

NACHHALTIGER NAHVERKEHR SUSTAINABLE PUBLIC TRANSPORT

***Beiträge des ÖPNV
zum Umwelt-
und Klimaschutz***

Band 1 Ausführungsbeispiele



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung



NACHHALTIGER NAHVERKEHR

Beiträge des ÖPNV zum Umwelt- und Klimaschutz

SUSTAINABLE PUBLIC TRANSPORT

Contributions to environmental and climate protection

Band 1 Ausführungsbeispiele

Volume 1 Practical Applications

Untersuchung und Veröffentlichung wurden unterstützt von

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)
DEVK Deutsche Eisenbahn Versicherung, Sach- und HUK-Versicherungsverein a. G.
Forum Verkehr und Logistik e. V.
Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)
VDV-Förderkreis e. V.

Research and publication supported by

Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS)
German Railway Insurance Fund, Association for Property, Civil Liability,
Accident and Vehicle Insurance (DEVK)
Transport and Logistics Forum
Association of German Transport Companies (VDV)
VDV Promotional Group



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dbb.de> abrufbar.

The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.ddb.de>

Weitere Informationen zu dieser Buchreihe finden Sie unter <http://www.alba-verlag.de>

Further information about this book series is available at <http://www.alba-verlag.de>

Herausgeber Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV) / VDV-Förderkreis e.V.

© 2010

Manuskript: STUVA – Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V., Köln

Bildbearbeitung: Dipl.-Bibl. Martin Schäfer, Felix Ortlepp, Köln

Übersetzung: Linguanet sprl, Brüssel

Gestaltung und Layout: Alba Fachverlag, Düsseldorf

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Mikroverfilmungen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vertrieb Alba Fachverlag GmbH + Co. KG, Postfach 110150, 40501 Düsseldorf

Druck Druckerei Knipping GmbH, Düsseldorf

Erschienen September 2010

ISBN 978-3-87094-686-9

Gesamtbearbeitung · Editors

Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V., Köln
Research Association for Underground Transportation Facilities, Cologne

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Günter Girnau
Dipl.-Ing. Dirk Boenke

Begleitender Ausschuss · Advisory Committee

Dipl.-Ing. Wolfgang Arnold
Stuttgarter Straßenbahnen AG, Stuttgart

Dipl.-Ing. Gunnar Heipp
Münchner Verkehrsgesellschaft mbH, München

Dr. Martina Hinricher
Dipl.-Ing. Florian Böhm
Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung, Berlin

Dipl.-Geogr. Erhard Michel
Deutsche Bahn AG, Berlin

Prof. Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann
VDV-Förderkreis e.V., Köln

Dipl.-Ing. Uta Maria Pfeiffer
Verband Deutscher Verkehrs-
unternehmen (VDV), Köln

Dipl.-Ing. Thomas Unger
Berliner Verkehrsbetriebe AöR, Berlin

Autoren von Einzelbeiträgen · Authors of Contributions

Dipl.-Ing. Detlef Amende
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrs-
anlagen e. V. – STUVA –

Dr.-Ing. Friedhelm Blennemann
Geschäftsführer a. D., Studiengesellschaft für
unterirdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA –

Dipl.-Ing. Dirk Boenke
Abteilungsleiter, Studiengesellschaft für unter-
irdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA –

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Günter Girnau
Vorstandsvorsitzender a. D., Studiengesell-
schaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V.
– STUVA –

Bauassessor Dr.-Ing. Helmut Grossmann
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrs-
anlagen e. V. – STUVA –

Dipl.-Ing. Frank Leismann
Studiengesellschaft für unterirdische
Verkehrsanlagen e. V. – STUVA –

Prof. Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann
Geschäftsführer, VDV-Förderkreis e. V.

Dipl.-Ing. Christian Much
Berliner Verkehrsbetriebe AöR

Dipl.-Ing. Uta Maria Pfeiffer
Fachbereichsleiterin, Verband Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

Dipl.-Ing. Marcus Pirngruber
Projektleitung Planung, Stuttgarter
Straßenbahnen AG

Dr.-Ing. Ralph Pütz
Fachbereichsleiter, Verband Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

Dipl.-Ing. Michael Ruffer
Geschäftsbereichsleiter, Verkehrsgesellschaft
Frankfurt am Main GmbH

Dipl.-Ing. Ulrich Weber
VDV-Europabüro, Verband Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV), Brüssel

Zuarbeit in Spezialfragen:

Dipl.-Ing. Alexander Koch
Fachstellenleiter, Verband Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

Dipl.-Ing. Gunnar Heipp
Dipl.-Geogr. Sabine Nallinger
Markus Renda

Dipl.-Ing. Thomas Werner
Münchener Verkehrsgesellschaft mbH

Dr.-Ing. Friedrich Krüger
Gruppenleiter, Studiengesellschaft für
unterirdische Verkehrsanlagen e.V. – STUVA –

Daniel Timmermann
MABEG Kreuzchner GmbH & Co. KG

Band 1 Ausführungsbeispiele / Volume 1 Practical Applications

1	Stadtentwicklung und Verkehr Urban development and transport	32 33
2	Haltestellen / Stops and stations	102 / 103
3	Fahrwege / Tracks	154 / 155
4	Fahrzeuge / Vehicles	264 / 265
5	Betriebsdurchführung / Operation	346 / 347
6	Betriebshöfe, Werkstätten, Gebäude Depots, workshops, buildings	396 397
7	Umweltmanagement / Environmental management	478 / 479
8	Finanzierung / Financing	556 / 557
9	Zusammenfassende Checklisten / Checklist summaries	644 / 645

Band 2 Grundlagen / Volume 2 Fundamental issues

10	Umwelt- und Klimaschutzprobleme und Herausforderungen Environmental and climate protection – Issues and challenges	32 33
11	Reale und prognostizierte Auswirkungen und Lösungsansätze Actual and predicted effects and possible solutions	60 61
12	Technologische Grundlagen im Bereich Energie Technological principles in the energy sector	88 89
13	Rechtliche Rahmenbedingungen / Legal framework	174 / 175
14	Glossar / Glossary	212 / 213

Inhalt

BAND 1

Vorworte 20

Einführung 26

1 Stadtentwicklung und Verkehr 32

1.1 Ausgangssituation und Rahmenbedingungen 32

1.2 Zusammenhang zwischen Stadtentwicklung, Mobilität, Umwelt- und Klimaschutz 38

1.2.1 Stadtstruktur, ÖPNV-Ausbau, Klimawirkung 38

1.2.2 ÖPNV-Verkehrsangebot und Fahrgastzahlen 40

1.2.3 Gestaltungs- und Umwelteffekte des ÖPNV-Ausbaues für die Städte 42

1.2.4 Verknüpfung der Verkehrsmittel 48

1.3 Integrierte Stadtentwicklung unter Einbeziehung des ÖPNV 50

1.3.1 Grundsätze 50

1.3.2 Beispiel Quartier Vauban in Freiburg 50

1.3.3 Beispiel Kent Thameside 52

1.4 Umwelt-/Klimaeffekte durch ÖPNV-Beschleunigung 56

1.4.1 ÖPNV-Priorisierung 56

1.4.2 Optimierung der Lichtsignalsteuerung im Gesamtverkehrsnetz 62

1.4.3 Verbesserung der Netzdurchlässigkeit für den ÖPNV 64

1.5 Verstärkte ÖPNV-Nutzung durch Abbau von Zugangshemmnissen 68

1.5.1 Vereinfachtes Ticketing 68

1.5.2 Erhöhte Kundenzufriedenheit durch verbesserte Fahrgastinformation 72

1.5.3 Verbesserte Zugänglichkeit durch Barrierefreiheit 74

1.5.4 Sicherheit und Service im ÖPNV 76

1.6 Umwelt- und Klimaschutz durch Mobilitätsmanagement 80

1.6.1 Definition 80

1.6.2 Ansätze für Mobilitätsmanagement 80

1.6.3 Beispiele von Konzeptionen für Mobilitätsmanagement 82

1.6.4 Multimodale Mobilitätspakete 86

1.7 Begleitende Maßnahmen für einen umwelt-/klimaschonenden Stadtverkehr 90

1.7.1 Umweltzonen 90

1.7.2 City-Maut 92

1.8 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 96

1.9 Literatur/Quellen 100

2 Haltestellen 102

2.1 Umweloptimierte oberirdische Haltestellen 102

2.1.1 Photovoltaik zur Beleuchtung an Haltestellen 102

2.1.2 Energieoptimierte Bahnsteigheizung 108

2.2 Energieoptimierte unterirdische Haltestellen 116

2.2.1 Haltestellen-Anforderungsprofil 116

2.2.2 Energieoptimierte Haltestellenbeleuchtung 116

2.2.2.1 *Beleuchtungsanforderungen* 116

2.2.2.2 *Werkzeuge und Lichttechnik* 120

2.2.2.3 *Leuchtmittelauswahl* 122

2.2.2.4 *Intelligente Beleuchtungssteuerung* 128

2.2.2.5 *Haltestellen-Lichttechnik der Zukunft* 128

2.2.2.6 *Beispiel einer energieeffizienten Beleuchtungssanierung* 130

2.2.3 Tageslichtnutzung bei unterirdischen Haltestellen 132

2.3 Umweltorientierte Verbesserungsmöglichkeiten bei Aufzügen 142

2.4 Umweltorientierte Verbesserungsmöglichkeiten bei Fahrtreppen 146

2.5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 150

2.6 Literatur/Quellen 152

Contents

VOLUME 1

Preface 21

Introduction 27

1 Urban development and transport 33

1.1 Initial situation and background 33

1.2 The relationship between urban development, mobility and environmental and climate protection 39

1.2.1 Urban structure, public transport expansion and climate impact 39

1.2.2 Public transport services and passenger numbers 41

1.2.3 Urban design and environmental effects of expanding public transport 43

1.2.4 Interconnection of transport modes 47

1.3 Integrated urban development incorporating public transport 51

1.3.1 Principles 51

1.3.2 Example: the Vauban area of Freiburg 51

1.3.3 Example: Kent Thameside 53

1.4 Environmental and climate impact of speeding up public transport 57

1.4.1 Public transport prioritisation 57

1.4.2 Optimising traffic light control across the transport network 61

1.4.3 Improving network passability for public transport 65

1.5 Increasing public transport use by removing access barriers 69

1.5.1 Simplified ticketing 69

1.5.2 Greater customer satisfaction through improved passenger information 73

1.5.3 Improving accessibility by removing barriers 75

1.5.4 Safety and service on public transport 77

1.6 Environmental and climate protection through mobility management 81

1.6.1 Definition 81

1.6.2 Approaches to mobility management 83

1.6.3 Examples of mobility management plans 83

1.6.4 Multimodal mobility packages 87

1.7 Accompanying measures for environmentally- and climate-friendly city transport 91

1.7.1 Environmental zones 91

1.7.2 Congestion charging 93

1.8 Summary and recommend actions 97

1.9 Literature/Sources 100

2 Stops and stations 103

2.1 Environmentally optimised above-ground stops 103

2.1.1 Using photovoltaics to light stops 103

2.1.2 Energy-optimised platform heating 111

2.2 Energy-optimised underground stops 117

2.2.1 Requirements to stops 117

2.2.2 Energy-optimised stop lighting 117

2.2.2.1 *Lighting Requirements* 117

2.2.2.2 *Tools and lighting techniques* 121

2.2.2.3 *Choice of illuminant* 123

2.2.2.4 *Intelligent lighting management* 129

2.2.2.5 *Stop lighting technology of the future* 131

2.2.2.6 *Renovating a lighting system to make it energy-efficient* 131

2.2.3 Using natural light to illuminate underground stops 133

2.3 Making lifts more environmentally friendly 143

2.4 Making escalators more environmentally friendly 147

2.5 Summary and recommend actions 151

2.6 Literature/Sources 152

- 3 Fahrwege 154**
 - 3.1 Energieoptimierte Trassierung 154
 - 3.2 Umweltorientierte Schienenfahrweggestaltung 162
 - 3.2.1 Grüne Gleise für bessere Stadtökologie 162
 - 3.2.2 Pflasterung des Gleisbettes zur Stadtgestaltung 172
 - 3.2.3 Schall- und erschütterungsmindernde Schienenfahrwege 180
 - 3.2.3.1 Wichtige Zusammenhänge 180
 - 3.2.3.2 Maßnahmen und deren wirtschaftliche Anwendungskriterien 182
 - 3.2.4 Fahrdradtlose Schienenfahrwege in sensiblen Stadtbereichen 196
 - 3.2.4.1 APS-System von Alstom 196
 - 3.2.4.2 PRIMOVE von Bombardier 198
 - 3.2.4.3 MITRAC-System von Bombardier 200
 - 3.2.4.4 Sitras HES von Siemens 200
 - 3.2.5 Energie sparende Fahrstrom-Speisekonzepte 202
 - 3.2.5.1 Das Wirkungsprinzip 202
 - 3.2.5.2 Die Energiespeicher 206
 - 3.2.5.3 Beispiele für den stationären Energiespeicher-Einsatz im ÖPNV 208
 - 3.2.5.4 Beispiele für Energierückspeisung ins Mittelspannungsnetz 214
 - 3.3 Umweltoptimierte Fahrweg-Instandhaltung 218
 - 3.3.1 Instandhaltungsarme Fahrweggestaltung 218
 - 3.3.2 Kontinuierliche bzw. periodische Gleispflege 224
 - 3.3.3 Energiesparende Weichenheizungen 226
 - 3.4 Umweltoptimiertes Werkstoffrecycling 232
 - 3.5 Nutzung von Bahntunneln und -bauwerken zur Energiegewinnung 236
 - 3.5.1 Anwendungsgrundsätze 236
 - 3.5.2 Nutzung der Wärme der Tunnelluft 236
 - 3.5.2.1 Unterschiede zwischen Außenluft- und Tunnelluftnutzung 236
 - 3.5.2.2 Wärmequellen der Tunnelluft 238
 - 3.5.2.3 Methoden des Wärmeentzugs aus der Luft 240
 - 3.5.2.4 Anwendungsbeispiele 240
 - 3.5.3 Nutzung der Wärme des Grundwassers 240
 - 3.5.4 Nutzung der erdberührten Außenflächen unterirdischer Bauwerke zur Gewinnung geothermischer Energie 242
 - 3.5.4.1 Grundprinzipien und erzielbare Wärmeausbeute 242
 - 3.5.4.2 Energiegewinnung mit Gründungselementen 244
 - 3.5.4.3 Energiegewinnung mit Tunnelbauten 248
 - 3.5.4.4 Rechtliche Rahmenbedingungen 254
 - 3.5.4.5 Ausblick 254
 - 3.6 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 256
 - 3.7 Literatur/Quellen 262
- 4 Fahrzeuge 264**
 - 4.1 Busse 264
 - 4.1.1 Umweltpolitische Randbedingungen für den Linienbuseinsatz 264
 - 4.1.2 Umweltfreundliche Antriebstechniken 272
 - 4.1.2.1 Dieselantrieb 272
 - 4.1.2.2 Erdgastechnik 276
 - 4.1.2.3 Automatikgetriebe mit adaptiven Schaltprogrammen 276
 - 4.1.2.4 Hybridtechnik 278
 - 4.1.2.5 Wasserstofftechnik (Wasserstoff-Ottomotoren; Brennstoffzellen) 282
 - 4.1.2.6 Elektromobilität 284
 - 4.1.3 Verbesserte Kraftstoffqualitäten und Kraftstoffgewinnung 286
 - 4.1.3.1 Grundsätzliche Tendenzen 286
 - 4.1.3.2 Synthetische fossile Dieselkraftstoffe und Biokraftstoffe der 2. Generation 288
 - 4.1.3.3 Regenerativer Kraftstoff und Nebenprodukt-Wasserstoff 290
 - 4.1.3.4 Biogas 290
 - 4.1.4 Komplementäre fahrzeugtechnische Maßnahmen 292
 - 4.1.4.1 Gewichtsreduktion durch Leichtbau 292
 - 4.1.4.2 Elektrifizierung der Nebenverbraucher 292
 - 4.1.5 Umweltfreundliche Lackierungstechnik 294
 - 4.1.6 Ganzheitlicher Umweltschutz im Busverkehr 292
 - 4.1.6.1 Systembezogene Partikelmasseemissionen 296
 - 4.1.6.2 Systembezogene Stickoxidemissionen 298
 - 4.1.6.3 Systembezogene Kohlendioxidemissionen 298
 - 4.1.6.4 Systembezogene externe Kosten 298
 - 4.1.6.5 Fahrzeugkosten 300
 - 4.2 Schienenfahrzeuge 302
 - 4.2.1 Energieeinsparungen aufgrund innovativer Technik 302
 - 4.2.2 Grundsätzliche physikalische Zusammenhänge 302
 - 4.2.3 Antriebe für Nahverkehrs-Schienenfahrzeuge 304
 - 4.2.3.1 Entwicklung der Antriebstechnik 304
 - 4.2.3.2 Aktueller Stand der Antriebstechnik 306
 - 4.2.3.3 Innovative energiesparende Antriebssysteme 308
 - 4.2.4 Energiesparende Versorgung der Bordnetze 312
 - 4.2.5 Heizungs-/Klima-/ Lüftungssystem 314
 - 4.2.6 Leichtbau 316
 - 4.2.7 Optimierte Abstimmung Infrastruktur/Fahrzeug/Betrieb 318
 - 4.2.8 Emissionsreduktionen aufgrund innovativer Technik 322

- 3 Tracks 155**
 - 3.1 Energy-optimised track routing 155
 - 3.2 Environmentally-oriented track design 163
 - 3.2.1 Green tracks to promote urban ecology 163
 - 3.2.2 Using track-bed paving to blend into the urban environment 173
 - 3.2.3 Tracks that reduce noise and vibrations 181
 - 3.2.3.1 Key factors 181
 - 3.2.3.2 Possible measures and the economic criteria governing their implementation 183
 - 3.2.4 Catenary-free railway tracks in sensitive urban areas 197
 - 3.2.4.1 APS system by Alstom 197
 - 3.2.4.2 PRIMOVE by Bombardier 199
 - 3.2.4.3 MITRAC system by Bombardier 201
 - 3.2.4.4 Sitras HES by Siemens 201
 - 3.2.5 Energy-saving concepts for traction current supply 203
 - 3.2.5.1 Principle 203
 - 3.2.5.2 Energy storage devices 207
 - 3.2.5.3 Examples of stationary energy storage device application in public transport 209
 - 3.2.5.4 Examples of energy being fed back into the medium-voltage grid 215
 - 3.3 Environmentally optimised track maintenance 219
 - 3.3.1 Low-maintenance track design 219
 - 3.3.2 Ongoing or periodic track maintenance 225
 - 3.3.3 Energy-saving switch-heating systems 227
 - 3.4 Environmentally-optimised material recycling 233
- 3.5 Recovering energy from rail tunnels and other structures 237
 - 3.5.1 Principles of application 237
 - 3.5.2 Exploiting warm air in tunnels 237
 - 3.5.2.1 Differences between exploiting outside air and tunnel air 237
 - 3.5.2.2 Heat sources in tunnel air 239
 - 3.5.2.3 Methods for extracting heat from the air 239
 - 3.5.2.4 Actual applications 241
 - 3.5.3 Exploiting groundwater heat 241
 - 3.5.4 Recovering geothermal energy from the outer surfaces of underground structures in contact with the soil 243
 - 3.5.4.1 Basic principles and attainable geothermal output 243
 - 3.5.4.2 Energy recovery using foundation elements 245
 - 3.5.4.3 Recovering energy with tunnel structures 249
 - 3.5.4.4 Legal framework 255
 - 3.5.4.5 Outlook 255
- 3.6 Summary and recommend actions 257
- 3.7 Literature/Sources 262

