

SIPTRAM – Sustainability in the Public Urban Transport Market

Experten-Dialog:

Wettbewerb im ÖPNV – Anforderungen an einen umwelt- und sozialverträglichen Nahverkehr

Diskussionspapier zum Runden Tisch 1:
Technische Standards für Fahrzeuge und Infrastruktur

Erstellt von:
Michael Müller



1. Ausgangslage

Seit Jahren steigen die Fahrleistungen im motorisierten Individualverkehr (MIV) und Prognosen gehen von einem weiteren Wachstum aus. EU-weit rechnet man mit einem Anstieg des Personenverkehrs von 1998 bis 2010 um 24 Prozent. Ohne Gegensteuerung wird der Großteil des Zuwachses auf den Autoverkehr entfallen. Trotz Fortschritten bei der fahrzeugseitigen Emissionsminderung ist damit eine erhebliche Zunahme vom Verkehr ausgehender Umweltbelastungen verbunden. Dies betrifft insbesondere CO₂-Emissionen, Lärmbelastungen und den Flächenbedarf. Bereits jetzt entfallen 28 Prozent aller Treibhausgasemissionen in der EU auf den Verkehr, davon alleine 84 % auf den Straßenverkehr. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls hat sich die EU zu einer Reduzierung der CO₂-Emissionen um 8 Prozent zwischen 2008-2012 verpflichtet. Setzt sich der bisherige Trend in der Verkehrsentwicklung fort, wird der Anteil der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in 2010 um rund 40 Prozent höher sein als 1990.

1.1 Neue EU-Standards für die Luftqualität und Lärm

Neben dem Klimaschutz hat die EU auch verschärfte Anforderungen an die Luftqualität definiert. In den sogenannten Luftqualitätsrichtlinien sind europaweit gültige neue Immissionsgrenzwerte für bestimmte gefährliche Luftschadstoffe festgelegt, die ab 2005 bzw. 2010 an nicht mehr überschritten werden dürfen. Diese Grenzwerte betreffen die Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickoxide, Partikel und Blei sowie Benzol und Kohlenmonoxid. Städte müssen in den nächsten Jahren Aktions- und Maßnahmenpläne erstellen, in denen sie darlegen, welche Maßnahmen im Falle von Überschreitungen der Grenzwerte ergriffen werden. Da der Verkehr in Städten in wichtigen Umweltbereichen Hauptverursacher von Belastungen ist, kann dies auch Fahrbeschränkungen beinhalten. In zahlreichen Städten geht man mittlerweile davon aus, dass die ab 2005 geltenden Grenzwerte für Feinstaub nicht eingehalten werden können. Überschreitungen werden vor allem an hochbelasteten Straßenabschnitten gemessen. In Berlin beispielsweise müssen die Feinstaub-Belastungen teilweise um bis zu 62 Prozent reduziert werden. Dominierende Quelle sind dieselbetriebene schwere Nutzfahrzeuge. Betroffen sind aber nicht nur Großstädte. Messergebnisse aus Brandenburg zeigen Handlungsbedarf auch in kleinen Städten mit weniger als 50.000 Einwohnern. Probleme bei der Einhaltung der Grenzwerte werden auch aus anderen EU-Ländern berichtet.

Auch der Lärm soll wirksam begrenzt werden. Die EU-Richtlinie zum Umgebungslärm schreibt bis 2007 die Erfassung der Lärmbelastung in Großstädten, an Hauptverkehrsstraßen, an Hauptstrecken der Bahn und im Umland von großen Flughäfen vor. Die Richtlinie verlangt im Sinne eines umfassenden Lärminderungskonzepts auch Maßnahmen zur Lärminderung an der Quelle, also auch für Straßen- und Schienenfahrzeuge und die Verkehrsinfrastruktur.

