

Gesichtspunkte der Umweltverträglichkeit beim Straßenbahnbetrieb

- Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln -

Von Dipl.-Ing. Wolfgang Hendlmeier

Der folgende Beitrag behandelt einmal nicht die in Verkehrsplanung und Verkehrspolitik üblichen technischen und wirtschaftlichen Überlegungen, sondern Umweltgesichtspunkte. Er wurde am 27. Juni 1987 auf dem Nahverkehrstag in Würzburg gehalten und führte wegen seiner bisher unbekanntenen Gesamtwertung der Nahverkehrsmittel unter Umweltgesichtspunkten zu einer lebhaften Diskussion.

1. Einführung

Über die Umweltfreundlichkeit der Straßenbahn zu schreiben, müßte eigentlich ziemlich überflüssig sein; denn die Straßenbahn als elektrisches Verkehrsmittel ist doch sozusagen von Natur aus umweltfreundlich. Leider werde ich im folgenden etwas an dem guten Ruf "kratzen" müssen. Doch soll zunächst der Frage nachgegangen werden; Warum wurden im vorigen Jahrhundert zunächst in größeren Städten die Pferdeomnibusse auf Schienen gesetzt? Warum dieser Aufwand? Umweltgesichtspunkte spielten damals noch keine Rolle. Vielmehr war der Straßenzustand im vorigen Jahrhundert nicht nur bei den Überlandstraßen, sondern auch bei den Stadtstraßen so beschaffen, daß Eisenschienen das technisch einfachste Mittel waren, wenigstens für den öffentlichen Omnibusverkehr eine ebene Fahrbahn zur Verfügung zu stellen. Nur die Schienenbahn konnte damals ein einigermaßen komfortables Fahrgefühl vermitteln. Straßenbahn-Unternehmen waren ursprünglich aus Gewinnabsicht gegründet worden. Nicht immer gingen die wirtschaftlichen Erwartungen allerdings in Erfüllung, besonders nicht in Kleinstädten, wo man vielfach auch Pferdebahnen einrichtete, obwohl dort ein Pferdeomnibus das geringe Verkehrsbedürfnis ohne weiteres hätte befriedigen können. Jedoch konnte im Rahmen der Konzessionsbedingungen im allgemeinen durchgesetzt werden, daß die Straßen vom Betreiber der Straßenbahn wenigstens im Gleisbereich gepflastert und saubergehalten wurden, so daß die Städte mit der Straßenbahn nicht nur ein bequemes und preiswertes Verkehrsmittel erhielten, sondern auch eine Verbesserung des Straßenzustandes. Letzteres war also ein Beitrag der Straßenbahn zur Umweltgestaltung im 19. Jahrhundert.

Nach der Elektrifizierung der Straßenbahnnetze um die Jahrhundertwende konnten dann zumindest in den Großstädten auch längere Züge – also Triebwagen mit Beiwagen – eingesetzt werden. Nun zeigte sich zum erstenmal, daß die Straßenbahn ein höheres Verkehrsbedürfnis als der Omnibus befriedigen konnte und damit unter Umständen – trotz der teuren Gleis- und Oberleitungsanlagen – auch wirtschaftlicher als dieser war. Allmählich aber erwuchs der Straßenbahn durch den gummibereiften Verkehr eine ernsthafte Konkurrenz. Nach dem 1. Weltkrieg begann man, das holperige Pflaster durch Asphalt zu ergänzen und zu ersetzen. Der Kraftomnibus, schon um die Jahrhundertwen-

de als urtümliches Gefährt vereinzelt außerhalb der Schienennetze eingesetzt, war Mitte der zwanziger Jahre so weit entwickelt, daß er nicht nur in zahlreichen Kleinstädten die Pferdebahn und die elektrische Straßenbahn ablösen konnte, sondern sogar auf stärker belasteten Großstadtlinien. Schon 1929 wurde der größte Teil des Wiesbadener Straßenbahnnetzes auf Omnibusbetrieb umgestellt. Beim Betrieb mit Einzelwagen war von da an der Omnibus auf jeden Fall wirtschaftlich günstiger als die Straßenbahn, die bis zum heutigen Tag – unabhängig vom Verkehrsaufkommen – mit den hohen Grundkosten für Gleise und Fahrleitungen belastet ist.

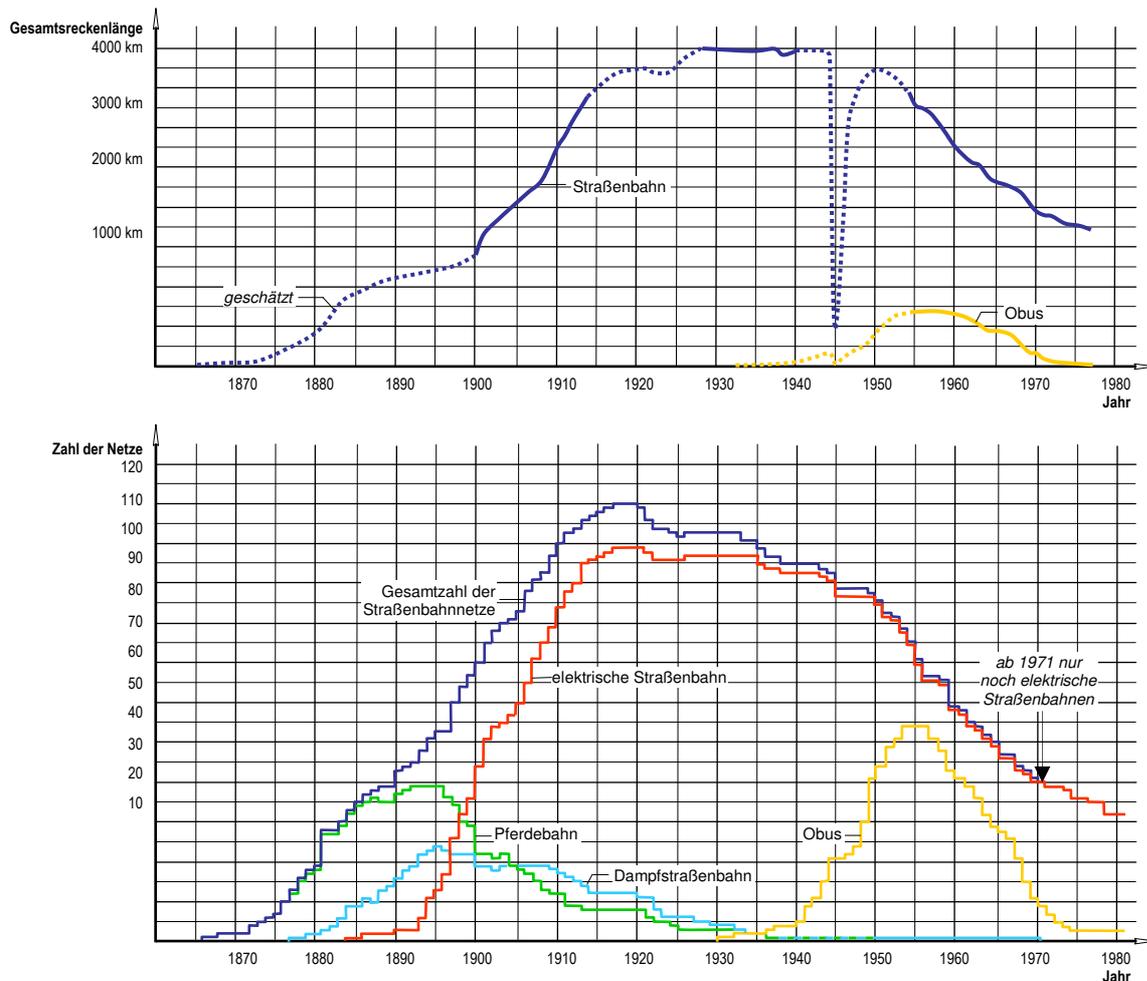


Abb. 1:

Streckenlänge und Zahl der Netze von Pferdebahn, Dampfstraßenbahn und elektrischer Straßenbahn im Gebiet der BRD (alte Bundesländer), 1865-1980

Die ersten drei Abbildungen zeigen die Bedeutung der Straßenbahn im Vergleich zu anderen öffentlichen Verkehrsmitteln sowie ihre Entwicklung. Dabei ist zu bedenken, daß die öffentlichen Verkehrsmittel in den letzten Jahrzehnten im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln ständig an Bedeutung verloren haben, auf dem Lande freilich in weit stärkerem Maße als in den Großstädten, so daß im Mittel nur noch etwa ein Viertel der Verkehrsteilnehmer öffentliche Verkehrsmittel benutzt.

