

Das Avenio-Fahrzeugkonzept im fünfjährigen Betriebseinsatz bei den Budapester Verkehrsbetrieben



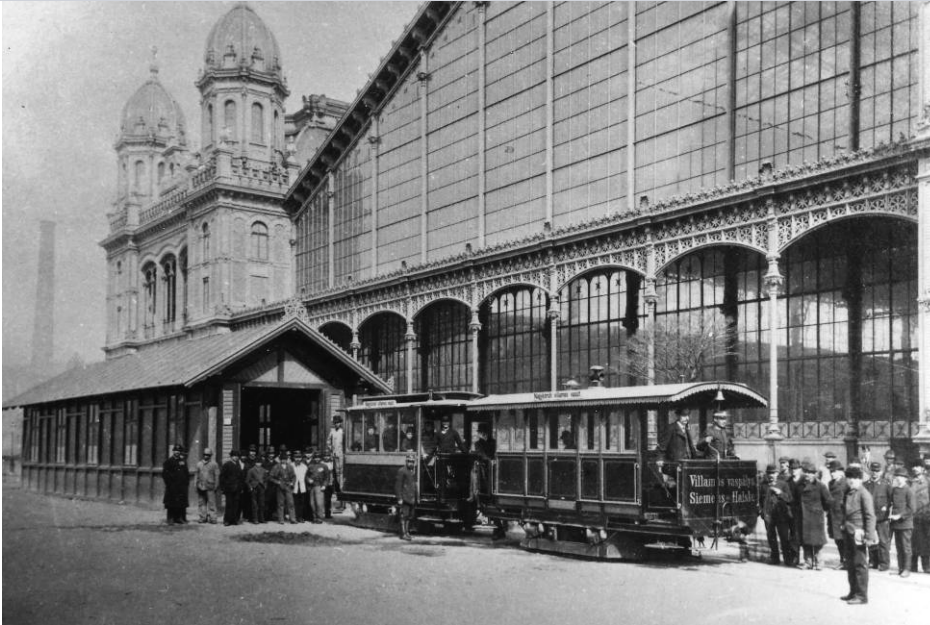
Dipl.-Ing. Wolfgang-Dieter Richter
Siemens AG
Dipl.-Ing. Csaba Radócz
BKV Zrt.

13. September 2011

Die Donaumonarchie - ein Wegbereiter des modernen Nahverkehrs



SIEMENS

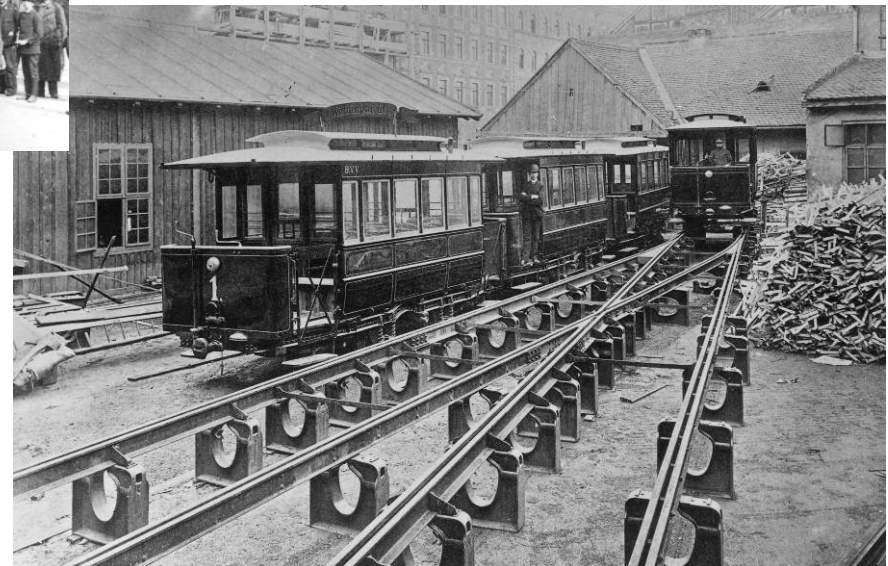
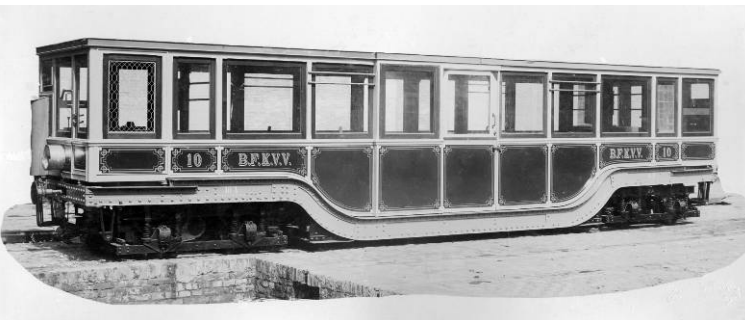


Budapester Meilensteine

1887: meterspurige Straßenbahn auf dem Großen Ring am Westbahnhof

1889: normalspurige Straßenbahn mit unterirdischer Stromzuführung

1896: erste U-Bahn auf dem europäischen Kontinent



© Siemens AG 2011

Der Große Ring im Liniennetz der Budapester Verkehrsbetriebe



SIEMENS



Die Linie 4/6 ist die meistgenutzte von drei großen Straßenbahn-Ringlinien, welche die radialen U-Bahn-Äste miteinander verbinden

Route 4 and 6

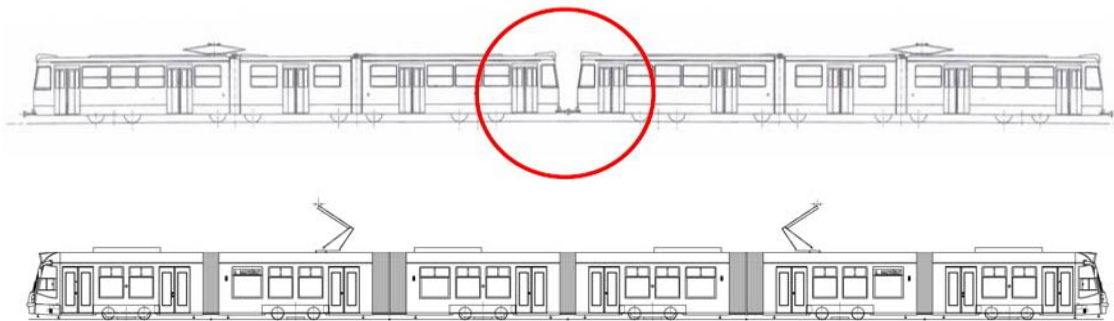
Route 4: *Fehérvári út (Lágymányosi lakótelep) - Október huszonharmadika utca - Irinyi József utca - Petőfi híd - Ferenc körút - József körút - Erzsébet körút - Teréz körút - Nyugati tér - Szent István körút - Margit híd - Margit körút - Széna tér - Széll Kálmán tér (Moszkva tér)*

