



## Die erste Warschauer Hybrid Strassenbahn





Die Vorschlag in 2003  
Jahr

Der gelb Stricht ist ein  
Schienstrassenbahns-  
verlauf ohne Oberleitung.





## Loesungsmöglichkeiten in Betracht:

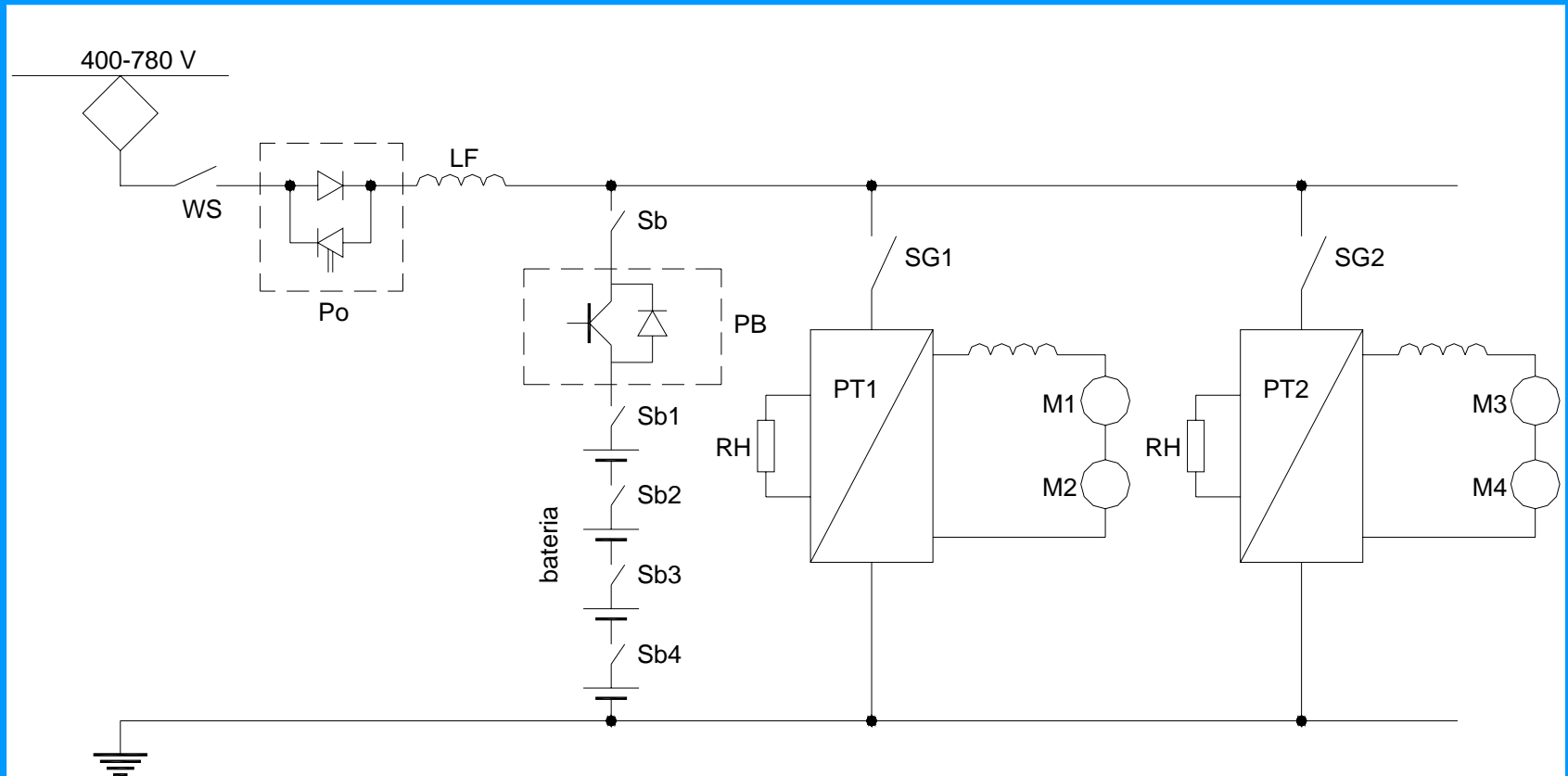
- Tram mit Kondensatoren-Energie-Speicher, an Haltestellen nachgeladen;
- Tram mit Kondensatoren-Energie-Speicher vom Motor-Generator nachgeladen (Verbrennungsmotor oder Brennstoff-Zellen);
- Tram gespeist von dritter Schiene in der Fahrbahn (zum Beispiel in Frankreich);
- Tram mit Batterie-Energiespeichern.



