

IFB Institut für Bahntechnik GmbH  
Niederlassung Dresden  
Wiener Str. 114-116  
D-01219 Dresden

Zürich, 27. August 2010/IPE

### **Bestätigung der Ergebnisse zur Vergleichsmessung mit der OpenPowerNet Simulation**

Sehr geehrte Damen und Herren

Im Rahmen der Netzstudie für die Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) wurde die Überprüfung der Simulationssoftware OpenPowerNet vereinbart. Ziel der Überprüfung war es, aufgrund von Vergleichsmessfahrten die von der Simulationssoftware OpenPowerNet erzeugten Ergebnisse auf deren Korrektheit hin zu untersuchen.

Hierzu wurden drei verschiedene Streckenabschnitte und eine Fahrzeugbauart von den VBZ bestimmt. Diese wurden am Institut für Bahntechnik GmbH (IFB) in Simulationssoftware OpenPowerNet modelliert und anhand mehrerer typischen Fahrspiele berechnet. Die vom IfB berechneten Fahrspiele bildeten das Fahrprogramm, welches als Basis für die am 21.11.2007 von den VBZ durchgeführten Messfahrten diente.

Ein Vergleich der Kennlinien aus den Messfahrten mit denen aus den Simulationen hat ergeben, dass die Effektivwerte der Fahrzeugströme um maximal 6 % abweichen. Dabei ist zu bemerken, dass die während der Messfahrten schwankende Hilfsbetriebe- und Heizungsleistung des Fahrzeugs in der Simulation durch einen konstanten Wert abgebildet wird. Zudem liessen sich aufgrund von Kraftschlussproblemen nicht alle Messfahrten exakt nach den Vorgaben der Simulation nachfahren.

Bei der minimalen Spannung am Stromabnehmer ergibt sich in den charakteristischen Fahrspielabschnitten (Fahrzeug mit hohem Leistungsbezug) eine ähnliche Übereinstimmung. Die Mess- und Simulationskurven liegen bei identischer Stromaufnahme nahezu übereinander. Die Abweichungen liegen stets im Bereich < 5 %. Dies deutet auf die kor-

rekte Hinterlegung des elektrischen Netzmodells hin; die vertraglich geforderten Genauigkeitsanforderungen sind somit erfüllt.

Bei Bremsvorgängen sind Abweichungen zu verzeichnen, die sich jedoch mit den angesetzten Randbedingungen der Simulation erklären lassen. Während die Fahrzeugsteuerung die Bremsspannung am Stromabnehmer (aufgrund vorhandener Abnehmer im Netz oder an Bord) immer auf 720 V aufregelt, stellt das Fahrzeugmodell beim Bremsen ohne externe Abnehmer die Spannung auf die Leerlaufspannung des Netzes ein. Energetisch ist dieser Prozess jedoch bedeutungslos, da die dabei im Netz fließenden Ströme entweder nahe oder vollständig Null sind.

Aufgrund der erfolgreichen Überprüfung wurde OpenPowerNet als Simulationssoftware für die durchgeführte Netzstudie von den VBZ zugelassen und somit werden die berechneten Ergebnisse anerkannt.

Freundliche Grüße



David Borschberg  
Leiter Projektierung Bauten

# **VBZ (Zurich Public Transport) reference letter translation**

IFB Institut für Bahntechnik GmbH  
Branch Office Dresden  
Wiener Str. 114-116  
D-01219 Dresden

Zurich, August 27<sup>th</sup> 2010

## **Confirmation of the OpenPowerNet Simulation Results compared to Measurements**

To whom it may concern,

As part of the network study for the Zurich Public Transport (VBZ) a validation of the simulation software OpenPowerNet were agreed. The aim of the validation was to check the OpenPowerNet simulation results against measurements.

Three different line sections and one vehicle type was selected by VBZ. The IFB (Railway Technology Institute) modelled the electrical network as well as the vehicle and simulated typical driving characteristics. The simulated driving characteristics were the basis of the measurements by the VBZ on November 21<sup>st</sup> 2007.

Vehicle pantograph RMS currents of the measurement and simulation were compared and the maximum deviation was approximately 6%. For the comparisons it is to make the point that the auxiliary power during the measurement was not constant due to changing auxiliary and heating power but the simulation vehicle was modelled with a constant power. Furthermore due to friction problems it was not possible to drive exactly according to the driving characteristic of the simulation.

For the typical driving characteristic (vehicle with high power demand) the minimum pantograph voltage has congruence. During periods with identical currents the measurement and simulation charts almost the same. The deviation between both is always < 5%. This means the electrical network model is correct and in accordance with the agreed tolerance.

There are deviations during braking due to simulation constraints. While the vehicle control system always sets the pantograph voltage to 720V (due to other power consumer in the network or onboard) were the line voltage in the simulation set to nominal voltage because of none existing other power consumers. From the energetic point of view this is irrelevant due to network currents almost or completely zero.

Due to the successful validation the simulation software OpenPowerNet was qualified by VBZ for the network study and the simulation results accepted.

Best Regards

David Borschberg  
Head of Project Planning Buildings