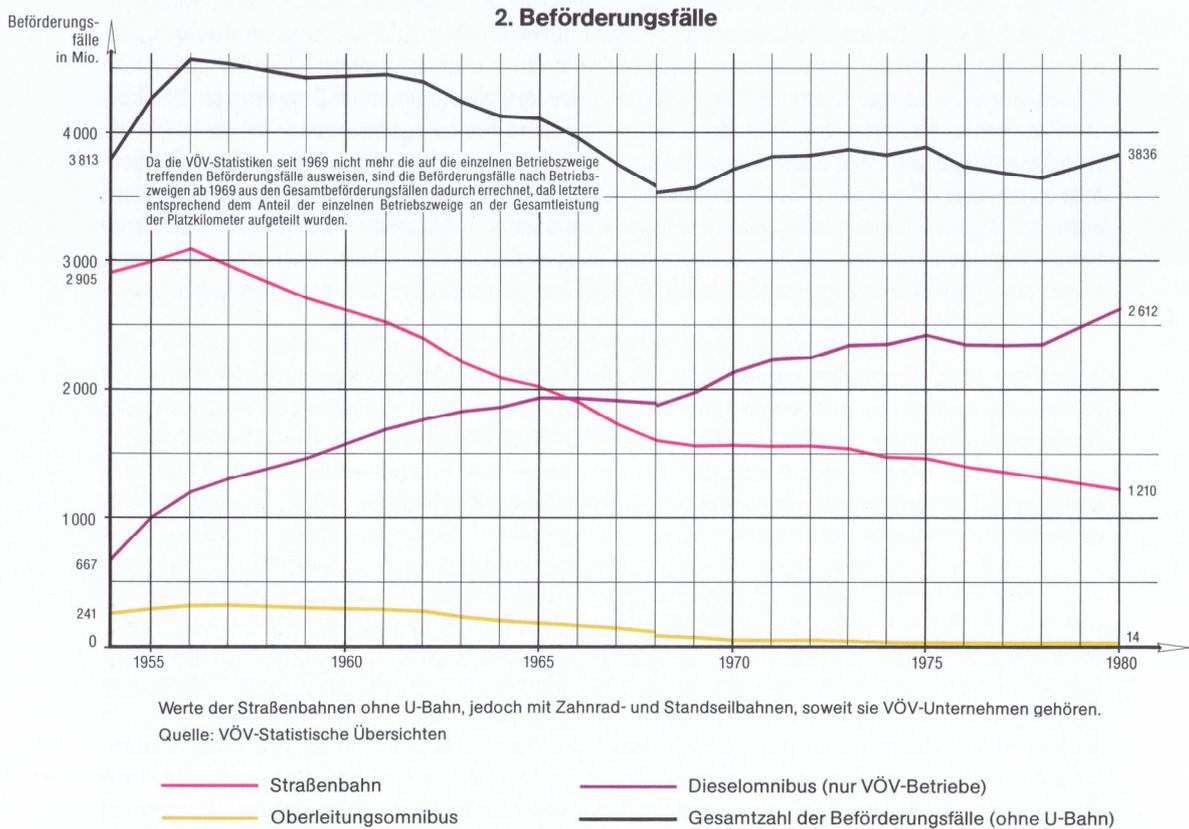


Abb. 2:
Entwicklung der Beförderungsleistungen in der BRD (alte Bundesländer)
von Straßenbahn, Omnibus und Obus, 1954-1980