Route 6: *Móricz Zsigmond körtér - Karinthy Frigyes út - Irinyi József utca - Petőfi híd - Ferenc körút - József körút - Erzsébet körút - Teréz körút - Nyugati tér - Szent István körút - Margit híd - Margit körút - Széna tér - Széll Kálmán tér (Moszkva tér)*

Der Schritt zum 54-m-Wagen in Einzelgelenk-Bauweise



SIEMENS



**10.000 Passagiere pro Stunde
und Richtung verlangen große
Stehplatzflächen und
Durchgangsbreiten sowie einen
schnellen Fahrgastwechsel**

Hohes Verkehrsaufkommen – nicht nur in der Rush-Hour



SIEMENS



13:15



21:41



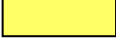
21:55

Schnellerer Fahrgastwechsel mit weniger Türen



SIEMENS

Einsteigezeit je Türspur*

- ohne Stufe 
- mit einer Stufe (+ 20 %) 
- mit zwei Stufen (+ 40 %) 

➔ gegenüber einem Fahrzeug mit zehn Türen und zwei Stufen konnte die Einsteigezeit beim Combino Plus mit acht Türen ohne Stufen um ca. 25 % gesenkt werden



* Quelle: B. Rüger, TU Wien

Geringer Spalt am Bahnsteig mittels festem „Verschleißbord“



SIEMENS

**Wartungsfreie
Lösung:**

**festе Borde
reduzieren den Spalt
am Bahnsteig auf
maximal 50 mm**



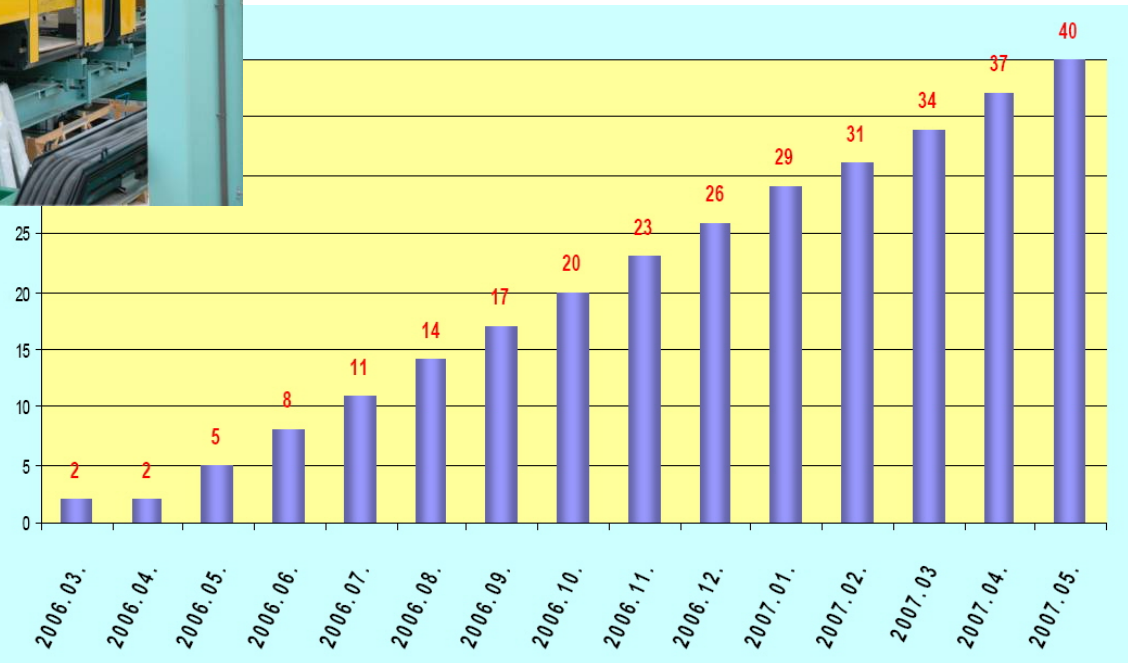
**Markierungen auf
dem Bahnsteig
weisen auf die
Position der mit Bord
versehenen Türen hin**



Lieferung nach Plan



Die Lieferung von drei Fahrzeugen pro Monat ermöglichte eine kontinuierliche Inbetriebnahme sowie Ausmusterung und Überleitung von Altfahrzeugen auf andere Betriebshöfe und Linien

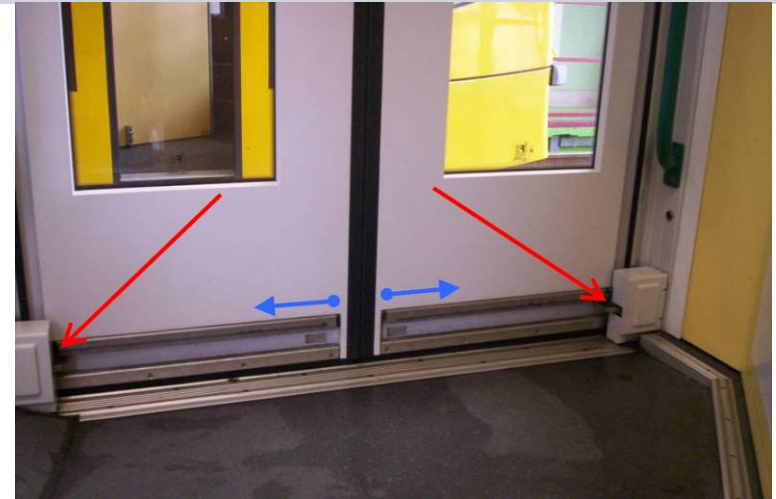


Probleme im Betriebseinsatz

Kurz nach der Aufnahme des Linienbetriebes trat häufig ein Verklemmen einzelner Türflügel auf.