1.2 Umweltpotenziale des ÖPNV

Durch einen attraktiven und leistungsfähigen ÖPNV können die städtischen Umweltbelastungen verringert werden, indem ein Großteil des Verkehrszuwachses auf den weniger umweltbelastenden ÖPNV verlagert wird. Aus Umweltsicht besteht daher ein großes Interesse daran, den bestehenden ÖPNV nicht nur zu sichern sondern auch zu verbessern und auszubauen. Dabei gilt es, auch die durch den ÖPNV verursachten Umweltbelastungen weiter zu vermindern. Der ÖPNV sollte Teil der Lösung und nicht Teil des Problems sein.

Ein vom IFEU-Institut Heidelberg im Auftrag des VCD durchgeführter Umweltvergleich zwischen Bus, Bahn und Pkw kommt zu dem Ergebnis, dass die Fahrzeuge des ÖPNV aus Umweltsicht zwar die Nase vorne haben, aber in einigen Teilbereichen noch Handlungsbedarf besteht. Konkret betrifft dies den Schadstoffausstoß älterer Dieselfahrzeuge sowie Lärmemissionen von Straßenbahnen.

Zusätzliche Herausforderungen ergeben sich durch die fortschreitende Liberalisierung und die damit verbundene Marktöffnung im öffentlichen Verkehr. Wettbewerbliche Ausschreibungen werden nach und nach die Regel werden. Sowohl Verkehrsunternehmen als auch Kommunen müssen sich entsprechend vorbereiten. Sind die richtigen Weichen gestellt, kann der Wettbewerb neue Potenziale für einen umweltfreundlichen und kundenorientierten ÖPNV freisetzen. Dies geschieht aber nicht von alleine. Notwendig sind anspruchsvolle Vorgaben an den Ausstoß von Luftschadstoffen sowie für Lärm.

Im Folgenden werden Empfehlungen vorgestellt, welche Standards und Maßnahmen im Rahmen von Ausschreibungen sinnvoll festgelegt werden sollten, um die Umweltverträglichkeit des ÖPNV zu erhöhen. Der Fokus richtet sich dabei auf Stadtbusse, die in viel stärkerem Maße als die elektrischen Bahnen Einfluss auf die städtische Immissionssituation haben.

2. Standards und Maßnahmen zur Emissionsreduzierung - Stadtbusse

2.1 Schadstoffausstoß

Der Schadstoffausstoß von Stadtbusen hängt in erster Linie von den dafür eingesetzten Fahrzeugen ab: Art des Antriebs, Fahrzeuggröße und -alter usw. Hier setzt Brüssel mit den Grenzwerten für limitierte Luftschadstoffe (EURO 1 bis EURO 5) verbindliche Vorgaben für die Fahrzeugindustrie. Bei Lkw und Bussen steht die Reduzierung von Stickoxiden und Partikeln im Vordergrund. Momentan gilt für alle neuen Fahrzeugtypen die Norm EURO 3. Die letzte Fortschreibung im Jahre 1999 beinhaltet auch den Emissionsstandard EEV für besonders umweltfreundliche Fahrzeuge (Enhanced Environmentally Friendly Vehicles), der im Vergleich zu Euro 5 einen noch strengeren Grenzwert für Partikel festlegt.

Die verschärften Abgasnormen haben Konsequenzen für die Anschaffung von Bussen. So benötigen die Fahrzeughersteller ab 2008 für ihre Fahrzeuge eine Typzulassung nach EURO 5. D.h., alle Fahrzeuge, die erstmals zum Verkehr zugelassen werden, müssen ein Jahr nach der Typzulassung, also 2009, die verschärften Abgasgrenzwerte erfüllen. Gebrauchtfahrzeuge mit alter Norm können dann zwar noch weiter gefahren werden, ihr Weiterverkauf innerhalb der EU-Staaten, einschließlich Osterweiterung, wird jedoch aufgrund von Importbeschränkungen und Steuerregelungen schwierig. Wer also heute einen Bus mit EURO 3 oder EURO 4 kauft, kann ihn möglicherweise ab 2009 nur außerhalb Europas verkaufen. Allerdings gelten dort mittlerweile in vielen Ländern ähnliche Regeln, so dass ein Verkauf grundsätzlich problematisch und nur mit geringen Erlösen machbar sein wird. Dagegen verschafft eine weitsichtige Planung beim Kauf von Bussen, verbunden mit einem stärkeren Umweltengagement, den Verkehrsunternehmen Wettbewerbsvorteile.