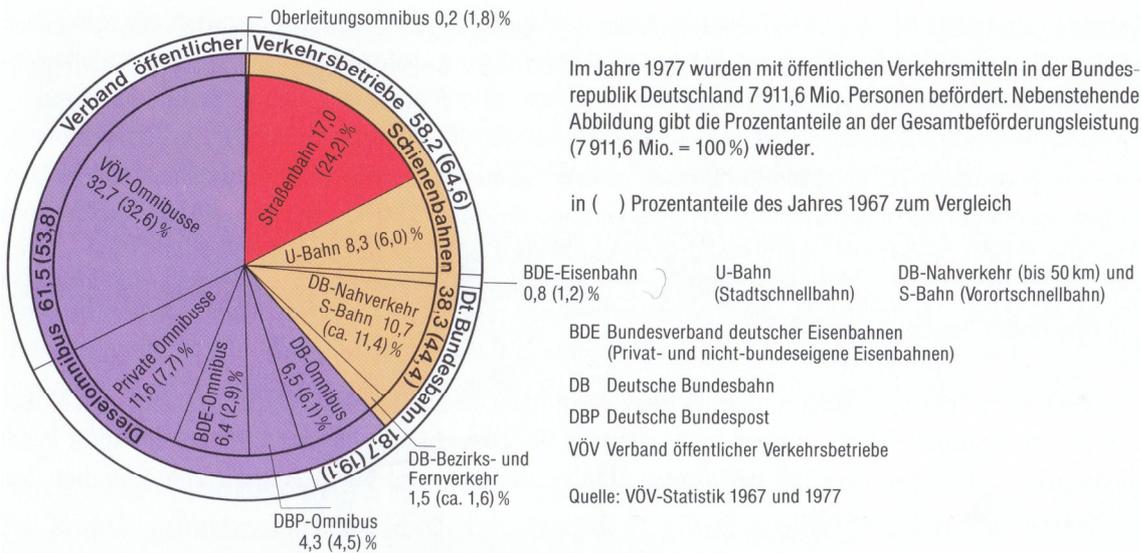


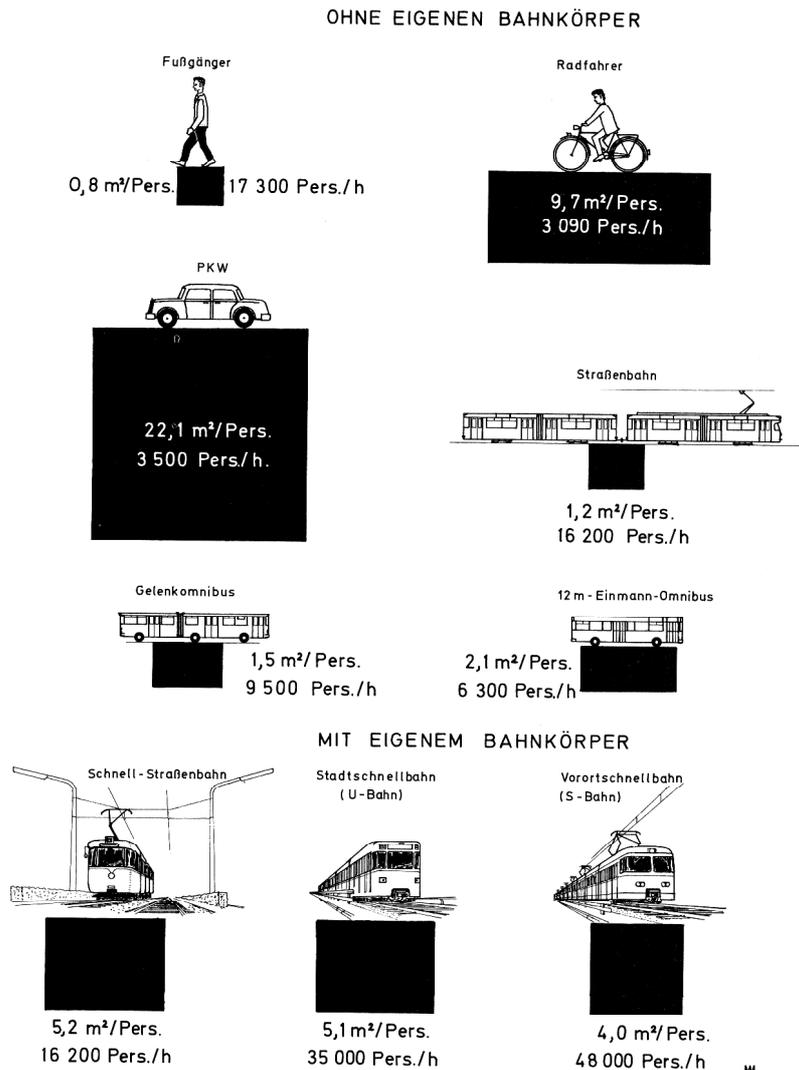
Abb. 3:
Anteile der einzelnen Verkehrsmittel an der gesamten Beförderungsleistung der öffentlichen Verkehrsmittel (alte Bundesländer), 1977

Von allen im Jahresdurchschnitt vorkommenden Beförderungsfällen entfallen nur zwischen 3 und 4% auf die Straßenbahn, die allerdings dort, wo sie noch verkehrt, nämlich auf stark belasteten öffentlichen Verkehrslinien in Großstädten ein unentbehrliches Verkehrsmittel ist. Für die Entscheidung "Für oder gegen die Straßenbahn" spielen freilich vor allem Wirtschaftlichkeitsüberlegungen und der verkehrspolitische Wille des jeweiligen Stadtrats die entscheidende Rolle, weniger Umweltgesichtspunkte, mit denen ich mich im folgenden beschäftigen will.

2. Flächenbedarf

Besonders seit den fünfziger Jahren gehen die Stadt- und Verkehrsplaner sehr sorglos mit dem Grund und Boden als einem nicht vermehrbaren Gut um. Würden bei der Verkehrsmittelwahl Umweltgesichtspunkte eine Rolle spielen, müßten Verkehrsmittel weitgehend ausscheiden, deren Flächenbedarf je beförderte Person hoch liegt. Leider aber spielen Bequemlichkeit, also Unabhängigkeit vom Fahrplan, leichter Gepäcktransport, Zeitersparnis u. ä. eine viel größere Rolle als der verantwortungsbewußte Umgang mit der Natur und den Rohstoffen, die ja auch noch unsere Nachkommen nutzen wollen.

Abb. 4:
Flächenbedarf öffentlicher und privater Verkehrsmittel im Straßenraum, bezogen auf ein Gleis bzw. auf einen 3 m breiten Fahrstreifen



Die angegebenen Flächen sind Mindestwerte. Sie treten bei maximaler Besetzung und maximaler Wagenfolge des jeweiligen Verkehrsmittels auf.

Die angegebenen Leistungsfähigkeiten beziehen sich auf eine rund 3m breite Fahrspur bzw. Gehbahn bzw. auf ein Gleis.

Im Vergleich zu anderen Landverkehrsmitteln liegt die Straßenbahn beim Flächenbedarf je Fahrgast sehr günstig. Die Angaben in der Literatur schwanken hinsichtlich des Flächenbedarfs. Meistens werden die Berechnungsannahmen nicht genannt, so daß ich den Flächenbedarf selbst berechnet habe. Der minimale Flächenbedarf je Fahrgast errechnet sich unter anderem bei folgenden Annahmen: Vollbesetzung mit einer Stehplatzausnutzung von 4 Personen/m², Sicherheitsabstand bzw. minimaler Blockabstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug, wenn man die mögliche oder zulässige Geschwindigkeit ansetzt. Für den Flächenbedarf der Straßenbahn werden meistens zwischen 1 und 2 m²/Fahrgast angegeben. Dies gilt allerdings nur, wenn der Gleisbereich auch noch von anderen Verkehrsteilnehmern benutzt werden kann. Der Flächenbedarf ist deutlich größer, wenn ein eigener Bahnkörper, ähnlich wie bei der Eisenbahn oder der U-Bahn vorhanden ist. Nur solche Straßenbahnstrecken können heute noch als zeitgemäß angesehen werden. Aus diesem Grund wird der Neubau von Straßenbahnstrecken ohne eigenen Bahnkörper nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz von der Bundesregierung nicht gefördert. Damit muß man bei der Straßenbahn von einem Flächenbedarf von rund 5 m²/Person bei maximaler Besetzung und minimaler Wagenfolge ausgehen, das ist weniger als ein Viertel des Flächenbedarfs (rund 22 m²/Person), den ein Pkw-Benutzer beansprucht.

Falls für den Omnibusverkehr keine eigenen Busspuren angelegt sind, benötigt ein Omnibusfahrgast nur 1,5 bis 2,1 m²/Person. Es leuchtet ein, daß Busspuren oder eigene Bahnkörper aus Gründen der Flächenbeanspruchung nur bei Strecken mit hohem Verkehrsaufkommen zu rechtfertigen sind.

3. Energiebedarf

Ohne Zweifel ist die Fortbewegung zu Fuß oder mit dem Fahrrad die energiesparendste Art des Verkehrs. Beide Verkehrsarten sind allerdings bei schlechtem Wetter nicht besonders attraktiv. Das zeigt sich insbesondere bei Schneefall und strengem Frost, wenn die meisten Radfahrer auf das öffentliche Verkehrsmittel umsteigen und darin zu drangvoller Enge beitragen. Unter den motorisch betriebenen Verkehrsmitteln nützen die elektrischen die Primärenergie – also Wasserkraft, Kohle, Erdöl usw. – am besten aus. Da die Straßenbahn seit langem elektrisch betrieben wird, ist sie – was die Rohstoffausnutzung betrifft – ein besonders umweltschonendes Verkehrsmittel.

Eine sparsame Energienutzung ist heute von besonderer Wichtigkeit; denn unsere durch die Technisierung bedingte Bequemlichkeit ist in sehr großem Umfang auf nicht regenerierbare Energiequellen angewiesen. Im Jahre 1975 entfielen auf den Sektor Verkehr 19% des Endenergieverbrauchs, d. i. des Sekundärenergieverbrauchs. Dabei hatten die gummiereiften Fahrzeuge an diesen 19% einen Anteil von 85%: die Schienenfahrzeuge einen Anteil von nur 6%. Der Anteil des Energieverbrauchs beim Straßenverkehr hat sich inzwischen weiter erhöht, obwohl es gelungen ist, sparsamere Motoren zu konstruieren. Vergleichsweise ist es sicherlich aufschlußreich festzustellen, wie die Verhältnisse beim Endenergieverbrauch im Verkehrssektor im Jahre 1950 lagen: Damals verbrauchten die Straßenfahrzeuge nur 22%, die Bahn dagegen 71%. Diese Zahlen zeigen, daß seit den fünfziger Jahren zunehmend Energie verschwendet wird. Das Kraftfahrzeug ist praktisch

zu einem Sinnbild unserer Gesellschaftsordnung geworden. Die freie Verkehrsmittelwahl ist für Menschen, die nur den eigenen Nutzen und Spaß im Kopf haben, ein Teil der freien Entfaltung der Persönlichkeit so, wie dies Artikel 2 des Grundgesetzes garantiert. Davon, daß Artikel 14 des gleichen Gesetzes bestimmt: "Eigentum verpflichtet. Sein Gebrauch soll zugleich dem Wohle der Allgemeinheit dienen", will man weniger gern etwas hören. Es ist freilich auch viel schwieriger, das Allgemeinwohl zu definieren als den privaten Nutzen.