Der damit verbundene Ausfall manchmal mehrerer Fahrzeuge im Tagesverlauf führte zur vorübergehenden Außerbetriebnahme. Ursache war letztlich ein internes Toleranz- und Montageproblem der Türführung.

Nach dessen Behebung konnte ein störungsfreier Betrieb aufgenommen werden.



Ähnliche Ausfälle verursachte auch ein Endschalter, der eigentlich eine geöffnete Schürzenklappe signalisieren und ein versehentliches Öffnen der Tür verhindern soll.

Durch Verschmutzung geschah dies zuweilen auch bei geschlossener Klappe – die Tür war aber blockiert.

Eine verbesserte Dichtung sorgte hier erfolgreich für Abhilfe.

Probleme im Betriebseinsatz



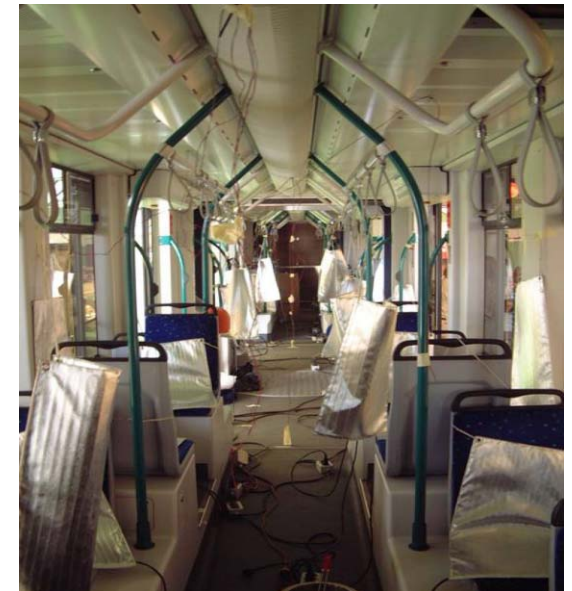
Aus Kostengründen wurden die Fahrzeuge ursprünglich ohne Fahrgastraum-Klimaanlage geliefert.

Der Versuch, durch zusätzliche Schiebefenster die Belüftungsverhältnisse zu verbessern, führte aber nicht zum Erfolg.

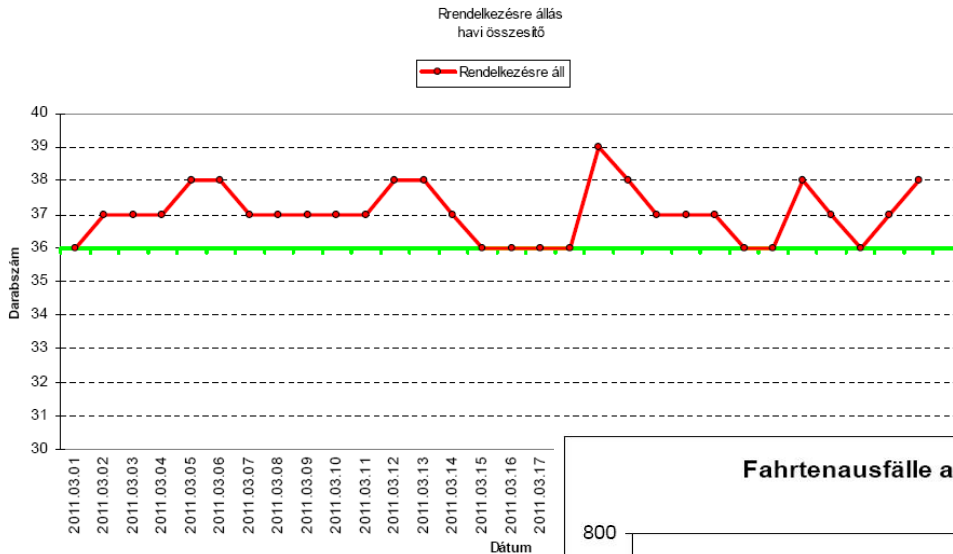
Da die Nachrüstung einer Klimaanlage konstruktiv und bautechnisch vorbereitet war, konnten im Frühjahr 2008 alle Fahrzeuge innerhalb von drei Monaten entsprechend umgerüstet werden.



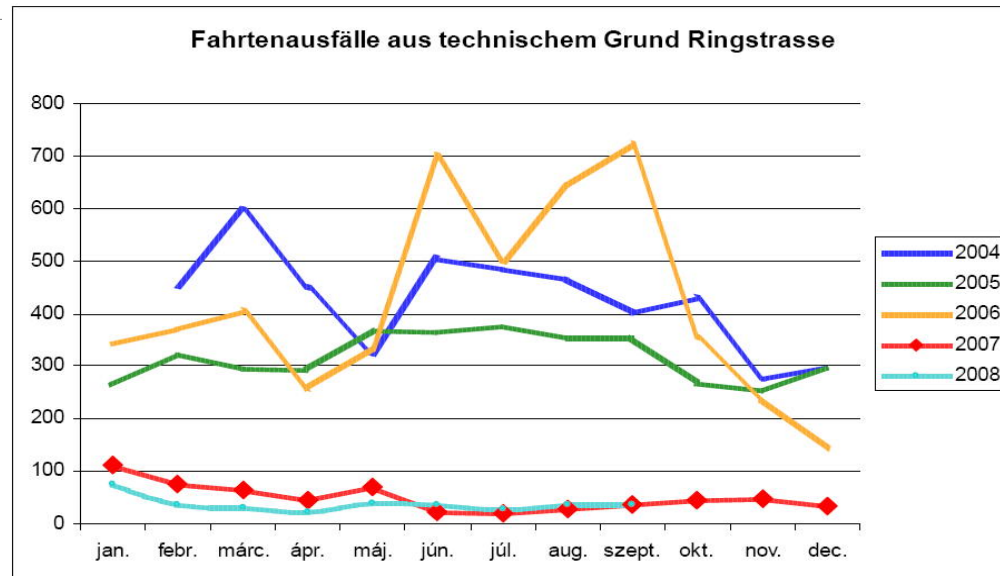
**Prüfung der
Kühlleistung**



Hohe Verfügbarkeit



Mit Übergang des Betriebes der Linie 4/6 auf die Combino Plus im Jahre 2007 konnte die Ausfallrate von Fahrten drastisch gesenkt werden. Insgesamt sind seit Aufnahme des regulären Betriebes nur 0,14 % der planmäßigen Fahrten aus technischen Gründen ausgefallen.



