

41. Tagung Moderne Schienenfahrzeuge

# Energiesparende Maßnahmen bei der Wiener - Niederflurstraßenbahn ULF

Wiener Linien GmbH & Co KG  
Ing. Robert GRADWOHL MSc

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

## Inhaltsübersicht

- Aktueller Energieverbrauch der Straßenbahnen
- Übersicht über den Straßenbahnpark bei den Wiener Linien
- Zielsetzung Energieverbrauch reduzieren
- ECO-Upgrade beim ULF:
  - Type A1 und B1
  - Type A und B
- Zusammenfassung

## Energieverbrauch aller Straßenbahnen

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

# Übersicht über die Straßenbahnfahrzeuge bei den Wiener Linien



## Aktueller Fuhrpark (Triebwagen):

Fahrzeugtype	Anzahl
E1	147
E2	120
A	51
A1	40
B	101
B1	63
<b>Summe</b>	<b>522</b>



# Zielsetzung: Energieverbrauch reduzieren



## Fahrzeugtype E2:

- Einbau einer Choppersteuerung
- Vorteile:
  - Rückspeisefähig
  - Einsparung von 30 % an elektrischer Energie
  - Niedrige Reparatur- und Wartungskosten im Bereich der Antriebssteuerung



## Zielsetzung: Energieverbrauch reduzieren



**SIEMENS**

### Maßnahmen im Bereich der Werkstätten und Betriebsbahnhöfe:

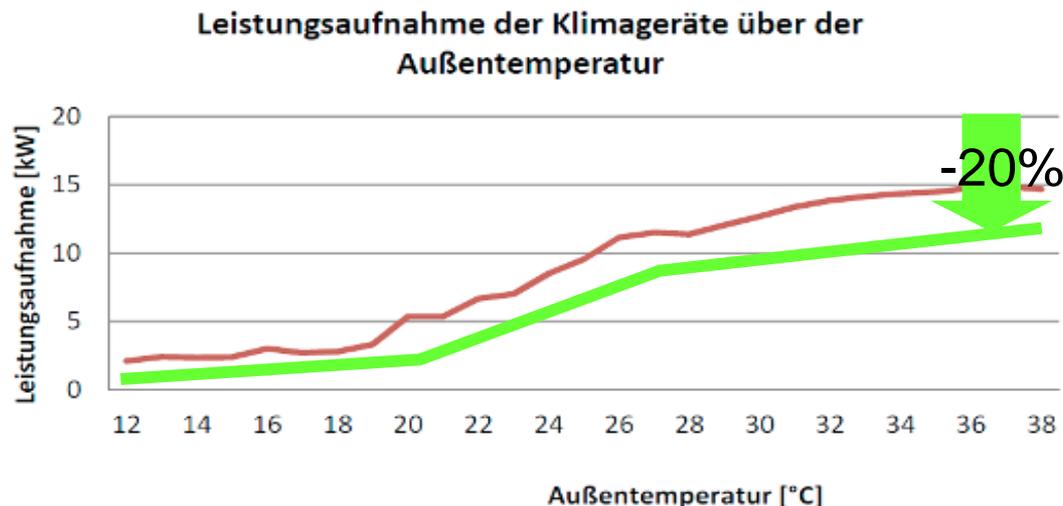
- Abschaltung der Fahrzeuge, wenn diese abgestellt sind
- Koordinierte Vorheizung der Fahrzeuge
- Abschaltung von nicht benötigten Beleuchtungskörper, falls Fahrzeug aktiviert bleiben soll

# Zielsetzung: Energieverbrauch reduzieren



## 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)



## Zielsetzung: Energieverbrauch reduzieren



SIEMENS

### 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.

# Zielsetzung: Energieverbrauch reduzieren

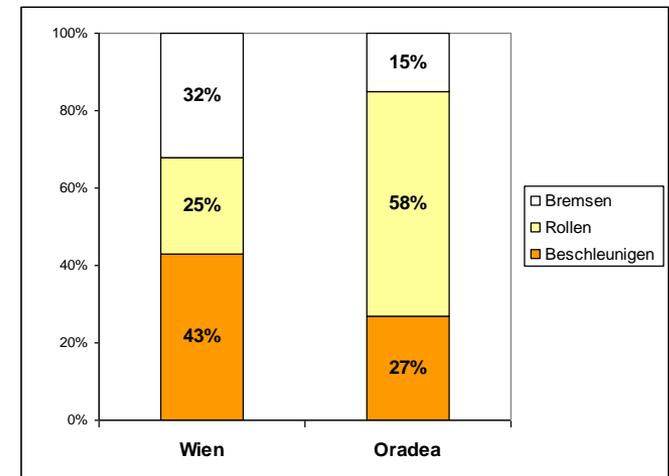


## Energieoptimierte Fahrweise:

kurze Beschleunigung auf **möglichst geringe** Geschwindigkeit  
 lange Rollphasen  
 kurze Bremsphasen

	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%	24%
<b>spez. Energieverbrauch</b>	<b>1,5 kWh/km</b>	<b>1,14 kWh/km</b>