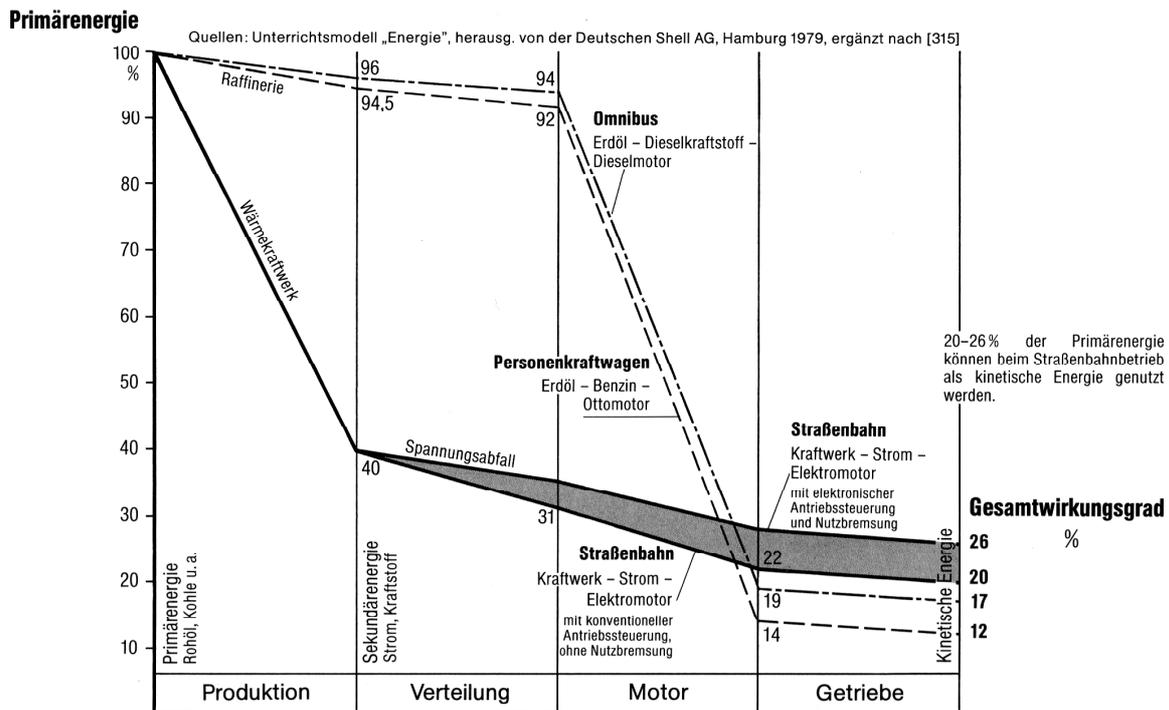


Abb. 5:

Ausnutzung der Primärenergie (Energiekette), bezogen auf Rohöl als Energieträger

Doch zurück zum Energieverbrauch: Der Gesamtwirkungsgrad, bezogen auf die Nutzung der Primärenergie, liegt bei der Straßenbahn um gut 60% höher als beim Kraftwagen mit Ottomotor. Bei einem neuzeitlichen Straßenbahnwagen mit elektronischer Antriebssteuerung und Nutzung der Bremsenergie sogar um 117% höher. Etwa 6% des Primärenergiebedarfs, das sind etwa 30% des Sekundärenergiebedarfs, können durch die elektronische Antriebstechnologie bei elektrischen Nahverkehrsfahrzeugen eingespart werden, darüber hinaus weitere 15% des Sekundärenergiebedarfs durch Einsatz von Aluminium statt Stahl bei den Fahrzeugaufbauten.

Es zeigt sich, daß der Verbrauch von Sekundärenergie je Platzkilometer beim Personenkraftwagen rund achtmal so groß ist wie bei der Straßenbahn. Die in den Bildern gezeigten Werte sind zwar nicht jüngsten Datums; Das Verhältnis hat sich aber kaum geändert, da sowohl beim Straßenbahn- wie beim Kraftfahrzeugantrieb in den letzten Jahren energiesparende Maßnahmen verwirklicht wurden. Es ist noch zu erwähnen, daß der Straßenbahnmotor praktisch jeden Primärenergieträger nutzen kann, von der besonders umweltfreundlichen Wasserkraft angefangen bis hin zum Uran mit seinen noch in Jahr-

tausenden lebensgefährlichen Abfällen. Beim gummiereiften Straßenverkehr gibt es dagegen außer dem auf Erdölprodukte angewiesenen Verbrennungsmotor keine Antriebstechnologie von Bedeutung, da die für den elektrischen Betrieb erforderlichen Akkumulatoren – ähnlich wie schon um die die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert – immer noch zu hohes Gewicht aufweisen und wegen ihres geringen Speichervermögens nur eine unbefriedigende Reichweite bis zum nächsten Ladevorgang ermöglichen.