## anwendete Speicher - Grungsparametr:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| - Akk-Satzu typ FNC A 80xR.                 |                 |
| - Nominalskapazitaet                        | 80Ah.           |
| - Nominalspannung                           | 600V            |
| - Anzahl Zellen in der Speicher             | 500 Stueck.     |
| - Gesamtmasse des Akku-Satzes               | 4x650 kg.       |
| - Nominalspannung einer Zelle               | 1,2V            |
| - Minimale dauerne Spannung einer Zelle     | 0,8V            |
| - Maximale Ladespannung aus der Fahrleitung | 1,5Vper Zelle   |
| - Maximale Ladespannung bei Bremsen         | 1,55V per Zelle |
| - Maximaler Ladestrom 15s                   | 400A            |
| - Betriebstemperatur                        | -25 ÷ +45°C     |





## Der Haut-Strom-Kreis des Trams 116N mit Akku-Speicher





Unterbringung Zellen Akku-Satz in Tram 116N





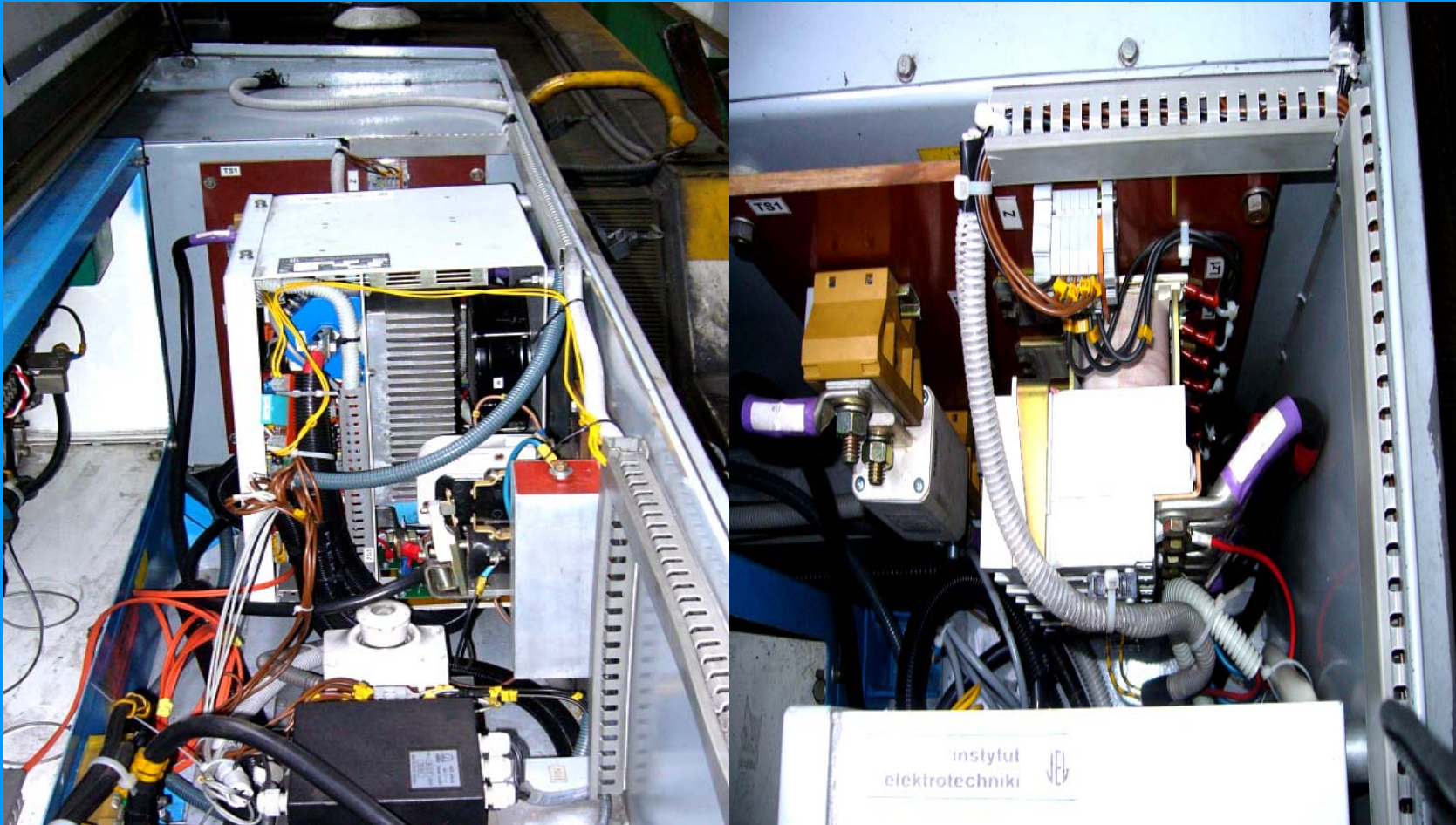
Unterbringung Zellen Akku-Satz in Tram 116N