Berücksichtigt man die Anforderungen, die sich aus der Luftqualitätsrichtlinie ergibt, sind Aufgabenträger und Verkehrsunternehmen gut beraten, bei Ausschreibungen bereits heute die Anforderungen von morgen zu berücksichtigen. Innerhalb des vom Bundesumweltministeriums geförderten Demonstrationsprojekts „Anspruchsvolle Umweltstandards im ÖPNV-Wettbewerb“ konnte in einem begleitenden Kostenmonitoring nachgewiesen werden, dass die Investition in Fahrzeuge mit hohen Umweltstandards im Vergleich zu Fahrzeugen nach Euro 3 Norm keine Kostennachteile bringt und zudem unternehmerische Risiken vermeidet.

Der Europäische Gerichtshof hat in seinem Urteil vom 17. September 2002 (Rechtssache C-513/99) im Fall „Concordia/Helsinki“ entschieden, dass anspruchsvolle Umweltschutzkriterien, die über die derzeitigen gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen, bei der wettbewerblichen Vergabe von ÖPNV-Leistungen in die Entscheidung über den Zuschlag einbezogen werden dürfen. In die gleiche Richtung zielt ein Beschluss der Umweltministerkonferenz vom 18./19. November. Da bereits heute Stadtbusse verschiedener Hersteller sowohl mit Diesel- als auch mit Erdgasantrieb auf dem Markt angeboten werden, die den anspruchsvollsten europäischen Abgasstandard für schwere Nutzfahrzeuge EEV erfüllen, hat die Umweltministerkonferenz auf Initiative des Landes Berlin einen Beschluss gefasst, der die auch vom VDV empfohlenen anspruchsvollen Umweltstandards zum Maßstab

erklärt. Den Verkehrsressorts sowie den Aufgabenträgern werden diese als Orientierungswerte für die Förderung sowie für die Ausschreibung empfohlen.

Kriterium: Luftschadstoffe

- Alle neuen Busse erfüllen den EEV-Standard

2.2 Lärm

Seit längerem werden bereits lärmgedimerte Busse angeboten. Kriterien zur Definition von „lärmarmen Lkw“ – dazu zählen auch lärmarme Busse – sind in der Europäischen Richtlinie 92/97 EWG festgelegt. Danach gelten folgende Grenzwerte:

- 80 dB (A) bei Fahrzeugen mit einer Motorleistung von 150 kW und mehr
- 78 dB (A) bei einer Motorleistung von weniger als 150 kW

(Anmerkung: eine brauchbare Legaldefinition für lärmarme Kraftfahrzeuge fehlt. Lärmarme Fahrzeuge nach Anlage XXI zu § 49 Abs. 3 StVZO sind auf Grund des Standes der Emissionsgrenzwerte kaum leiser als die Standardausführungen).

Eine Analyse der Geräuschemissionen neuer Fahrzeuge hat ergeben, dass die Grenzwerte deutlich unterschritten werden können. Aus dieser Analyse sind Richtwerte für die Beschaffung möglichst leiser Lkw und Busse abgeleitet worden, die unterhalb der obigen Werte liegen. Die niedrigeren Lärmwerte wurden ebenfalls in dem Beschluss der Umweltministerkonferenz übernommen.

Da die Abrollgeräusche der Fahrzeuge einen nicht unerheblichen Anteil an den Geräuschemissionen haben, sollten alle Busse mit lärmarmen Reifen ausgestattet werden. Für Pkw hat das Umweltbundesamt bereits eine Liste mit Reifen im Internet zusammengestellt, die auch das Gütesiegel „Der blaue Engel“ tragen. Neben den Vorteilen beim Lärm tragen diese Reifen aufgrund ihres geringeren Rollwiderstands auch zu einer Verringerung des Kraftstoffverbrauchs bei (s. u.).

