Achse gleichzeitig durch einen Verbrennungsmotor und einen oder mehrere Elektromotoren

angetrieben. Durch die weitgehende Erhaltung des konventionellen Antriebsstranges ist es möglich, das Fahrzeug mit dem Verbrennungsmotor anzutreiben. Nachteilig wirkt sich das vorhandene Schalt- bzw. Automatikgetriebe aus. Außerdem ist es technisch schwierig, einen rein elektrischen Fahrbetrieb zu gestalten. Im Gegensatz zum Parallelantrieb wird beim seriellen Hybrid das Fahrzeug nur von einem oder mehreren Elektromotoren angetrieben. Der Verbrennungsmotor treibt lediglich einen Generator zur Stromerzeugung an. Vorteilhaft wirken sich bei diesem Antriebskonzept vor allem die positiven Eigenschaften der Elektromotoren aus.



Hierzu gehören insbesondere sanftes Anfahren und die Speicherung der Bremsenergie durch Rückgewinnung (Rekuperation). Außerdem ist es ohne weiteres möglich, andere Energiequellen, wie Brennstoffzellen, zu nutzen. Nachteilig wirken sich die hohen Kosten durch den Mehraufwand der verbauten Elektronik aus.



Hybrid:
System, welches
zwei Technologien
miteinander
kombiniert.

3.2 Fahrzeugtechnik

Grundsätzlich wäre zu klären, welche Antriebsart zur Anwendung im Unternehmen kommt. Für alle Antriebsarten wird aber letztlich der Elektromotor den Vortrieb erzeugen. Elektromotoren zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass bei Energiebereitstellung nahezu sofort das volle Drehmoment auch über einen größeren Drehzahlbereich im Vergleich zum Dieselmotor zur Verfügung steht. Dadurch können zum Beispiel Getriebe zur Drehzahlausnutzung gespart werden. Neben den oben genannten Vorteilen spielen das Start-Stopp-Management des Verbrennungsmotors, der kleinere Verbrennungsmotor für die Grundlast (Downsizing), eine hohe Rekuperationsleistung der Elektromotoren und weniger Bremsbelagverschleiß eine wesentliche Rolle.

Bei gefüllten Stromspeichern entnimmt die Steuerelektronik den benötigten Fahrstrom aus dem Stromspeicher. Ist dieser bis zu einem definierten Wert entleert, startet automatisch der Verbrennungsmotor. Dieser erzeugt elektrische Energie, die wiederum den Fahrmotoren zur Verfügung gestellt wird. Wird das Fahrzeug durch den Fahrer abgebremst, fungieren die Fahrmotoren als Generatoren und erzeugen Strom. Mit diesem Strom werden die Stromspeicher wieder geladen. Diesen Effekt kann man durch den Einsatz einer elektrischen Widerstandsbremse erheblich verstärken. Erkennt das System, dass das Fahrzeug abgebremst wird, bzw. steht das Fahrzeug mehrere Sekunden still, geht der Verbrennungsmotor automatisch aus.

Neben der besseren Ausnutzung der Bremsenergie zum Beschleunigen, ergibt sich auch ein weiterer Vorteil. An bestimmten Streckenabschnitten kann, nach vorherigem Aufladen der Stromspeicher, nur mit elektrischer Energie gefahren werden. Insbesondere an hoch frequentierten Haltestellen kann hier die Abgasbelastung auf Null reduziert werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Installation von sogenannten Eventpunkten. Eventpunkte sind über GPS markierte Punkte, die dem Antriebssystem ein bestimmtes Verhalten vorschreiben. So wird einer Buslinie in einem Wohngebiet nicht nur die Höchstgeschwindigkeit sondern auch die Höchstdrehzahl des Verbrennungsmotors vorgeschrieben. Hintergrund sind neben Kraftstoffeinsparung auch eine geringere Abgasbelastung und der Lärmschutz.

Die
erzeugte elektrische
Energie wird den
Fahrmotoren zur
Verfügung gestellt.





4 Wirtschaftliches Fahren im Linienverkehr

Ziel der Fahrschulausbildung ist die Ausbildung zu einem sicheren, verantwortungsvollen und umweltbewussten Verkehrsteilnehmer. Doch viele Faktoren tragen dazu bei, dass gerade die energiesparende Fahrweise immer wieder in den Hintergrund gedrängt wird.