Unfälle und ihre Folgen

- Flankenfahrt



SIEMENS

Durch eine Flankenfahrt mit einem Bus wurden mehrere Module beschädigt.

Durch den besonderen Aufbau der Seitenwand waren im Wesentlichen nur die Verkleidungsbleche und die Deformationszone vor der Türsäule betroffen.



Das zwischen Ecksäule und Türsäule angeordnete Wellblech verhindert bei kleineren Unfällen eine Schädigung der tragenden Struktur

Unfälle und ihre Folgen - Weichenfehlstellung



SIEMENS



Eine nicht verriegelte Weiche im Hungaria-Depot ließ den hinteren Teil eines Fahrzeugs entgleisen.

Die drehelastische Anbindung der Fahrwerke verhinderte ein seitliches Ausbrechen der Wagenteile, die lediglich mit seitlichem Versatz weiterfahren. Dem dabei benötigten Platz fiel allerdings eine Türsäule des Depots zum Opfer.

Das Modul, das an der Türsäule hängenblieb, wies lediglich Schäden an den Verkleidungsblechen auf.



Höhere Antriebsleistung im Fahrzeug – niedrigerer Energieverbrauch im Netz



SIEMENS

Mit dem Combino Plus kam erstmals ein Fahrzeug bei der BKV zum Einsatz, das seine Bremsenergie bis zum Stillstand ins Netz zurückspeisen kann.

Bei einer Zugfolge von 90 s steht jederzeit ein Abnehmer für Bremsenergie zur Verfügung; damit konnte der Verbrauch in der Summe um fast 30 % reduziert werden.



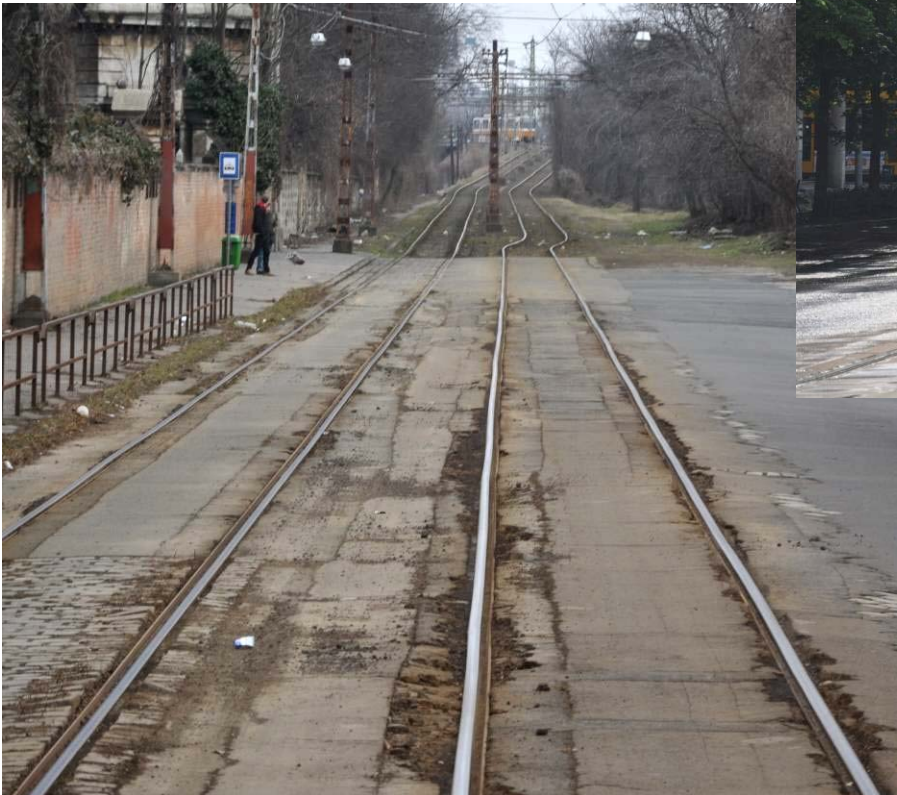
Unterwerke	Verbrauch in 2005 MWh	Verbrauch in 2006 MWh	Verbrauch in 2007 MWh	Verhältnis 2006/2005 %	Verhältnis 2007/2005 %
Moszkva tér	698,4	1 121,5	936,4	160,6	134,1
Pálffy	3 554,1	3 285,6	2 671,6	92,5	75,2
Kádár	2 885,7	2 670,5	2 363,0	92,5	81,9
Kertész	5 379,6	3 843,7	3 252,5	71,4	60,6
Vaskapu	4 729,3	3 682,6	2 668,5	77,9	56,4
Körtér	1 164,7	1 877,7	1 207,0	161,2	103,6
insgesamt	18 411,8	16 481,6	13 099,0	89,5	71,1

Anspruchsvolle Gleislage - nicht nur auf Außenstrecken



SIEMENS

Zuführungsstrecke zwischen Linie 4/6 und dem Hungaria-Depot im bisherigen Zustand; die Strecke wird gegenwärtig erneuert



Der aus Donauschwemmland bestehende Untergrund begünstigt die Entstehung von Pumpstellen und vertikalen Gleislagefehlern. Betroffen sind auch viele Bereich der Linie 4/6, die aber kontinuierlich überarbeitet werden.