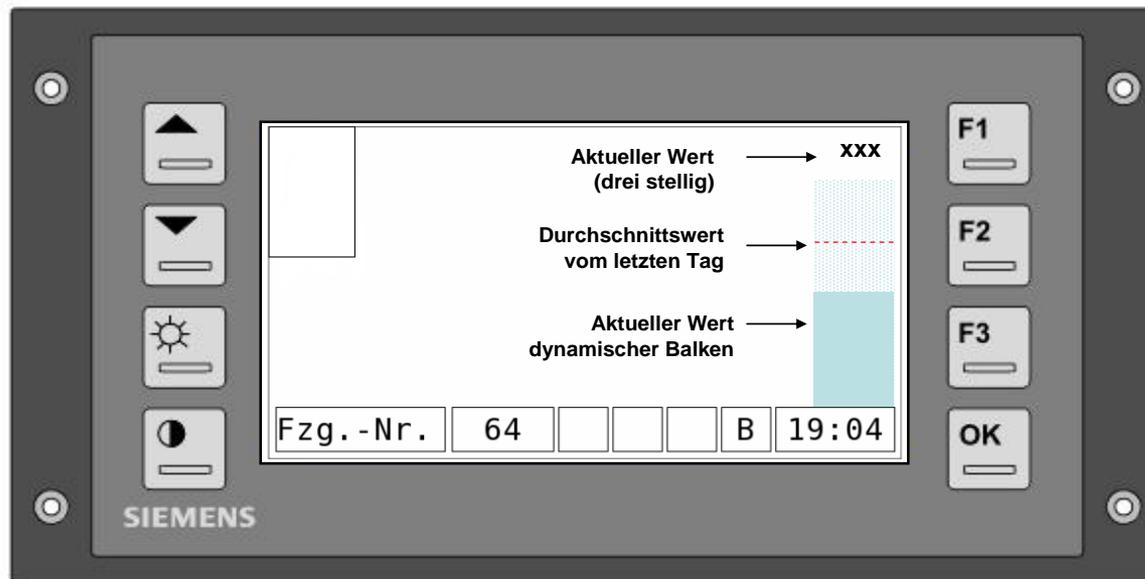
**-24%**



# Zielsetzung: Energieverbrauch reduzieren

## 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



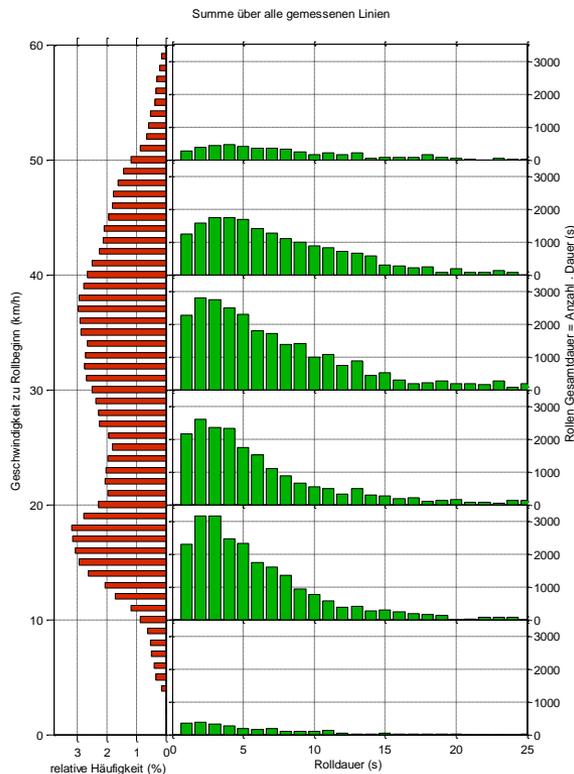
### ECO Upgrade:

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

# Maßnahmen beim Antriebssystem

## ULF **ECO-Upgrade**



**SIEMENS**

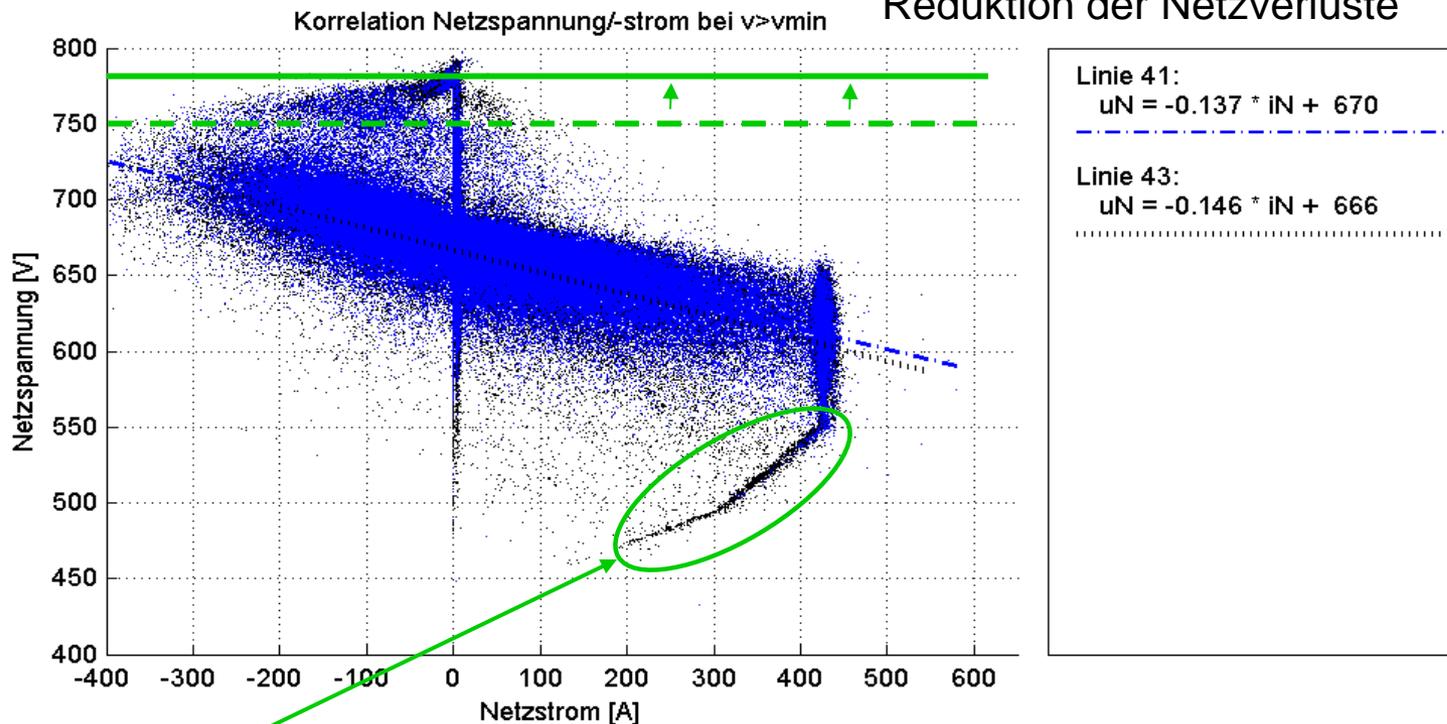
- Raschere Abschaltung der Magnetisierung der Motoren nach dem Anhaltevorgang
- Optimierung Bremsstellersteuerung und des aktiven Zwischenkreisschutzes

# Maßnahmen beim Antriebssystem

## ULF ECO-Upgrade



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



**Netzschonungsmodus** bewirkt: Geringere Netzspannungsschwankungen  
Reduktion der Netzverluste

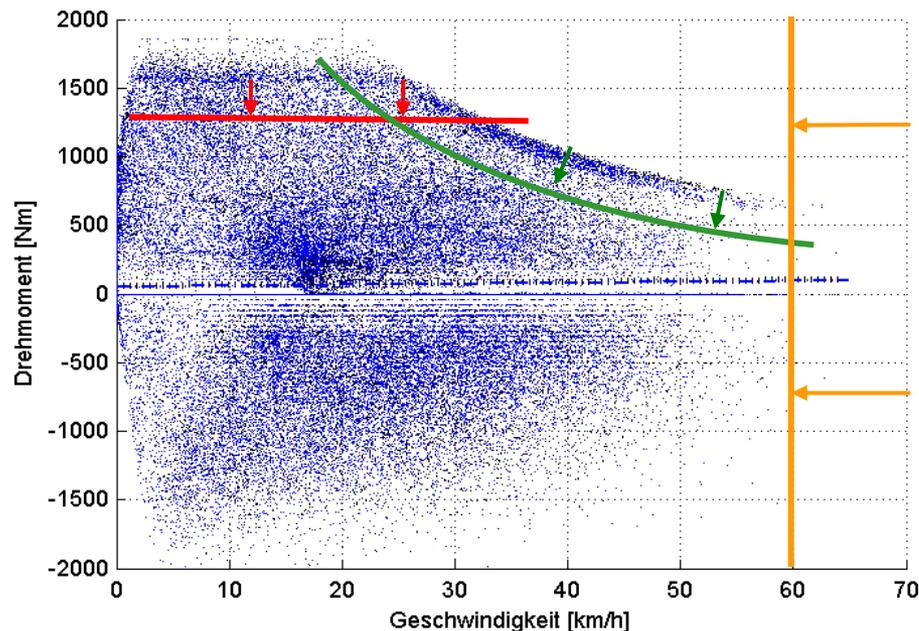
**Energieverbrauch = f {v<sup>2</sup>, m, eta, ...}**

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**  $70 \text{ km/h} \Rightarrow 60 \text{ km/h}$



# Ergebnisse ULF 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 <sub>2</sub> ** [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.

## 41. Tagung Moderne Schienenfahrzeuge

**Wir danken für  
Ihre Aufmerksamkeit**

Wiener Linien GmbH & Co KG  
**Ing. Robert GRADWOHL MSc**

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