Energiesparende Fahrweise beginnt dabei schon vor Fahrtantritt. Die Steuerung der Heizung-, Klima- und Lüftungsanlagen kann manuell vom Fahrer geregelt werden. Durch eine sinnvoll abgestimmte Einstellung kann er auch dadurch zur Senkung des Energiebedarfes beitragen. Außerdem sollte eine Beheizung oder Abkühlung des Fahrgastraumes durch geöffnete Türen oder offenen Fester vermieden werden.

Um den Fahrplan effektiv zu gestalten, muss das Unternehmen möglichst wenig Kurse einsetzen. Denn weniger Kurse bedeuten auch geringere Kosten. Um dies zu erreichen, müssen die Fahrzeiten und die Wendezeiten an der Endstelle möglichst gering gehalten werden. Doch kommen dann Baustellen oder Behinderungen im Netz dazu, versuchen viele Fahrer, verlorene Zeit mit einer rasanteren Fahrweise wieder gut zu machen. Der Fahrer strapaziert damit seine Nerven, wird hektisch und nervös und wird dadurch anfällig für weitere Fehler, was die Sicherheit beeinträchtigt. Er schadet damit unabsichtlich seiner Gesundheit und belastet auch die Fahrzeugtechnik bis auf das Äußerste. Das führt zu erhöhtem Verschleiß an den Fahrzeugen und natürlich auch zu einem Mehrverbrauch an Energie.

Auch die Fahrgäste spüren diese Fahrweise und fühlen sich vermutlich nicht wohl. Deshalb ist „eco driving“ so wichtig. Man benötigt kaum mehr Zeit, ist aber dafür entspannter, bleibt gesünder, schont das Fahrzeug, verschleißt die Infrastruktur nicht so stark und gewinnt durch die sichere und vorausschauende Fahrweise noch Fahrgäste. Eine wirtschaftliche Fahrweise lässt sich selbstverständlich nicht nur auf (Hybrid-) Dieselbusse, sondern auch auf andere „saubere“ Fahrzeuge, wie Straßen- und Stadtbahnen, U-Bahnen, Oberleitungsbusse und auch auf die Technologie der Elektrobusse, anwenden.

Die Grundsätze für eine optimale Fahrweise müssen lauten:

Sicherheit

Die Sicherheit ist oberstes Gebot! Ihr hat sich alles unterzuordnen. Sicherheit kommt vom lateinischen Wort „securitas“, was so viel wie „Fürsorge“ oder „ohne Sorge“ bedeutet. Es bezeichnet einen Zustand, der als frei von Gefahren angesehen wird. Die Fahrgäste sollen sich „ohne Sorge“ in ein Fahrzeug des ÖPNV begeben, mit dem sie „fürsorglich“ an ihr Ziel gebracht werden. Eine wirtschaftliche Fahrweise bedeutet immer auch vorrausschauend zu fahren, das „A und O“ für die Sicherheit im Straßenverkehr.

Bei Verkehrsunfällen ist in jedem Fall die Verkehrsleitstelle des Unternehmens zu benachrichtigen. Dabei sollte schon der Hinweis auf ein Hybrid-

fahrzeug erfolgen. Besteht der Verdacht, dass bei einem Unfall das Hochvoltnetz betroffen sein könnte, ist äußerste Vorsicht geboten. Die elektrischen Anlagen in Hybridfahrzeugen unterliegen der Spannungsklasse B, mit Spannungen > 60V Gleichspannung (DC) und > 25V Wechselspannung (AC). Daher muss bei Gefahr das Hochvolt-Bordnetz vom Hochvolt-Traktionsenergiespeicher getrennt und spannungsfrei geschaltet werden. Zu beachten ist dabei, dass trotz Spannungsfreischaltung am Stromspeicher weiterhin lebensgefährliche Hochspannung anliegt. Grundsätzlich bedeutet das, orangefarbene Hochvolt-Leitungen nicht durchtrennen. Sind diese beschädigt kann es zu irreversiblen oder lebensgefährlichen Verletzungen bis hin zum Tod führen.

Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeit ist das allgemeine Maß für Effizienz und für den vernünftigen Umgang mit Ressourcen. Ziel ist also, mit einem möglichst geringen Einsatz von Energie, von A nach B zu kommen. Außerdem minimiert man mit einer ausgewogenen, durchdachten, energieeffizienten Fahrweise auch den Verschleiß an den Omni- bzw. Hybridbussen und den Straßen. Eingesparte Energie ist eingespartes Geld!