4 Vehicles 265

- 4.1 Buses 265
 - 4.1.1 Environmental constraints for bus deployment 265
 - 4.1.2 Environmentally friendly drive technologies 271
 - 4.1.2.1 Diesel drive 271
 - 4.1.2.2 Natural gas technology 277
 - 4.1.2.3 Automatic transmissions with adaptive shift programmes 277
 - 4.1.2.4 Hybrid technology 279
 - 4.1.2.5 Hydrogen technology (hydrogen-powered Otto engines; fuel cells) 283
 - 4.1.2.6 Electric mobility 285
- 4.1.3 Improved fuel quality and obtaining fuel 287
 - 4.1.3.1 Basic trends 287
 - 4.1.3.2 Synthetic fossil diesel fuels and second-generation biofuels 289
 - 4.1.3.3 Renewable fuel and by-product hydrogen 291
 - 4.1.3.4 Biogas 291
- 4.1.4 Complementary vehicle technology-related measures 291
 - 4.1.4.1 Reducing weight using lightweight design 291
 - 4.1.4.2 Electrification of auxiliary equipment 293
- 4.1.5 Environmentally-friendly painting technology 293
- 4.1.6 Holistic environmental protection in bus transport 295
 - 4.1.6.1 System-related particulate matter emissions 295
 - 4.1.6.2 System-related nitrogen oxide emissions 297
 - 4.1.6.3 System-related carbon dioxide emissions 299
 - 4.1.6.4 System-related external costs 299
 - 4.1.6.5 Vehicle costs 301
- 4.2 Rail vehicles 303
 - 4.2.1 Energy savings from innovative technology 303
 - 4.2.2 Basic physical connections 303
 - 4.2.3 Drives for public transport rail vehicles 305
 - 4.2.3.1 The development of drive technology 305
 - 4.2.3.2 Current state of the art in drive technology 307
 - 4.2.3.3 Innovative energy-efficient drive systems 311
 - 4.2.4 Saving energy when powering on-board electronic systems 313
 - 4.2.5 The HVAC system 315
 - 4.2.6 Lightweight construction 317
 - 4.2.7 Optimised coordination of infrastructure, vehicle and operation 321

- 4.2.8.1 *Geräuschemissionen* 324
- 4.2.8.2 *Elektromagnetische Abstrahlung* 328
- 4.2.9 Umweltgerechte Schienenfahrzeugentwicklung 328
 - 4.2.9.1 *Grundkonzept* 328
 - 4.2.9.2 *Material- und Energiebedarf im Betrieb* 330
 - 4.2.9.3 *Recyclebarkeit* 330
 - 4.2.9.4 *Strategien für die Zukunft* 330
- 4.3 Sonstiger Fuhrpark 332
- 4.4 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 336
- 4.5 Literatur/Quellen 344
- 5 Betriebsdurchführung 346**
 - 5.1 Energieeffizientes Fahren 346
 - 5.1.1 Einsparpotenziale 346
 - 5.1.2 Stadtschnellbahnen 346
 - 5.1.3 Straßenbahnen 356
 - 5.1.4 Busse 356
 - 5.1.5 Eisenbahnen 358
 - 5.1.6 Einfluss des Fahrpersonals 358
 - 5.1.7 Automatischer Zugbetrieb 360
 - 5.2 Anpassung der Fahrzeuggröße an die Nachfrage 362
 - 5.2.1 Busverkehr 362
 - 5.2.2 Bahnverkehr 366
 - 5.2.3 Automatischer Betrieb 368
 - 5.3 Umwelt- und klimaschonender Betrieb in Haltestellenbereichen 370
 - 5.3.1 Bedarfshaltestellen 370
 - 5.3.2 Doppelhaltestellen 378
 - 5.3.3 Kehr- und Wendemöglichkeiten 378
 - 5.4 Zusätzliche energiesparende Maßnahmen beim Betrieb 384
 - 5.4.1 Alternative Bedienformen 384
 - 5.4.2 Betriebsfahrten 384
 - 5.4.3 Energiesparsames Abstellen von Fahrzeugen 384
 - 5.4.4 Betrieb der Heizung in Fahrzeugen 386
 - 5.4.5 Umweltfreundliche Fahrausweise 386
 - 5.5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 390
 - 5.6 Literatur/Quellen 394
- 6 Betriebshöfe, Werkstätten, Gebäude 396**
 - 6.1 Vorbemerkung 396
 - 6.2 Nachhaltigkeit bei Planung und Bau 398
 - 6.2.1 Minimierung der Umweltauswirkungen bei der Planung 398
 - 6.2.2 Nachhaltiges Bauen 398
 - 6.2.3 Solare Optimierung der Gebäude 400
 - 6.2.3.1 *Einflussfaktoren* 400
 - 6.2.3.2 *Passive Solarnutzung* 400
 - 6.2.3.3 *Aktive Solarnutzung* 402
 - 6.2.4 Nachhaltige Standortplanung 402
 - 6.2.5 Optimierte Flächennutzung durch kombinierte Betriebshöfe 404
 - 6.2.6 Minimierung von Emissionen durch dezentrale Betriebsstellen 406
 - 6.2.7 Ökologische Effekte durch Betriebshofmanagement 408
 - 6.3 Ökologischer Ausgleich des Flächenverbrauchs 410
 - 6.3.1 Ausgleichsmaßnahmen auf dem Gelände 410
 - 6.3.2 Ausgleichsmaßnahmen außerhalb des Geländes 412
 - 6.3.3 Minimierung der Flächenversiegelung/Entsiegelung 412
 - 6.3.4 Verwendung wasserdurchlässiger Flächenbefestigungen 412
 - 6.3.5 Dach- und Fassadenbegrünung 414
 - 6.4 Regenerative Energien gewinnen und Energieeffizienz steigern 418
 - 6.4.1 Stromerzeugung auf Betriebshofdächern und an Fassaden mittels Photovoltaik 418
 - 6.4.2 Brauchwassererwärmung durch Solarthermie 424
 - 6.4.3 Nutzung solarer Energie aus Fassadenelementen zur Raumtemperierung 426
 - 6.4.4 Sorptionsgestützte Klimatisierung 428
 - 6.4.5 Nutzung von Geothermie zur Gebäudetemperierung 428
 - 6.5 Abwärmegewinnung und Verringerung von Wärmeverlusten 430
 - 6.5.1 Kraft-Wärme-Kopplung 430
 - 6.5.2 Einsatz energieeffizienter Heizkessel 432
 - 6.5.3 Verbesserung der Wärmedämmung bei Gebäudesanierung 432
 - 6.5.4 Verringerung von Wärmeverlusten durch Bereichstrennung 432
 - 6.5.5 Wärmerückgewinnung und natürliche Kühlung 436
 - 6.5.5.1 *Wärmerückgewinnung und natürliche Kühlung bei der Belüftung* 436
 - 6.5.5.2 *Wärmerückgewinnung bei Kompressoren* 438
 - 6.5.5.3 *Natürliche Kühlung durch Grundwassernutzung* 440
 - 6.6 Maßnahmen zur Energieeinsparung 444
 - 6.6.1 Einfluss der Fahrzeugabstellung auf den Energiebedarf 444

- 4.2.8 Using innovative technology to reduce emissions 325
 - 4.2.8.1 *Noise emissions* 325
 - 4.2.8.2 *Electromagnetic radiation* 329
- 4.2.9 Environmentally sensitive rail vehicle development 329
 - 4.2.9.1 *Basic design* 329
 - 4.2.9.2 *Material and energy needs in operation* 329
 - 4.2.9.3 *Recyclability* 331
 - 4.2.9.4 *Strategies for the future* 331
- 4.3 Other fleet vehicles 333
- 4.4 Summary and recommend actions 337
- 4.5 Literature/Sources 344
- 5 Operation 347**
 - 5.1 Energy-efficient driving 347
 - 5.1.1 Potential for savings 347
 - 5.1.2 Rapid transit networks 347
 - 5.1.3 Trams 357
 - 5.1.4 Bus services 357
 - 5.1.5 Rail services 357
 - 5.1.6 Drivers' influence 359
 - 5.1.7 Automatic train operation 361
 - 5.2 Adapting vehicle size to demand 363
 - 5.2.1 Bus services 363
 - 5.2.2 Rail services 367
 - 5.2.3 Automatic operation 369
 - 5.3 Environmentally sound, climate-friendly operation at stops 371
 - 5.3.1 Request stops 371
 - 5.3.2 Double stops 379
 - 5.3.3 Loops and turning facilities 379
 - 5.4 Additional operational energy-saving measures 385
 - 5.4.1 Alternative transport services 385
 - 5.4.2 Dead runs 385
 - 5.4.3 Energy-saving vehicle stabling 387
 - 5.4.4 Operations of vehicle heating 387
 - 5.4.5 Environmentally friendly ticketing 387
- 5.5 Summary and recommend actions 391**
- 5.6 Literature/Sources 394
- 6 Depots, workshops, buildings 397**
 - 6.1 Foreword 397
 - 6.2 Sustainability in planning and construction 399
 - 6.2.1 Minimising environmental effects as part of planning 399
 - 6.2.2 Sustainable building 399
 - 6.2.3 Solar optimisation of buildings 401
 - 6.2.3.1 *Influencing factors* 401
 - 6.2.3.2 *Passive solar use* 401
 - 6.2.3.3 *Active solar use* 403
 - 6.2.4 Sustainable location planning 403
 - 6.2.5 Optimising use of space with combined depots 405
 - 6.2.6 Minimising emissions with decentralised depots 407
 - 6.2.7 Environmental effects through depot management 409
 - 6.3 Ecological compensation for land use 411
 - 6.3.1 On-site compensatory measures 411
 - 6.3.2 Off-site compensatory measures 413
 - 6.3.3 Minimising surface sealing/Unsealing 411
 - 6.3.4 Use of water-permeable surfacing 411
 - 6.3.5 Green roofs and facades 415
- 6.4 Harvesting renewable energy and boosting energy efficiency 419
 - 6.4.1 Using photovoltaics to generate power on depot roofs and facades 419
 - 6.4.2 Using solar thermal energy to heat service water 425
 - 6.4.3 Using solar energy from facade elements to control room temperatures 427
 - 6.4.4 Sorption-supported air conditioning 429
 - 6.4.5 Using geothermal energy to control temperatures inside buildings 429
- 6.5 Waste heat recovery and the reduction of heat loss 431
 - 6.5.1 Combined heat and power generation 431
 - 6.5.2 Use of energy-efficient boilers 433
 - 6.5.3 Improving thermal insulation when renovating buildings 433
 - 6.5.4 Reducing heat loss by partitioning 433
 - 6.5.5 Heat recovery and natural cooling 437
 - 6.5.5.1 *Heat recovery and natural cooling in ventilation* 437
 - 6.5.5.2 *Heat recovery using compressors* 439
 - 6.5.5.3 *Using groundwater for natural cooling* 441
- 6.6 Energy-saving measures 445
 - 6.6.1 Influence of vehicle parking on energy requirements 445
 - 6.6.2 Switching off auxiliary equipment when parking vehicles 447
 - 6.6.3 Saving energy when washing vehicles 447
 - 6.6.4 Saving energy in air compressors 447
 - 6.6.5 Saving on operationally required heating 449
 - 6.6.6 Saving energy on lighting 449

- 6.6.2 Abschaltung von Nebenverbrauchern bei der Fahrzeugabstellung 446
- 6.6.3 Energieeinsparung bei der Fahrzeugwäsche 446
- 6.6.4 Energieeinsparung bei Druckluftkompressoren 446
- 6.6.5 Energieeinsparung bei betrieblich notwendiger Beheizung 448
- 6.6.6 Energiesparen bei der Beleuchtung 450
- 6.6.7 Weitere Maßnahmen zur Energieeinsparung in Gebäuden 452
- 6.7 Schonender Umgang mit Wasser 454
 - 6.7.1 Regenwasserbewirtschaftung 454
 - 6.7.2 Regenwasserversickerung 454
 - 6.7.3 Regenwassernutzung 456
 - 6.7.4 Verringerung des Frischwasserverbrauchs und der Abwasserbelastung 456
 - 6.7.4.1 Wassereinsparung 456
 - 6.7.4.2 Vermeidung der Abwasserbelastung sowie Abwasserbehandlung 458
 - 6.7.4.3 Reinigungsmittel 460
- 6.8 Abfallbehandlung und -entsorgung 462
- 6.9 Emissionsschutz an Fahrwegen und Betriebsanlagen 464
 - 6.9.1 Schall- und Erschütterungsschutz an betrieblichen Einrichtungen 464
 - 6.9.2 Emissionsschutz an technischen Einrichtungen 466
- 6.10 Gebäudeautomation 468
- 6.11 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 470
- 6.12 Literatur/Quellen 476
- 7 Umweltmanagement 478**
 - 7.1 Umweltmanagementsysteme 478
 - 7.1.1 Gesamtkonzepte 478
 - 7.1.2 Organisatorische Einzelmaßnahmen 490
 - 7.2 UITP-Charta für eine nachhaltige Entwicklung 498
 - 7.2.1 Ziele der UITP-Charta 498
 - 7.2.2 Anforderungen für eine Unterzeichnung der UITP-Charta 498
 - 7.2.3 Unterzeichner der UITP-Charta 502
 - 7.2.4 UITP-Nachhaltigkeitsindikatoren 504
 - 7.2.5 Beispiele für Aktivitäten deutscher Unterzeichner 506
 - 7.3 Eco-Training für Fahrzeugführer 512
 - 7.3.1 Zielsetzung 512
 - 7.3.2 Schulung der Omnibusfahrer zur Förderung des energiesparenden Fahrens 512
 - 7.3.3 Schulung von Fahrzeugführern für Schienenbahnen 516
 - 7.3.4 Einsatz von Fahr simulatoren und computergestützten Ausbildungsplätzen 518
 - 7.3.5 Ausbildungsstätten, Aus- und Weiterbildung der Fahrlehrer und Ausbilder 522
 - 7.3.6 Aktivitäten deutscher Verkehrsunternehmen 524
 - 7.4 Umweltfreundliche Beschaffung 530
 - 7.4.1 Zielsetzung 530
 - 7.4.2 Rechtlicher Hintergrund 530
 - 7.4.3 Kosten umweltfreundlicher Produkte 530
 - 7.4.4 Gesamtansatz 532
 - 7.4.5 Ausschreibungen/Lastenhefte für Fahrzeuge 532
 - 7.4.6 Lieferantenauswahl 536
- 7.5 Energieverbrauchs-optimierte Fahrpläne 538
- 7.6 Kommunikation 542
 - 7.6.1 Grundsätze 542
 - 7.6.2 Instrumentarium 544
- 7.7 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 548
- 7.8 Literatur/Quellen 552
- 8 Finanzierung 556**
 - 8.1 Finanzierungsbedarf 556
 - 8.1.1 Volkswirtschaftlicher Nutzen des ÖPNV 556
 - 8.1.2 Derzeitige Finanzaufwendungen für den ÖPNV 558
 - 8.1.3 Nachholbedarf bei Erneuerungsinvestitionen 558
 - 8.1.4 Mittel- und langfristige Entwicklung des investiven Finanzierungsbedarfs 560
 - 8.1.5 Mittel- und langfristige Entwicklung des konsumtiven Finanzierungsbedarfs 560
 - 8.2 Bisherige Finanzierungsgrundlagen und deren mittelfristige Entwicklung 564
 - 8.2.1 Die drei Säulen der ÖPNV-Finanzierung 564
 - 8.2.2 Verbindliche Grundlagen staatlicher (Ko-)Finanzierung 568
 - 8.2.3 Finanzhilfen nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz – GVFG-Bundesprogramm 572
 - 8.2.4 Auswirkungen des Entflechtungsgesetzes 574
 - 8.2.5 Finanzbeträge nach dem Regionalisierungsgesetz (RegG) 578
 - 8.2.6 Regelungen der Bundesländer 578
 - 8.2.7 Derzeitige und zukünftige Probleme 582

6.6.7	Further building-related energy-saving measures	453	7.2.5	Examples of activities by German signatories	507	8.1.2	Current financial expenditure on public transport	559
6.7	Careful use of water	455	7.3	Environmental training for drivers	513	8.1.3	Need to catch up on investment in renovations	559
6.7.1	Rainwater management	455	7.3.1	Objective	513	8.1.4	Medium- and long-term development of financing needs for investment	561
6.7.2	Rainwater seepage	455	7.3.2	Training bus drivers to encourage energy-saving driving	513	8.1.5	Development of consumption-related financing needs in the medium and long term	561
6.7.3	Using rainwater	457	7.3.3	Training drivers of rail vehicles	517	8.2	Current funding base and its medium-term development	565
6.7.4	Cutting fresh water consumption and waste water contamination	457	7.3.4	Use of driving simulators and computer-aided training places	519	8.2.1	The three pillars of public transport funding	565
6.7.4.1	<i>Saving water</i>	457	7.3.5	Training centres, basic and continuing training of driving instructors and trainers	523	8.2.2	Mandatory basis for state (co)financing	569
6.7.4.2	<i>Curbing wastewater contamination and treatment</i>	459	7.3.6	Activities of German transport companies	525	8.2.3	Financial assistance under the federal programme of the Municipal Transport Financing Act (GVFG)	573
6.7.4.3	<i>Cleaning agents</i>	461	7.4	Environmentally friendly procurement	531	8.2.4	Effects of the Unbundling Act	575
6.8	Waste treatment and disposal	463	7.4.1	Objective	531	8.2.5	Funding under the Public Transport Regionalisation Act	579
6.9	Controlling emissions on roadways and in operating facilities	465	7.4.2	Legal background	531	8.2.6	Federal state schemes	579
6.9.1	Controlling noise and vibrations at operating facilities	465	7.4.3	Cost of environmentally friendly products	531	8.2.7	Current and future issues	583
6.9.2	Protecting against emissions from technical facilities	467	7.4.4	Overall approach	533	8.3	Possibilities for taking more account of environmental and climate-related measures in public transport financing	587
6.10	Building automation	469	7.4.5	Calls for tenders and performance specifications for vehicles	533	8.3.1	Securing current public transport contributions to climate and environmental protection through long-term financing strategies	587
6.11	Summary and recommend actions	471	7.4.6	Choice of suppliers	537	8.3.2	Current possibilities for accentuating measures conducive to the environment and the climate within public transport funding	587
6.12	Literature/Sources	476	7.5	Timetables optimised for energy consumption	539	8.3.2.1	<i>Possibilities and limits of self-financing in implementing energy-saving measures</i>	587
7	Environmental management	479	7.6	Communication	543	8.3.2.2	<i>Possible incentives to attain (higher) environmental and climate protection standards under existing public transport funding</i>	591
7.1	Environmental management systems	479	7.6.1	Principles	543			
7.1.1	Overall concepts	479	7.6.2	Communication tools	545			
7.1.2	Individual organisational measures	489	7.7	Summary and recommend actions	549			
7.2	The UITP Charter on Sustainable Development	499	7.8	Literature/Sources	552			
7.2.1	Objectives of the UITP Charter	499	8	Financing	557			
7.2.2	Requirements for signing the UITP Charter	503	8.1	Need for financing	557			
7.2.3	Signatories of the UITP Charter	505	8.1.1	Economic utility of public transport	557			
7.2.4	UITP sustainability indicators	505						