Kriterium: Lärm

- 77 dB(A) (Fahrzeuge mit einer Motorleistung > 150 kW)
- 75 dB(A) (Fahrzeuge mit einer Motorleistung <150 kW)
- Verwendung lärmarmer Reifen

2.3 Energieverbrauch

Auch wenn der ÖPNV im Vergleich zum Auto in punkto Energieverbrauch deutliche Vorteile aufweist, müssen die Minderungspotenziale genutzt werden. Hinsichtlich der Reduzierung des Energieverbrauchs und damit dem Ausstoß von Treibhausgasen bei Bussen sind derzeit leider die gleichen Tendenzen wie beim Pkw festzustellen: Effizienzsteigerungen der Antriebsaggregate und Verbrauchsbesserungen in der Betriebsführung werden durch gestiegene Sicherheits- und Komfortausstattungen (z.B. Klimaanlage und schwerere Fahrzeuge) kompensiert. Zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und damit der CO₂-Emissionen werden weitere Einsparpotenziale bei der innerbetrieblichen Optimierung der Fahrzeugumlaufplanung sowie bei der Erhöhung der Auslastung vorausgesetzt. Eine

Möglichkeit – auch in Ballungsräumen – ist die verstärkte Integration bedarfsgesteuerter Verkehre sowie der Einsatz kleinerer Fahrzeuge in nachfragearmen Zeiten und Räumen. Diese Maßnahmen sind zwar eher mittelfristiger Natur, sollten aber insbesondere bei der Neukonzeption von Linienführungen oder von Stadtbussystemen stärker berücksichtigt werden.

Sofortiges Einsparpotenzial bietet die Schulung der Fahrer in energiesparender Fahrweise. Hier sind erhebliche Senkungen des Kraftstoffverbrauchs von bis zu 15 Prozent möglich (die Stadtverkehrsgesellschaft Frankfurt/Oder mbH erzielte sogar eine Reduzierung von fast 30 %). Um den Kraftstoffverbrauch zu überprüfen, sollte jedes Fahrzeug mit einer Verbrauchsanzeige ausgerüstet werden. Die Kontrolle über den Kraftstoffverbrauch ermöglicht den Fahrern, ihre erlernte Fahrweise zu überprüfen. Monetäre Anreize zum Spritsparen verstärken die Effekte.

Nach Berechnungen des Umweltbundesamts liegt das Einsparpotenzial durch technische Maßnahmen an den Stadtbusflotten in Deutschland insgesamt bei ca. 20 bis 25 Prozent der CO₂-Emissionen. Dazu zählen die Verringerung des Fahrzeuggewichtes, der Einsatz von Leichtlaufölen und rollwiderstandsgeminderten Reifen sowie die verbrauchsarme Auslegung des Antriebsstranges.

Kriterium Energieverbrauch

- Schulung der Fahrer in ökologischer Fahrweise
- Einbau von Kraftstoff-Verbrauchsanzeigen
- Verwendung von Leichtlaufölen
- Verwendung von rollwiderstandsarmen Reifen
- Bei Klimaanlage: Verwendung von klimaverträglichen Kühlmitteln

2.4 Maßnahmen zur Emissionsminderung bei Altfahrzeugen

Da die Fuhrparke der meisten Verkehrsunternehmen teilweise noch in beträchtlichem Umfang Busse der EURO 2Norm und darunter aufweisen, sind hier vor allem technische sowie kraftstoffseitige Maßnahmen notwendig, um die Schadstoff- und Lärmemissionen zu vermindern. Folgende Maßnahmen sind geeignet, möglichst kostengünstig und nachhaltig die verkehrsbedingten Emissionen des ÖPNV bei älteren Dieselnissen zu mindern:

Luftschadstoffe	Klimagase	Lärm
Verwendung von schwefelfreiem Dieselmotorkraftstoff	innerbetriebliche Optimierung der Fahrzeugumlaufplanung	geräuscharme Reifen
Partikelfilter-Nachrüstung	Verwendung von Leichtlaufölen und rollwiderstandsarmen Reifen	Verbesserte Wartung der lärmrelevanten Bauteile
	Schulung der Fahrer in ökologischer Fahrweise	