Pünktlichkeit

Die Kunden erwarten vom ÖPNV Pünktlichkeit. Es darf keinesfalls zu früh an den Haltestellen abgefahren werden. Im Stadtverkehr sind Verspätungen bei Fahrten inmitten des Individualverkehrs jedoch leider oft nicht zu vermeiden.

Pünktlichkeit darf keinesfalls durch verminderte Sicherheit (riskante Fahrweise) erzwungen werden. Eine unüberlegte rasante Fahrweise gefährdet nicht nur die Sicherheit, sondern fördert zudem den Verschleiß an den Fahrzeugen und an der Infrastruktur. Eine wirtschaftliche vorausschauende Fahrweise ist nicht gleichbedeutend mit einer längeren Fahrtzeit, wie die gemachten Erfahrungen im Praxisteil der Schulungen zum wirtschaftlichen Fahren in den Partnerstädten des ACTUATE-Projektes (z. B. in Leipzig (DE) für den Hybridbus oder in Salzburg (A) für den Oberleitungsbus) belegen können.

Kundenfreundlichkeit

Kundendienst ist ein wichtiges, imagebildendes Instrument für jedes Verkehrsunternehmen. Kundendienst wird oft auch als Service (customer service) bezeichnet. Dabei geht es hier im speziellen Fall um die Erfüllung der Kundenwünsche bei der Dienstleistung „Personenbeförderung“. Dazu kommen Dienstleistungen, wie zum Beispiel einem mobilitätseingeschränkten Fahrgast beim Ein- oder Ausstieg zu helfen oder eine Auskunft zum Fahrpreis und Ähnlichem zu geben. Die Kunden wünschen sich kompetente Ansprechpartner und keine gestressten, erschöpften Fahrer, die bei einer Frage gleich mürrisch reagieren. Sie wollen sich sicher fühlen (siehe Sicherheit). Ein Fahrer, der ausgeglichen und wirtschaftlich fährt, ist weniger gestresst und kann besser auf die Kunden (seine Fahrgäste) eingehen. Fahrer und Fahrgäste fühlen sich wohler und sicherer aufgrund der sanfteren, wirtschaftlichen Fahrweise.



6 Das Training

Der theoretische Teil des Trainings gliedert sich in acht Ausbildungseinheiten mit folgenden Inhalten (siehe hierzu auch die Trainingspräsentation unter www.actuate-ecodriving.eu):

1. Eigenschaften der unterschiedlichen alternativen Antriebssysteme

- Parallelantrieb
- serieller Antrieb
- unterschiedliche Energiespeicher (Supercaps, Kondensatoren, Batterien)
- Fahrverhalten von Hybridfahrzeugen (Stadtbus) insbesondere Brems- und Kurvenlaufeigenschaften, Schwerpunkte

2. Kenntnisse über Eigenschaften von elektrischen Bauteilen

- Definition Spannung, Stromstärke, Widerstand, Leistung, Verlust
- Woran erkennt man elektrische Bauteile?
- Wodurch entstehen Spannungs- bzw. Leistungsverluste?
- Wärmeentwicklung/Kühlung von Bauteilen

3. Was sind die Unterschiede zwischen Diesel- und Elektromotoren?

- Wiederholung Funktionsweise Verbrennungsmotor
- Aufbau / Wirkungsweise Elektromotor
- Leistungsdiagramm Verbrennungsmotor / Elektromotor
- Auswirkungen im Fahrbetrieb

4. Besonderheiten im Kraftverlauf

- Unterschied zum herkömmlichen Kraftverlauf
- serieller und Parallelantrieb/Mischformen
- Gemeinsamkeiten der Antriebssysteme

5. Erarbeitung eines idealen Fahrzyklus und die Nutzung topografischer Verhältnisse

- verschiedene Lademöglichkeiten der Stromspeicher
- Benutzung der elektrischen Bremse
- Nutzung der Betriebsbremsen
- Ausnutzung der topografischen Verhältnisse

6. Was ist zu tun im Falle einer Störung oder eines Unfalles mit Hybridfahrzeugen?

- Woran erkennt der Fahrer Hochspannungsleitungen?
- Was ist Hochspannung?
- Verletzungsrisiko / Stromschläge
- Absicherung des Fahrzeuges
- Unterbrechen / Abschalten der Stromkreise
- Hinweise an Rettungskräfte / Feuerwehr im Bezug auf Hochspannung

7. Kenntnisse über gefährliche Hochspannungsteile in Fahrzeugen

- Supercaps
- Lithium-Ionen-Batterien
- Hochspannungsleitungen
- Notschalter
- Gleichrichter

8. Wie wirkt sich das energiesparende Fahren auf die Umwelt aus?

- Ökobilanz
- CO₂-Ausstoß
- Umweltschutzauflagen / -zonen
- Kraftstoffverbrauch

Dokumentationen
der Messergebnisse
ermöglichen einen
Vorher-Nachher-
Vergleich.