- 8.3 Möglichkeiten einer verbesserten Berücksichtigung umwelt- und klimarelevanter Maßnahmen in der ÖPNV-Finanzierung 586
 - 8.3.1 Sicherung derzeitiger Leistungen des ÖPNV für den Klima- und Umweltschutz durch langfristige Finanzierungsstrategien 586
 - 8.3.2 Vorhandene Möglichkeiten zur verbesserten Berücksichtigung umwelt- und klimarelevanter Maßnahmen in der ÖPNV-Finanzierung 586
 - 8.3.2.1 *Möglichkeiten und Grenzen der Selbstfinanzierung von Energiesparmaßnahmen* 586
 - 8.3.2.2 *Mögliche Anreize zur Realisierung (erhöhter) Umwelt- und Klimaschutzstandards in der bestehenden ÖPNV-Förderung* 590
 - 8.3.2.3 *Staffelung der Förderung in Abhängigkeit von (erhöhten) Umwelt- und Klimaschutzstandards* 594
 - 8.3.3 Möglichkeiten der Übertragung von Förderungsmaßnahmen aus anderen Bereichen 596
 - 8.3.3.1 *Umweltprämie bei Ersatzbeschaffung* 596
 - 8.3.3.2 *Lärmsanierung* 598
 - 8.3.3.3 *Lkw-Maut* 600
 - 8.3.3.4 *Weitere Maßnahmen* 604
 - 8.3.4 Möglichkeiten der Übertragung von Finanzierungsalternativen aus dem Ausland 606
 - 8.3.4.1 *Nahverkehrsabgaben* 606
 - 8.3.4.2 *City-Maut* 608
 - 8.3.5 Neue Möglichkeiten 608
 - 8.3.5.1 *Möglichkeiten und Grenzen ordnungspolitischer Maßnahmen* 608
 - 8.3.5.2 *Kompensation / Reduzierung von Steuern und Abgaben für den ÖPNV* 610
 - 8.3.5.3 *Sonderprogramme* 614
 - 8.3.5.4 *Nutzer- / Vorteil-orientierte Finanzierungsmodelle* 616
 - 8.3.5.5 *„Gemeindefinanzkraftstärkungsgesetz“: ein mögliches neues Instrument? 618*
 - 8.3.5.6 *Förderkriterium „Umwelt- und Klimaschutz“ bei ÖPNV-Großprojekten* 620
 - 8.3.5.7 *Stärkere Gewichtung umwelt- und klimarelevanter Belange auf europäischer Ebene* 624
 - 8.4 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 628
 - 8.5 Literatur/Quellen 634
 - 8.5.1 Rechtliche Grundlagen 634
 - 8.5.2 Richtlinien und Empfehlungen 638
 - 8.5.3 Veröffentlichungen der EU 639
 - 8.5.4 Veröffentlichungen des BMVBS 640
 - 8.5.5 VDV-Publikationen 641
 - 8.5.6 Publikationen der STUVA 641
 - 8.5.7 Publikationen von Kommunalen Spitzenverbänden und Kommunen 642
 - 8.5.8 Weitere Literaturquellen 642
- ## 9 Zusammenfassende Checklisten 644
- ## BAND 2
- Vorworte 20
- Einführung 26
- ### 10 Umwelt- und Klimaschutzprobleme und Herausforderungen 32
- 10.1 Vorbemerkungen 32
 - 10.2 Globale Probleme und Herausforderungen 36
 - 10.2.1 Zunahme der Weltbevölkerung 38
 - 10.2.2 Überschreiten der Biokapazität – Ökologischer Fußabdruck 38
 - 10.2.3 Zunehmende Industrialisierung, Urbanisierung und Motorisierung 40
 - 10.2.4 Steigerung des Energieverbrauchs 40
 - 10.2.5 Endliche Vorkommen fossiler Brennstoffe 40
 - 10.2.6 Verteuerung fossiler Energien 44
 - 10.2.7 Zunehmende Kohlendioxid-Emissionen 44
 - 10.2.8 Ausstoß von Methan 46
 - 10.2.9 Globale Erwärmung 48
- ### 10.3 Regionale und lokale Probleme und Herausforderungen 50
- 10.3.1 Umweltbelastungen 50
 - 10.3.2 Lokale Herausforderungen 50
- ### 10.4 Literatur/Quellen 58
- ## 11 Reale und prognostizierte Auswirkungen und Lösungsansätze 60
- 11.1 Globale Auswirkungen 62
 - 11.1.1 Globale Erwärmung und mögliche Folgen 62
 - 11.1.2 Weitere Auswirkungen 66
 - 11.1.3 Globale Kosten 66
 - 11.2 Regionale und lokale Auswirkungen 70
 - 11.2.1 Regionale Auswirkungen und Kosten 70
 - 11.2.2 Lokale Kosten und Auswirkungen 72
 - 11.3 Ziele und Wege zur Problemlösung 74
 - 11.3.1 Maßnahmen bei der Energiebereitstellung 74
 - 11.3.2 Maßnahmen beim Energieverbrauch 76
 - 11.3.3 Emissionshandel 76
 - 11.3.4 Strukturelle Maßnahmen 80
 - 11.3.5 Regionale und lokale Ziele und Wege 80
 - 11.4 Literatur/Quellen 86

8.3.2.3	<i>Differentiation of funding commensurate with (increased) environmental and climate protection standards</i> 595	8.5.4	Publications by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS) 640	10.3.2	Local challenges 51
8.3.3	Possibilities for transferring funding measures from other areas of activity 597	8.5.5	Publications by the Association of German Transport Companies (VDV) 641	10.4	Literature/Sources 58
8.3.3.1	<i>Environmental bonus for replacements</i> 597	8.5.6	Publications by the Research Association for Underground Transportation Facilities (STUVA) 641	11	Actual and predicted effects and possible solutions 61
8.3.3.2	<i>Noise abatement</i> 599	8.5.7	Publications by municipalities and associations of municipalities 642	11.1	Global effects 63
8.3.3.3	<i>Road toll for heavy goods vehicles</i> 601	8.5.8	Other sources consulted 642	11.1.1	Global warming and its potential consequences 63
8.3.3.4	<i>Further measures</i> 605	9	Checklist summaries 645	11.1.2	Further effects 67
8.3.4	Possibilities for transferring financing alternatives from abroad 607			11.1.3	Global costs 69
8.3.4.1	<i>Local transport charges</i> 607	VOLUME 2		11.2	Regional and local consequences 71
8.3.4.2	<i>Congestion charging</i> 609			11.2.1	Regional consequences and costs 71
8.3.5	New possibilities 609			11.2.2	Local consequences and costs 73
8.3.5.1	<i>Possibilities and limits of regulatory measures</i> 609			11.3	Targets and solutions 75
8.3.5.2	<i>Compensation/reduction of taxes and levies for public transport</i> 609			11.3.1	Energy-provision 75
8.3.5.3	<i>Special programmes</i> 615			11.3.2	Energy consumption 77
8.3.5.4	<i>User-/benefit-oriented financing models</i> 617			11.3.3	Emissions trading 79
8.3.5.5	<i>Municipal Finance Strengthening Act: a possible new instrument?</i> 619			11.3.4	Structural measures 81
8.3.5.6	<i>Funding criteria concerning environmental and climate protection in large-scale public transport projects</i> 621			11.3.5	Regional and local targets and action 81
8.3.5.7	<i>Greater European emphasis on environmental and climate considerations</i> 621			11.4	Literature/Sources 86
8.4	Summary and recommended actions 629	10	Environmental and climate protection – Issues and challenges 33	12	Technological principles in the energy sector 89
8.5	Bibliography/Sources 634	10.1	Preliminary remarks 33	12.1	Conventional energy as a bridging technology 89
8.5.1	Legal basis 634	10.2	Global issues and challenges 37	12.2	Energy from fossil fuels 93
8.5.2	Directives and recommendations 638	10.2.1	Increase in world population 37	12.2.1	Basic principles 93
8.5.3	EU publications 639	10.2.2	Exceeding biocapacity – The ecological footprint 39	12.2.2	Formation and environmental impact of fossil fuels 93
		10.2.3	Increasing industrialisation, urbanisation and motorization 39	12.2.3	Types of power plants using fossil fuels 97
		10.2.4	Increased energy consumption 41	12.2.4	Processes to enhance the environmental performance of fossil fuel power plants 99
		10.2.5	Exhaustion of fossil-fuel stocks 41		
		10.2.6	Increasing fossil-fuel prices 45		
		10.2.7	Rising carbon-dioxide emissions 45		
		10.2.8	Methane emissions 45		
		10.2.9	Global warming 47		
		10.3	Regional and local issues and challenges 51		
		10.3.1	Environmental damage 51		

12 Technologische Grundlagen im Bereich Energie 88

- 12.1 Konventionelle Energie als Brückentechnologie 88
- 12.2 Energie aus fossilen Energieträgern 92
 - 12.2.1 Grundprinzipien 92
 - 12.2.2 Entstehung fossiler Brennstoffe und Umweltwirkungen 92
 - 12.2.3 Kraftwerkstypen für fossile Brennstoffe 96
 - 12.2.4 Verfahren zur Umweltverbesserung beim Kraftwerksbetrieb mit fossilen Brennstoffen 98
- 12.3 Energiebereitstellung aus Kernbrennstoffen 106
 - 12.3.1 Grundprinzipien 106
 - 12.3.2 Umweltrisiken beim Betrieb von Kernkraftwerken 106
 - 12.3.3 Umweltrisiken bei Produktion und Sicherung radioaktiver Abfälle 106
 - 12.3.4 Zukunft der Kernkraft 110
- 12.4 Energie aus erneuerbaren Energieträgern 112
 - 12.4.1 Initiativen zur Förderung erneuerbarer Energien 112
 - 12.4.2 Einteilung und Anteile erneuerbarer Energieträger 114
 - 12.4.2.1 Einteilungsgrundsätze 114
 - 12.4.2.2 Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch 116
 - 12.4.2.3 Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung 116
 - 12.4.3 Wasserkraft 120
 - 12.4.3.1 Grundprinzipien 120
 - 12.4.3.2 Installierte Leistungen und Energiebereitstellung 120
 - 12.4.3.3 Bauarten von Wasserkraftwerken 122
 - 12.4.3.4 Bauarten von Wasserturbinen 122

- 12.4.4 Windenergie 126
 - 12.4.4.1 *Installierte Windenergieleistungen und Energiebereitstellung* 126
 - 12.4.4.2 *Offshore- und Onshore-Windanlagen* 128
 - 12.4.4.3 *Energieübertragung und Systemdienstleistungen* 132
 - 12.4.4.4 *Hauptkomponenten einer Windenergieanlage* 136
 - 12.4.5 Solarenergie 140
 - 12.4.5.1 *Grundprinzipien* 140
 - 12.4.5.2 *Technologien* 140
 - 12.4.5.3 *Formen von Photovoltaikanlagen* 142
 - 12.4.5.4 *Installierte Leistungen* 144
 - 12.4.5.5 *Solarthermische Kraftwerke* 144
 - 12.4.6 Bioenergie 148
 - 12.4.6.1 *Grundprinzipien* 148
 - 12.4.6.2 *Biomasse* 150
 - 12.4.6.3 *Biokraftstoffe* 152
 - 12.4.6.4 *Biogas* 152
 - 12.4.6.5 *Biomethan* 154
 - 12.4.6.6 *Nutzung der Bioenergie in Deutschland* 154
 - 12.4.7 Geothermie 154
 - 12.4.7.1 *Definitionen und Ursprung* 154
 - 12.4.7.2 *Thermische Bodeneigenschaften* 156
 - 12.4.7.3 *Praktisch nutzbare Geothermiequellen* 160
 - 12.4.7.4 *Energie-Entnahme aus dem Boden* 160
 - 12.4.7.5 *Nutzbarmachung der Geothermie* 164
 - 12.4.7.6 *Ökologische Aspekte* 166
- 12.5 Literatur/Quellen 172

13 Rechtliche Rahmenbedingungen 174

- 13.1 Einleitung 174
- 13.2 Rahmeninitiativen 176
 - 13.2.1 Die EU-Strategie für nachhaltige Entwicklung 176

- 13.2.2 Sechstes Umweltaktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft (2002–2012) 178
- 13.2.3 Paket zur „Ökologisierung des Verkehrs“ 180
- 13.2.4 Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 182
- 13.3 Klimawandel und Energieeffizienz 184
 - 13.3.1 Das Kyoto-Protokoll und die internationale Klimadiplomatie 184
 - 13.3.2 Das Energie- und Klimawandelpaket 188
 - 13.3.3 Energieeffizienz 190
 - 13.3.4 Integriertes Energie- und Klimaprogramm für Deutschland 192
- 13.4 Schadstoffemissionen des Verkehrs 194
 - 13.4.1 Richtlinie über Luftqualität 194
 - 13.4.2 Schadstoffemissionen von Straßenfahrzeugen (EURO-Schadstoffnormen) 196
 - 13.4.3 Schadstoffemissionen von nichtstraßengebundenen Fahrzeugen 198
 - 13.4.4 Luftreinhaltung in Deutschland 198
- 13.5 Lärm 200
 - 13.5.1 Richtlinie über Umgebungslärm 200
 - 13.5.2 Reifenlärm und -emissionen 200
 - 13.5.3 Umsetzung der EG-Umgebungslärmrichtlinie in Deutschland 202
- 13.6 Aktionsplan urbane Mobilität 204
- 13.7 Richtlinie über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge 206
- 13.8 Umweltverträglichkeitsprüfung 208
- 13.9 Literatur/Quellen 210
- 14 Glossar 212

12.3	Energy generation using nuclear fuels	107	12.4.5.2	Technologies	141	13.3	Climate change and energy efficiency	185
12.3.1	Basic principles	107	12.4.5.3	Types of photovoltaic system	143	13.3.1	The Kyoto Protocol and international climate diplomacy	185
12.3.2	Environmental risks associated with nuclear power plant operation	107	12.4.5.4	Installed capacity	145	13.3.2	The energy and climate package	189
12.3.3	Environmental risks associated with the production and safe disposal of radioactive waste	107	12.4.5.5	Solar thermal power stations	147	13.3.3	Energy efficiency	191
12.3.4	The future of nuclear energy	109	12.4.6	Bioenergy	149	13.3.4	Integrated energy and climate programme for Germany	193
12.4	Energy from renewable sources	113	12.4.6.1	Basic principles	149	13.4	Emissions from transport	195
12.4.1	Initiatives to promote renewable energies	113	12.4.6.2	Biomass	151	13.4.1	Air quality directive	195
12.4.2	Classification and breakdown of renewable energy sources	115	12.4.6.3	Biofuels	153	13.4.2	Pollutant emissions from road vehicles (EURO standards)	197
12.4.2.1	Classification principles	115	12.4.6.4	Biogas	155	13.4.3	Pollutant emissions from non-road vehicles	197
12.4.2.2	Shares of renewable energies in final energy consumption	115	12.4.6.5	Biomethane	155	13.4.4	Air pollution control in Germany	199
12.4.2.3	Share of renewable energies in electricity generation	117	12.4.6.6	The use of bioenergy in Germany	155	13.5	Noise	201
12.4.3	Hydropower	119	12.4.7	Geothermics	155	13.5.1	Environmental Noise Directive	201
12.4.3.1	Basic principles	119	12.4.7.1	Definitions and origin	155	13.5.2	Tyre noise and emissions	201
12.4.3.2	Installed capacities and energy provision	119	12.4.7.2	Thermal soil properties	157	13.5.3	Transposition of the Environmental Noise Directive in Germany	201
12.4.3.3	Different types of hydropower plant	121	12.4.7.3	Exploiting geothermal sources in practice	159	13.6	Action Plan on urban mobility	205
12.4.3.4	Types of water turbines	123	12.4.7.4	Extracting energy from the ground	161	13.7	The Directive on the procurement of clean road vehicles	207
12.4.4	Wind power	127	12.4.7.5	Utilising geothermal energy	165	13.8	Environmental Impact Assessment	209
12.4.4.1	Installed wind power capacity and energy provision	127	12.4.7.6	Environmental aspects	167	13.9	Literature/Sources	210
12.4.4.2	Offshore and onshore wind power plants	129	12.5	Literature/Sources	172	14	Glossary	213
12.4.4.3	Power transmission and system services	135	13	Legal framework	175			
12.4.4.4	Main components in a wind power facility	135	13.1	Introduction	175			
12.4.5	Solar energy	141	13.2	Framework initiatives	177			
12.4.5.1	Basic principles	141	13.2.1	The EU Sustainable Development Strategy	177			
			13.2.2	The Sixth Community Environment Action Programme (2002–2012)	179			
			13.2.3	The Greening Transport Package	179			
			13.2.4	German sustainability strategy	181			

Vorwort



Dr. Peter Ramsauer

Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Die Bewahrung der Schöpfung gehört zu den zentralen Herausforderungen, denen sich die Politik heute weltweit stellen muss. Auch für die Bundesregierung gehören daher der Umwelt- und Klimaschutz zu den herausragenden Zielen.

Gerade der Verkehrsbereich kann und muss dazu einen wichtigen Beitrag leisten. Insbesondere der Straßenverkehr hängt noch immer weitgehend von fossilen Brennstoffen ab, die einerseits endlich sind und deren Verwendung zum anderen die Erwärmung der Erdatmosphäre fördert.

