

Energiesparende Maßnahmen bei der Wiener Niederflurstraßenbahn ULF

Wiener Linien GmbH & Co KG
Dipl.-Ing. Johann RICHTER

Siemens AG Österreich, Infrastructure & Cities Sector
Dipl.-Ing. Richard ENSBACHER

Inhaltsübersicht

- Übersicht über den Straßenbahnpark bei den Wiener Linien
- Aktueller Energieverbrauch der Straßenbahnen
- Maßnahmen um den Energieverbrauch der Straßenbahnen zu reduzieren
- Maßnahmen beim ULF-Antriebssystem
 - **ULF ECO-Upgrade** bei den Typen A, A1, B1 und B1
- Zusammenfassung

Übersicht über die Straßenbahnfahrzeuge bei den Wiener Linien

Aktueller Fuhrpark Triebwagen

Fahrzeugtype	Anzahl
E1	147



Energieverbrauch aller Straßenbahnen

Jahr	Energieverbrauch [GWh/a]	Laufleistung [Mio km/a]	Anzahl Fzg. [Stk]	Spezifischer Energieverbr. [kWh/km]
2009	117	23,1	513	5,06
2012	106	23,3	522	4,55

Maßnahmen um den Energieverbrauch zu reduzieren

Fahrzeugtype E2:

Einbau einer Choppersteuerung

Vorteile:

- Rückspeisefähig
- Einsparung von 30 % an elektrischer Energie
- Niedrige Reparatur- und Wartungskosten im Bereich der Antriebssteuerung

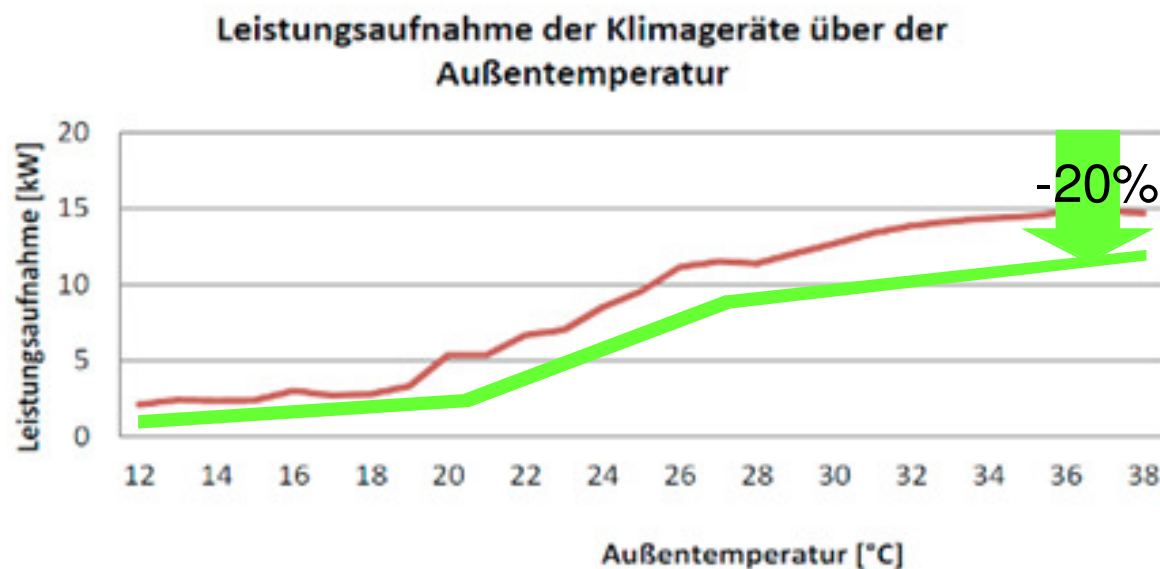


Maßnahmen im Bereich der Werkstätten und Betriebsbahnhöfe:

- Abschaltung der Fahrzeuge, wenn diese abgestellt sind
- Koordinierte Vorheizung der Fahrzeuge
- Abschaltung von nicht benötigten Beleuchtungskörper, falls Fahrzeug aktiviert bleiben soll

Forschungsprojekt EcoTram:

- Gesamtheitliche Optimierung der Heizungs- Lüftungs- und Klimaanlage (HVAC) von Schienenfahrzeugen
- Verbesserung der Energieeffizienz bei gleichbleibender thermischer Behaglichkeit



- Test auf einem ULF-A1 Fahrzeug im Fahrgastbetrieb (Mitte 2013)

Geplante Maßnahmen zur Erprobung eines Prototyps:

- Einsatz eines frequenzvariablen Kompressors
- Besetzungsabhängige Frischluftmenge
- Berücksichtigung des Einflusses der Luftfeuchtigkeit
- Streckenabhängige Steuerung
- Modifizierung des Reglerverhaltens
- Verwendung der Klimaanlage auch zum Heizen
(umschaltbarer Kreislauf)
- Wärmeschutzfolien an den Fenstern
- USW.