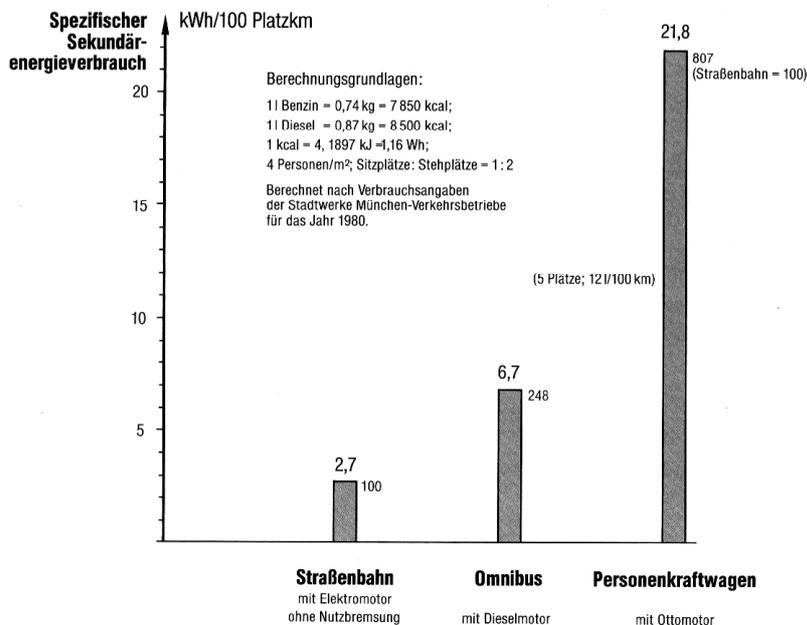


Abb. 6:
Sekundärenergieverbrauch in kWh/100 Platzkilometer

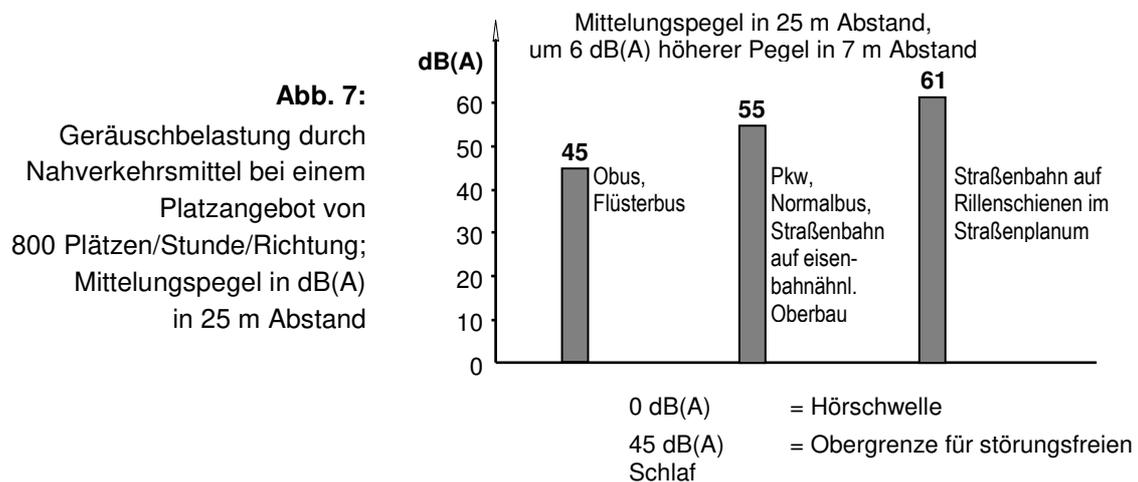
4. Lärm- und Erschütterungsschutz

„Schienenbahnen sind umweltfreundlich.“ Das ist die landläufige Meinung. Man denkt dabei vor allem an den geringen Flächenbedarf, bedingt durch Zugbildung und Spurführung, sowie an den elektrischen Antrieb, der zumindest am Einsatzort keine Umweltbelastung verursacht. Wenn die Schienenbahnen aber wirklich rundum umweltfreundlich wären, warum steigen dann Betroffene immer wieder auf die Barrikaden, wenn ein Planfeststellungsverfahren nach Bundesbahn- oder Personenbeförderungsgesetz für den Neubau einer Eisenbahn- oder Straßenbahnstrecke und der dazu gehörigen Betriebsanlagen durchgeführt wird. Hinsichtlich der Lärm- und Erschütterungsemissionen liegt die Straßenbahn nämlich ausgesprochen schlecht. Das wird meistens verdrängt. Lärmschutz ist kein Thema, dessen sich die Medien besonders eifrig annehmen würden. Lärmschutz ist nicht so schlagzeilenträchtig wie die Kernenergie oder die Luftreinhaltung mit dem Sonderproblem des Waldsterbens, obwohl sich mehr als 50% der Bevölkerung durch Lärm belästigt fühlen oder durch ihn schon geschädigt sind.

Ständige Einwirkung von stärkerem Lärm erhöht nämlich nicht nur das Risiko, schwerhörig zu werden – das dürfte inzwischen wohl allgemein bekannt sein –, sondern es erhöht zumindest bei dafür disponierten Menschen das Risiko von Herz- und Kreislauferkrankungen.

Die Betroffenen wehren sich also nicht selten gegen Schienenbahnplanungen, zumal wenn sie für sich selbst keinen Nutzen sehen, d.h. wenn sie mit dem eigenen Auto zur

Arbeit fahren. So haben Anlieger und Umweltschützer in München mehrmals erfolgreich den Bau von Straßenbahnstrecken verhindert, etwa in die Blumenau oder nach Großhadern. Ebenso nahm man bei der Verlängerung der Münchner U-Bahn nach Fürstenried Mehrkosten von über 100 Mio. DM in Kauf, weil man die Strecke in Obersendling aufgrund von Protesten geräuschgeschützt im Tunnel führt, obwohl eine oberirdische – dafür aber lautere – Strecke technisch möglich gewesen wäre.



Die Abneigung der Anlieger, die durch Lärm- und Erschütterungsemissionen der Straßenbahn unmittelbar betroffen werden, gegen den Bau einer Straßenbahnstrecke ist durchaus berechtigt. Ist die Straßenbahn selbst auf eigenem Bahnkörper doch ebenso laut wie eine Menge von Kraftfahrzeugen, welche das gleiche Platzangebot mit sich führen.

So betrüblich es klingt, hinsichtlich des Lärmschutzes ist die Straßenbahn ebenso wenig umweltfreundlich wie der Kraftwagen oder der nicht geräuschgekapselte Dieselomnibus. Sie ist aber nicht lauter und fährt wenigstens abgasfrei. Das zeigt, daß Anlieger, die den erfolgreichen Abschluß eines Planfeststellungsverfahrens für den Bau einer Straßenbahn verhindert haben, eigentlich ein Eigentor geschossen haben; denn als Ersatz wird mit Sicherheit eine Omnibuslinie eingerichtet, und diese bringt – bezogen auf ein gleiches Platzangebot – den gleichen Lärm und noch rußende und stinkende Abgase dazu.

An dieser Stelle möchte ich noch kurz auf die Planungsrichtpegel nach DIN 18805 (Ausgabe Mai 1987) eingehen. Danach sollen neue Wohngebäude in allgemeinen Wohngebieten so angeordnet werden, daß nachts vor den Schlafzimmerfenstern ein Mittelungspegel von 45 dB(A) nicht überschritten wird. Bauträger, Stadtplaner und Gemeinderäte ignorieren diese Empfehlung in der Regel, was dann immer zur Folge hat, daß sich die späteren Bewohner der neu erbauten Wohnungen an lauten Straßen oder Straßenbahnstrecken durch Lärm belästigt fühlen und vielleicht auch protestieren. Doch dann ist es zu spät. Dann helfen nämlich nur noch Schallschutzfenster als schlechteste Form des Lärmschutzes. Warum der Wert von 45 dB(A)? Aus gesundheitlichen Gründen sollte man nachts bei geöffnetem Fenster schlafen. Auf der anderen Seite ist für einen ungestörten Schlaf ein Zimmer-Innenpegel von höchstens 30 dB(A) Voraussetzung. Bei einem für die Lüftung gekippten Fenster ist dieser Innenpegel aber nur dann einzuhalten,

wenn es außen am Fenster im Mittel nicht lauter als 45 dB(A) ist. Um ungestört schlafen zu können, dürfte der Spitzenpegel vorbeifahrender Fahrzeuge aber nicht lauter als 65 dB(A) außen am Fenster sein – ein Kriterium, das beim Betrieb einer Straßenbahn auf Gleisen im Straßenplanum nur dann einzuhalten ist, wenn der Abstand zwischen Gleis und Schlafzimmerfenster mindestens 45 m beträgt. Leider ist dieser Wert bei den üblichen vier- und sechsstreifigen Straßen mit einem Abstand von nur 8-11 m zwischen Streckenachse und Gebäuden nicht einzuhalten.

Ich habe nun schon mehrmals die akustische Meßgröße Dezibel, abgekürzt dB, erwähnt; deshalb eine kurze Erklärung: Schall entsteht durch Schwingungen in Gasen, Flüssigkeiten und Feststoffen und ist für das menschliche Ohr wahrnehmbar von $2 \cdot 10^{-5}$ Pascal (Pa = N/m²) Schalldruck an der Hörschwelle bis zu 20 Pa an der Schmerzgrenze. Dabei umfaßt der Wahrnehmungsbereich Frequenzen, das sind Schwingungen je Sekunde, von 20 Hz (tiefe Töne) bis zu 20 000 Hz (hohe Töne). Um unhandliche Zahlenwerte zu vermeiden, hat man den Schalldruckpegel L_p eingeführt. Es ist dies ein logarithmischer Verhältniswert, bezogen auf den Schalldruck P_0 an der Hörschwelle. Der Schalldruckpegel ist dimensionslos und wird als Dezibel bezeichnet. Er liegt bei 0 dB an der Hörschwelle und bei 120 dB an der Schmerzgrenze. Entsprechend dem menschlichen Hörvermögen – nicht alle Frequenzen werden gleich gut wahrgenommen – wird diese Größe in der Regel physikalisch nach der sog. A-Kurve gefiltert. Dadurch entsteht das dB(A). Folgende Gesetzmäßigkeiten sind vielleicht noch bemerkenswert: Eine Verdoppelung der Schallenergie, z.B. durch Verdoppelung der Verkehrsmenge oder der Zuglänge, erhöht den Mittelungspegel um 3 dB(A). Das ist bei gleichbleibender akustischer Frequenz gerade deutlich wahrnehmbar. Erst eine Pegelerhöhung um 10 dB(A) wird als Verdoppelung der Lautstärke empfunden. Bereits bei Dauerschallpegeln von mehr als 65 dB(A) kommt es zu Reaktionen des vegetativen Nervensystems und zu einer Erhöhung des Risikos der Bluthochdruckerkrankung.