Deswegen müssen wir langfristig unsere Abhängigkeit von diesen Energieträgern reduzieren. Hierfür ist die Elektromobilität eine Schlüsseltechnologie, die wir mit der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien verbinden wollen.

Das vorliegende Werk beleuchtet die Rolle des ÖPNV in diesen Zusammenhängen. Gerade hier finden neuartige Technologien gute Rahmenbedingungen für eine zügige Erprobung. Das BMVBS fördert daher entsprechende Projekte – im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie und auch im Rahmen des Programms Elektromobilität in Modellregionen.

So erproben wir Brennstoffzellen- und Dieselhybridbusse für den Straßen- und Dieseltriebwagen mit Hybridantrieben für den Schienenverkehr. Wir untersuchen ganz neue Formen der induktiven Energieübertragung für elektrisch angetriebene Busse und Bahnen, die dann keine aufwändigen Oberleitungen mehr benötigen. Schließlich erforschen wir, wie individuellen Mobilitätsbedürfnissen durch integrierte Mobilitätslösungen aus ÖPNV-Angeboten und Elektro-PKWs Rechnung getragen werden kann.

Wir arbeiten also daran, den ohnehin schon umweltfreundlichen ÖPNV noch umweltfreundlicher zu machen. Weitere Anregungen erhoffe ich mir von einer umfassenden Analyse bestehender und geplanter Maßnahmen des Umwelt- und Klimaschutzes im ÖPNV, die ich bei der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA), einem bewährten Partner im Themenfeld Verkehr und Umwelt, in Auftrag gegeben habe. Der ÖPNV eröffnet besondere Möglichkeiten, weil Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Fahrzeugen sowie auch das Verkehrsmanagement aus einer Hand gestaltet oder doch zumindest beeinflusst werden können. Diese Möglichkeiten sollten wir uns für ein systematisches Vorgehen zu Nutze machen.

Über dies und vieles mehr will das vorgelegte Gesamtwerk informieren. Die vielfältigen Ansätze und Möglichkeiten dann auch umfassend in praktisches Handeln umzusetzen, ist die Aufgabe der Verkehrsunternehmen. Hierzu dienen die Handlungsempfehlungen am Ende eines jeden Kapitels sowie die Checklisten in Kapitel 9.

Die durchgehende Zweisprachigkeit der Veröffentlichung wird erfreulicherweise dazu beitragen, die Ergebnisse unserer Forschungen und Entwicklungen auch im Ausland bekannt zu machen.

Mein Dank gilt dem projektbegleitenden Ausschuss für seine engagierte Mitwirkung sowie allen Bearbeitern und besonders natürlich der gesamtverantwortlichen STUVA für dieses fachlich breit angelegte und qualitativ hoch stehende Werk, dem ich eine weite internationale Beachtung wünsche.

Preface

Dr. Peter Ramsauer

Federal Minister of Transport, Building and Urban Development

Preserving the integrity of creation is one of the key challenges that policymakers throughout the world have to address today. Protecting the environment and tackling climate change are thus also among the Federal Government's most important objectives.

The transport sector, perhaps more than any other sector, can and must make a major contribution towards achieving these goals. Road transport, in particular, is still largely dependent on fossil fuels, and these fuels are not only finite, but their use also speeds up the warming of the earth's atmosphere.

That is why, in the long term, we have to reduce our dependence on these sources of energy. Electric mobility is a key technology for this purpose, and one that we want to combine with the greater use of renewable energy.

This publication looks at the role played by local public transport in these contexts. This sector, in particular, provides an excellent environment for the rapid trialling of innovative technologies. The Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development is thus providing financial assistance to appropriate projects – within the framework of the National Hydrogen and Fuel Cell Technology

Innovation Programme and the Electric Mobility in Pilot Regions Programme.

Thus, trials are being conducted involving fuel cell powered and hybrid diesel buses for road transport and hybrid diesel railcars for rail transport. We are exploring completely new forms of inductive energy transfer for electrically powered buses and trains, which will then no longer require expensive overhead lines. Finally, we are carrying out research into how individual mobility requirements can be met by integrated mobility solutions comprising local public transport services and electric cars.

Local public transport is already environmentally friendly, and our activities are designed to make it even more so. I hope we will get further suggestions from a comprehensive analysis of existing and planned measures for protecting the environment and tackling climate change in the local public transport sector, which I have commissioned from the Research Association for Underground Transportation Facilities (STUVA), a seasoned partner for research on all issues relating to transport and the environment. Local public transport opens up special opportunities, because the planning, construc-

tion, operation and maintenance of vehicles as well as traffic management can be shaped, or at least influenced, by a single entity. We should exploit these opportunities and adopt a systematic approach.

This book provides information on this and much more besides. It is now up to transport operators to translate the multiplicity of approaches and opportunities into comprehensive practical action. This is the purpose of the recommendations for action at the end of each chapter and the checklists in Chapter 9.

I am delighted that the book is completely bilingual, because this means that the results of our research and development activities will become known to a much wider audience outside the German-speaking world.

My thanks go to the project-monitoring committee for its commitment as well as to all those involved in editorial work, and of course especially to the STUVA, which had overall responsibility, for this wide-ranging and high-quality book, which I hope will attract widespread international interest.

Vorwort



Jürgen Fenske
VDV-Präsident



Dr. Dieter Klumpp
Vorsitzender VDV-Förderkreis

Zweifellos hat der ÖPNV schon immer einen großen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz geleistet. Im motorisierten Verkehr nimmt er auf diesem Gebiet sogar deutlich eine führende Stellung ein. Wenn somit berechtigt die Forderung erhoben wird, das Verkehrswesen müsse seine in den letzten Jahrzehnten ständig steigenden CO₂-Emissionen deutlich senken, so gilt hierbei der ÖPNV als Problemlöser und nicht als besonderer Problembereich.

Wenn der ÖPNV jedoch seine führende Stellung im Umwelt- und Klimaschutz behalten will, so muss auch er selbst ständig an Verbesserungen arbeiten und alle Chancen nutzen, die sich ihm technisch und wirtschaftlich auf diesem Gebiet bieten. Vor allem sind sich alle Beteiligten darin einig, dass Maßnahmen in Einzelbereichen, z. B. nur bei den Fahrzeugen, allein nicht ausreichen, um lokal und global erfolgreich zu sein. Vielmehr müssen alle ÖPNV-Bereiche mit ihren „Herstellungsketten“ in die Verbesserungsstrategien einbezogen werden. Und bei einer solch umfassenden Betrachtung besteht auch beim ÖPNV noch Handlungsbedarf, wenn auch anerkannt werden muss, dass in den Verkehrsunternehmen vieles bereits umgesetzt worden ist und anderes sich in der Erprobungs- oder gar in der Erstumsetzungsphase befindet.

Weil VDV und VDV-Förderkreis diesen Gesamtansatz als richtig erkannten, haben sie gemeinsam mit BMVBS und DEVK das Projekt zu diesem Buch initiiert und den Auftrag an die STUVA erteilt, im ÖPNV alle Ansätze für einen umfassenden Umwelt- und Klimaschutz zu erkunden und im Hinblick auf die Umsetzbarkeit im Rahmen einer Gesamtstrategie zu bewerten. So werden ausgehend von den planerischen Ansätzen im Bereich der Stadtentwicklung, über die Haltestellen und Fahrwege, die Fahrzeuge und den Betrieb, die Betriebshöfe, Werkstätten und Gebäude bis hin zum Umweltmanagement und den Kommunikationsstrategien alle Maßnahmen und Ansätze aufgezeigt, die für einen verbesserten Umwelt- und Klimaschutz im ÖPNV jetzt und in Zukunft als aussichtsreich angesehen werden. In konsequenter Verfolgung dieses Ansatzes wird auch die Finanzierung einer ausführlichen Analyse unterzogen. Das Ergebnis ist ein Kompendium, das in dieser umfassenden Vollständigkeit bisher auf keinem Fachgebiet existiert. Es zeigt damit gleichzeitig auch die Stärke des ÖPNV auf, die darin besteht, zu einem derartig umfassenden Ansatz fähig zu sein. Kein anderer Verkehrsträger hat direkten Einfluss auf alle dargestellten Bereiche. Die darin liegende einmalige Chance zu nutzen, ist für den ÖPNV eine der herausragenden Aufgaben der Zukunft. Dieses Buch kann dabei

Wegweiser sein und vielfältige Anregungen vermitteln. Das gilt selbst vor dem Hintergrund, dass nicht alle aufgezeichneten Maßnahmen in allen Verkehrsunternehmen technisch und wirtschaftlich umsetzbar sind, weil immer auch die örtlichen Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle spielen.

So legen VDV und VDV-Förderkreis mit dem neuen Band der Blauen Reihe des VDV erneut ein „Standardwerk“ vor. Weil das Thema im wahrsten Sinne des Wortes „grenzüberschreitend“ ist, wird wiederum eine durchgehend deutsch/englische Fassung angeboten. Möge es hierdurch sowohl in Deutschland als auch international zu vielfältigen Umsetzungen Anlass geben.

Die Erstellung dieses Buches war wegen der außerordentlich breit gestreuten fachlichen Bereiche eine ganz besondere Herausforderung und erforderte neben der Arbeit der STUVA auch die Hinzuziehung zahlreicher Spezialisten sowie einer umfassenden Arbeit im projektbegleitenden Ausschuss. Unser ganz besonderer Dank gilt allen Beteiligten; nicht nur für die hochqualifizierte und engagierte Arbeit, sondern auch für die präzise Abwicklung in einem eng gesteckten Zeitrahmen. Das Buch erscheint zum richtigen Zeitpunkt. Es kann somit dazu beitragen, die Diskussionen über Umwelt- und Klimaschutz in die richtigen Bahnen zu lenken.

Preface

Jürgen Fenske
President of the Association of
German Transport Companies (VDV)

Dr Dieter Klumpp
Chairman of the VDV Promotional Group

There is no doubt that public transport has always made a major contribution to environmental and climate protection. Moreover, operators of motorised transport are clearly extremely ecologically minded. So when calls are quite rightly made for reductions in the CO₂ emissions caused by traffic, which have been rising steadily in recent decades, public transport should be seen as a source of possible solutions and not as a part of the problem.

Nonetheless, if public transport intends to retain its leading position in environmental and climate protection, it too must constantly strive to improve and, to this end, exploit every technically feasible and economically justifiable opportunity. Most importantly, the consensus among all stakeholders is that measures only affecting individual areas (such as vehicles) will not be enough to guarantee success either locally or globally. Instead, strategies for improvement should involve all domains of public transport and their associated 'chains of production'. While adopting such a broad overview makes it clear that public transport still has some headway to make, it must surely also be acknowledged that operators have made major efforts and are still testing or piloting numerous other solutions.

It was precisely because the Association of German Transport Companies (VDV) and the VDV Promotional Group recognised

that the general approach being taken was correct that they, along with the Federal Ministry for Transport, Building and Urban Development (BMVBS) and the mutual insurance company DEVK, launched the project to create this book and duly assigned the Research Association for Underground Transport Facilities (STUVA) to look into the various steps being taken to optimise environmental and climate protection in all areas of Germany's public transport sector and then assess how well they could be incorporated into a practicable overall ecological strategy. Accordingly, this book examines all the relevant measures and approaches that are deemed 'promising' in that they contribute towards improving environmental and climate protection in public transport. The areas covered range from urban planning measures, stops, tracks and road space, vehicles, service delivery, depots, workshops and other buildings to environmental management and communication strategies. Consistently guided by the chosen holistic approach, the book also contains a comprehensive analysis of public transport financing. The resulting compendium is surely more complete than any other work of its kind, which in itself highlights a strength of public transport, namely its capability of taking such a comprehensive approach. No other type of transport can directly influence all the areas mentioned in the book. Making the most of this unique chance is one of the primary

challenges facing public transport operators in the future. This book can offer them both guidance and a host of useful suggestions. Of course, not all the measures it discusses will be technically feasible or economically viable for all transport companies, because local conditions also play a decisive role in determining such matters.

In this sense, VDV and the VDV Promotional Group set out to produce a new standard reference work with this book, the latest publication in the Blue Series. Since transport today (quite literally!) knows no borders, the book is being published as a bilingual German/English work, the hope being that this will encourage efforts to implement a wide range of solutions not only in Germany, but also further afield.

Compiling this book proved to be an exceptional challenge in view of the particularly broad spectrum of topics covered. It therefore draws on the experience of numerous specialists and demanded a tremendous effort on the part of the project's advisory committee, as well as from STUVA. Consequently, we would like to offer special thanks to everyone involved in the book's production for their expertise, dedication and meticulous attention to detail, even in the face of a tight deadline. This book is being published at exactly the right time, which should help it to guide the debate about environmental and climate aspects down the right track.

Vorwort



Friedrich W. Gieseler
Vorstandsvorsitzender
der DEVK Versicherungen

Umwelt- und Klimaschutz erfordern nicht nur eine branchen- und verkehrsträgerübergreifende Behandlung, sondern sie benötigen zu ihrer Realisierung nach unserer festen Überzeugung auch ideelle Unterstützung und finanzielle Anreize. Dies war einer der Ansatzpunkte für die DEVK Versicherungen, sich auf dem Gebiet der Ökologie und Nachhaltigkeit umfassend zu engagieren. Im Fokus stehen dabei:

- die Förderung des Einsatzes regenerativer Energien (die gesamte eigene Zentrale in Köln wird regenerativ versorgt);
- die Verleihung des „ÖkoGlobe“ für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der nachhaltigen Mobilität in verschiedenen Kategorien (u. a. auch im ÖPNV);
- die Gewährung rabattierter Tarife in der Kfz-Versicherung für BahnCard- und JobTicket-Inhaber sowie für Fahrer besonders schadstoffarmer Fahrzeuge.

Darüber hinaus fördert die DEVK im Rahmen der bundesweiten Initiative „Elektromobilität“ über das gemeinsam mit dem VDV gegründete Forum für Verkehr und Logistik die Entwicklung von drei Elektrobus-Prototypen einschließlich der zugehörigen Infrastruktur. Dabei werden wir von der Überzeugung geleitet, dass im ÖPNV Elektromobilität bereits in großem Umfang erfolgreich stattfindet und somit dort entsprechende Erfahrungen vorliegen. Eine Ausdehnung auf den Omnibussektor kann somit dort am ehesten und effektivsten umgesetzt werden.

Genau dies ist auch der Ansatzpunkt dafür, warum sich das Forum für Verkehr und Logistik und darüber auch die DEVK an dem Projekt der STUVA beteiligt haben, über die bestehenden und in Zukunft möglichen (weiteren) Beiträge des ÖPNV zum Umwelt- und Klimaschutz eine Untersuchung durchzuführen und die Ergebnisse in Buchform zu veröffentlichen. Wir sehen diesen hier beschrittenen Weg eines umfassenden, d.h. alle ÖPNV-Bereiche erfassenden Ansatzes zur Lösung der Problematik, als die richtige Strategie an. Nicht zuletzt ermöglicht die Aufteilung dieser Arbeit in einen Maßnahmenteil, der sich an der praktischen Umsetzung in den einzelnen Bereichen des ÖPNV orientiert, sowie einen Grundlagenteil eine „gestaffelte Vertiefung“ nach individuellen Bedürfnissen.

Die hiermit vorgelegte Arbeit verdeutlicht in eindrucksvoller Weise die Vielzahl bereits erfolgter Umsetzungen von Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen im ÖPNV, aber auch die große Zahl weiterer möglicher Ansätze. Dabei haben nicht nur die Themen Energieverbrauch und Energieeffizienz eine herausragende Bedeutung. Auch die heutige und zukünftige Rolle der erneuerbaren Energien in den sehr energieintensiven Bereichen des ÖPNV wird deutlich. Damit ist nicht nur der Anknüpfungspunkt an unsere Elektrobus-Initiative gegeben; dieser Gedanke wird sogar auf viele andere Gebiete des ÖPNV sinnvoll

erweitert und damit in einen größeren Rahmen gestellt. Genau dies sollten aus unserer Sicht Forschungsförderungs-Initiativen bewirken.

Schließlich ist begrüßenswert, dass die dargestellten technischen Maßnahmen auch damit verbundene Wirtschaftlichkeits- und Finanzierungsfragen aufgreifen. Das Thema der „finanziellen Anreize“ zur schnellen und umfassenden Umsetzung von Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen geht weit über das hinaus, was eine Versicherung diesbezüglich leisten kann. Viele der technischen Maßnahmen sind nämlich mit Zusatzkosten verbunden, die sich nicht von vornherein für die Verkehrsunternehmen rechnen oder die sich zumindest erst über einen sehr langen Zeitraum amortisieren. Hier sind somit auch die Regierungen des jeweiligen Landes gefordert, entsprechende Unterstützung zu leisten. Möge die umfassende Darstellung der Finanzierungsmöglichkeiten in diesem Buch dazu beitragen, zu einer schnellen und effizienten Lösung bei der Nachfolge zum bald auslaufenden Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz zu kommen.

Unser Dank gilt der STUVA und den zahlreichen Mitstreitern für die umfassende und qualifizierte Bearbeitung dieses Werks und dem Verlag für die ansprechende Gestaltung. Das alles kann bei der Schwierigkeit und Vielfalt der Thematik keine leichte Aufgabe gewesen sein und verdient deshalb eine besondere Würdigung.

Preface

Friedrich W. Gieseler

Chairman of the Board, DEVK

We are convinced that while an approach covering all sectors and transport modes is important for optimal environmental and climate protection, support in the form of ideas and financial incentives is also crucial. This was one of the considerations that drove DEVK to make a substantial commitment to ecology and sustainability, focussing on:

- promoting the use of renewable energy (our head office in Cologne is supplied with renewable energy throughout);
- awarding the ÖkoGlobe prize for outstanding achievements in sustainable mobility in a number of categories (including public transport);
- offering discounted car insurance to holders of BahnCard and JobTicket rail passes and drivers of very low-emission vehicles.

Furthermore, as part of the nationwide electric mobility initiative, DEVK is promoting the development of three electric bus prototypes and their associated infrastructure through the Transport and Logistics Forum, set up together with the Association of German Transport Companies (VDV). Our decision to do this was prompted by the firm belief that the public transport sector has plenty of experience with electric mobility and can already draw on numerous successes in that domain. Accordingly, applying that know-how to buses would be most effective

and likely to succeed in the public transport sector.

This is precisely why the Transport and Logistics Forum (and, by extension, DEVK) decided to participate in STUVA's project to examine the contributions that public transport already makes to environmental and climate protection and could make in the future, and publish the results in the form of a book. We believe it was the right strategy to seek future solutions by adopting a holistic approach covering all aspects of public transport. After all, the way the book has been structured - one part concerning measures and their practical application in the various domains of public transport, the other dealing with fundamental issues - enables readers to consider all angles of the topic at different levels.