Neben dem Theorieteil ist aber vor allem der praktische Teil des Fahrertrainings für das Thema „eco driving“ von entscheidender Bedeutung für den Lernerfolg der geschulten Fahrer. Der praktische Teil besteht aus Fahrübungen mit dem Hybridbus unter Aufsicht und Anleitung des Fahrlehrers, im besten Fall inklusive eines Vorher-Nachher-Vergleichs von Kraftstoffverbräuchen bezogen auf den Theorieteil mit Tipps und Anleitungen zum „eco driving“. Die Anwendung der gelernten (wiederholten) Theorie in der Praxis führt dann zu einer Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs während der „Nachher-Fahrt“. Um dem Fahrer diesen Lernerfolg „schwarz auf weiß“ vor Augen führen zu können, sollten entsprechende Vorkehrungen bzgl. der Möglichkeit von Kraftstoffverbrauchsmessungen während der Trainings getroffen werden.

Die Anschaffung der Messsysteme und die Umrüstung der Busse können zwar einen erheblichen Aufwand darstellen (insbesondere im Fall der Umrüstung bzw. Nachrüstung). Jedoch ist es bei sorgfältiger Planung möglich, diese Messtechnik auch weiterhin zur Überwachung des Kraftstoffverbrauches zu nutzen, um auch langfristige Vergleiche und Überprüfungen der Lernerfolge gewährleisten zu können. Dabei ist in jedem Falle auf den Datenschutz zu achten. Weitere Möglichkeiten zur Festigung des Schulungsergebnisses wären die Verbreitung von Erinnerungsregeln oder die Einführung eines Bonussystems als Anreiz zum Energiesparen.

Hinweise zum praktischen Teil der Trainings

- Auswahl einer „realen“ Fahrtenroute/Linie für praktischen Teil und möglichst realistische Rahmenbedingungen schaffen (zum Beispiel hinter einem im Linienverkehr fahrenden Bus fahren, um möglichst realitätsnah das Anfahren, Halten und Abfahren an Bushaltestellen zu simulieren)
- Festlegen einer bestimmten Reihenfolge der Fahrer
- Energiemessung der Fahrt vorbereiten
- Anwendung des „normalen Fahrstils“ (Vorher-Fahrt)
- für „Nachher-Fahrt“ möglichst gleiche Fahrtroute und gleiche Reihenfolge der Fahrer wählen für möglichst ähnlich realistische Rahmenbedingungen
- Fahrweise mit Einbezug der im Theorieteil vermittelten Informationen während Nachher-Fahrt vermitteln
- erneute Energiemessung zur Vergleichbarkeit möglicher Energieverbrauchsreduzierung gegenüber Vorher-Fahrt ermöglichen



8 Schlussbemerkungen

Nach der Durchführung der Trainingsmaßnahme sollte eine Einsparung von Energie bzw. Kraftstoff zu verzeichnen sein. Jedoch muss man sich darüber im Klaren sein, dass dieser Effekt stetig nachgebessert werden muss. Ebenso ist die Fluktuation zu berücksichtigen. Zusätzlich besteht wegen der Fluktuation zusätzlicher Schulungsbedarf.