Der bisherige Fahrzeugpark - Ganz Gelenkwagen



SIEMENS

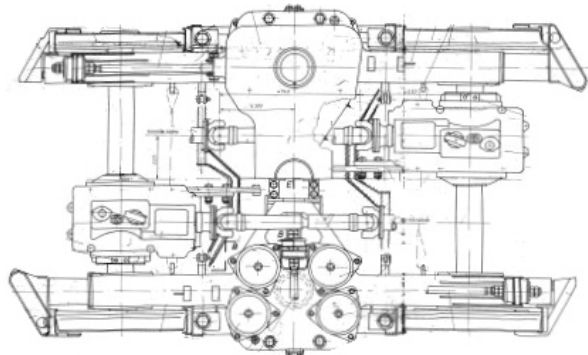
Über die Räder
abgefederter Einzelachs-
Kardantrieb

Gelenkrahmen mit
zentraler Achse

Längsmithnahme über
Drehzapfen

Abstützung auf der Wiege
über beidseitige Abroll-
Pendel

Gummimantel-Achslager
anstelle Primärfeder



Der bisherige Fahrzeugpark - Tatra T5C5



SIEMENS

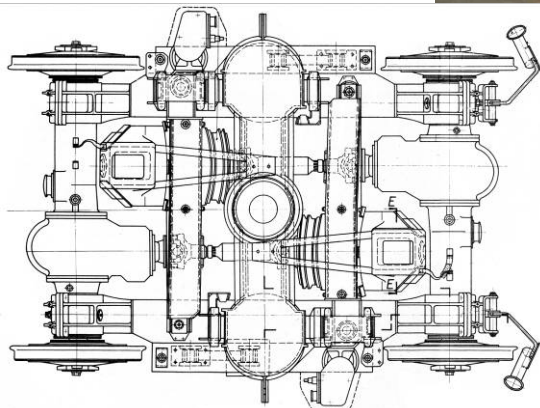
Über die Räder
abgefederter Einzelachs-
Kardantrieb

Gelenkrahmen mit
diagonaler Achse

Längsmithnahme über
Drehzapfen

Abstützung auf der Wiege
über kegelige
Drehzapfenführung

Gummimantel-Achslager
anstelle Primärfeder



Der bisherige Fahrzeugpark - Düwag Tw 6000 aus Hannover



SIEMENS



Elastisch gelagerter
Zweiachs-Längsantrieb

Starrer Rahmen

Längsmitnahme über
Drehkranz

Abstützung auf der Wiege
über Drehkranz

Winkelblock-Primärfeder



Das neue Fahrzeug - Combino Plus



SIEMENS



Voll abgefederte
Einzel-Längsantriebe

Starrer Rahmen

Längsmithnahme über
zentralen Traktionslenker

Abstützung über
drehelastische Sekundär-
feder

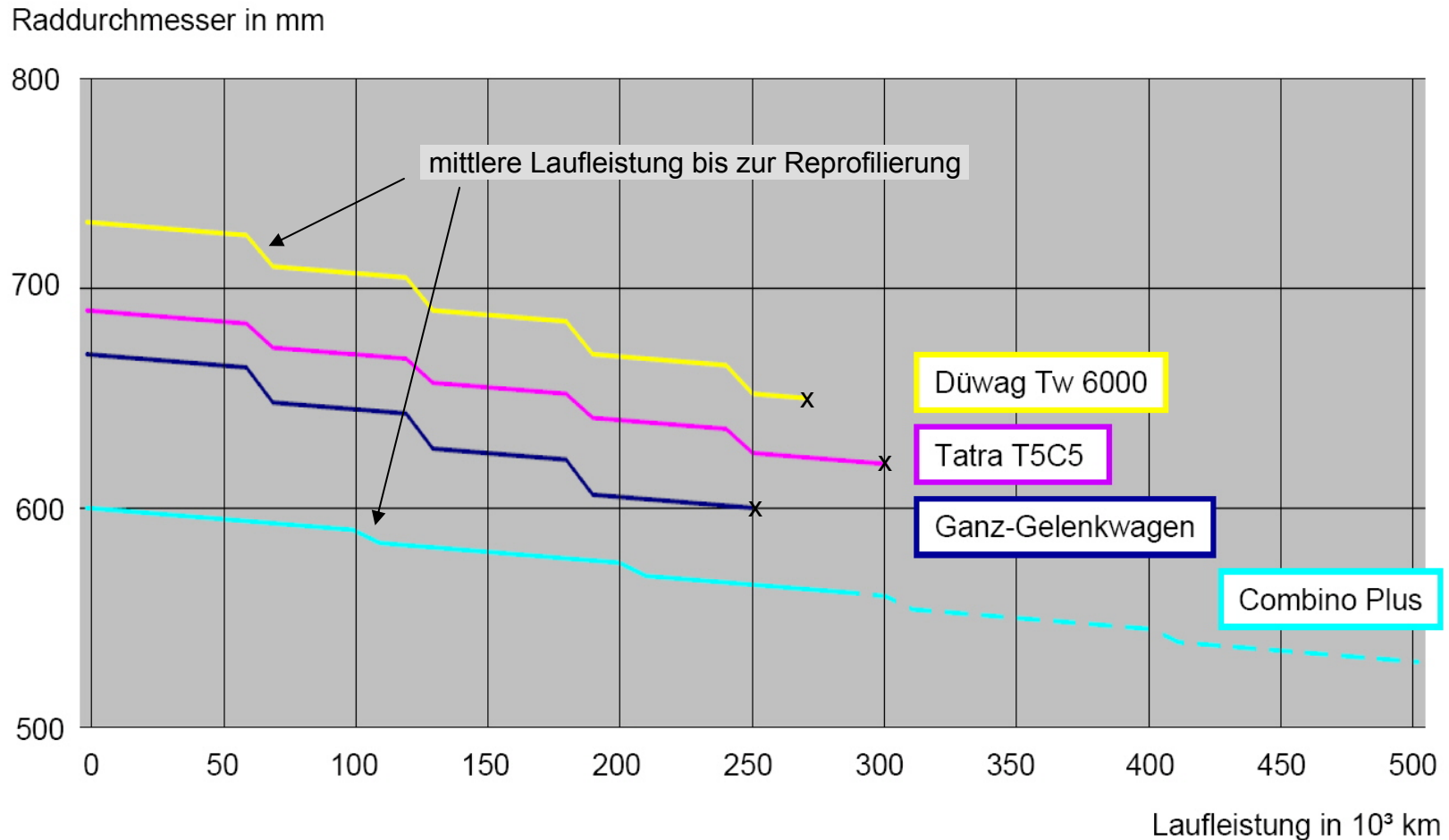
Gummikonus-Primärfeder



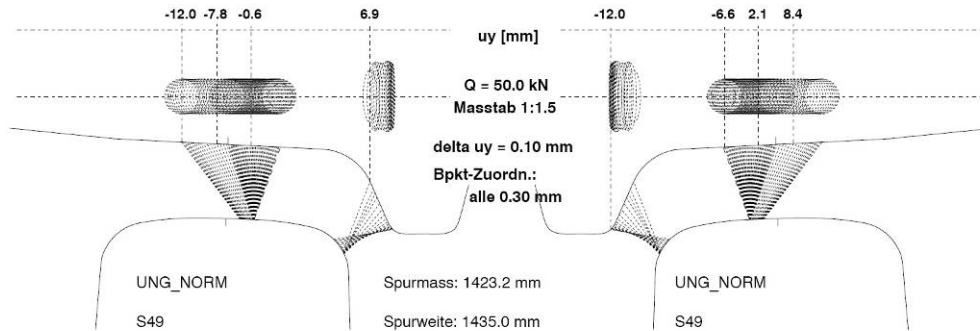
Radreifenlaufleistung des Combino Plus im Vergleich zum bisherigen Fahrzeugpark