This work provides an impressive overview of the full range of environmental and climate protection measures that have been implemented in public transport, but also points the way to many other potentially positive steps. Energy consumption and energy efficiency are not the only important considerations here, so the book also duly discusses the current and future role of renewable energies in very energy-intensive areas of public transport. This ties in with our initiative on electric buses, but is also wisely expanded to many other areas of public transport, to broaden the scope of

potential solutions. In our view, this is exactly how research support initiatives should work.

Finally, we are pleased to see that the book's presentation of technical measures also covers the associated issues of cost-effectiveness and financing. Offering financial incentives for the swift and comprehensive implementation of environmental and climate protection measures goes way beyond what an insurance company can achieve in this connection. For many of the technical measures mentioned entail additional costs that transport companies cannot calculate in advance or that will certainly have to be written off over a very long time. The governments of Germany's respective federal states will thus also have to provide the necessary support. We sincerely hope that this book's presentation of the different financing options will help in the urgent quest to find a viable, effective successor to the Municipal Transport Financing Act (GVFG), which is due to expire shortly.

We would like to thank STUVA and everyone who worked on the project for their painstaking and thoroughly professional contribution to the book, and the publishing house for designing such an attractive layout. Given the topic's complexity and the diversity of issues covered, developing the book cannot have been an easy task, so the impressive end result deserves special recognition.

Zur Einführung: VDV Leitbild „Nachhaltige Mobilität“

Nachhaltige Entwicklung – Modewort oder Notwendigkeit?

Die heutigen Herausforderungen sind keineswegs neu. Blickt man auf die Anfänge des Themas einer Nachhaltigen Entwicklung, dann ist festzustellen, dass die Menschen in Deutschland schon um 1700 unter Ressourcenknappheit litten. Sie hatten seinerzeit mehr Holz geschlagen als nachwachsen konnte. Die Menschen überlegten schon damals, wie einerseits effizienter mit den vorhandenen Ressourcen umgegangen werden könnte und andererseits sicher zu stellen sei, dass auch in Zukunft ausreichende Ressourcen verfügbar seien. Dieser Grundsatz bleibt bis heute gültig. Die Brundtland-Kommission hat dieses 1983 sehr treffend formuliert: „Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.“ [WCED 1987].

Die heutige Generation bewegt sich in einer zunehmend komplexen Welt, in der Ökonomie, Ökologie und Soziales nicht mehr getrennt voneinander wahrgenommen und politisch adressiert werden können. Zentrale Aufgabe der Nachhaltigen Entwicklung und jedes politischen Programms dazu ist es, die Abhängigkeiten zwischen den einzel-

nen Dimensionen aufzuzeigen und abzuwägen. Die Bundesregierung hat dieses in Ihrem „Fortschrittsbericht zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie“ [Presse- und Informationsamt der Bundesregierung 2008] bildhaft dargestellt (Bild 1). Alle zu ergreifenden Maßnahmen müssen hinsichtlich der drei Dimensionen optimiert werden, wobei die absolute Grenze die Belastbarkeit des einen Planeten Erde darstellt.

Nachhaltigkeit und VDV

Der öffentliche Personenverkehr und der Schienengüterverkehr spielen eine bedeutende Rolle bei der Lösung der heutigen Herausforderungen „nachhaltiger Umgang mit Ressourcen“ und „Reduzierung von CO₂-Emissionen“, denn deren Systeme sind im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern effizienter im Energie- und Flächenverbrauch, schonen damit wertvolle Ressourcen und sind insgesamt umweltverträglicher.

Um diese Tatsache stärker als bisher in die Öffentlichkeit zu tragen und um dafür zu sorgen, dass dieser Vorteil auch in Zukunft bestehen bleibt, wurde im VDV zum 1. Oktober 2008 ein neuer Fachbereich „Nachhaltigkeitsstrategie“ eingerichtet und besetzt. Ergänzend dazu hat der Strategieausschuss des VDV im Herbst 2008 den Unterausschuss „Nachhaltigkeit“ ins Leben gerufen und ihn beauftragt, eine entspre-

chende Verbandsstrategie zur Realisierung einer Nachhaltigen Entwicklung der Branche zu erarbeiten und umzusetzen. Damit sollen die vielfältigen Aktivitäten anderer Fachbereiche und -gremien, die ebenfalls zur Nachhaltigkeit beitragen, stärker gebündelt und besser koordiniert werden.

Nachhaltige Mobilität

Die Handlungsmaxime im Rahmen einer nachhaltigen Verkehrspolitik lautet: Energie- und Ressourcenverbrauch sowie die Verkehrsleistung müssen vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden. Zugleich ist anzustreben, dass der wachstumsbedingte Anstieg der Nachfrage nach Energie, Ressourcen und Verkehrsleistungen durch Effizienzgewinne mehr als kompensiert werden.

Grundlage des VDV-Nachhaltigkeitsleitbildes bilden daher die bekannten verkehrspolitischen Ziele:

□ Vermeiden

z. B. durch Stadt der kurzen Wege, regionale Beschaffung;

□ Verlagern

z. B. durch Kombination von Bus und Bahn mit Fußverkehr und Fahrrad, sowie durch kombinierten Verkehr;

□ Verbessern

z. B. durch eine weitere Steigerung der Attraktivität des Angebotes, Kostenoptimierung, weg vom Öl-Einsatz und hin zu erneuerbaren Energien, Steigerung der Energieeffizienz.

Introduction: the Association of German Transport Companies' sustainable mobility mission statement

Sustainable development – a buzzword or a necessity?

There is nothing new about the challenges we are currently facing. If we look back to the origins of the idea of sustainable development, we can see that Germany's population suffered from a resource shortage as long ago as 1700, when more trees were felled than could grow back. Even then, people thought about how they could use existing resources more efficiently and ensure that there would be sufficient resources for the future.

This principle still applies today. The Brundtland Commission provided this very apt definition in 1983: "Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs." [WCED 1987].

The present generation lives in a world that is becoming more complex by the day, where economic aspects, environmental concerns and the social dimension can no longer be viewed as completely separate and must be

addressed together in the political arena. The key mission of sustainable development – and of any related political programme – is to emphasise the interdependency of these factors and strike the right balance between them. The German federal government used a picture to illustrate this in its progress report on the national strategy for sustainable development [Press and Information Office of the German Federal Government, 2008] (Figure 1). All measures to be taken must be optimised in view of the three key dimensions, with the absolute limit being the Earth's capacity to regenerate.

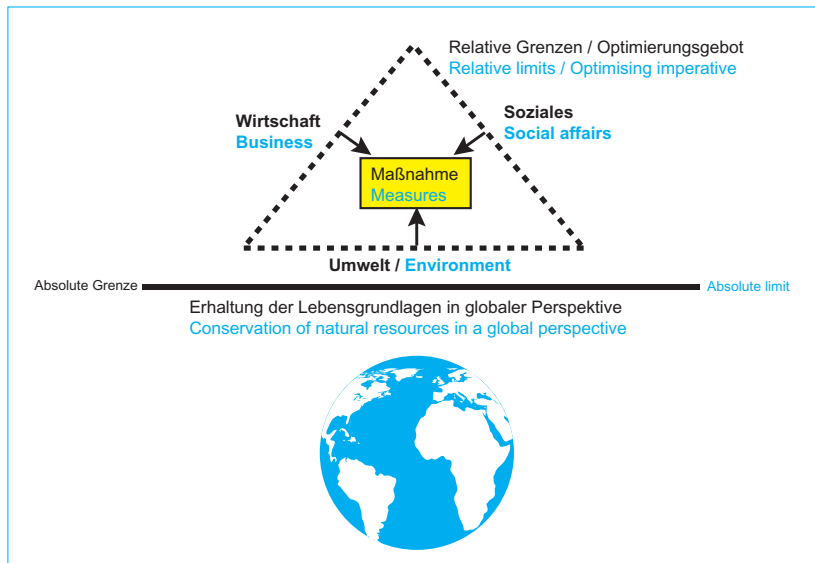


Bild 1: Die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit
Figure 1: Different dimensions of sustainability

Sustainability and the Association of German Transport Companies (VDV)

Public transport and rail freight transport play a decisive role in overcoming the challenges we currently face in handling resources sustainably and reducing CO₂ emissions. This is because the systems used for these transport modes utilise energy and space more efficiently than systems for other transport modes, thus saving valuable resources. Besides, they are more environmentally-friendly on the whole.

On 1 October 2008, a "Sustainability Strategy" department was set up within VDV with a view to increasing public



Leitbild: Busse & Bahnen sichern zukunftsbewusst Mobilität für Fahrgäste und Wirtschaftsunternehmen im Sinne von Mensch und Umwelt

Bild 2: Titelseite der Leitbild-Broschüre „Nachhaltige Mobilität“ [VDV 2010]
 Figure 2: The title page of Nachhaltige Mobilität (Sustainable Mobility), the brochure presenting VDV's mission statement in this domain [VDV 2010]
 [Bus & Rail in Germany
 Mission statement on sustainable mobility
 Our contribution to sustainable development
 Providing the solution.
 Mission statement: Bus & Rail ensure mobility for passengers and businesses in the interest of people and the environment with a view into the future.]

Es geht somit vor allem darum, den gesamtwirtschaftlichen Nutzen, den der Öffentliche Personenverkehr und der Schienengüterverkehr mit ihren Lösungsansätzen erbringen, herauszuarbeiten und transparent darzustellen. Ziel ist es auch, Impulse zu geben, um diese Lösungen im Sinne der Nachhaltigkeit weiter zu verbessern. Beides soll letztendlich auch die Position des Öffentlichen Personenverkehrs und des Schienengüterverkehrs bei der Vergabe öffentlicher Fördermittel stärken.

Leitbild – Unser Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung

Bei der Wahrnehmung der Zukunftschancen in unserer komplexen Welt spielt nachhaltige Mobilität eine entscheidende Rolle. In einem „Leitbild“ hat sich der VDV dazu verpflichtet, hierzu in seinem Bereich einen wichtigen Beitrag zu leisten (vgl Bild 2). Er hat dabei nicht nur seinen Standort definiert, sondern auch dargelegt, dass er sich vor allem den übergeordneten Ziel-Dimensionen wie z. B. Generationengerechtigkeit, Lebensqualität und gesellschaftlicher Verantwortung verpflichtet fühlt. Er führt hierzu im Wortlaut aus:

„Jeden Tag nutzen deutschlandweit mehr als 28 Millionen Fahrgäste die Leistungen des öffentlichen Personenverkehrs, um an ihren Bestimmungsort zu kommen. Güter aller Art werden pünktlich und zuverlässig über die Schiene transportiert und angeliefert. Dies mit besten Umweltstandards sozialverträglich und so effizient wie möglich zu leisten, ist eine große Herausforderung, der wir uns tagtäglich aufs Neue stellen.“

□ **Dimension „Generationengerechtigkeit“**
Wir stehen in der Verantwortung, den nachfolgenden Generationen – unseren Kindern und Enkelkindern – eine lebenswerte Welt zu übergeben. Nur

wenn wir mit der Umwelt und den natürlichen Ressourcen verantwortungsvoll umgehen, kann und wird uns dies gelingen. Wer für die Erledigung seiner Wege und für den Transport seiner Güter Busse und Bahnen nutzt, handelt verantwortungsbewusst und hilft so, den Energieverbrauch und damit Treibhausgase spürbar zu reduzieren. Wir sind dabei ein erfahrener und erprobter Partner. Schließlich setzen unsere Unternehmen schon seit mehr als 100 Jahren z. B. erfolgreich auf Elektromobilität.

Neben der Transportaufgabe stellen sich die Verkehrsunternehmen dabei als vorrangige Handlungsfelder und Ziele:

- Klimaschutz
 → Mobilität von Treibhausgasemissionen entkoppeln;
- Ressourceneffizienz
 → Natürliche Ressourcen optimal nutzen.

□ **Dimension „Lebensqualität“**
In unserer vernetzten Welt spielt Mobilität eine herausragende Rolle. Sie ist ein wesentlicher Teil unserer Lebensqualität. Wir befriedigen mit unseren Angeboten dieses Bedürfnis nach Mobilität auch für mobilitätseingeschränkte Menschen und tragen nachhaltig zu einer lebenswerten Umwelt bei. Wir setzen innovative Technologien ein und tragen damit kontinuierlich z. B. zur Reduzierung von Lärm und Schadstoffen bei. Kombiniert mit dem Fuß- und Radverkehr leisten unsere Mobilitätsangebote darüber hinaus einen Beitrag zur persönlichen Gesundheit.

Handlungsfelder und Ziele zur Erfüllung dieser Aufgabe sind:

- Mobilitätsmanagement
 → Anreize zur Verkehrsverlagerung schaffen;
- Gesundheit
 → Verkehr emissionsarm, sicher und gesundheitsfördernd gestalten.

awareness of this fact and ensuring that public transport retains its advantages in the future. In addition, VDV's Committee for Strategy created a Sustainability Sub-Committee in autumn 2008. This sub-committee was charged with developing and implementing an appropriate strategy to help the association achieve sustainable development in the public transport sector. The aim is to bring closer together the numerous activities of the other departments and committees also contributing to sustainability and to improve coordination of these activities.

Sustainable mobility

The guiding principle of any sustainable transport policy is as follows: energy and resource consumption and transport must be separated from economic growth. At the same time, efforts should be made to ensure that efficiency is enhanced to compensate for the growth-related rise in demand for energy, resources and transport services.

These well-known aims of transport policy form the basis of VDV's sustainability mission statement:

❑ Avoid

e.g. by planning compact towns with short travelling distances and implementing regional procurement;

❑ Shift

e.g. by coupling bus and rail transport with walking and cycling and by facilitating intermodal transport;

❑ Improve

e.g. by further enhancing the attractiveness of public transport, optimising costs, moving away from oil-based fuels and towards renewable energy and boosting energy efficiency.

The main aim is therefore to define and transparently present the benefits that public transport and rail freight

transport solutions bring to the entire economy. Another key goal is to provide an impetus for refining these solutions in the interests of sustainability. Both of these aims will ultimately strengthen the position of public transport and rail freight transport when it comes to the allocation of public funds.

The VDV mission statement – our contribution to sustainable development

Sustainable mobility plays a decisive role in making the most of future opportunities in our complex world. VDV has drawn up a mission statement that commits it to making a significant contribution in this domain (see Figure 2). This mission statement both defines the Association's stance on the issue and explains that VDV feels compelled to contribute to the most important aims of sustainable development, such as intergenerational equity, quality of life and social responsibility. Below is a translation of a passage from VDV's mission statement:

“Every day, more than 28 million passengers throughout Germany use public transport services to reach their destination. Goods of all kinds are transported and delivered safely and on time by rail. To do this in a socially responsible manner to the best environmental standards and as efficiently as possible is a major challenge that we face every single day.

❑ Intergenerational equity

It is our responsibility to leave future generations – our children and grandchildren – with a world worth living in. We can and will succeed in this only if we treat the environment and the world's natural resources responsibly. Those who use Bus & Rail to travel and to transport their goods are acting responsibly and thus helping to

significantly reduce energy consumption and, at the same time, greenhouse gas emissions. We are an experienced and proven partner here. For example, our companies have been successfully using electric mobility for more than 100 years.

Germany's transport companies focus on providing transportation services, but have also identified the following aims and priorities for action:

- *Climate protection*
→ *separating mobility from greenhouse gas emissions;*
- *Resource efficiency*
→ *optimum use of natural resources.*

❑ Quality of life

Mobility plays a major role in our interconnected world. It is a key part of our quality of life. With our services, we are also meeting this need for mobility for people with restricted mobility, and making a lasting contribution to an environment worth living in. We use innovative technologies, and are thus continuously contributing to reducing noise and pollutants, for example. Combined with walking and cycling, our mobility services are also making a contribution to personal health.

Our areas for action and aims in this connection are:

- *Mobility management*
→ *Creating incentives for modal shift;*
- *Health*
→ *Achieving low-emission, safe and healthy mobility.*

❑ Corporate social responsibility

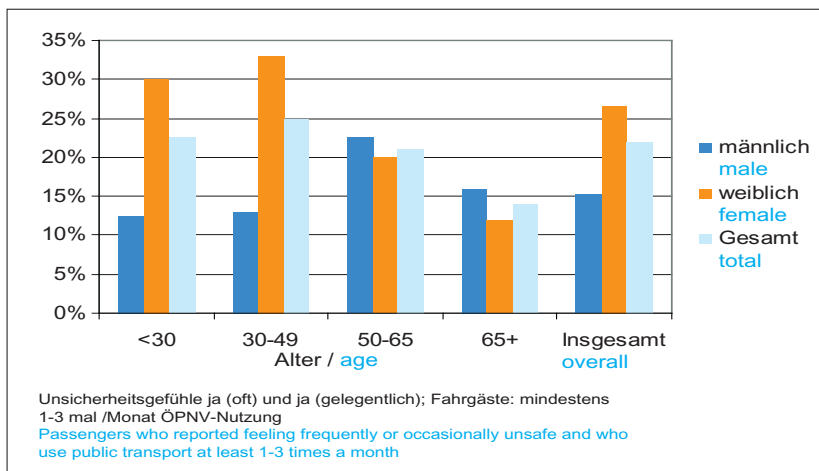
We take the task of mobility very seriously. Millions of people rely on our service every day. We take them to work, to training courses, shopping and to leisure pursuits, and we ensure that population and businesses are supplied with the goods we transport. Bus & Rail guarantee sustainable and environmentally-conscious mobility.

Bild 1.5/8: Umfrageergebnisse zu Unsicherheitsgefühl bei der ÖPNV-Nutzung in Hanau und Mannheim [1/27]

Figure 1.5/8: Findings of a survey on how unsafe passengers feel when using public transport in Hanau and Mannheim [1/27]

Angebot von durchgehend barrierefreien Wegeketten besonders wichtig, da sie kaum Alternativen haben. Die Ein- und Ausstiegsverhältnisse bei den Fahrzeugen wurden in den letzten Jahren durch eine enge Abstimmung von Fahrzeugkonzeption und Haltestelle deutlich verbessert und sind heutzutage weitgehend barrierefrei. Der endgültige Durchbruch gelang durch die Einführung von Niederflurfahrzeugen in Kombination mit auf das Fußbodenniveau angehobenen Bahnsteigen (Bild 1.5/7). Von diesen Maßnahmen profitieren nicht nur behinderte Menschen; sondern alle Fahrgäste; sie bieten darüber hinaus auch betriebliche Vorteile, da der gesamte Fahrgastwechsel deutlich schneller erfolgen kann.

Auch die Informationsbeschaffung über das Verkehrsangebot sollte barrierefrei abrufbar sein. (s. hierzu Kapitel 1.5.2).