Maßnahmen um den Energieverbrauch zu reduzieren

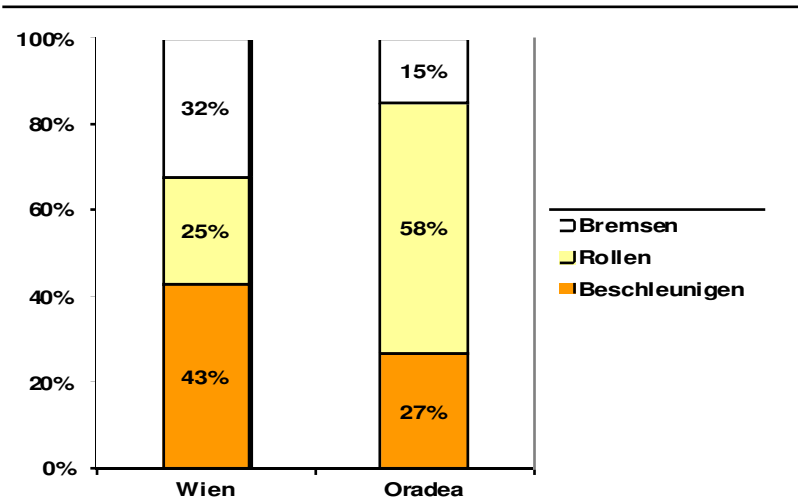


Energieoptimierte Fahrweise:

Kurze Beschleunigung auf eine solche Geschwindigkeit, dass sich

lange Rollphasen und kurze Bremsphasen

ergeben

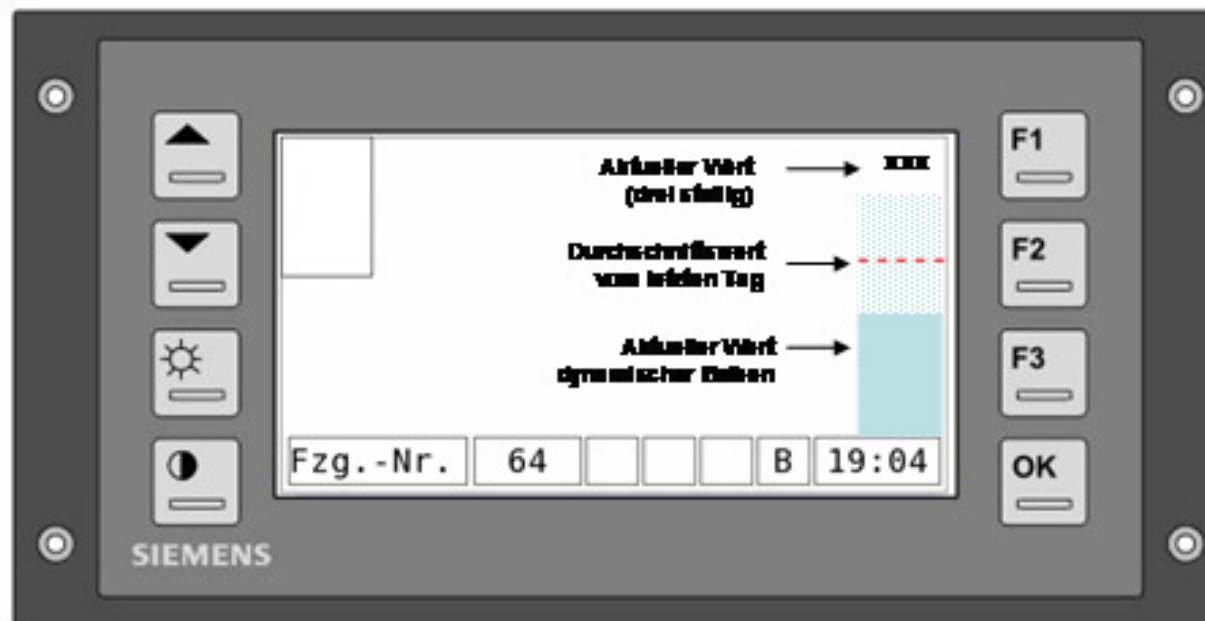


	ULF Type A1	
	Wien	Oradea
v max	70 km/h	37 km/h
v mittel	15 km/h	11,5 km/h
I Netz Traktion	650 A	400 A
Rückspeisegrad	50%	23%
spez. Energieverbrauch	1,5 kWh/km	1,14 kWh/km