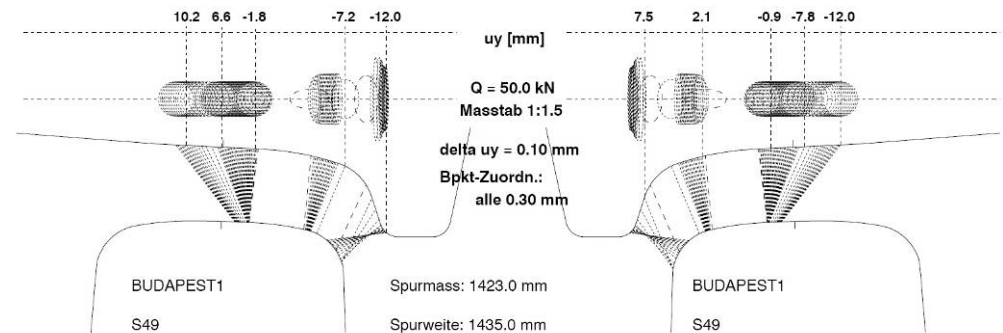
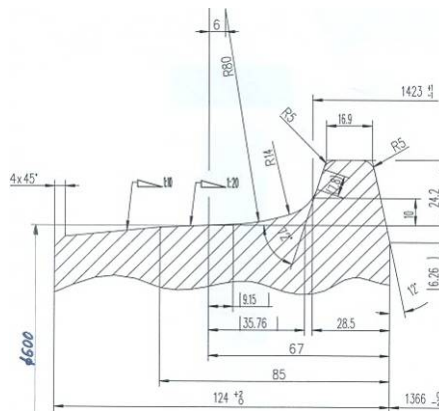
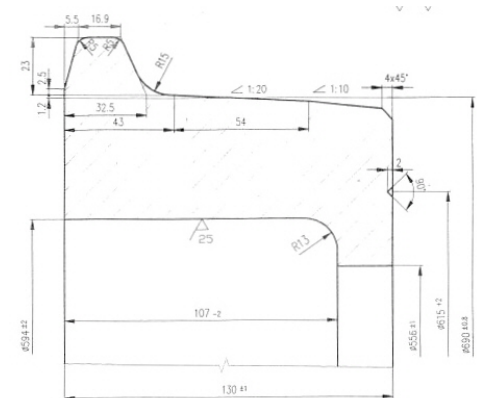
SIEMENS



Optimierung der Berührgeometrie



Ausgangslage bei Verwendung des ungarischen Normprofils



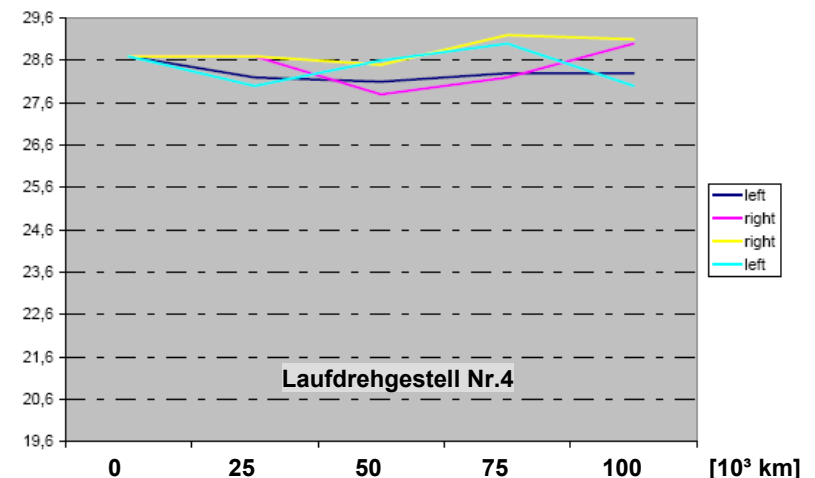
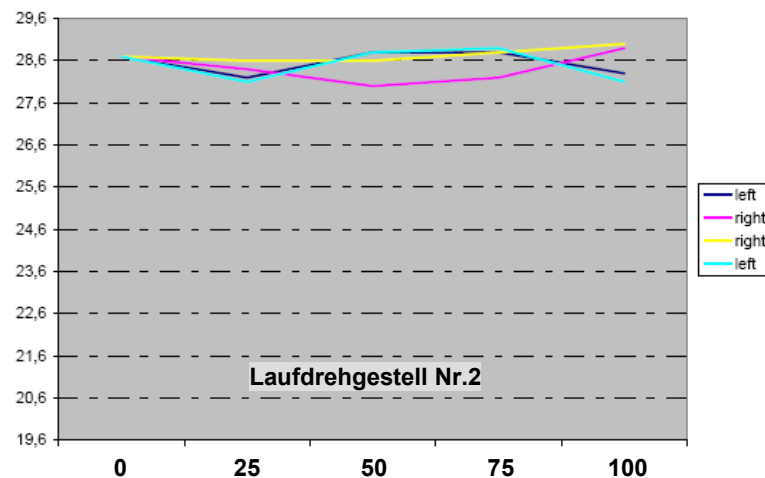
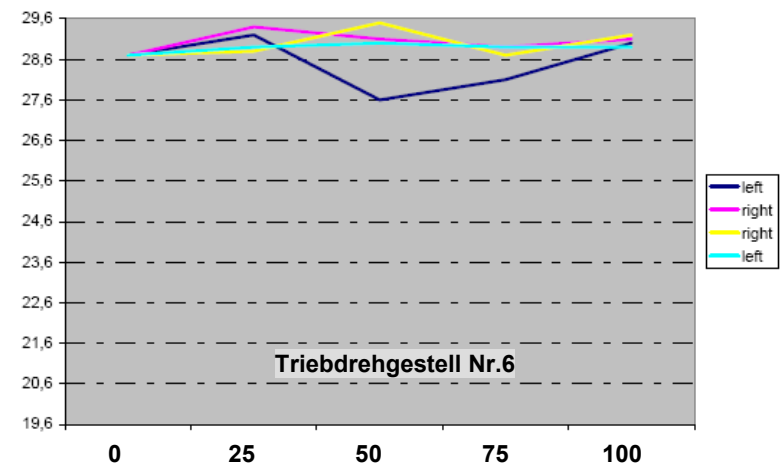
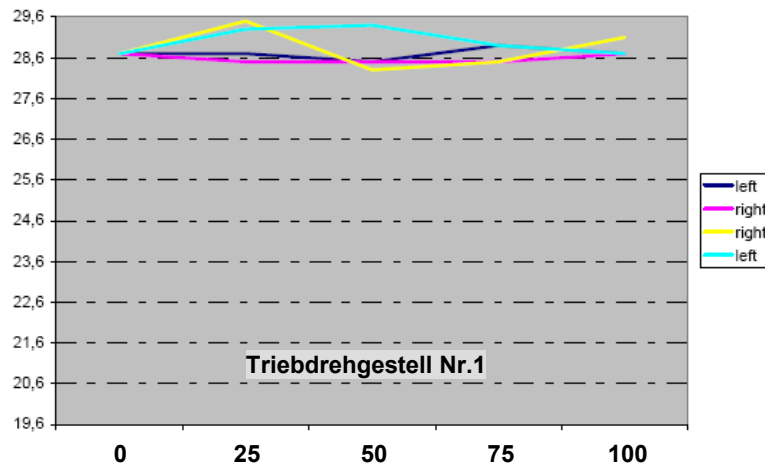
Optimierte Geometrie mit angepasstem Verschleißprofil

