

Straßenbahn als Zero-Emissions-Verkehrssystem

Markus Hecht / TU Berlin

Immer mehr Menschen leben in großen Städten. Das bietet Vorteile, verursacht aber auch Probleme, die das Leben beeinträchtigen können. Gerade im Bereich der Umwelt sind saubere Lösungen erforderlich. Während sich die Lage bei Heizwärme und in der Industrie weltweit günstig entwickelt, bleibt der Verkehr problematisch, da hier vor allem fossile Brennstoffe genutzt werden: Otto- und Dieselmotoren für Autos, Lastwagen und Busse, sowie Düsentriebwerke für Flugzeuge haben heute noch keine wirklich ernst zu nehmende Konkurrenz. Aber wie sieht es mit der Straßenbahn aus?

Große, prosperierende Metropolen sind ohne Schienenverkehrsmittel nicht vorstellbar. Allerdings ist der Investitionsbedarf für moderne S- oder U-Bahnssysteme gewaltig. Oft genügt jedoch auch ein weniger leistungsfähiges System, das deutlich geringere Investitions- und Betriebskosten verursacht: die Straßenbahn. Weltweit ist heute eine Renaissance dieses insbesondere in den 1960er Jahren totgesagten Verkehrsmittels zu spüren.

Leistungsfähigkeit der Straßenbahn

Straßenbahnen sind bezüglich Ihrer Leistungsfähigkeit zwischen Bussen und U-Bahnen angesiedelt: Eine zweigleisige Straßenbahnlinie (ein Gleis pro Richtung) kann auf eine Leistungsfähigkeit von 20.000 Personen pro Stunde

Umweltfreundlichkeit

Da Straßenbahnen nur auf Straßenniveau oder auf eigenem Bahnkörper verkehren, können sie für kleinere maximale Längskräfte (200 kN statt 1500 kN bei Eisenbahnen) ausgelegt werden und sind damit wesentlich leichter als Eisenbahnfahrzeuge. Die Stromversorgung erfolgt stets mit Gleichstrom, typischerweise 750 V, wofür eine leichte und kleine Antriebsanlage ausreicht. Das Gewicht pro Fläche ist nur geringfügig größer als bei Bussen. Durch die geringe Reibung zwischen Stahlrad und Schiene ist der Rollwiderstand wesentlich kleiner als beim Bus. Zudem wird die Bremsenergie durch Vorzeichenumkehr des Motorstroms wiedergewonnen, d.h. der Motor arbeitet während des Bremsens als Generator, und die Energie wird in das Fahrleitungsnetz zurückgespeist, um dort für andere am elektrischen Netz hängende



Straßenbahntriebwagen Typ Flexity Classic (Bombardier Transportation). Betreiber: Bremer Straßenbahn AG (BSAG), Länge: 35,40 m, Breite: 2,65 m, Höchstgeschwindigkeit: 70 km/h, kleinster befahrbarer Bogenhalbmesser: 23 m, maximale Steigung: 45‰, Niederfluranteil: 74%, Sitzplätze: 106, Stehplätze: 135 (4 pass/m²), Niederflorausführung: Fußbodenhöhe 30 cm über Schienenoberkante am Eingang, Leistung: 4*125 kW, Gewicht: 48 t (leer), 74 t (beladen).

und Richtung ausgelegt werden. U-Bahnen erreichen eine bis zu vierfache, Busse maximal knapp die Hälfte der Beförderungskapazität der Straßenbahn.

Aufgrund der Spurführung und der dadurch möglichen Zugbildung lässt sich diese hohe Kapazität mit geringem Platzbedarf verwirklichen. Die Fahrzeugbreite moderner Straßenbahnen liegt bei 2,65 m und ist damit nur geringfügig breiter als die eines Busses (2,50 m).

Bahnen zur Verfügung zu stehen. Da die Wirkungsgrade sehr hoch sind, wird gerade im Stadtverkehr, wo häufige Anfahr- und Bremsphasen auftreten, ein sehr vorteilhafter Energieverbrauch erreicht. Wird nun zusätzlich für die Stromerzeugung ökologisch unbedenkliche Wasser- oder Windkraft verwendet, so liegt ein echtes Zero-Emissions-Verkehrssystem vor, d.h. ein Verkehrssystem ohne zusätzliche Emission von Treibhausgasen und sonstigen Schadstoffen.



Crashversuch mit der Safetram-Citytram auf dem Versuchsgelände Zmigrod in Polen 2004.

angelegt. Deshalb sind diese Bahnen besonders auf einen Betrieb mit geringen Erschütterungen und geringer Lärmentwicklung ausgelegt. Die Erschütterungen werden durch gummi-federte Räder klein gehalten. Beim Lärm sind heute verschiedene Probleme, insbesondere in Kurven, noch nicht gelöst. In engen Kurven kann bei bestimmten Witterungsbedingungen das extrem störende Kurvenkreischen auftreten. Die TU Berlin beteiligt sich deshalb an dem deutschen Forschungsprojekt „Kurvengeräusche“ (Laufzeit 2005 bis 2008, Umfang 4 Mio. €). Ein Ziel des Vorhabens ist es, das Geräuschverhalten



Ausführung einer Kurvenkreischmessung des Fachgebiets Schienenfahrzeuge und Technische Akustik der TU Berlin bei den Stadtwerken Bielefeld am 07. April 2006 in der Wendeschleife Milse. Im Hintergrund zwei Triebwagen vom Typ M8C. Quellen/ Fotos: Autor

Weiterentwicklung

Trotz dieser sehr großen Vorteile der Straßenbahn gibt es einen Weiterentwicklungsbedarf, an dem sich das Fachgebiet Schienenfahrzeuge der TU Berlin in zwei Bereichen beteiligt. Dies sind die Erhöhung der passiven Sicherheit und die Lärminderung.

► Passive Sicherheit

Wie das Auto benötigt auch die Straßenbahn eine Knautschzone zum Energieabbau in einer Unfallsituation. Die TU Berlin hat sich mit einem Industriekonsortium an der Entwicklung von sicheren Straßenbahnstrukturen im Rahmen des EU-Projektes Safetram beteiligt.

Für typische Unfallsituationen wurden Szenarien entwickelt, die dann rechnerisch mit der Finite-Element-Analyse und auch exemplarisch experimentell überprüft wurden. Dadurch konnten und können Fahrzeugkonstruktion iterativ angepasst werden.

► Lärm und Erschütterungen

Straßenbahnen werden bevorzugt in dichter Bebauung

rechnerisch mit akustischen Simulationsmethoden zu erfassen und bei Auftreten von Kurvenkreischen wirksame Abhilfemaßnahmen am Rechner zu entwickeln, die dann risikoarm und kostengünstig in der Praxis angewendet werden können. Eine weitere Verbesserung der ökologischen Situation wird durch die Verwendung des so genannten Grünen Gleises erreicht. Dabei wird die Gleisfläche entweder durch Rasen oder in trockeneren Regionen durch Sedum abgedeckt. Mithilfe dieser Maßnahme können Geräuschreduktionen von 4 bis 8 dB erzielt werden, wie experimentell nachgewiesen wurde.

Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht
 TU Berlin
 Institut für Land- und Seeverkehr / Schienenfahrzeuge
 Salzufer 17-19
 10587 Berlin
 markus.hecht@tu-berlin.de