Allein durch die Verwendung schwefelfreier Kraftstoffe ist auch bei älteren Dieselnissen eine Senkung der Partikel- und Stickoxidemissionen bis 15 Prozent möglich. Schwefelfreier Diesel ist auch Voraussetzung für die weitere Schadstoffminderung mit Abgasnachbehandlungstechniken. Um die flächendeckende Einführung schwefelfreier Kraftstoffe zu beschleunigen, werden diese seit dem 1.1.2003 steuerlich begünstigt. In Deutschland wird mittlerweile nur

noch schwefelfreier Kraftstoff angeboten. EU-weit muss nach einer entsprechenden EU-Richtlinie bis 2006 flächendeckend und bis 2009 nur noch schwefelfreier Dieseldieselkraftstoff verkauft werden.

Der Partikelfilter, der ebenfalls bei älteren Dieseln nachgerüstet werden kann, vermindert die Partikelemissionen bis unter die Nachweisgrenze. Serienmäßig erhältlich ist u.a. der CRT-Filter (Continuous Regeneration Trap). In Kombination mit einem Oxidationskatalysator werden neben Partikeln auch die Emissionen von Kohlenwasserstoffen (HC) und Kohlenmonoxid (CO) auf EURO 4-Niveau reduziert. Zahlreiche Verkehrsunternehmen rüsten bereits ihren Fuhrpark mit CRT-Filtern nach. Bundesweit sind gegenwärtig über 7.000 Busse mit einem CRT-Filter ausgestattet, europaweit sind es mehr als 20.000 Busse und Lkw. Die steigende Nachfrage nach solchen Abgasminderungstechniken senkt die Produktionskosten und erhöht die Umweltverträglichkeit auch älterer Dieseln spürbar. Derzeit kostet ein CRT-Filter rund 6.000 € in der Nachrüstung. In Abhängigkeit vom Filtervolumen, der Rußbelastung sowie dem Ascheanteil des verwendeten Motoröls muss der CRT-Filter durchschnittlich alle 30.000 bis 2000.000 km gereinigt werden. Durch die Verwendung ascheärmer Öle kann das Reinigungsintervall in Richtung höhere Fahrleistung verlängert werden.

Für ältere Fahrzeuge sollte aufgrund der beschriebenen Minderungspotenziale die Ausstattung mit einem Partikelfilter verpflichtend sein. In den Verdingungsunterlagen für die Ausschreibung von Verkehrsleistungen sollte folgende Formulierung aufgenommen werden:

Altfahrzeuge nach EURO 1 bis EURO 3 Norm sollen den EURO 4 Grenzwert für Partikel einhalten. Erfolgt die Partikelreduzierung bspw. durch die Verwendung eines Partikelfilters, muss dessen Funktionsfähigkeit und Dauerhaltbarkeit sowie eine Abscheiderate über das gesamte Größenspektrum der Partikel von über 90 % gewährleistet sein. Dies wird durch ein entsprechendes Gutachten einer anerkannten Prüfstelle nachgewiesen.

2.5 Alternative Antriebe

Der Dieselantrieb ist gegenwärtig der dominierende Antrieb für Stadtbusse. Alleine in Deutschland fahren über 98 Prozent aller Stadtbusse mit Diesel. Vorteile sind sein hoher Wirkungsgrad und sein niedriger Verbrauch. Aufgrund der gestiegenen Anforderungen an die Emissionsreduzierung rückten in den vergangenen Jahren mehr und mehr alternative Antriebsarten in den Fokus. Der Erdgasantrieb stellt dabei eine serienreif verfügbare Technologie dar.