-24%

Fahrerunterstützende Systeme

- Anzeige des %-Anteiles der Rollphasen (FH in Nullstellung) am Display
- Kurzzeitmittelwert und Durchschnittswert vom letzten Tag
- Fahrer soll animiert werden diesen Anteil möglichst hoch zu halten



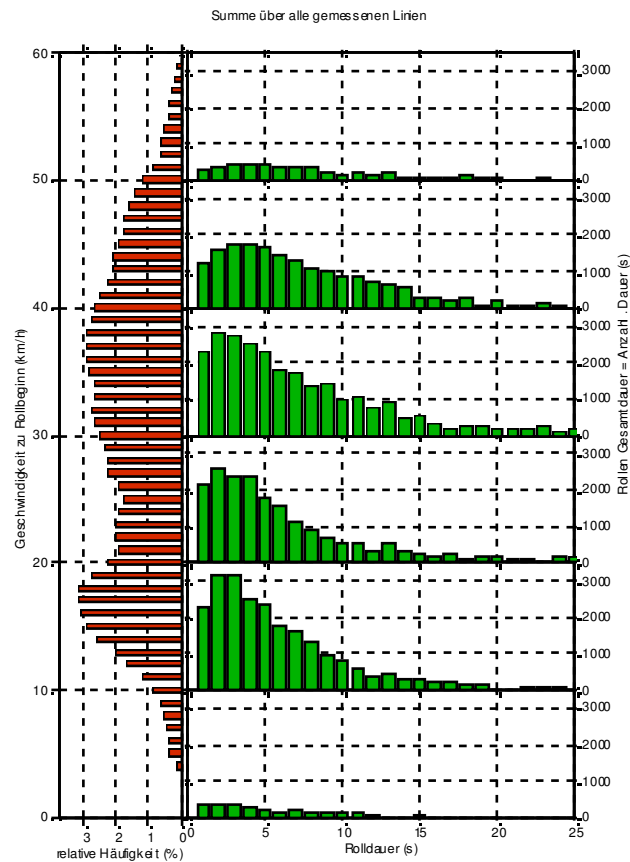
ULF ECO-Upgrade:

Bündel an **softwaretechnischen** Maßnahmen beim Antriebssystem welche im Zuge:

- Der Analyse der Betriebsdaten bei den Wiener Linien
- Erfahrungen von Siemens bei anderen Verkehrsbetrieben
- Energieeffiziente Fahrweise

vorher mit den Wiener Linien abgestimmt, erprobt und umgesetzt wurden

Abschaltung der Motoren in Fahrhebelnullstellung (= Rollen)