## Unterbringung Zellen Akku-Satz in Tram 116N





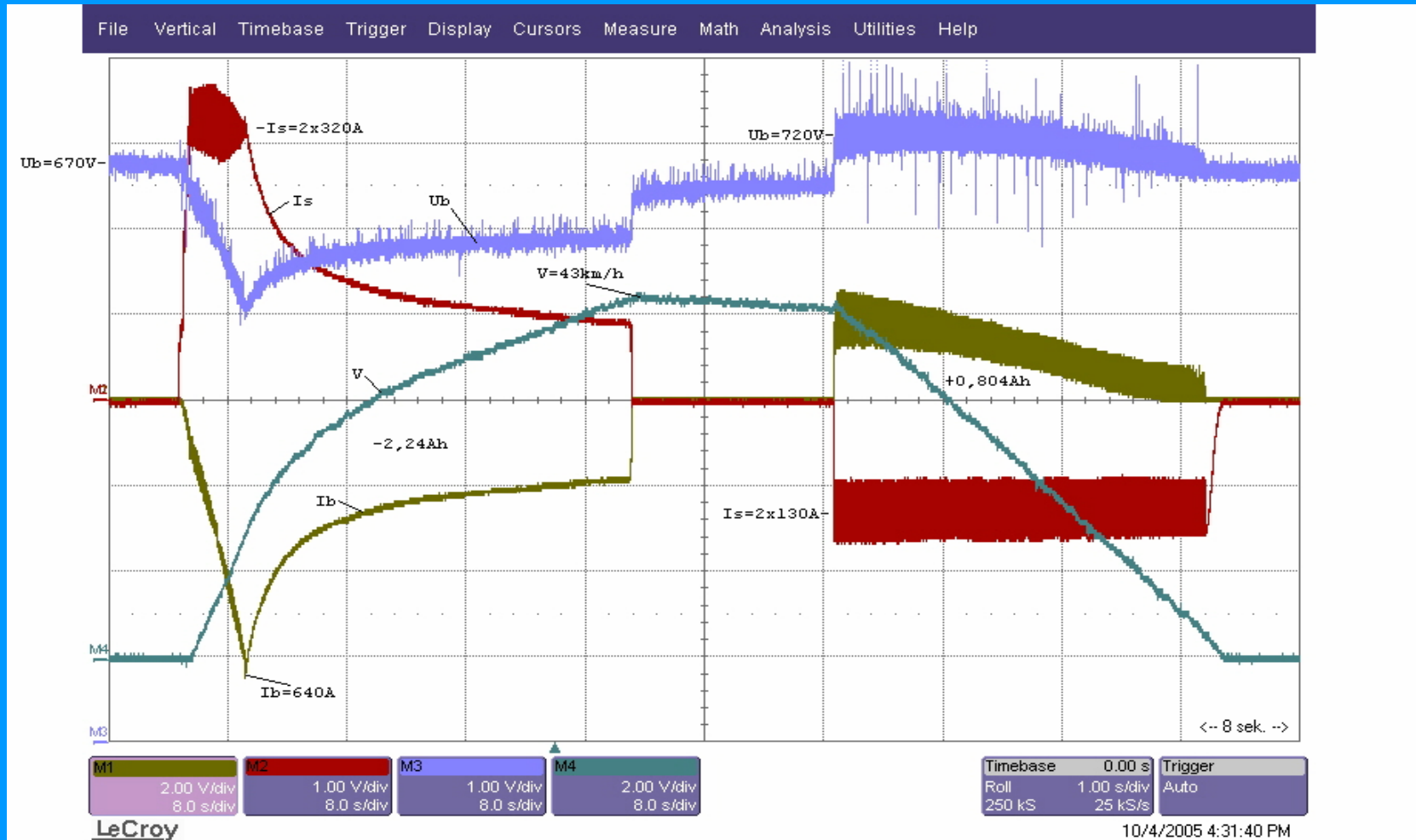
## Der Umformer PB und die Schaltschuetze Sb Akku-Satz