1.5.4 Sicherheit und Service im ÖPNV

Das persönlich empfundene Sicherheitsgefühl spielt für viele Fahrgäste eine große Rolle bei der Verkehrsmittelwahl. Aggressive Auseinandersetzungen zwischen Kunden, Übergriffe auf Fahrgäste, Vandalismus und Verschmutzungen in Fahrzeugen und an Haltestellen aber z. B. auch Drängeln beim Ein- und Aussteigen führen

zu einem mangelnden Sicherheitsgefühl (Bild 1.5/8).

Um den Kunden ein höheres Sicherheitsgefühl zu vermitteln, ergreifen die Verkehrsunternehmen unterschiedlichste Maßnahmen technischer, betrieblicher und organisatorischer Art. Zu diesen Maßnahmen zählen u. a. Videoüberwachung, regelmäßige Präsenz von Sicherheitspersonal, Umstellung der Bestuhlung in den Fahrzeugen, Deeskalationstraining bei der Fahrerschulung, schnellere Beseitigung von Vandalismusschäden und Schmutz, usw. Auch Servicedienste, z. B. Begleitservice, erhöhen das Sicherheitsgefühl durch Personalpräsenz und sorgen gleichzeitig für höhere Kundenzufriedenheit und Kundenbindung.

□ Beispiel Videoüberwachung

Viele Verkehrsunternehmen in Deutschland haben erkannt, dass z. B. Videoschutzsysteme ein Qualitätsmerkmal darstellen. Über 88 % der BÖStrab-Unternehmen und auch zahlreiche Busunternehmen haben ihre Fahrzeuge zumindest teilweise mit Videokameras ausgerüstet (Tabelle 1.5/2). Die Videoüberwachung von Bahnsteigen und Haltestellen stellt

Tabelle 1.5/2: Ausstattung von Fahrzeugen im ÖPNV mit Videoüberwachung und Effekte [1/39]

	Mind. teilweise Ausrüstung mit Videoüberwachung	Gesamte Fahrzeugflotte ausgerüstet	Vollausrüstung geplant	Rückgang Vandalismusschäden
Sparte TRAM inkl. U-Bahn	88 % der BÖStrab-Unternehmen	13 % der BÖStrab-Unternehmen mit mind. teilweiser Videoüberwachung	65 %	Im Durchschnitt Rückgang um 56% ²⁾
Sparte BUS		50 % der BÖKraft-Unternehmen	56% Vollausrüstung (85 % weitere Aus- oder Nachrüstung geplant)	
		73 % der Unternehmen mit mehreren Betriebsarten		Im Durchschnitt Rückgang um 64% ²⁾
Sparte PVE	50 % der EBO-Unternehmen ¹⁾	67 % von 50 % der EBO-Unternehmen ¹⁾	33 % von 50 % der EBO-Unternehmen	Rückgang nicht konkret beziffert

¹⁾ Unternehmen, die an der Umfrage beteiligt waren

²⁾ Erfasst aus den Angaben der Unternehmen, die den Rückgang der Vandalismusschäden konkreter benannt haben

Where there is barrier-free access to stops and stations, access to vehicles must also be barrier-free. Continuously barrier-free journey chains are particularly important for mobility-impaired people, since they have few alternative ways of getting around. In recent years, vehicle boarding and alighting arrangements have been greatly improved by closely coordinating vehicle design and stops, with the result that they are now largely barrier-free. The final breakthrough came with the introduction of low-floor rolling stock combined with platforms raised to floor level (see Figure 1.5/7). These measures benefit all passengers and also offer operational benefits since the entire boarding and alighting process can take place much faster.

Access to information on transport services should also be barrier-free (see Section 1.5.2).

1.5.4 Safety and service on public transport

For many passengers, subjective feelings of safety play a large role in their choice of transport mode. Aggressive confrontations between customers, attacks on passengers, vandalism and litter in vehicles and stops, as well as, for example, pushing and shoving when boarding and alighting, make passengers feel less safe (see Figure 1.5/8).

Transport companies use a wide variety of technical, operational and organisational measures to make customers feel safer. These include: CCTV, regular presence of security personnel, rearrangement of seating in vehicles, de-escalation training during driver instruction courses, and faster removal of vandalism damage and litter. Services, such as escort staff for individual passengers, enhance the

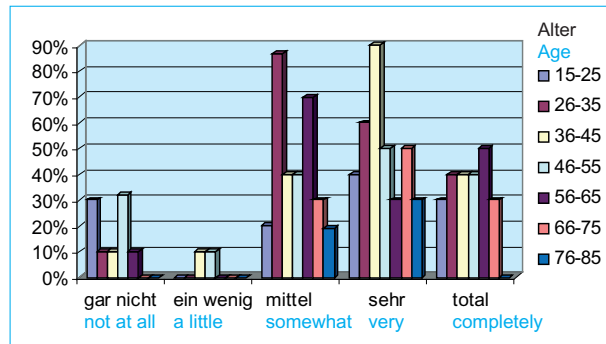


Bild 1.5/9: Fühlen Sie sich in videoüberwachten Fahrzeugen sicherer? Steigerung des Sicherheitsgefühls der Fahrgäste in Linienbussen durch Videoüberwachung – Ergebnisse einer Umfrage der Offenbacher Verkehrs-Betriebe [1/26]
 Figure 1.5/9: Do you feel safer in vehicles fitted with CCTV? Increase in bus passengers' feelings of safety as the result of CCTV: results of a survey by Offenbacher Verkehrs-Betriebe [1/26]

feeling of safety through increased personnel presence whilst at the same time boosting customer satisfaction and loyalty.

□ CCTV

Many German transport companies have realised that CCTV can help to enhance service quality. More than 88% of BOStrab companies and many bus companies use video surveillance almost in some vehicles (see Table 1.5/2). Video surveillance of platforms and stops is now also an important weapon in combating the risk of

terrorism. CCTV may not offer absolute protection against property damage and crime, but it does serve as a deterrent and so makes passengers and drivers feel safer. The overwhelming majority of passengers feel more secure in vehicles that are fitted with CCTV (see Figure 1.5/9) and gives a favourable opinion to it [1/39]. Particularly at night and in vehicles whose length precludes constant monitoring by staff, CCTV enhances safety. It also cuts the costs associated with damage to property and vandalism [1/25]. On vehicles where CCTV is installed, damage caused by

Tabelle 1.5/2: Extent CCTV in public transport vehicles and its impact [1/39]

	Some or all vehicles fitted with CCTV	All vehicles in fleet fitted with CCTV	Plans to introduce CCTV on all vehicles	Reduction in vandalism
Tramways, including metros	88% of companies covered by the Ordinance on the Construction and Operation of Tramways (BOStrab)	13% of BOStrab companies with some or all vehicles fitted with CCTV	65 %	Average reduction of 56% ²⁾
Buses		50% of companies covered by the Ordinance on the Operation of Motor Vehicle Companies in Passenger Transport (BOKraft)	56% all vehicles (85% on some vehicles)	
		73% of multiple-mode transport companies		Average reduction of 64% ²⁾
Railways	50% of companies covered by the Ordinance on the Construction and Operation of Railways (EBO) ¹⁾	67% of the 50% of EBO companies ¹⁾	33% of the 50% of EBO companies	No specific figures available

¹⁾ Only includes companies that participated in the survey

²⁾ Based on data from companies that reported specific reductions in vandalism

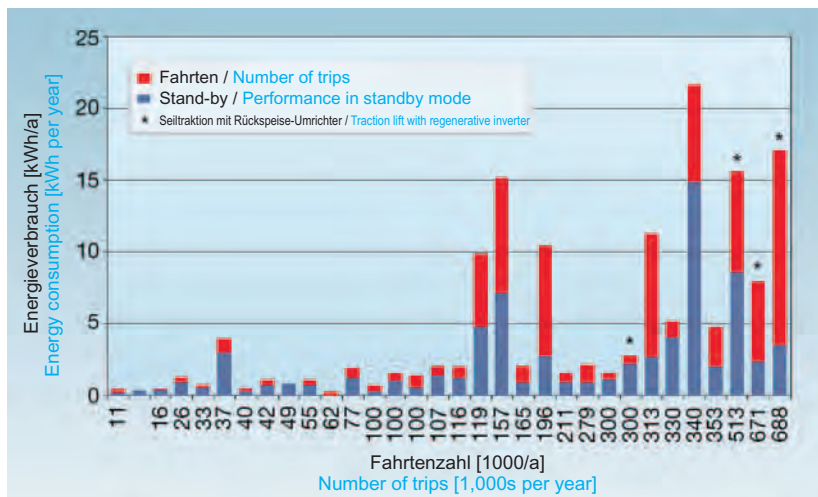


Bild 2.3/1: Standby- und Fahrten-Energieverbrauch untersuchter Aufzüge in Abhängigkeit der Fahrtzahl [2/21]

Figure 2.3/1: Energy consumed by studied lifts when on standby and travelling, depending on the number of trips [2/21]

Der Energieverbrauch der Kabinenbeleuchtung wird in der Regel ausgeschlossen. Deshalb kommt insbesondere hier dem Einsatz energiesparender Leuchtmittel (z. B. LED) bei der Kabinenbeleuchtung und bei den Anzeigetafeln ein besonderer Stellenwert zu. Hier gelten somit die gleichen Grundsätze, die bereits bei der Haltestellenbeleuchtung beschrieben wurden. Die gemessenen Leistungen im Standby-Betrieb variierten zwischen 0,1 kW (neu) bis 0,6 kW (alt).

□ Fahrbetrieb

Hierbei kann die größte Energieersparnis durch Einsatz einer modernen Antriebstechnik mit Frequenzregelung erreicht werden. Dies gilt selbst wenn davon ausgegangen werden muss, dass die durchschnittliche (gemessene) Fahrzeit eines Aufzugs nur

24 % der gesamten Tageszeit beträgt. Bei den Antrieben haben getriebelose Seilantriebe gegenüber Antrieben mit Getriebe Vorteile gezeigt (geringere Geräusche, Wartungsfreiheit, höherer Fahrkomfort, kompaktere Bauweise, höherer Wirkungsgrad); aber sie haben 30 % höhere Investitionskosten und eine begrenzte Hubhöhe. Alternativ können für größere Hubhöhen ein Getriebemotor mit Asynchronmotor eingesetzt werden.

Die Frequenzregelung bewirkt eine Anpassung der Fahrleistung an den Bedarf (z. B. die Personenbelastung), d. h. es wird eine sinnvolle Reihenfolge der Fahrten erreicht, um unnötige Fahrwege (Leerfahrten) zu vermeiden und Energie einzusparen. Außerdem kann durch energierückspeisende Um-

richter ein Teil der bei Abwärtsfahrt aufgenommenen Energie wieder zurückgewonnen werden. Die gemessenen Leistungen bei Fahrbetrieb variierten zwischen 5,7 kW (neu) und 19 kW (alt).

Bei größeren Aufzügen mit vielen Fahrten lohnt sich der Einbau von rückspeisefähigen Umrichtern. Der Rekuperationsgrad liegt bei etwa 30 % bis 50 %.

Als Durchschnittswert aus den Messungen des Fraunhofer Instituts hat sich ein Energieverbrauch pro Aufzug von 17.794 kWh/Jahr bei einem Fahrtenanteil von 24 % ergeben.

Aus dem Vergleich von alten mit neuen energieeffizienten Anlagen ist ein mögliches Einsparpotenzial pro Aufzug von ca. 4.000 €/Jahr durch Anlagenersatz oder Komponentenaustausch zu erkennen.

Ähnlich den Haushaltsgeräten, so werden heute auch Aufzüge mit einem „Energieeffizienzlabel“ nach VDI 4707 (A = sehr sparsam) versehen. Hiermit kann die Auswahl energieeffizienter Anlagen getroffen werden. Alle neuen Aufzüge in Haltestellen der Verkehrsunternehmen sollten sich nach diesen Vorgaben richten.

Neue Technologien, die die Energieeffizienz von Aufzügen weiter steigern können, befinden sich derzeit noch in der Erprobung. Diese versprechen aber für die nahe Zukunft noch deutliche Energieeinsparmöglichkeiten. Zu diesen Technologien gehören Matrix-Umrichter und Linearmotoren, bei deren Einsatz jedoch noch technische Probleme zu lösen sind [2/21].

8. durch Verminderung von Lärm,
9. durch Reduzierung versiegelter Flächen und Begrünung bebauter Flächen,
10. durch Einhaltung der Umweltgesetze und kontinuierliche Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes.

Dabei können wir uns auf das große Engagement unserer motivierten Mitarbeiter stützen.

Umweltmanagementverantwortliche

(Beispiel BVG Berliner Verkehrsbetriebe (vgl. Bild 7.1/6), zitiert aus [7.2/24])

Linienverantwortung

Der oberste Verantwortliche für den Umweltschutz in der BVG ist der Vorstand für Personal und Soziales. Auch auf der Bereichsebene gibt es im Umweltschutz ein abgestuftes Konzept von Zuständigkeiten. In den Unternehmens- und Zentralbereichen sind die Leiter verantwortlich für den Umweltschutz in ihren Teilbereichen. Besonders sind hier auch die Verlager und

Entsorger oder auch die Betriebs- und Umwelttechniker in den Dienststellen hervorzuheben. Als ausgebildete und informierte Mitarbeiter im Umweltschutz achten sie auf die Belange des Umweltschutzes vor Ort. Sie sind überwachendes und zugleich auch ausführendes Organ und Ansprechpartner für alle Mitarbeiter vor Ort.

Umweltbeauftragte

Der Leiter der Abteilung Arbeits- und Umweltschutz ist Umweltbeauftragter der BVG. Der Umweltbeauftragte und die Fachkräfte für Arbeitssicherheit und Umweltschutz beraten alle Führungsebenen in allen Umweltschutzangelegenheiten. Es gibt Betriebsbeauftragte für folgende Bereiche: Abfall, Gewässer- sowie Bodenschutz, Immissionsschutz, Gefahrgut und Gefahrstoffe.

Umweltschutzgremien

Bei den Berliner Verkehrsbetrieben ist ein Arbeits- und Umweltschutzausschuss unter der Leitung des Vorstands für Personal und Soziales für

den Gesamtbetrieb eingeführt worden. Er übernimmt die Koordination bereichsübergreifender Aufgaben im Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutz. In den einzelnen Unternehmensbereichen gibt es Arbeits- und Umweltschutzausschüsse unter der Leitung der jeweiligen Direktoren. Hier werden auch die wichtigen Umweltaktivitäten in den Bereichen innerbetrieblich diskutiert und koordiniert. Ziel dieses komplexen Systems ist es, entsprechend den Anforderungen eines Qualitätsmanagements alle betrieblichen Abläufe zu kontrollieren und eine lückenlose Prozesskette sicherzustellen, in der die Belange der Umwelt berücksichtigt werden.

Mitarbeitermotivation

(Beispiel Leipziger Verkehrsbetriebe LVB, zitiert aus [7.2/17])

Umweltschutz beginnt in den Köpfen

Zum umfangreichen Paket materieller Voraussetzungen für wirksamen Umweltschutz bei den LVB gesellen sich vielfältige Aktivitäten, um bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern einen Einstellungswandel und ein bewusstes Bekenntnis zum Umweltschutz in der täglichen betrieblichen Praxis zu erreichen. Das Unternehmen informiert über die angestrebten Umweltqualitätsziele, schult kontinuierlich und fordert Anregungen der Mitarbeiter heraus. Konkrete Handlungsfelder umfassen die effiziente Betriebsführung, die Senkung des Energieverbrauchs durch überlegten Umgang mit dem anvertrauten Sachkapital, die sparsame Ressourcennutzung auf allen Ebenen und die konsequente Einhaltung der vielfältigen gesetzlichen Umweltschutzvorschriften. Dass sich dahinter nicht zuletzt Einsparpotenziale in einer Zeit des verschärften Wettbewerbs und der Ressourcenverknappung verbergen, erhöht die Relevanz der



Bild 7.1/6: Zuständigkeiten im Umweltmanagement bei der BVG [7.2/24]

divisional level. In BVG's corporate and central divisions the managers are responsible for environmental protection in their subdivisions. The shippers and waste-disposal companies, as well as the departmental technicians and environmental engineers, should also be particularly spotlighted here, because as staff trained and briefed on environmental protection they keep an eye on such concerns on the ground. They are simultaneously a supervisory and executive body and serve as a contact point for all employees locally.

Environmental officer

The director of the occupational safety and environmental protection department is BVG's environmental officer. Together with senior management for occupational safety and environmental protection, this officer advises all management levels on everything to do with environmental protection. The company has staff placed in charge of the following domains: waste, water and soil protection, immission control, hazardous goods and hazardous substances.

Environmental protection bodies

At BVG, an Occupational Safety and Environmental Protection Committee for overall operations has been introduced under the leadership of the director for staff and social affairs. This committee handles the coordination duties regarding occupational health and safety as well as environmental protection across all divisions of the company. Each division of the company also has its own Occupational Safety and Environmental Protection Committee, chaired by its respective director, which discusses the divisions' major environmental activities and coordinates them on a company-internal basis. The goal of this complex system is to monitor all corporate procedures to verify their compliance

with quality management requirements and ensure a seamless process chain in which environmental concerns are taken into account.

Employee motivation

(The example of the Leipzig-based transport operator Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB), excerpt translated from [7.2/17])

Environmental protection starts in the mind

The extensive set of material prerequisites for effective environmental protection at LVB includes a variety of activities designed to change the attitudes of its workforce and generate a conscious commitment to environmental protection when exercising daily duties. The company provides information on the environmental quality goals pursued, offers continuous training courses and solicits suggestions from its employees. Specific areas of action include efficient management, cutting energy consumption through careful handling of the capital assets entrusted

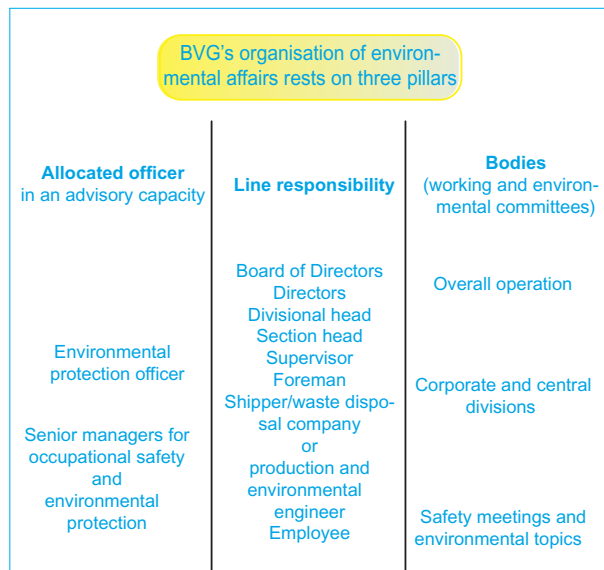
to us, the thrifty use of resources at all levels, and consistent compliance with the various statutory provisions governing environmental protection. The relevance of these issues is certainly heightened by the desire to make potential savings at a time of mounting competition and the growing scarcity of resources. Personally practised sustainability should be the principle guiding the daily work of all employees, who are actively involved in drawing up environmental goals and measures, both in workshops and in direct dialogue. LVB is also an active participant in working groups run by the city of Leipzig on climate protection, air pollution control and environmental questions, within the framework of Agenda 21.