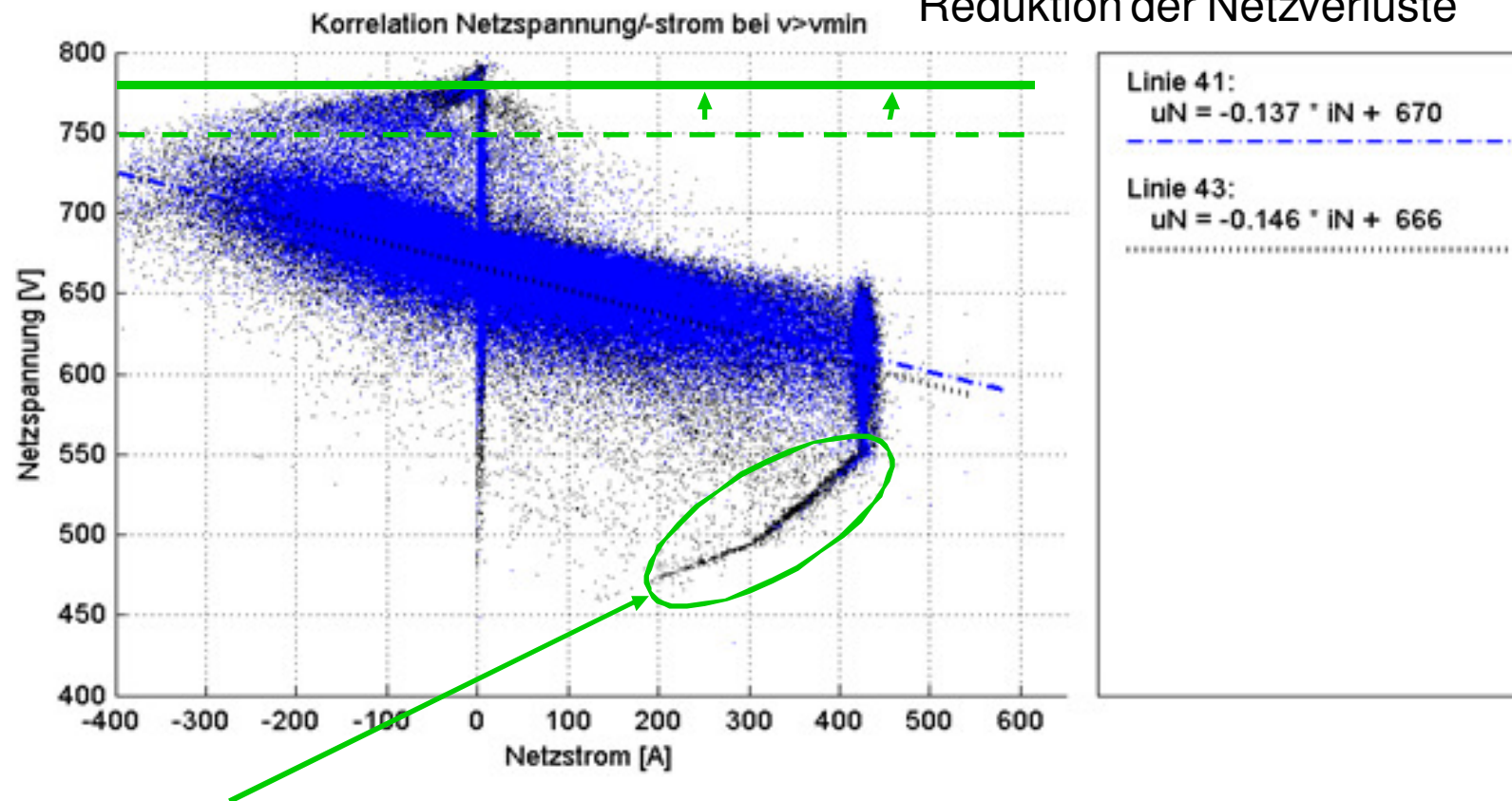
Rollen hat Anteil von 20-35 % an der Bewegungszeit,

davon rund 70 % durch Abschaltung der Motoren nutzbar

→ mögliche Einsparung im Rollen:
5 kW bei den Typen A
7 kW bei den Typen B

- Raschere Abschaltung der Magnetisierung der Motoren nach dem Anhaltevorgang
- Optimierung Bremsstellersteuerung und des aktiven Zwischenkreisschutzes

Anhebung der Rückspeisespannung bewirkt: höhere Rückspeisegrade
Erreichung weiter entfernter Abnehmer
Reduktion der Netzverluste



Netzschonungsmodus bewirkt: Geringere Netzspannungsschwankungen
Reduktion der Netzverluste