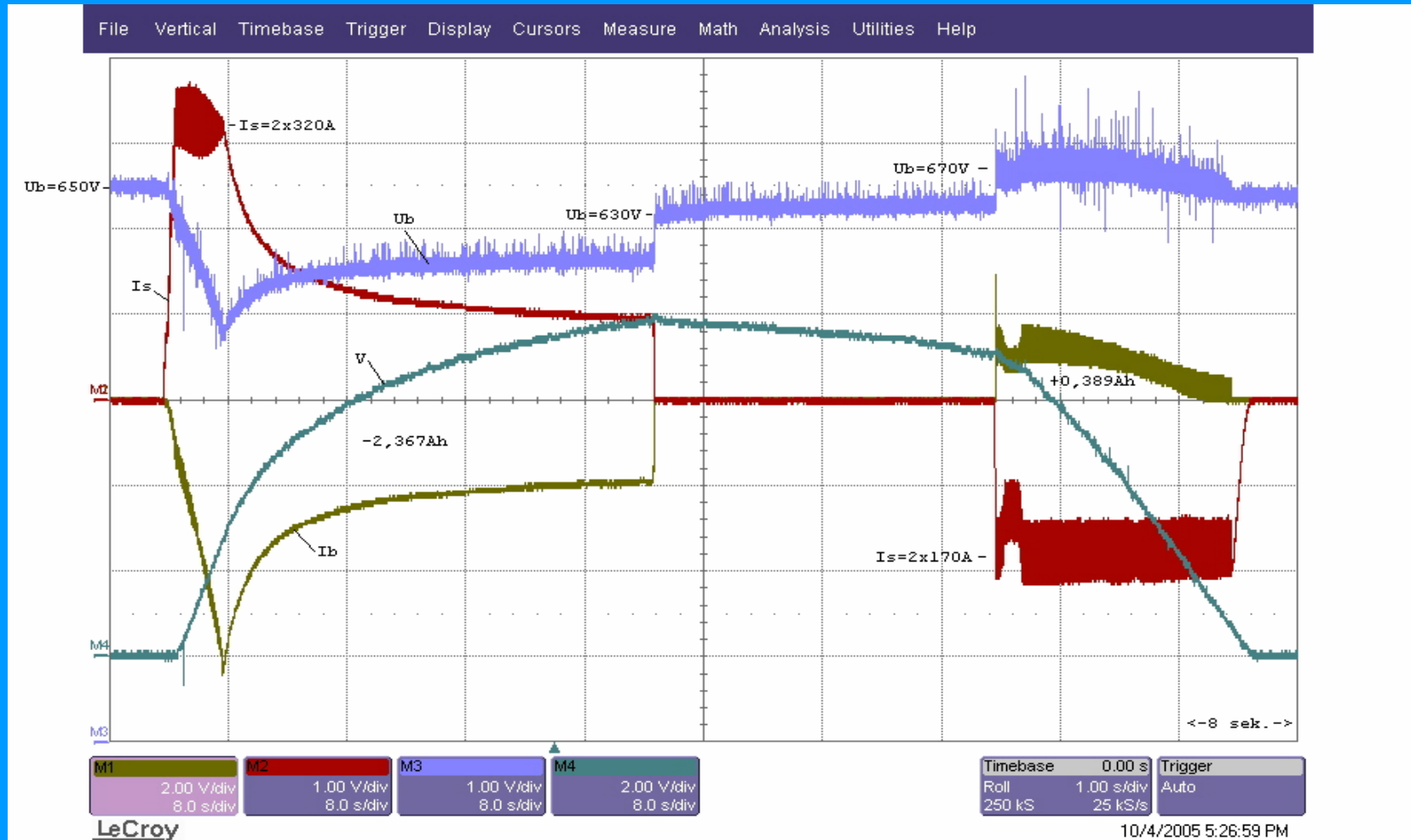
Das Kontrollepanel-Umformer PB in Tram 116N