Promoting ecology through a company suggestion scheme

(The example of the Bremen-based transport operator Bremer Straßenbahn (BSAG) [7.2/16])

BSAG runs a very extensive company suggestion scheme with its employees,

Figure 7.1/6: Responsibilities in environmental management at BVG [7.2/24]



NACHHALTIGER NAHVERKEHR

SUSTAINABLE PUBLIC TRANSPORT

***Beiträge des ÖPNV
zum Umwelt-
und Klimaschutz***



Band 2 Grundlagen



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

NACHHALTIGER NAHVERKEHR

Beiträge des ÖPNV zum Umwelt- und Klimaschutz

SUSTAINABLE PUBLIC TRANSPORT

Contributions to environmental and climate protection

Band 2 Grundlagen

Volume 2 Fundamental issues

Untersuchung und Veröffentlichung wurden unterstützt von

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)
DEVK Deutsche Eisenbahn Versicherung, Sach- und HUK-Versicherungsverein a. G.
Forum Verkehr und Logistik e. V.
Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)
VDV-Förderkreis e. V.

Research and publication supported by

Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS)
German Railway Insurance Fund, Association for Property, Civil Liability,
Accident and Vehicle Insurance (DEVK)
Transport and Logistics Forum
Association of German Transport Companies (VDV)
VDV Promotional Group



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dbb.de> abrufbar.

The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.dbb.de>

Weitere Informationen zu dieser Buchreihe finden Sie unter <http://www.alba-verlag.de>

Further information about this book series is available at <http://www.alba-verlag.de>

Herausgeber Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV) / VDV-Förderkreis e.V.

© 2010

Manuskript: STUVA – Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V., Köln

Bildbearbeitung: Dipl.-Bibl. Martin Schäfer, Felix Ortlepp, Köln

Übersetzung: Linguanet sprl, Brüssel

Gestaltung und Layout: Alba Fachverlag, Düsseldorf

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Mikroverfilmungen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vertrieb Alba Fachverlag GmbH + Co. KG, Postfach 110150, 40501 Düsseldorf

Druck Druckerei Knipping GmbH, Düsseldorf

Erschienen September 2010

ISBN 978-3-87094-686-9

Gesamtbearbeitung · Editors

Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V., Köln
Research Association for Underground Transportation Facilities, Cologne

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Günter Girnau
Dipl.-Ing. Dirk Boenke

Begleitender Ausschuss · Advisory Committee

Dipl.-Ing. Wolfgang Arnold
Stuttgarter Straßenbahnen AG, Stuttgart

Dipl.-Ing. Gunnar Heipp
Münchner Verkehrsgesellschaft mbH, München

Dr. Martina Hinricher
Dipl.-Ing. Florian Böhm
Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung, Berlin

Dipl.-Geogr. Erhard Michel
Deutsche Bahn AG, Berlin

Prof. Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann
VDV-Förderkreis e.V., Köln

Dipl.-Ing. Uta Maria Pfeiffer
Verband Deutscher Verkehrs-
unternehmen (VDV), Köln

Dipl.-Ing. Thomas Unger
Berliner Verkehrsbetriebe AöR, Berlin

Autoren von Einzelbeiträgen · Authors of Contributions

Dipl.-Ing. Detlef Amende
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrs-
anlagen e. V. – STUVA –

Dr.-Ing. Friedhelm Blennemann
Geschäftsführer a. D., Studiengesellschaft für
unterirdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA –

Dipl.-Ing. Dirk Boenke
Abteilungsleiter, Studiengesellschaft für unter-
irdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA –

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Günter Girnau
Vorstandsvorsitzender a. D., Studiengesell-
schaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V.
– STUVA –

Bauassessor Dr.-Ing. Helmut Grossmann
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrs-
anlagen e. V. – STUVA –

Dipl.-Ing. Frank Leismann
Studiengesellschaft für unterirdische
Verkehrsanlagen e. V. – STUVA –

Prof. Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann
Geschäftsführer, VDV-Förderkreis e. V.

Dipl.-Ing. Christian Much
Berliner Verkehrsbetriebe AöR

Dipl.-Ing. Uta Maria Pfeiffer
Fachbereichsleiterin, Verband Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

Dipl.-Ing. Marcus Pirngruber
Projektleitung Planung, Stuttgarter
Straßenbahnen AG

Dr.-Ing. Ralph Pütz
Fachbereichsleiter, Verband Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

Dipl.-Ing. Michael Ruffer
Geschäftsbereichsleiter, Verkehrsgesellschaft
Frankfurt am Main GmbH

Dipl.-Ing. Ulrich Weber
VDV-Europabüro, Verband Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV), Brüssel

Zuarbeit in Spezialfragen:

Dipl.-Ing. Alexander Koch
Fachstellenleiter, Verband Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

Dipl.-Ing. Gunnar Heipp
Dipl.-Geogr. Sabine Nallinger
Markus Renda

Dipl.-Ing. Thomas Werner
Münchener Verkehrsgesellschaft mbH

Dr.-Ing. Friedrich Krüger
Gruppenleiter, Studiengesellschaft für
unterirdische Verkehrsanlagen e.V. – STUVA –

Daniel Timmermann
MABEG Kreuzchner GmbH & Co. KG

Band 1 Ausführungsbeispiele / Volume 1 Practical Applications

1	Stadtentwicklung und Verkehr Urban development and transport	32 33
2	Haltestellen / Stops and stations	102 / 103
3	Fahrwege / Tracks	154 / 155
4	Fahrzeuge / Vehicles	264 / 265
5	Betriebsdurchführung / Operation	346 / 347
6	Betriebshöfe, Werkstätten, Gebäude Depots, workshops, buildings	396 397
7	Umweltmanagement / Environmental management	478 / 479
8	Finanzierung / Financing	556 / 557
9	Zusammenfassende Checklisten / Checklist summaries	644 / 645

Band 2 Grundlagen / Volume 2 Fundamental issues

10	Umwelt- und Klimaschutzprobleme und Herausforderungen Environmental and climate protection – Issues and challenges	32 33
11	Reale und prognostizierte Auswirkungen und Lösungsansätze Actual and predicted effects and possible solutions	60 61
12	Technologische Grundlagen im Bereich Energie Technological principles in the energy sector	88 89
13	Rechtliche Rahmenbedingungen / Legal framework	174 / 175
14	Glossar / Glossary	212 / 213

Inhalt

BAND 1

Vorworte 20

Einführung 26

1 Stadtentwicklung und Verkehr 32

1.1 Ausgangssituation und Rahmenbedingungen 32

1.2 Zusammenhang zwischen Stadtentwicklung, Mobilität, Umwelt- und Klimaschutz 38

1.2.1 Stadtstruktur, ÖPNV-Ausbau, Klimawirkung 38

1.2.2 ÖPNV-Verkehrsangebot und Fahrgastzahlen 40

1.2.3 Gestaltungs- und Umwelteffekte des ÖPNV-Ausbaues für die Städte 42

1.2.4 Verknüpfung der Verkehrsmittel 48

1.3 Integrierte Stadtentwicklung unter Einbeziehung des ÖPNV 50

1.3.1 Grundsätze 50

1.3.2 Beispiel Quartier Vauban in Freiburg 50

1.3.3 Beispiel Kent Thameside 52

1.4 Umwelt-/Klimaeffekte durch ÖPNV-Beschleunigung 56

1.4.1 ÖPNV-Priorisierung 56

1.4.2 Optimierung der Lichtsignalsteuerung im Gesamtverkehrsnetz 62

1.4.3 Verbesserung der Netzdurchlässigkeit für den ÖPNV 64

1.5 Verstärkte ÖPNV-Nutzung durch Abbau von Zugangshemmnissen 68

1.5.1 Vereinfachtes Ticketing 68

1.5.2 Erhöhte Kundenzufriedenheit durch verbesserte Fahrgastinformation 72

1.5.3 Verbesserte Zugänglichkeit durch Barrierefreiheit 74

1.5.4 Sicherheit und Service im ÖPNV 76

1.6 Umwelt- und Klimaschutz durch Mobilitätsmanagement 80

1.6.1 Definition 80

1.6.2 Ansätze für Mobilitätsmanagement 80

1.6.3 Beispiele von Konzeptionen für Mobilitätsmanagement 82

1.6.4 Multimodale Mobilitätspakete 86

1.7 Begleitende Maßnahmen für einen umwelt-/klimaschonenden Stadtverkehr 90

1.7.1 Umweltzonen 90

1.7.2 City-Maut 92

1.8 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 96

1.9 Literatur/Quellen 100

2 Haltestellen 102

2.1 Umweloptimierte oberirdische Haltestellen 102

2.1.1 Photovoltaik zur Beleuchtung an Haltestellen 102

2.1.2 Energieoptimierte Bahnsteigheizung 108

2.2 Energieoptimierte unterirdische Haltestellen 116

2.2.1 Haltestellen-Anforderungsprofil 116

2.2.2 Energieoptimierte Haltestellenbeleuchtung 116

2.2.2.1 *Beleuchtungsanforderungen* 116

2.2.2.2 *Werkzeuge und Lichttechnik* 120

2.2.2.3 *Leuchtmittelauswahl* 122

2.2.2.4 *Intelligente Beleuchtungssteuerung* 128

2.2.2.5 *Haltestellen-Lichttechnik der Zukunft* 128

2.2.2.6 *Beispiel einer energieeffizienten Beleuchtungssanierung* 130

2.2.3 Tageslichtnutzung bei unterirdischen Haltestellen 132

2.3 Umweltorientierte Verbesserungsmöglichkeiten bei Aufzügen 142

2.4 Umweltorientierte Verbesserungsmöglichkeiten bei Fahrtreppen 146

2.5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 150

2.6 Literatur/Quellen 152

Contents

VOLUME 1

Preface 21

Introduction 27

1 Urban development and transport 33

1.1 Initial situation and background 33

1.2 The relationship between urban development, mobility and environmental and climate protection 39

1.2.1 Urban structure, public transport expansion and climate impact 39

1.2.2 Public transport services and passenger numbers 41

1.2.3 Urban design and environmental effects of expanding public transport 43

1.2.4 Interconnection of transport modes 47

1.3 Integrated urban development incorporating public transport 51

1.3.1 Principles 51

1.3.2 Example: the Vauban area of Freiburg 51

1.3.3 Example: Kent Thameside 53

1.4 Environmental and climate impact of speeding up public transport 57

1.4.1 Public transport prioritisation 57

1.4.2 Optimising traffic light control across the transport network 61

1.4.3 Improving network passability for public transport 65

1.5 Increasing public transport use by removing access barriers 69

1.5.1 Simplified ticketing 69

1.5.2 Greater customer satisfaction through improved passenger information 73

1.5.3 Improving accessibility by removing barriers 75

1.5.4 Safety and service on public transport 77

1.6 Environmental and climate protection through mobility management 81

1.6.1 Definition 81

1.6.2 Approaches to mobility management 83

1.6.3 Examples of mobility management plans 83

1.6.4 Multimodal mobility packages 87

1.7 Accompanying measures for environmentally- and climate-friendly city transport 91

1.7.1 Environmental zones 91

1.7.2 Congestion charging 93

1.8 Summary and recommend actions 97

1.9 Literature/Sources 100

2 Stops and stations 103

2.1 Environmentally optimised above-ground stops 103

2.1.1 Using photovoltaics to light stops 103

2.1.2 Energy-optimised platform heating 111

2.2 Energy-optimised underground stops 117

2.2.1 Requirements to stops 117

2.2.2 Energy-optimised stop lighting 117

2.2.2.1 *Lighting Requirements* 117

2.2.2.2 *Tools and lighting techniques* 121

2.2.2.3 *Choice of illuminant* 123

2.2.2.4 *Intelligent lighting management* 129

2.2.2.5 *Stop lighting technology of the future* 131

2.2.2.6 *Renovating a lighting system to make it energy-efficient* 131

2.2.3 Using natural light to illuminate underground stops 133

2.3 Making lifts more environmentally friendly 143

2.4 Making escalators more environmentally friendly 147

2.5 Summary and recommend actions 151

2.6 Literature/Sources 152

3 Fahrwege 154

- 3.1 Energieoptimierte Trassierung 154
- 3.2 Umweltorientierte Schienenfahrweggestaltung 162
 - 3.2.1 Grüne Gleise für bessere Stadtökologie 162
 - 3.2.2 Pflasterung des Gleisbettes zur Stadtgestaltung 172
 - 3.2.3 Schall- und erschütterungsmindernde Schienenfahrwege 180
 - 3.2.3.1 Wichtige Zusammenhänge 180
 - 3.2.3.2 Maßnahmen und deren wirtschaftliche Anwendungskriterien 182
 - 3.2.4 Fahrdrachtlose Schienenfahrwege in sensiblen Stadtbereichen 196
 - 3.2.4.1 APS-System von Alstom 196
 - 3.2.4.2 PRIMOVE von Bombardier 198
 - 3.2.4.3 MITRAC-System von Bombardier 200
 - 3.2.4.4 Sitras HES von Siemens 200
 - 3.2.5 Energie sparende Fahrstrom-Speisekonzepte 202
 - 3.2.5.1 Das Wirkungsprinzip 202
 - 3.2.5.2 Die Energiespeicher 206
 - 3.2.5.3 Beispiele für den stationären Energiespeicher-Einsatz im ÖPNV 208
 - 3.2.5.4 Beispiele für Energierückspeisung ins Mittelspannungsnetz 214
- 3.3 Umweltoptimierte Fahrweg-Instandhaltung 218
 - 3.3.1 Instandhaltungsarme Fahrweggestaltung 218
 - 3.3.2 Kontinuierliche bzw. periodische Gleispflege 224
 - 3.3.3 Energiesparende Weichenheizungen 226
- 3.4 Umweltoptimiertes Werkstoffrecycling 232
- 3.5 Nutzung von Bahntunneln und -bauwerken zur Energiegewinnung 236
 - 3.5.1 Anwendungsgrundsätze 236

- 3.5.2 Nutzung der Wärme der Tunnelluft 236
 - 3.5.2.1 Unterschiede zwischen Außenluft- und Tunnelluftnutzung 236
 - 3.5.2.2 Wärmequellen der Tunnelluft 238
 - 3.5.2.3 Methoden des Wärmeentzugs aus der Luft 240
 - 3.5.2.4 Anwendungsbeispiele 240
- 3.5.3 Nutzung der Wärme des Grundwassers 240
- 3.5.4 Nutzung der erdberührten Außenflächen unterirdischer Bauwerke zur Gewinnung geothermischer Energie 242
 - 3.5.4.1 Grundprinzipien und erzielbare Wärmeausbeute 242
 - 3.5.4.2 Energiegewinnung mit Gründungselementen 244
 - 3.5.4.3 Energiegewinnung mit Tunnelbauten 248
 - 3.5.4.4 Rechtliche Rahmenbedingungen 254
 - 3.5.4.5 Ausblick 254
- 3.6 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 256
- 3.7 Literatur/Quellen 262

4 Fahrzeuge 264

- 4.1 Busse 264
 - 4.1.1 Umweltpolitische Randbedingungen für den Linienbuseinsatz 264
 - 4.1.2 Umweltfreundliche Antriebstechniken 272
 - 4.1.2.1 Dieselantrieb 272
 - 4.1.2.2 Erdgastechnik 276
 - 4.1.2.3 Automatikgetriebe mit adaptiven Schaltprogrammen 276
 - 4.1.2.4 Hybridtechnik 278
 - 4.1.2.5 Wasserstofftechnik (Wasserstoff-Ottomotoren; Brennstoffzellen) 282
 - 4.1.2.6 Elektromobilität 284
 - 4.1.3 Verbesserte Kraftstoffqualitäten und Kraftstoffgewinnung 286
 - 4.1.3.1 Grundsätzliche Tendenzen 286
 - 4.1.3.2 Synthetische fossile Dieselkraftstoffe und Biokraftstoffe der 2. Generation 288
 - 4.1.3.3 Regenerativer Kraftstoff und Nebenprodukt-Wasserstoff 290
 - 4.1.3.4 Biogas 290
 - 4.1.4 Komplementäre fahrzeugtechnische Maßnahmen 292
 - 4.1.4.1 Gewichtsreduktion durch Leichtbau 292
 - 4.1.4.2 Elektrifizierung der Nebenverbraucher 292
 - 4.1.5 Umweltfreundliche Lackierungstechnik 294
 - 4.1.6 Ganzheitlicher Umweltschutz im Busverkehr 292
 - 4.1.6.1 Systembezogene Partikelmassemmissionen 296
 - 4.1.6.2 Systembezogene Stickoxidemissionen 298
 - 4.1.6.3 Systembezogene Kohlendioxidemissionen 298
 - 4.1.6.4 Systembezogene externe Kosten 298
 - 4.1.6.5 Fahrzeugkosten 300
- 4.2 Schienenfahrzeuge 302
 - 4.2.1 Energieeinsparungen aufgrund innovativer Technik 302
 - 4.2.2 Grundsätzliche physikalische Zusammenhänge 302
 - 4.2.3 Antriebe für Nahverkehrs-Schienenfahrzeuge 304
 - 4.2.3.1 Entwicklung der Antriebstechnik 304
 - 4.2.3.2 Aktueller Stand der Antriebstechnik 306
 - 4.2.3.3 Innovative energiesparende Antriebssysteme 308
 - 4.2.4 Energiesparende Versorgung der Bordnetze 312
 - 4.2.5 Heizungs-/Klima-/ Lüftungssystem 314
 - 4.2.6 Leichtbau 316
 - 4.2.7 Optimierte Abstimmung Infrastruktur/Fahrzeug/Betrieb 318
 - 4.2.8 Emissionsreduktionen aufgrund innovativer Technik 322