2.5.1 Erdgas

Unter den derzeit serienreif verfügbaren Antriebsarten stellt der Erdgasantrieb die umweltschonendste Alternative dar. Erdgasbusse unterschreiten bereits heute die künftigen vorgeschriebenen europäischen Abgasgrenzwerte deutlich und sind leiser als Dieseln. So fahren in zahlreichen europäischen Städten mehr und mehr Erdgasbusse, teilweise werden sogar ganze Fuhrparks auf Erdgas umgerüstet. Bis auf wenige Ausnahmen stehen die Verkehrsunternehmen mit Erdgasbussen hinter der Technologie und wollen den Anteil der Erdgasbusse in ihren Fahrzeugflotten weiter ausbauen oder zumindest halten. Spitzenreiter in

Sachen Erdgasantrieb sind die Stadtwerke Frankfurt (Oder), die inzwischen alle alten Dieselbusse gegen Erdgasbusse ausgetauscht haben. Die neuen Erdgasbusse erfüllen den EEV-Standard und die Lärmemissionen liegen unter 77 dB (A).

Kritisch gesehen werden vielerorts allerdings die Kosten des Erdgasantriebs, die mit den höheren Anschaffungskosten sowie den zusätzlichen Infrastrukturaufwendungen zusammenhängen. In den Ländern, die einen reduzierten Mineralölsteuersatz auf Erdgas als Kraftstoff haben (hier Deutschland und Frankreich), sind die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für den Erdgasbusbetrieb deutlich günstiger (in Deutschland gilt ein reduzierter Mineralölsteuersatz bis 2020). Allerdings müssen die Kosten immer in Bezug gesetzt werden zu einem Dieselbus mit vergleichbarem Emissionsniveau. Auch hier hat das Kostenmonitoring des BMU-Demonstrationsprojekts gezeigt, dass die Kostenunterschiede zwischen dem Erdgas- und dem Dieselantrieb – beide in EEV-Norm – im Rahmen der gesamten Leistungskosten vernachlässigbar gering sind.

2.5.2 Hybridantrieb (wurde nicht diskutiert, beschriebene Angaben beruhen auf Umfrage unter Experten)

Experimentiert wird in verschiedenen europäischen Städten auch mit diesel-elektrischen Hybridantrieben. Die Busse können sowohl im reinen Elektro- als auch Dieselmotor fahren. Beim Starten und bei niedrigen Geschwindigkeiten fährt der Bus im Elektrobetrieb, bei höheren Geschwindigkeiten (ab ca. 20 Km/h) übernimmt der Dieselmotor den Antrieb. Hybridbusse sollen dadurch deutlich weniger Kraftstoff verbrauchen und weniger Schadstoffe und Lärm emittieren.

In Deutschland wurden in letzten Jahren zahlreiche Hybridbuskonzepte durch das Bundesforschungsministerium gefördert. Alle endeten mit recht ernüchternden Ergebnissen. Bewährt haben sich diese Busse nur bedingt, da häufig nur schwer behebbare technische Schwierigkeiten mit entsprechenden Ausfallzeiten auftraten. Zwar konnte ein verminderter Kraftstoffverbrauch festgestellt werden – bei den Berliner Verkehrsbetrieben ergab ein Messvergleich zwischen Hybridbus und Normalbus bei innerstädtischen Einsatzbedingungen einen Kraftstoffminderverbrauch von bis zu 10 % –, aber bei den limitierten Schadstoffen sieht die Bilanz eher negativ aus. Bei NOx hat der Hybrid prinzipbedingt Nachteile, da er immer in den Bereichen hoher NOx-Bildung (hoher Mitteldruck) arbeiten soll, um einen Verbrauchsvorteil zu erzielen. Beim Lärm könnte sich ähnliches ergeben. Bei den Partikeln werden die Vorteile beim Hybridbus immer kleiner, je besser die konventionellen Dieselantriebe werden: Durch die Verfügbarkeit von Rußfiltern ergibt sich hier kaum noch ein Vorteil. Außerdem ist der Einsatz der Batterien (Lebensdauer i.d.R. 2-4 Jahre) unter Umweltsichtspunkten kritisch zu bewerten, da er zu erheblichen Emissionen an toxischen Stoffen führen kann und führt (Herstellung, Recycling).