Batteriefahrt - Durchfahrt eines leeren Wagens auf der Strecke  $L=600m$  ( $I_b=200A/dz.$ ,  $I_s=100A/dz.$ ,  $U_b=100V/dz.$ ,  $V=10km/h/dz.$ )

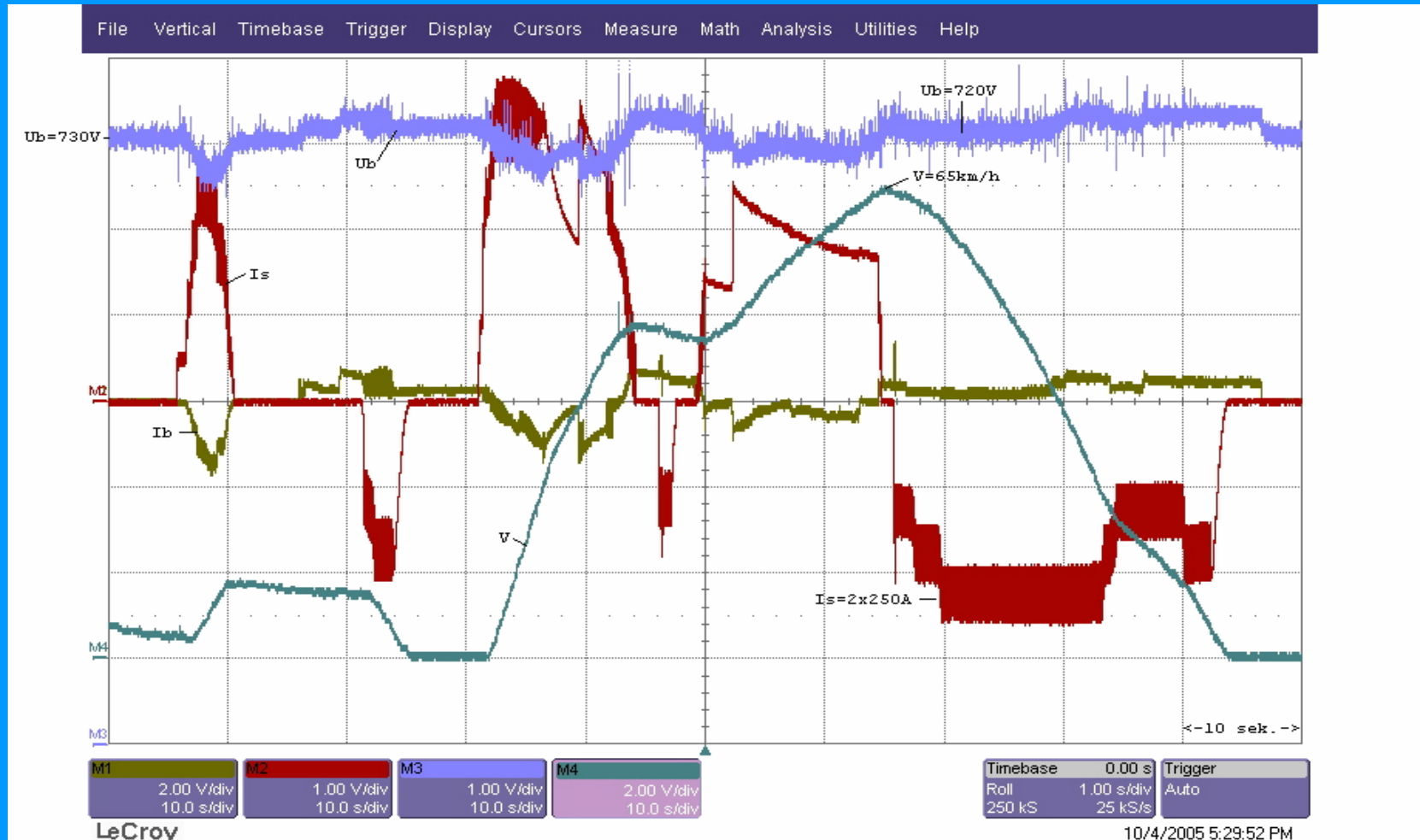




Batteriefahrt - Durchfahrt eines leeren Wagens auf der Strecke  $L=600m$  ( $I_b=200A/dz.$ ,  $I_s=100A/dz.$ ,  $U_b=100V/dz.$ ,  $V=10km/h/dz.$ )