Nach dieser Exkursion in die Akustik und die Lärmwirkung wieder zurück in etwas weniger theoretische Gebiete: Es leuchtet ein, daß das Abrollen eines weichen Reifens auf harter Fahrbahn praktisch keine Erschütterungen verursacht und deutlich geringere Geräusche als das Abrollen eines Stahlrades auf einer Stahlschiene. Dieses Rad-Schiene-Rollgeräusch ist auch die Hauptlärmquelle beim Straßenbahnverkehr. Demgegenüber treten Geräusche der Hilfsanlagen (Kompressor, Lüfter, Gleichstromsteller u.ä.) zurück. Beim Anfahren und Bremsen sind allerdings hochfrequente Motorengeräusche deutlich zu hören. Einen wesentlichen Einfluß auf die Geräuschemissionen üben Oberbau und Zustand der Radreifen aus. Im Hinblick auf den Lärmschutz ist es sehr wichtig, daß auftretende Schienenriffel regelmäßig abgeschliffen werden. Ebenso müssen Flachstellen der Radreifen regelmäßig abgedreht werden.

Schon durch die Bauweise von Rädern und Oberbau können die Geräuschemissionen beeinflußt werden. Folgende Gesetzmäßigkeiten sind hier zu erwähnen:

Der *Mittelungspegel* liegt

- bei starren Rädern um 1–3 dB(A) höher als bei gummigefederten Radreifen,

- bei Holzschwellenoberbau auf Schotter um 1,5–2 dB(A) höher als bei Betonschwellenoberbau auf Schotter,
- bei schotterlosem Oberbau, wie er zur Verringerung der Höhe von Tunnelbauwerken angewandt wird um 5 dB(A) höher als bei Schotteroberbau. Die Erschütterungen bzw. die Körperschallabstrahlungen sind gleich groß.
- bei Verringerung der Schotterbetthöhe im Tunnel von 30 auf 20 cm Höhe um 5 dB(A) höher,
- bei einem Oberbau in Tunnelanlagen nach dem "Masse-FederSystem" in Bezug auf den abgestrahlten Körperschall je nach Frequenz um 15–40 dB(A) niedriger als beim konventionellen Schotteroberbau,
- bei eisenbahnähnlichem Oberbau (Schienen auf Schwellen in Schotterbettung um 6 dB(A) niedriger als bei Rillenschienenoberbau im Straßenplanum,
- bei geschlossener Randbebauung in engen Straßen um bis zu 3 dB(A) höher als bei offener und lockerer Randbebauung.

Bei Schienenbahnen gibt es immer wieder Probleme mit dem sogenannten Körperschall. Dieser entsteht dadurch, daß ein vorbeifahrender Zug im Untergrund Schwingungen hervorruft, die ihrerseits das Fundament eines nahegelegenen Gebäudes anregen. Von den Mauern des Gebäudes werden diese Schwingungen als sekundärer Körperschall in die Zimmer abgestrahlt. Man kann sich dagegen leider nicht mit Lärmschutzfenstern schützen. Die sicherste Methode, um Körperschallimmissionen zu vermeiden, ist die, beim Bau von Schienenbahnen einen ausreichend großen Abstand zwischen Gebäuden und Strecke einzuhalten, nach unseren Erfahrungen mindestens 18 m. Über 40 m Entfernung gibt es auf jeden Fall keine Probleme mehr. Aber ein derartig großer Abstand ist selbst beim Neubau von Straßenbahnstrecken kaum einzuhalten - und vor allem: Was macht man bei den vorhandenen Straßenbahnstrecken, deren Abstand zu den Gebäuden in der Regel nur 7-8 m, manchmal sogar noch weniger, beträgt?

Die Verringerung der Luft- und Körperschallimmissionen von Schienenbahnen, besonders von Straßenbahnen, ist eine wirklich wichtige Aufgabe der Fahrzeugkonstrukteure und Gleisbauer. Hier sei erwähnt, daß die direkte Gleislagerung auf einem Betonunterbau, wie sie zum Beispiel in Augsburg und Würzburg angewandt wird, zu einem um 2 dB(A) höheren Mittelungspegel führt als die Gleislagerung von Rillenschienen auf Schotterbettung auch dann, wenn sie im Straßenplanum liegen. Letztere Bauweise wenden zum Beispiel die Verkehrsbetriebe in München und Nürnberg an. Sie ist allerdings sehr aufwendig, da sie etwa alle 10 bis 20 Jahre eine Durcharbeitung der Gleisanlagen erfordert, was für die Anlieger jedesmal mit lauten Aufbruch- und Bauarbeiten verbunden ist. (Anm.: Diese Bauweise wurde inzwischen aufgegeben.)

Um die Körperschallemissionen zu verringern, hat die Würzburger Straßenbahn versuchsweise an mehreren Stellen im Streckennetz eine körperschalldämmende Lagerung auf einem Zweikomponenten-Kunststoff ausgeführt. Diese Bauart wurde von der Firma Eisner, Würzburg, entwickelt und zum Patent angemeldet. Wenn durch diese Bauart die Luft- und Körperschallemissionen auf die Werte des Schotteroberbaus, möglichst noch darunter, vermindert werden könnten, wäre sie vor allem wegen ihrer langen Liegezeit

dem Schotteroberbau vorzuziehen. Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz hat zur Untersuchung dieser Fragen mit Messungen begonnen (Stand: 1987!). Auch die Münchner Verkehrsbetriebe wollen in Kürze einen Beitrag zum Lärm- und Erschütterungsschutz beim Straßenbahnbetrieb leisten. Unter der fachlichen Betreuung des Lehrstuhls von Professor Dr.-Ing. Eisenmann, Technische Universität München, soll auf einer Teilstrecke der Linie 18 in der Nähe des Deutschen Museums ein Oberbau nach dem Masse-Feder-System eingebaut werden.

5. Schutz vor gas- und staubförmigen Emissionen

Wir haben uns nun längere Zeit mit dem Lärm- und Erschütterungsschutz befaßt, weil hier die Straßenbahn nicht besonders gut liegt. Dafür nun zu einem erfreulicherem Gebiet: In lufthygienischer Sicht ist die Straßenbahn nämlich sehr günstig zu beurteilen, und zwar deshalb, weil sie am Einsatzort keine Abgase hinterläßt. Sie sammelt natürlich nicht so viele Pluspunkte wie ein Fußgänger oder ein Radfahrer; denn die Wärmekraftwerke erzeugen sehr wohl Emissionen und verteilen sie über hohe Kamine in einem weiten Umkreis. Aber auch die umweltfreundlichen Wasserkraftwerke stellen zumindest einen starken Eingriff in die ursprüngliche Schönheit der Landschaft und in den Naturhaushalt dar.