Danben ist der Einsatz i.d.R. mit erheblichen Mehrkosten verbunden (Beschaffung, Wartung, Betrieb, Batterielebensdauer...) So gibt es Berechnungen der TU Dresden (1999), nach denen sich die Mehrkosten eines Hybridbusses auf das 8 bis 10fache der Mehrkosten des Einsatzes eines CRT-Filters belaufen dürften (Substitutionspotential).

3 Standards und Maßnahmen zur Emissionsreduzierung - Straßen-, Stadt- und U-Bahnen (wurde nicht diskutiert, Angaben nach VDV und Umweltbundesamt)

Aufgrund des elektrischen Betriebs emittieren Bahnen keine Schadstoffe in den unmittelbaren Straßenraum und beanspruchen dort, wo sie unterirdisch verlaufen, auch keine Flächen. Im Vergleich zu anderen Stadtverkehrsmitteln verbrauchen sie wenig Energie und Ressourcen und tragen damit nur wenig zu den globalen und regionalen Umweltwirkungen bei. Da im Betrieb keine direkten Emissionen von Luftschadstoffen auftreten, stehen hier für die Beurteilung der Umweltfreundlichkeit der Energieverbrauch und der Lärmemissionen im Vordergrund. Ähnlich wie für den Busverkehr gilt auch für Schienenfahrzeuge: Die Klimawirksamkeit spielt nur eine untergeordnete Rolle. Deshalb bilden die Lärmemissionen das Hauptkriterium der Umweltfreundlichkeit von Straßen-, Stadt- und U-Bahnen. Allerdings müssen die bei der Stromerzeugung emittierten Emissionen bei seriöser Betrachtung berücksichtigt werden. Weitere Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz z.B. durch eine verbesserte Bremsenergieerückspeisung und die verstärkte Nutzung regenerativ erzeugten Stroms sollten daher genutzt werden.

3.1 Lärm

Berechnungen des IFEU-Instituts für den Umweltvergleich zwischen Bus, Bahn und Pkw zeigen, dass die Straßenbahn bei einem angenommenen durchschnittlichen Besetzungsgrad von 20 bis 25 Prozent derzeit das lauteste Stadtverkehrsmittel ist. Straßenbahnen mit insgesamt 1000 Fahrgästen erzeugen ca. 3 dB(A) mehr Lärm als die entsprechende Menge an Pkw mit insgesamt 1000 Insassen (25 m Abstand, durchschnittliche Hauptverkehrsstraße innerorts (Quelle: VCD Fakten (2001): Bus, Bahn und Pkw im Umweltvergleich, S. 16). Da die Lärmpegelskala logarithmisch verläuft, entspricht dies bereits einer Verdoppelung der Schallleistung. Straßenbahnen auf eigenen Gleisen im Schotterbett sind allerdings mindestens 3 dB(A) leiser. Signifikante Verbesserungen bei der Lärmreduzierung erzielen akustisch optimierte Niederflurbahnen (siehe diesbezügliche Lärmmessungen z. B. in Mannheim).

Dies zeigt: Neben der Fahrzeugart hat insbesondere die Fahrbahnart einen erheblichen Einfluss auf die Geräuschentwicklung. Eine der wichtigsten Lärmquellen sind die Abrollgeräusche der Räder. Dazu kommt die sogenannte Membranwirkung von Rad und Schiene: Durch kleinste Unebenheiten auf Rad- und Schienenoberfläche, Verriffelung genannt, werden Radscheibe und Schiene zu erhöhten Schallschwingungen angeregt. Außerdem verursachen Motoren und Bremsen der Fahrzeuge Lärm. Bei der Schallminderung ist folglich in fahrzeugseitige und in fahrwegseitige Maßnahmen zu unterscheiden.

3.1.1 Maßnahmen am Fahrzeug

Straßenbahnen haben eine mittlere Lebensdauer von rund 30 Jahren. Allerdings gibt es anders als bei Pkw und Lkw weder in Deutschland noch auf EU-Ebene Grenzwerte oder Lärmvorschriften für Schienenfahrzeuge.