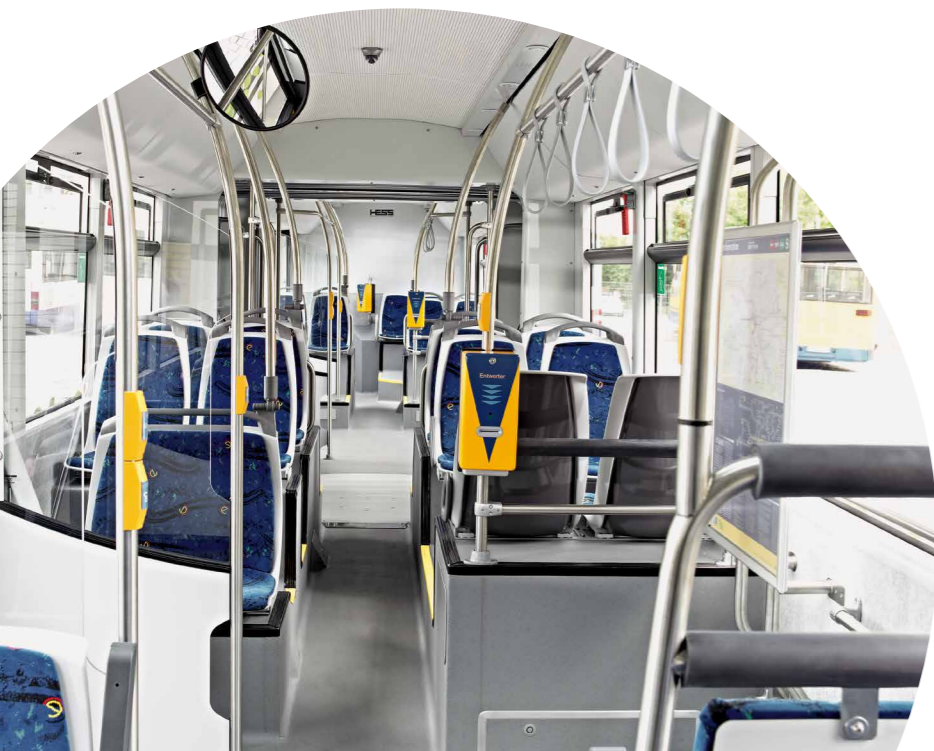
Weitere Schulungen sind demzufolge dringend erforderlich um an die folgenden „goldenen Regeln“ für eine wirtschaftliche Fahrweise mit (Hybrid-) Bussen zu erinnern:

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

Welches Einsparpotenzial in einer wirtschaftlichen Fahrweise von Hybridbussen steckt, zeigen zum Beispiel die Ergebnisse der Energiemessungen aus Leipzig (ca. 5 %). Jedes einzelne Unternehmen, welches mit gut geschultem Fahrpersonal Energie bzw. Kraftstoff einsparen will, kann diese Trainingsbroschüre nutzen, auf seine Stadt bzw. die lokalen Rahmenbedingungen abstimmen, und das Trainingskonzept in die Praxis umsetzen.

Mit dieser Trainingsbroschüre, entwickelt unter der Leitung der Leipziger Projektpartner im Projekt ACTUATE, können Sie einen Anfang machen, das Thema Kraftstoffeinsparung durch „eco driving“ von Hybridbussen auch in Ihrem Unternehmen „anzupacken“.

Wir wünschen viel Erfolg dabei!



Herausgeber:



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH
Georgiring 3, 04103 Leipzig
Telefon: (0341) 492-0
Telefax: (0341) 492-1005
E-Mail: info@lvb.de
Internet: www.lvb.de

Konzeption und Redaktion:

Renate Backmann

Stand:

Dezember 2014
Druckfehler vorbehalten.

Projektkontakt:

Rupprecht Consult – Forschung & Beratung GmbH
Dr. Wolfgang Backhaus
Clever Straße 13 – 15
50668 Köln / Germany
Telefon: +49 / 221 / 606055-19
E-Mail: w.backhaus@rupprecht-consult.eu
Internet: www.rupprecht-consult.eu

Layout, Gestaltung und Umsetzung:

HOFFMANN SCHAFT – Agentur für Werbung
Dufourstraße 4, 04107 Leipzig
Internet: www.hoffmannschaft.de

Fotos:

Joachim Donath, Archiv der LVB

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

Die ACTUATE-Partner:



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



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



Die sechs goldenen Regeln zur energiesparenden Fahrweise

-
1. *Behalte immer Ruhe.*
 2. *Beschleunige nie maximal sondern gleichmäßig bis zur gewünschten Geschwindigkeit.*
 3. *Nutze optimal den Rollvorgang.*
 4. *Bremse gleichmäßig und fahrgastfreundlich mit der elektrischen Bremse zur Energierückgewinnung.*
 5. *Gehe bewusst mit Nebenverbrauchern, wie Heizung und Klimaanlage, um.*
 6. *Fahre konzentriert und aufmerksam.*
-



.....

www.lvb.de
www.actuate-ecodriving.eu

.....



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

actuate