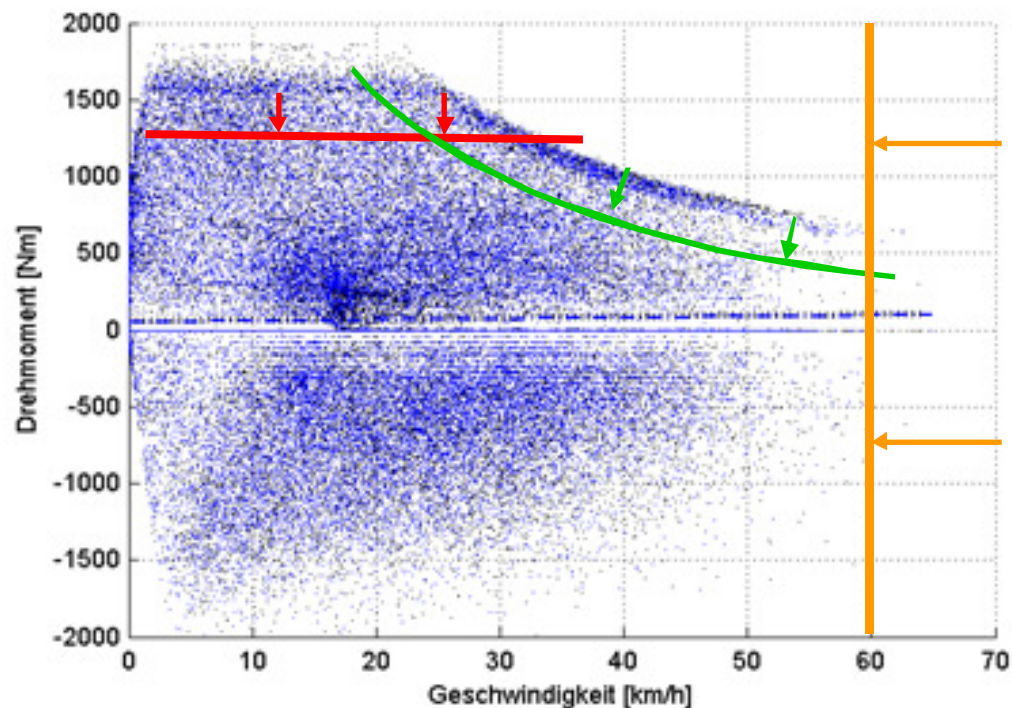
Energieverbrauch = f { v^2 , m, eta, ...}

**Energieverbrauch steigt mit
Quadrat der Geschwindigkeit**

**Hoher Rückspeisegrad
ist kein Garant für geringen Energieverbrauch**

Reduktion der Beschleunigungsfähigkeit:

- **Netzstrom beim Anfahren reduzieren** - 20 %
- **Anfahrbeschleunigung reduzieren** $1,3 \text{ m/s}^2 \Rightarrow 1,15 \text{ m/s}^2$
- **Maximalgeschwindigkeit reduzieren** $70 \text{ km/h} \Rightarrow 60 \text{ km/h}$



Maßnahmen beim ULF-Antriebssystem ECO-Upgrade



	vor ECO-Upgrade				nach ECO-Upgrade			
	spez. Energie [kWh/km]	km/a * [km/a]	Fzg. [Stk]	Energie [kWh/a]	spez. Energie [kWh/km]	Einsparung Traktion [%]	Energie- einsparung [kWh/a]	CO ₂ ** [t/a]
Type A	2,00	51.000	51	5.202.000	1,46	27%	1.404.540	287
Type B	2,60	55.000	101	14.443.000	2,01	23%	3.277.450	669
Type A1	1,50	51.000	80	6.120.000	1,40	7%	428.400	87
Type B1	2,00	55.000	70	7.700.000	1,86	7%	539.000	110
							5.649.390	1.152

* Durchschnittliche Laufleistung

** 0,204 kg/kWh

Type A und B: Alle Maßnahmen des ULF ECO-Upgrade wurden umgesetzt.

Type A1 und B1: Die meisten Maßnahmen waren bereits bei Auslieferung implementiert, sodass nur mehr die Abschaltung der Motoren in Fahrhebelnullstellung und die Reduktion der Beschleunigungsfähigkeit umgesetzt werden konnten.

Zusammenfassung

- Durch Analyse der Betriebsdaten und die daraus abgeleiteten Softwareänderungen können mit dem **ULF ECO-Upgrade** wesentliche Einsparungen im Antriebssystem erzielt werden
 - Type A / B **24%** Umsetzung aller Maßnahmen
 - Type A1 / B1 **7%**
- Durch fahrerunterstützende Systeme und Schulungen kann der Energieverbrauch weiter gesenkt werden.
- Diese Energiesparmaßnahmen haben keine negative Auswirkung auf die Einhaltung des Fahrplanes.
- Auch im Bereich der Werkstätten und Betriebsbahnhöfe sind wesentliche Einsparungen leicht erzielbar.

Wir danken für Ihre Aufmerksamkeit

Wiener Linien GmbH & Co KG
Dipl.-Ing. Johann RICHTER

Siemens AG Österreich, Infrastructure & Cities Sector
Dipl.-Ing. Richard ENSBACHER