Der VDV gibt in seiner Schrift „Geräusche von Nahverkehrs-Schienenfahrzeugen (VDV-Schriften 154) Hinweise und Empfehlungen zur Geräuschkinderung von Straßen-, Stadt- und U-Bahnen. Diese dienen als Basis in den Lastenheften bei der Beschaffung neuer Bahnen. Folgende Pegelhöchstwerte werden als Mindestanforderung empfohlen, wobei zu prüfen ist, ob für einzelne Bereich nicht niedrigere Werte gefordert werden können:

▪ im Stand mit eingeschalteten Einzelkomponenten:	
ohne Klimaanlage	55 dB(A)
mit Klimaanlage Teillast (in 1,2 m/3,5 m Höhe)	55 / 58 dB(A)
mit Klimaanlage Vollast (in 1,2 m/3,5 m Höhe)	60 / 63 dB(A)
▪ Anfahrt, Bremsung (bis/aus 30 km/h)	75 dB(A)
▪ Vorbeifahrt mit 60 km/h (Stadtbahn, U-Bahn/Straßenbahn)	77 / 79 dB(A)
<small>Die angegebenen Werte basieren auf der Einhaltung der Rauheitsbedingungen der Gleise nach E DIN EN ISO 3095</small>	

Folgende fahrzeugseitige Maßnahmen stellen einen lärmarmen Betrieb sicher:

Rollgeräusche:

- Auf das Fahrzeug akustisch abgestimmte Radformen (z.B. gummigefederte Räder)
- Seitliche Abdeckung der Räder (Schürzen)
- Auskleidung des Wagenbodens oberhalb der Räder mit schallabsorbierendem Material

Antrieb:

- Akustische Entkopplung von Getriebe und Fahrmotor (Vermeidung ausgeprägter Antriebsresonanzen)
- Gekapselte Fahrmotoren
- Geräuschoptimierte Verzahnung der Getriebe
- Vermeidung der Tonhaltigkeit (Einbau geräuscharmer Hilfsaggregate wie z.B. Luftpresser, Umformer, Lüfter, Klimaanlage u.a.)
- Kapselung der Geräte, insb. bei Anordnung auf dem Dach

Kurvenkreischen

- Einsatz von Radschallabsorbern
- Radial einstellende Radsätze bei der Fahrt durch Gleisbögen

Bei der Minderung der Fahrtgeräusche dürfen auch die Innengeräusche nicht vergessen werden. Zu nennen sind u.a. folgende Maßnahmen:

- Luftfederung
- Verwendung von entdröhntem Außenblech und Unterboden
- Schalldämmende Fußböden
- Schallabsorbierende Deckenverkleidungen
- Geräuscharme Lüftungsanlagen

3.1.2 Maßnahmen am Fahrweg

Die Bewegung der Fahrzeuge auf den Gleisen führt zum einen zu Erschütterungen der Gleise und des sie umgebenden Erdreichs, zum anderen zu Rollgeräuschen der Stahlräder auf den Stahlschienen mit zusätzlichen Emissionen in Kurven und in Kreuzungs- und Weichenbereichen. Als optimale Lösung zur Verringerung der Erschütterungsbelastung ist das offene, nicht eingepflasterte Gleis zu sehen, das allerdings einen eigenen Bahnkörper erfordert. Besonders effektiv ist der Bau von Schienenstrecken auf lärmarmen Untergrund. Niedrige Rollgeräusche erzielen Straßenbahnen auf akustisch optimierten Gleisen. Da aber ein großer Anteil von Straßenbahnen über straßenbündige Gleise rollen, die auch für den übrigen Straßenverkehr zur Verfügung stehen, sind hier lärmindernde Maßnahmen am Gleis gefragt. Regelmäßiges Gleisschleifen und der Einsatz von Gleisschmieranlagen gehören bei den Straßenbahnunternehmen mittlerweile zum Standard. Diese gelten daher als Mindest-Empfehlung zur Reduzierung des Schienenlärms.