Fahrt aus dem Netz (Fahrleitung) entnommenem Strom -Durchfahrt eines leeren Wagens auf der Strecke L=800m (Ib-200A/dz., Is-100A/dz., Ub-100V/dz., V-10km/h/dz.)



Durchschnittliche Fahrparameter wurden fuer 10 Pruefstrecken von 600m  
jede bestimmt:

- mittlere Fahrzeit ca. 75s
- mittlere Maximalgeschwindigkeit ca. 43 km/h
- mittlere Anfangsgeschwindigkeit beim Bremsen ca. 40 km/h
- technische Geschwindigkeit ca. 29 km/h
- Transportgeschwindigkeit (15s Anhalten auf Haltestelle) ca. 24 km/h
- maximal Anlassstrom 2x320A
- maximalwert des aus Batterie beim Anlassen entnommenen Stromes ca. 600A
- maximalwert des der Batterie zurueckgefuehrten Stromes (bei Bremsen) ca. 200A
- mittlerer Energieverbrauch waerend der Fahrt 2,24 Ah
- mittlere Energiezurueckgabe waerend Bremsen 0,7 Ah





- minimalwert der Batteriespannung beim Anfahren	ca.500V
- maximalwert der Batteriespannung beim Bremsen	ca.720V
- maximalwert der Batteriespannung beim Anlauf	ca.650V
- Speicherspannung am Anfang der Probestrecke	ca.673V
- Speicherspannung am Ende der Probestrecke	ca.620V
- mittelwert der aus der Batterie entnommene Energie	ca.26Ah – ca.14,8kWh
- mittelwert der zu der Batterie zurueckgegebenen Energie	ca.6Ah – ca.3,6kWh
- Energieverbrauch fuer die 6 km Strecke	ca.20Ah – ca.11,5kWh
- mittlere Beschleunigung beim Anlauf bis $v=20\text{km/h}$	ok.1m/s <sup>2</sup>
- mittlere Beschleunigung beim Anlauf bis $v=30\text{km/h}$	ok.0,7m/s <sup>2</sup>
- mittlere Beschleunigung beim Anlauf bis $v=40\text{km/h}$	ok.0,4m/s <sup>2</sup>



Nach einleitenden Betriebs- homologationsprüfungen wurde das 116 N Fahrzeug mit dem Akku-Energiespeicher seit 28-10-05 in normalen Betrieben mit Fahrgästen

Erste Trasse (Linia 12):

A – Von Nowe Bemowo zu Zielenieckastraße

A1 Fahrt aus dem Netz: Nowe Bemowo – Sarynkiewicz Platz

A2 Fahrt aus der Batterie: Sarynkiewicz Platz – Zielenieckastarsse

die Strecke	Akku-Satz
12.2 km	mittel 11.2Ah
5.9 km	mittel –14.7Ah

und 8 Haltestellen

B – Von Zielenieckastraße zu Nowe Bemowo

B1 Fahrt aus dem Netz: Zielenieckastraße – Koło

B2 Fahrt aus der Batterie: Koło – Nowe Bemowo

die Strecke	Akku-Satz
12.5 km	mittel 18.4Ah
5.6km	mittel –18.3Ah

und 9 Haltestellen

Akku-satz laden durchschnittlich in der Nacht.

November – December 2005



Ergebnisse der von Firma HBP gemachten Batterieteste bestimmen die Entladung die Batterie waerend der Durchfahrt einer 6 km Strecke auf 18.11 Ah im Fall eines leeren Wagens

Die Zahl der Zykusse, die die Lebensdauer der Batterie fuer solche Entladung bestimmt betraegt ca. 13 000

Wenn man eine jaerliche Fahrweile des Tram-Wagenes von ca. 70 000 km und die Streckelaenge eines Zyklus

als 18 km (6 km aus der Batterie + 12 km aus dem Netz) annehmen dann betraegt die Zahl der Entladungen

im Jahr ca. 3900.