Der Strom für die Straßenbahn kann – wie erwähnt – in den verschiedensten Kraftwerksarten erzeugt werden. Selbst wenn er in einem mit schwerem Heizöl befeuerten Kraftwerk entsteht, liegt der Schadstoffausstoß, bezogen auf die Betriebsleistung Platzkilometer, erheblich niedriger als beim Omnibusbetrieb, wenn man vom Schwefeldioxid (SO₂) absieht, das aber ohne weiteres im Kraftwerk durch Filter zurückgehalten werden kann.

Ich möchte hier noch kurz auf die Wirkungen der wichtigsten Luftschadstoffe eingehen, deren schädigende Wirkung von der Konzentration abhängt:

- Kohlenmonoxid (CO) begünstigt ebenso wie Lärm - Herz- und Kreislauferkrankungen.
- Stickstoffoxide (NO_x) schädigen das Lungengewebe. In Verbindung mit photochemischen Reaktionen werden sie für das Waldsterben mitverantwortlich gemacht.
- Schwefeldioxid (SO₂) führt zu Schleimhautschädigung, u.a. zu Bronchitis; außerdem schädigt es das Blattgewebe und Bauteile.
- Ein Bestandteil von Kohlenwasserstoffen ist u.a. das 3,4-Benzpyren, dessen krebserregende Wirkung nachgewiesen ist.
- Blei als Zusatzstoff zur Erhöhung der Klopfestigkeit der Motoren kann zu Stoffwechselstörungen führen. (Anm.: Blei ist als Benzin-Zusatzstoff seit 2000 in der Europäischen Union nicht mehr zugelassen.)

Es wäre noch darauf hinzuweisen, daß emissionsmindernde Maßnahmen in Kraftwerken leichter durchzuführen sind als bei Kraftfahrzeugen.

Die Straßenbahn verursacht auch Staubemissionen, wenn auch in geringerem Umfang als der Kraftfahrzeugverkehr. Es fällt Eisenstaub infolge der Abnutzung von Schienen und Radreifen an. Dann entsteht beim Bremsen Abrieb und es wird bei Schnellbremsun-

gen Sand auf die Schienen gegeben. Schließlich werden Fahrdrabt und Stromabnehmer-Schleifstücke abgerieben, z.B. bei einer Fahrstrecke von 50 000 Triebwagenkm etwa 1,1 kg Kohle. So entstand bei den Stuttgarter Straßenbahnen im Jahr 1967 ein Kohleabrieb von einer halben Tonne. Die durch die Straßenbahn erzeugten Staubmengen sind im Vergleich zu den durch den Kraftfahrzeugverkehr erzeugten gering, jedoch für Menschen, die sich längere Zeit an stark befahrenen Straßenbahn-Knotenpunkten aufhalten, insofern bedeutsam, als die Kohleteilchen mit einer Größe von meist 0,25 bis 1 µm lungengängig sind, während der Straßenstaub mit einer Teilchengröße von meist 5 µm nicht lungengängig ist.

Berechnet auf Grund von Daten der Stadtwerke München-Verkehrsbetriebe (1980), des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz sowie in: Peter Jäger, Soziale Kosten – Soziale Nutzen im öffentlichen Personennahverkehr, Alba-Buchverlag, Düsseldorf 1976

CO = Kohlenmonoxid
 NO_x = Stickoxide
 SO₂ = Schwefeldioxid
 CH = Kohlenwasserstoffe

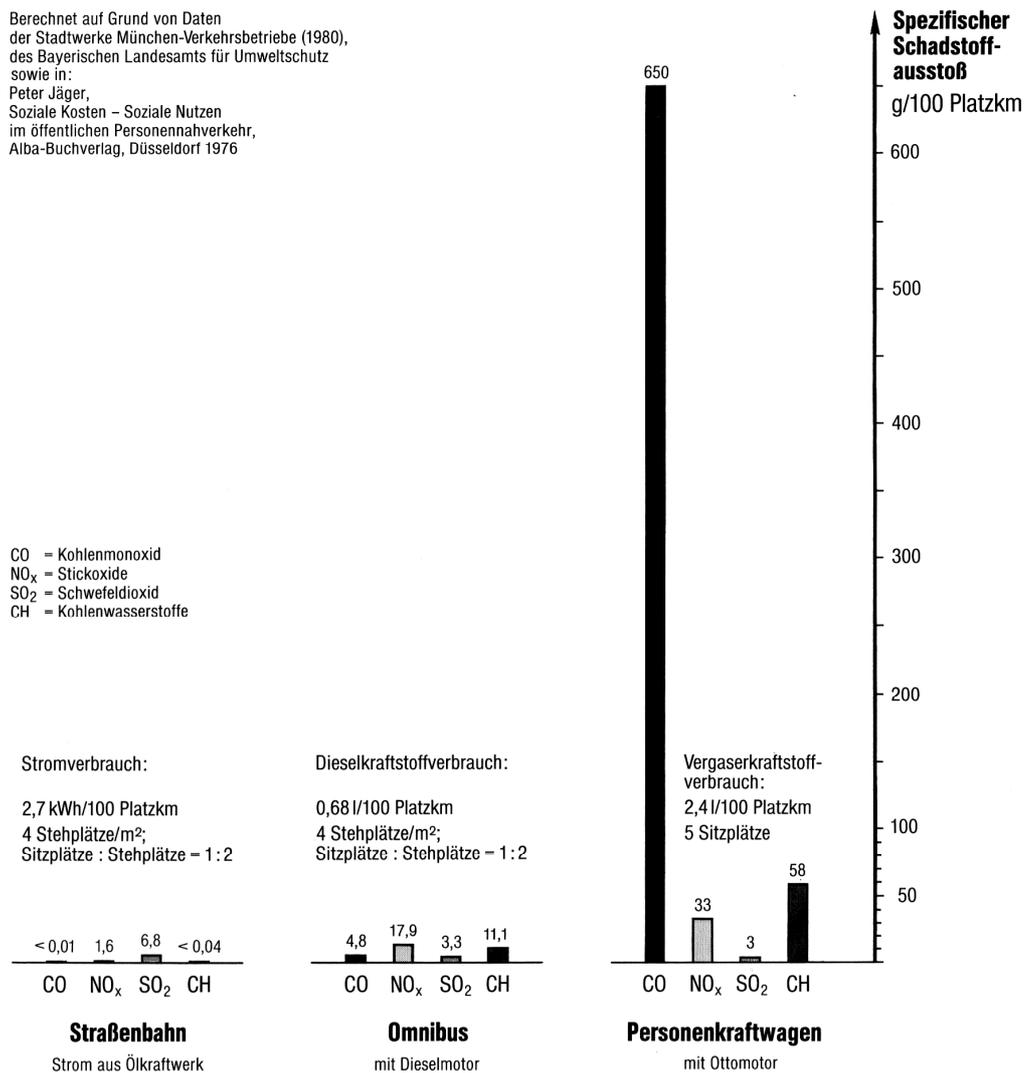


Abb. 8:

Spezifische Emissionen von Schadstoffen von Straßenbahn, Omnibus und Personenkraftwagen CO, NO_x, SO₂, CH in g/100 Platzkilometer.

6. Gesamtvergleich mit anderen Nahverkehrsmitteln

Wenn man die Umweltfreundlichkeit eines Verkehrsmittels insgesamt bewerten will, so muß man Flächen- und Energiebedarf ebenso wie die Lärm- und Abgasemissionen berücksichtigen. Für einen objektiven Vergleich sind die Werte für alle Verkehrsmittel auf

die Betriebsleistung (Platzkm) oder auf die Querschnittsleistungsfähigkeit (Personen/Gleis- bzw. Fahrstreifenquerschnitt) zu beziehen.