Entwicklung der Spurkranzdicke zwischen zwei Reprofilierungen



SIEMENS

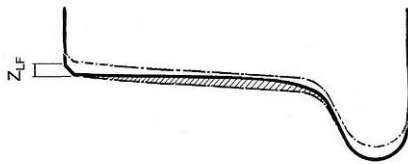
Sd [mm]



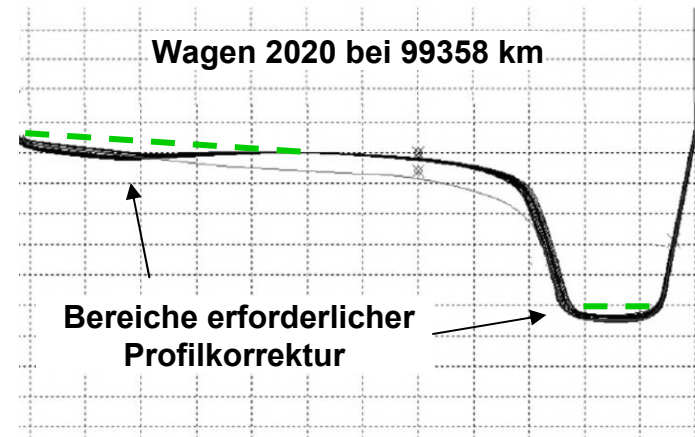
Potential der Profilentwicklung

Typischer Verschleiß und resultierender Zerspanungsaufwand bei:

- Vollbahn



- Straßenbahn



Auswirkungen auf die Schiene - Verlängerung der Nutzungsdauer



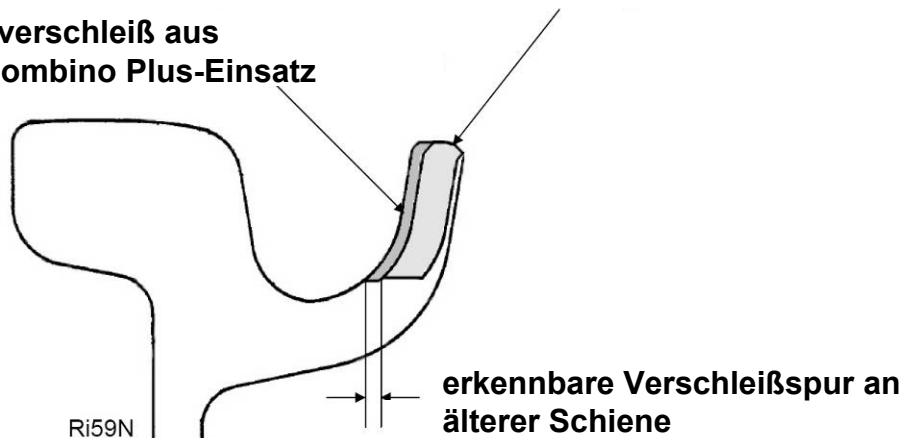
SIEMENS



Der geringe laterale Verschleiß am Spurkranz spiegelt sich an der geringen Abnutzung von Fahr- und Leitkante der Schiene wider. Tausch- und Reparaturintervalle können deutlich gestreckt werden

Leitkantenverschleiß aus 3 Jahren Ganz-Gelenkzug-Einsatz

Leitkantenverschleiß aus 5 Jahren Combino Plus-Einsatz



© Siemens AG 2011

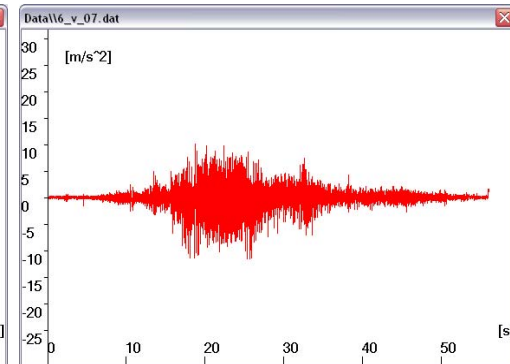
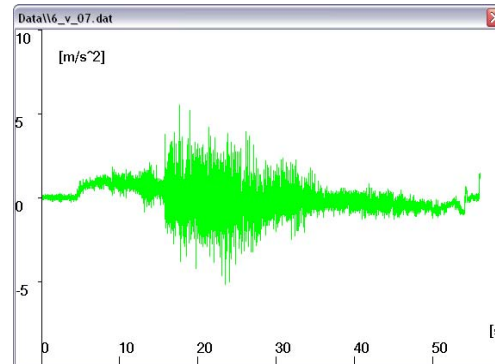
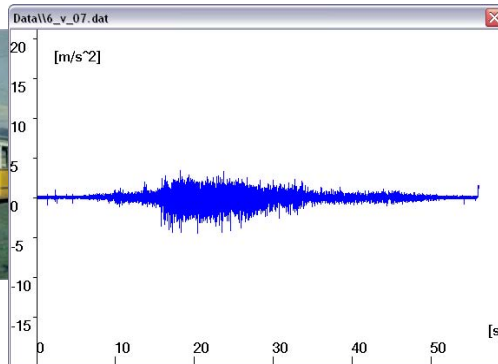
Untersuchung der schienenbedingten Anregung im Vergleich