Fuer den mittleren Wert der Batterie Entladung, von 16.5 Ah, der fuer einen Wagem mit die Passagiere von den IEL Messungen erhalten wurde, wird die Lebensdauer der Batterie nahe liegen.

Die Batterie sollte also fuer 3 bis 4 Jahr ausreichen. Ein Austausch der Batterie gegen eine neue wird nach Durchfahren von 200 - 240 Tausend km noetig sein.





## Die zweite Trasse (Linia 24)

### A – Von Nowe Bemowo zu Gocławek

- A1 Fahrt aus dem Netz: Nowe Bemowo – Rondo Wiatraczna
- A2 Fahrt aus der Batterie: Rondo Wiatraczna – Gocławek

die Strecke	Akku-Satz
20.4 km	mittel 13.2Ah
5.7 km	mittel –15.7Ah
und 7 Haltestellen	

### B – Von Gocławek zu Nowe Bemowo

- B1 Fahrt aus dem Netz: Gocławek – Koło
- B2 Fahrt aus der Batterie: Koło – Nowe Bemowo

die Strecke	Akku-Satz
20.5 km	mittel 17.4Ah
5.6km	mittel –18.3Ah
und 9 Haltestellen	

Akku-satz laden durchschnittlich in der Nacht.

Januar – April 2006



## Schlussfolgerungen:

- Fuer einen leeren Wagen mit  $\sim 30$  Mg Masse betraegt der Energieverbrauch ca. 2 kWh/km, aus bei Batteriespeisung. Entladung der Batterie auf einer Strecke von 6 km betraegt ca. 20 Ah, also ca. 25% Nominalkapazitaet.
- Fuer einen mit Fahrgaesten beladenen Wagen mit Masse  $\sim 40$  Mg betraegt der Energieverbrauch nicht ueber 3 kWh/km, und die Batterieentladung betraegt ca. 30% Nominalkapazitaet.
- Betriebsparameter fuer einen leeren Wagen solche wie Maximalgeschwindigkeit von  $40 \div 43$  km/h, mittlere Geschwindigkeit  $27 \div 30$  km/h und Transportgeschwindigkeit  $23 \div 25$  km/h sind hoeher als die voraussetzen. Fuer einen mit der Masse 10 Mg belasteten Wagen faellt die Transportgeschwindigkeit auf  $18 \div 20$  km/h und sie wird jedoch hoeher als verwendete Fahrplangeschwindigkeit sein.



- Die dynamischen Parameter eines leeren Wagens wie die maximale Fahrbeschleunigung bis  $v = 20 \text{ km/h}$ ,  $v = 30 \text{ km/h}$  und  $v = 40 \text{ km/h}$  stimmt ueberein mit Voraussetzungen, die den maximalen kurzzeitigen Batterie-strom von ca. 600A (fuer einige Sekunden) beruecksichtigen. Fuer einen Wagen, belasted mit 10Mg wird die Beschleunigung auf  $0.75 \text{ m/s}^2$  bis  $v = 20 \text{ km/h}$ ,  $0.53 \text{ m/s}^2$  bis  $v = 30 \text{ km/h}$  und  $0.3 \text{ m/s}^2$  bis  $v = 40 \text{ km/h}$ . Die Werte der Verzoegerungen des Bremsens werden keine Aederungen im Vergleich zu den jetzt im Tram 116 N vorhandenen erfahren.
- Bei Fahrt vom Netz verbessert der Energiespeicher mit Akkumulatoren die Dymanik der Fahrt, besonders im starken Verkehr und verbessert auch die Wirksamkeit der Rueckgeschingung der Energie.
- Die Betriebsteste zeigen volle Effektivitaet der Tramspeisung aus dem Akku-Speicher. Die Betriebsteste mit Passgieren betreffen meistens die Energiebilanz des angewendeten Energiespeichers und die Lebensdauer der Akkumulatoren.







**Wir sehen aus Tram 116N mit Akku-Speicher neu Trasse fuer Strassenbahnen auf Bemowo in  
Warschau. September 2005 Jahr**



Amtliche Vorzeigung des Tram 116N mit Akku-Speicher.



Danke schoen 😊