Bei der Gesamtbewertung bin ich so vorgegangen, daß ich bei der Einzelwertung von Flächenbedarf, Energiebedarf, Lärmschutz und Luftreinhaltung für den schlechtesten Wert 0 Punkte, für den besten 10 Punkte vergeben habe. Dazwischen liegende Werte habe ich hinsichtlich der Punktezahl proportional angesetzt. In der Gesamtwertung sind also theoretisch 0 Punkte für ein ausgesprochen umweltunfreundliches Verkehrsmittel und 40 Punkte für ein sehr umweltfreundliches Verkehrsmittel zu erreichen. Das Fahrrad ist mit 32 Punkten Sieger – allerdings ist es nicht "wetterfest", gefolgt vom Oberleitungsomnibus, kurz Obus, mit 24 Punkten, der leider schon vor Jahrzehnten aus wirtschaftlichen Gründen verdrängt wurde. Gleich hinter dem Obus kommt mit 23 Punkten wegen ihres geringen Flächenbedarfs die Straßenbahn im Straßenplanum. Da Strecken dieser Art aus verkehrstechnischen – aber auch aus Lärmschutzgründen – nicht mehr erwünscht sind, können für die Straßenbahn nur 18 Punkte angesetzt werden, ebenso viele wie für einen konventionellen Omnibus und 2 Punkte weniger als für einen Omnibus in geräuschgekapselter Bauweise ("Flüsterbus"). Mit großem Abstand abgeschlagen kommt der Personenkraftwagen auf immerhin noch 5 Punkte, und zwar nur deshalb, weil er lärmäßig günstiger liegt als eine Straßenbahnstrecke mit Rillenschienen im Straßenplanum.

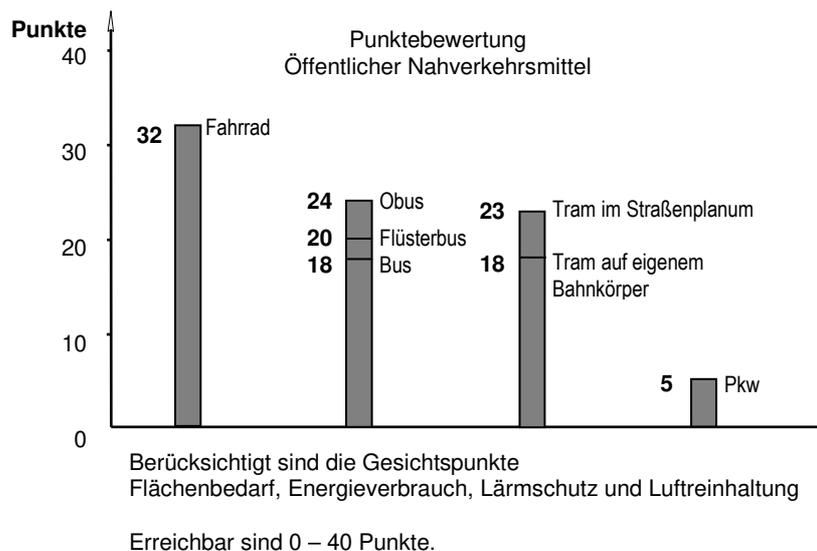


Abb. 9:

Umweltfreundlichkeit von Nahverkehrsmitteln, Bewertung nach Punkten

Betrachtet man die Nahverkehrsmittel einmal nicht aus der Sicht des Kaufmanns oder der sich ändernden Verkehrspolitik, sondern ausschließlich aus Umweltgesichtspunkten, so erkennt man, daß letztere bei der Verkehrsmittelwahl offenbar kaum eine Rolle spielen, wenn man einmal von dem nach der sog. Ölkrise 1973 wiederentdeckten Fahrrad absieht. Würden Umweltgesichtspunkte wirklich beachtet, hätte man die in vielen Städten vorhandenen Obusnetze nicht abschaffen dürfen, sondern ausbauen müssen. Ebenso müßte jeder Berufstätige mit festem Arbeitsplatz darauf verzichten, mit dem Pkw zur Arbeit zu fahren, wenn er die Fahrt in höchstens 45 Minuten mit dem öffentlichen Verkehrsmittel zurücklegen kann. Doch lassen wir diese fast ketzerischen Gedanken.

Da die Straßenbahn beim Gesamtvergleich aller im städtischen Straßenraum einsetzbaren Nahverkehrsmittel nicht so gut abschneidet, wie von Straßenbahnfreunden erwartet, führte die dargestellte Wertung zu einer lebhaften Diskussion. Insbesondere wurde bemängelt, daß die Wertung auf die Platzkilometer bezogen wurde, was zu Verzerrungen führe, da ein Personenkraftwagen meist nur mit 1-2 Personen, ein Straßenbahnzug dagegen deutlich besser besetzt sei. Richtig ist, daß beim Vergleich bei allen Verkehrsmitteln die volle Besetzung zu Grunde gelegt wurde. Würde man das statistische Mittel des Besetzungsgrads als Vergleichsgrundlage heranziehen, würde das Fahrrad noch besser, die übrigen Verkehrsmittel schlechter abschneiden. Da jedoch auch die öffentlichen Verkehrsmittel im Tagesdurchschnitt – ebenso wie die Personenkraftwagen – nur mäßig besetzt sind, wurde auf eine solch differenzierte Betrachtung verzichtet, zumal sie nicht zu grundsätzlich anderen Aussagen führen würde. Auch bei einer "genauen" Wertung wäre das Fahrrad das umweltfreundlichste Nahverkehrsmittel – allerdings bei schlechtem Wetter nur bedingt einsetzbar –, gefolgt vom Oberleitungsbahnbus. Anschließend kämen Straßenbahn und Dieselomnibus, die aus Umweltgesichtspunkten praktisch gleichwertig sind. Auf den letzten Platz käme, wie jedermann seit langem klar ist, der private Personenkraftwagen.

Ich denke, mein Überblick über die Umweltauswirkungen beim Betrieb von Nahverkehrsmitteln hat deutlich gemacht, daß bei der Verkehrsmittelwahl oder der Frage "Straßenbahn oder Omnibus" trotz häufig gehörter großer Worte Umweltgesichtspunkte nur eine geringe Rolle spielen. Aus Verantwortungsbewußtsein und Mitgefühl für die betroffenen Anlieger, aber auch für künftige Generationen, sollte man Umweltgesichtspunkte aber in der Verkehrsplanung stärker als bisher berücksichtigen, nicht nur Fragen der Attraktivität, Wirtschaftlichkeit oder irgendeiner gerade aktuellen verkehrspolitischen Mode.

Literaturhinweis:

Angaben über die benutzte Literatur finden sich in:

Wolfgang Hendlmeier: Handbuch der deutschen Straßenbahngeschichte, Band 1, München 1981; aus diesem Buch die Abbildungen 2–6 und 8.

Veröffentlicht in „stadtverkehr“ 1/1988, S. 30 (hier berichtigt).

Nachbemerkung:

Obwohl die vorstehenden Ausführungen den Stand um 1980 wiedergeben, gelten die Aussagen über die Umweltverträglichkeit der Straßenbahn immer noch, auch die Schlußbewertung im letzten Absatz. Lediglich beim Energiebedarf haben sich Verschiebungen ergeben. Insbesondere hat sich der Energiebedarf des Pkw durch die Entwicklung kraftstoffsparender Motoren deutlich verringert. Das Thema „Kohlendioxid (CO₂) als Treibhausgas“ hatte man 1980 noch nicht „entdeckt“. CO₂ ist ein Spurengas mit einem Anteil von nur 0,039 Vol.% in der Atmosphäre und für den Kreislauf Photosynthese – Verbrennung bzw. Atmung und damit für das Leben auf der Erde unentbehrlich.

Stand: 01.05.2011