SIEMENS



Ganz - ICS



Vibrationen im Fahrzeug:

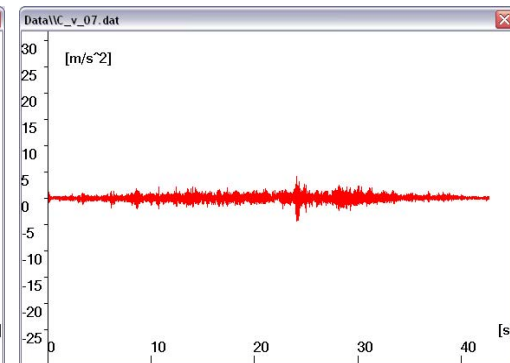
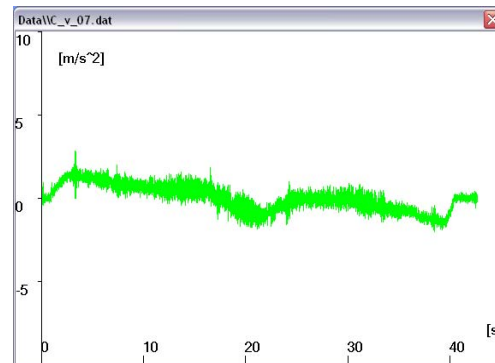
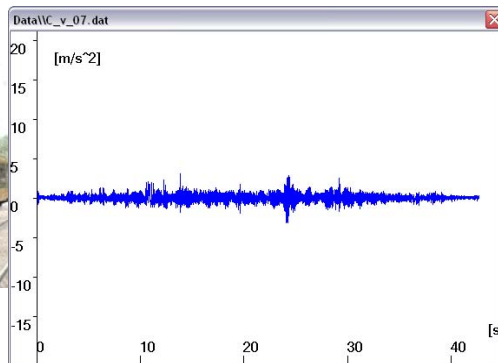
lateral

längs

vertikal



Combino Plus

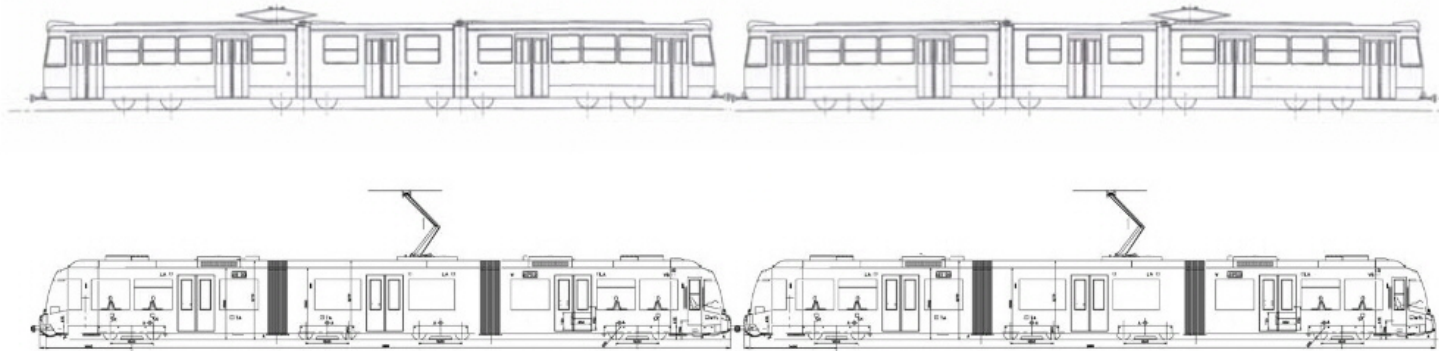


Quelle: BRETZ *et al.*: COMPARATIVE INVESTIGATION OF TRAM VIBRATIONS

© Siemens AG 2011

Ein Blick auf Alternativen

Reichen 70 % Niederflur nicht auch? Ein Gedankenspiel mit den Anforderungen der Linie 4/6



Mit einer für 70%er typischen Konfiguration würden folgende Kriterien Restriktionen unterliegen:

- durchgehende Begehrbarkeit
- große Durchgangsbreite
- hoher Stehplatzanteil
- ausreichende Anzahl von Türspuren
- gleichmäßig verteilter Antrieb
- identische Reprofilierungsintervalle für Trieb- und Laufdrehgestelle

Ein Blick nach vorn

Nach fünf Jahren erfolgreichem Betriebseinsatz in Budapest hat das gewählte Fahrzeugkonzept seine Bewährungsprobe bestanden.

Die Vorteile der Einzelgelenk-Bauweise mit Längsradsätzen und selbstzentrierenden Drehgestellen können unabhängig von den Eigenheiten der Infrastruktur genutzt werden:

- **Minimierung des Rad-Schiene-Verschleißes,**
- **hoher Fahrkomfort für Fahrgast und Fahrer,**
- **niedrige Vibrationen und Schallabstrahlung,**
- **niedriger Energieverbrauch durch effektive Rückspeisung,**
- **hohe Verfügbarkeit.**

Der Budapester Combino Plus ist das erste Niederflerfahrzeug, das im Betriebseinsatz bessere Resultate erzielt hat als konventionelle und 70%- Niederfler-Gelenkwagen.

Mit seiner konsequenten Weiterentwicklung, dem Avenio, steht heute ein den aktuellen Regelwerken und Marktanforderungen entsprechendes Produkt zur Verfügung.





SIEMENS



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. Csaba Radócz
BKV Zrt.

Dipl.-Ing. Wolfgang-Dieter Richter
Siemens AG