- 3 Tracks 155**
 - 3.1 Energy-optimised track routing 155
 - 3.2 Environmentally-oriented track design 163
 - 3.2.1 Green tracks to promote urban ecology 163
 - 3.2.2 Using track-bed paving to blend into the urban environment 173
 - 3.2.3 Tracks that reduce noise and vibrations 181
 - 3.2.3.1 Key factors 181
 - 3.2.3.2 Possible measures and the economic criteria governing their implementation 183
 - 3.2.4 Catenary-free railway tracks in sensitive urban areas 197
 - 3.2.4.1 APS system by Alstom 197
 - 3.2.4.2 PRIMOVE by Bombardier 199
 - 3.2.4.3 MITRAC system by Bombardier 201
 - 3.2.4.4 Sitras HES by Siemens 201
 - 3.2.5 Energy-saving concepts for traction current supply 203
 - 3.2.5.1 Principle 203
 - 3.2.5.2 Energy storage devices 207
 - 3.2.5.3 Examples of stationary energy storage device application in public transport 209
 - 3.2.5.4 Examples of energy being fed back into the medium-voltage grid 215
 - 3.3 Environmentally optimised track maintenance 219
 - 3.3.1 Low-maintenance track design 219
 - 3.3.2 Ongoing or periodic track maintenance 225
 - 3.3.3 Energy-saving switch-heating systems 227
 - 3.4 Environmentally-optimised material recycling 233
- 3.5 Recovering energy from rail tunnels and other structures 237
 - 3.5.1 Principles of application 237
 - 3.5.2 Exploiting warm air in tunnels 237
 - 3.5.2.1 Differences between exploiting outside air and tunnel air 237
 - 3.5.2.2 Heat sources in tunnel air 239
 - 3.5.2.3 Methods for extracting heat from the air 239
 - 3.5.2.4 Actual applications 241
 - 3.5.3 Exploiting groundwater heat 241
 - 3.5.4 Recovering geothermal energy from the outer surfaces of underground structures in contact with the soil 243
 - 3.5.4.1 Basic principles and attainable geothermal output 243
 - 3.5.4.2 Energy recovery using foundation elements 245
 - 3.5.4.3 Recovering energy with tunnel structures 249
 - 3.5.4.4 Legal framework 255
 - 3.5.4.5 Outlook 255
- 3.6 Summary and recommend actions 257
- 3.7 Literature/Sources 262

4 Vehicles 265

- 4.1 Buses 265
 - 4.1.1 Environmental constraints for bus deployment 265
 - 4.1.2 Environmentally friendly drive technologies 271
 - 4.1.2.1 Diesel drive 271
 - 4.1.2.2 Natural gas technology 277
 - 4.1.2.3 Automatic transmissions with adaptive shift programmes 277
 - 4.1.2.4 Hybrid technology 279
 - 4.1.2.5 Hydrogen technology (hydrogen-powered Otto engines; fuel cells) 283
 - 4.1.2.6 Electric mobility 285
 - 4.1.3 Improved fuel quality and obtaining fuel 287
 - 4.1.3.1 Basic trends 287
 - 4.1.3.2 Synthetic fossil diesel fuels and second-generation biofuels 289
 - 4.1.3.3 Renewable fuel and by-product hydrogen 291
 - 4.1.3.4 Biogas 291
 - 4.1.4 Complementary vehicle technology-related measures 291
 - 4.1.4.1 Reducing weight using lightweight design 291
 - 4.1.4.2 Electrification of auxiliary equipment 293
 - 4.1.5 Environmentally-friendly painting technology 293
 - 4.1.6 Holistic environmental protection in bus transport 295
 - 4.1.6.1 System-related particulate matter emissions 295
 - 4.1.6.2 System-related nitrogen oxide emissions 297
 - 4.1.6.3 System-related carbon dioxide emissions 299
 - 4.1.6.4 System-related external costs 299
 - 4.1.6.5 Vehicle costs 301
- 4.2 Rail vehicles 303
 - 4.2.1 Energy savings from innovative technology 303
 - 4.2.2 Basic physical connections 303
 - 4.2.3 Drives for public transport rail vehicles 305
 - 4.2.3.1 The development of drive technology 305
 - 4.2.3.2 Current state of the art in drive technology 307
 - 4.2.3.3 Innovative energy-efficient drive systems 311
 - 4.2.4 Saving energy when powering on-board electronic systems 313
 - 4.2.5 The HVAC system 315
 - 4.2.6 Lightweight construction 317
 - 4.2.7 Optimised coordination of infrastructure, vehicle and operation 321

- 4.2.8.1 *Geräuschemissionen* 324
- 4.2.8.2 *Elektromagnetische Abstrahlung* 328
- 4.2.9 Umweltgerechte Schienenfahrzeugentwicklung 328
 - 4.2.9.1 *Grundkonzept* 328
 - 4.2.9.2 *Material- und Energiebedarf im Betrieb* 330
 - 4.2.9.3 *Recyclebarkeit* 330
 - 4.2.9.4 *Strategien für die Zukunft* 330
- 4.3 Sonstiger Fuhrpark 332
- 4.4 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 336
- 4.5 Literatur/Quellen 344
- 5 Betriebsdurchführung 346**
 - 5.1 Energieeffizientes Fahren 346
 - 5.1.1 Einsparpotenziale 346
 - 5.1.2 Stadtschnellbahnen 346
 - 5.1.3 Straßenbahnen 356
 - 5.1.4 Busse 356
 - 5.1.5 Eisenbahnen 358
 - 5.1.6 Einfluss des Fahrpersonals 358
 - 5.1.7 Automatischer Zugbetrieb 360
 - 5.2 Anpassung der Fahrzeuggröße an die Nachfrage 362
 - 5.2.1 Busverkehr 362
 - 5.2.2 Bahnverkehr 366
 - 5.2.3 Automatischer Betrieb 368
 - 5.3 Umwelt- und klimaschonender Betrieb in Haltestellenbereichen 370
 - 5.3.1 Bedarfshaltestellen 370
 - 5.3.2 Doppelhaltestellen 378
 - 5.3.3 Kehr- und Wendemöglichkeiten 378
 - 5.4 Zusätzliche energiesparende Maßnahmen beim Betrieb 384
 - 5.4.1 Alternative Bedienformen 384
 - 5.4.2 Betriebsfahrten 384
 - 5.4.3 Energiesparsames Abstellen von Fahrzeugen 384
 - 5.4.4 Betrieb der Heizung in Fahrzeugen 386
 - 5.4.5 Umweltfreundliche Fahrausweise 386
 - 5.5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 390
 - 5.6 Literatur/Quellen 394
- 6 Betriebshöfe, Werkstätten, Gebäude 396**
 - 6.1 Vorbemerkung 396
 - 6.2 Nachhaltigkeit bei Planung und Bau 398
 - 6.2.1 Minimierung der Umweltauswirkungen bei der Planung 398
 - 6.2.2 Nachhaltiges Bauen 398
 - 6.2.3 Solare Optimierung der Gebäude 400
 - 6.2.3.1 *Einflussfaktoren* 400
 - 6.2.3.2 *Passive Solarnutzung* 400
 - 6.2.3.3 *Aktive Solarnutzung* 402
 - 6.2.4 Nachhaltige Standortplanung 402
 - 6.2.5 Optimierte Flächennutzung durch kombinierte Betriebshöfe 404
 - 6.2.6 Minimierung von Emissionen durch dezentrale Betriebsstellen 406
 - 6.2.7 Ökologische Effekte durch Betriebshofmanagement 408
 - 6.3 Ökologischer Ausgleich des Flächenverbrauchs 410
 - 6.3.1 Ausgleichsmaßnahmen auf dem Gelände 410
 - 6.3.2 Ausgleichsmaßnahmen außerhalb des Geländes 412
 - 6.3.3 Minimierung der Flächenversiegelung/Entsiegelung 412
 - 6.3.4 Verwendung wasserdurchlässiger Flächenbefestigungen 412
 - 6.3.5 Dach- und Fassadenbegrünung 414
 - 6.4 Regenerative Energien gewinnen und Energieeffizienz steigern 418
 - 6.4.1 Stromerzeugung auf Betriebshofdächern und an Fassaden mittels Photovoltaik 418
 - 6.4.2 Brauchwassererwärmung durch Solarthermie 424
 - 6.4.3 Nutzung solarer Energie aus Fassadenelementen zur Raumtemperierung 426
 - 6.4.4 Sorptionsgestützte Klimatisierung 428
 - 6.4.5 Nutzung von Geothermie zur Gebäudetemperierung 428
 - 6.5 Abwärmegewinnung und Verringerung von Wärmeverlusten 430
 - 6.5.1 Kraft-Wärme-Kopplung 430
 - 6.5.2 Einsatz energieeffizienter Heizkessel 432
 - 6.5.3 Verbesserung der Wärmedämmung bei Gebäudesanierung 432
 - 6.5.4 Verringerung von Wärmeverlusten durch Bereichstrennung 432
 - 6.5.5 Wärmerückgewinnung und natürliche Kühlung 436
 - 6.5.5.1 *Wärmerückgewinnung und natürliche Kühlung bei der Belüftung* 436
 - 6.5.5.2 *Wärmerückgewinnung bei Kompressoren* 438
 - 6.5.5.3 *Natürliche Kühlung durch Grundwassernutzung* 440
 - 6.6 Maßnahmen zur Energieeinsparung 444
 - 6.6.1 Einfluss der Fahrzeugabstellung auf den Energiebedarf 444

- 4.2.8 Using innovative technology to reduce emissions 325
 - 4.2.8.1 *Noise emissions* 325
 - 4.2.8.2 *Electromagnetic radiation* 329
- 4.2.9 Environmentally sensitive rail vehicle development 329
 - 4.2.9.1 *Basic design* 329
 - 4.2.9.2 *Material and energy needs in operation* 329
 - 4.2.9.3 *Recyclability* 331
 - 4.2.9.4 *Strategies for the future* 331
- 4.3 Other fleet vehicles 333
- 4.4 Summary and recommend actions 337
- 4.5 Literature/Sources 344
- 5 Operation 347**
 - 5.1 Energy-efficient driving 347
 - 5.1.1 Potential for savings 347
 - 5.1.2 Rapid transit networks 347
 - 5.1.3 Trams 357
 - 5.1.4 Bus services 357
 - 5.1.5 Rail services 357
 - 5.1.6 Drivers' influence 359
 - 5.1.7 Automatic train operation 361
 - 5.2 Adapting vehicle size to demand 363
 - 5.2.1 Bus services 363
 - 5.2.2 Rail services 367
 - 5.2.3 Automatic operation 369
 - 5.3 Environmentally sound, climate-friendly operation at stops 371
 - 5.3.1 Request stops 371
 - 5.3.2 Double stops 379
 - 5.3.3 Loops and turning facilities 379
 - 5.4 Additional operational energy-saving measures 385
 - 5.4.1 Alternative transport services 385
 - 5.4.2 Dead runs 385
 - 5.4.3 Energy-saving vehicle stabling 387
 - 5.4.4 Operations of vehicle heating 387
 - 5.4.5 Environmentally friendly ticketing 387
- 5.5 Summary and recommend actions 391
- 5.6 Literature/Sources 394
- 6 Depots, workshops, buildings 397**
 - 6.1 Foreword 397
 - 6.2 Sustainability in planning and construction 399
 - 6.2.1 Minimising environmental effects as part of planning 399
 - 6.2.2 Sustainable building 399
 - 6.2.3 Solar optimisation of buildings 401
 - 6.2.3.1 *Influencing factors* 401
 - 6.2.3.2 *Passive solar use* 401
 - 6.2.3.3 *Active solar use* 403
 - 6.2.4 Sustainable location planning 403
 - 6.2.5 Optimising use of space with combined depots 405
 - 6.2.6 Minimising emissions with decentralised depots 407
 - 6.2.7 Environmental effects through depot management 409
 - 6.3 Ecological compensation for land use 411
 - 6.3.1 On-site compensatory measures 411
 - 6.3.2 Off-site compensatory measures 413
 - 6.3.3 Minimising surface sealing/Unsealing 411
 - 6.3.4 Use of water-permeable surfacing 411
 - 6.3.5 Green roofs and facades 415
- 6.4 Harvesting renewable energy and boosting energy efficiency 419
 - 6.4.1 Using photovoltaics to generate power on depot roofs and facades 419
 - 6.4.2 Using solar thermal energy to heat service water 425
 - 6.4.3 Using solar energy from facade elements to control room temperatures 427
 - 6.4.4 Sorption-supported air conditioning 429
 - 6.4.5 Using geothermal energy to control temperatures inside buildings 429
- 6.5 Waste heat recovery and the reduction of heat loss 431
 - 6.5.1 Combined heat and power generation 431
 - 6.5.2 Use of energy-efficient boilers 433
 - 6.5.3 Improving thermal insulation when renovating buildings 433
 - 6.5.4 Reducing heat loss by partitioning 433
 - 6.5.5 Heat recovery and natural cooling 437
 - 6.5.5.1 *Heat recovery and natural cooling in ventilation* 437
 - 6.5.5.2 *Heat recovery using compressors* 439
 - 6.5.5.3 *Using groundwater for natural cooling* 441
- 6.6 Energy-saving measures 445
 - 6.6.1 Influence of vehicle parking on energy requirements 445
 - 6.6.2 Switching off auxiliary equipment when parking vehicles 447
 - 6.6.3 Saving energy when washing vehicles 447
 - 6.6.4 Saving energy in air compressors 447
 - 6.6.5 Saving on operationally required heating 449
 - 6.6.6 Saving energy on lighting 449

- 6.6.2 Abschaltung von Nebenverbrauchern bei der Fahrzeugabstellung 446
- 6.6.3 Energieeinsparung bei der Fahrzeugwäsche 446
- 6.6.4 Energieeinsparung bei Druckluftkompressoren 446
- 6.6.5 Energieeinsparung bei betrieblich notwendiger Beheizung 448
- 6.6.6 Energiesparen bei der Beleuchtung 450
- 6.6.7 Weitere Maßnahmen zur Energieeinsparung in Gebäuden 452
- 6.7 Schonender Umgang mit Wasser 454
 - 6.7.1 Regenwasserbewirtschaftung 454
 - 6.7.2 Regenwasserversickerung 454
 - 6.7.3 Regenwassernutzung 456
 - 6.7.4 Verringerung des Frischwasserverbrauchs und der Abwasserbelastung 456
 - 6.7.4.1 Wassereinsparung 456
 - 6.7.4.2 Vermeidung der Abwasserbelastung sowie Abwasserbehandlung 458
 - 6.7.4.3 Reinigungsmittel 460
- 6.8 Abfallbehandlung und -entsorgung 462
- 6.9 Emissionsschutz an Fahrwegen und Betriebsanlagen 464
 - 6.9.1 Schall- und Erschütterungsschutz an betrieblichen Einrichtungen 464
 - 6.9.2 Emissionsschutz an technischen Einrichtungen 466
- 6.10 Gebäudeautomation 468
- 6.11 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 470
- 6.12 Literatur/Quellen 476
- 7 Umweltmanagement 478**
 - 7.1 Umweltmanagementsysteme 478
 - 7.1.1 Gesamtkonzepte 478
 - 7.1.2 Organisatorische Einzelmaßnahmen 490
 - 7.2 UITP-Charta für eine nachhaltige Entwicklung 498
 - 7.2.1 Ziele der UITP-Charta 498
 - 7.2.2 Anforderungen für eine Unterzeichnung der UITP-Charta 498
 - 7.2.3 Unterzeichner der UITP-Charta 502
 - 7.2.4 UITP-Nachhaltigkeitsindikatoren 504
 - 7.2.5 Beispiele für Aktivitäten deutscher Unterzeichner 506
 - 7.3 Eco-Training für Fahrzeugführer 512
 - 7.3.1 Zielsetzung 512
 - 7.3.2 Schulung der Omnibusfahrer zur Förderung des energiesparenden Fahrens 512
 - 7.3.3 Schulung von Fahrzeugführern für Schienenbahnen 516
 - 7.3.4 Einsatz von Fahr simulatoren und computergestützten Ausbildungsplätzen 518
 - 7.3.5 Ausbildungsstätten, Aus- und Weiterbildung der Fahrlehrer und Ausbilder 522
 - 7.3.6 Aktivitäten deutscher Verkehrsunternehmen 524
 - 7.4 Umweltfreundliche Beschaffung 530
 - 7.4.1 Zielsetzung 530
 - 7.4.2 Rechtlicher Hintergrund 530
 - 7.4.3 Kosten umweltfreundlicher Produkte 530
 - 7.4.4 Gesamtansatz 532
 - 7.4.5 Ausschreibungen/Lastenhefte für Fahrzeuge 532
 - 7.4.6 Lieferantenauswahl 536
- 7.5 Energieverbrauchs-optimierte Fahrpläne 538
- 7.6 Kommunikation 542
 - 7.6.1 Grundsätze 542
 - 7.6.2 Instrumentarium 544
- 7.7 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 548
- 7.8 Literatur/Quellen 552
- 8 Finanzierung 556**
 - 8.1 Finanzierungsbedarf 556
 - 8.1.1 Volkswirtschaftlicher Nutzen des ÖPNV 556
 - 8.1.2 Derzeitige Finanzaufwendungen für den ÖPNV 558
 - 8.1.3 Nachholbedarf bei Erneuerungsinvestitionen 558
 - 8.1.4 Mittel- und langfristige Entwicklung des investiven Finanzierungsbedarfs 560
 - 8.1.5 Mittel- und langfristige Entwicklung des konsumtiven Finanzierungsbedarfs 560
 - 8.2 Bisherige Finanzierungsgrundlagen und deren mittelfristige Entwicklung 564
 - 8.2.1 Die drei Säulen der ÖPNV-Finanzierung 564
 - 8.2.2 Verbindliche Grundlagen staatlicher (Ko-)Finanzierung 568
 - 8.2.3 Finanzhilfen nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz – GVFG-Bundesprogramm 572
 - 8.2.4 Auswirkungen des Entflechtungsgesetzes 574
 - 8.2.5 Finanzbeträge nach dem Regionalisierungsgesetz (RegG) 578
 - 8.2.6 Regelungen der Bundesländer 578
 - 8.2.7 Derzeitige und zukünftige Probleme 582

6.6.7	Further building-related energy-saving measures 453	7.2.5	Examples of activities by German signatories 507	8.1.2	Current financial expenditure on public transport 559
6.7	Careful use of water 455	7.3	Environmental training for drivers 513	8.1.3	Need to catch up on investment in renovations 559
6.7.1	Rainwater management 455	7.3.1	Objective 513	8.1.4	Medium- and long-term development of financing needs for investment 561
6.7.2	Rainwater seepage 455	7.3.2	Training bus drivers to encourage energy-saving driving 513	8.1.5	Development of consumption-related financing needs in the medium and long term 561
6.7.3	Using rainwater 457	7.3.3	Training drivers of rail vehicles 517	8.2	Current funding base and its medium-term development 565
6.7.4	Cutting fresh water consumption and waste water contamination 457	7.3.4	Use of driving simulators and computer-aided training places 519	8.2.1	The three pillars of public transport funding 565
6.7.4.1	<i>Saving water</i> 457	7.3.5	Training centres, basic and continuing training of driving instructors and trainers 523	8.2.2	Mandatory basis for state (co)financing 569
6.7.4.2	<i>Curbing wastewater contamination and treatment</i> 459	7.3.6	Activities of German transport companies 525	8.2.3	Financial assistance under the federal programme of the Municipal Transport Financing Act (GVFG) 573
6.7.4.3	<i>Cleaning agents</i> 461	7.4	Environmentally friendly procurement 531	8.2.4	Effects of the Unbundling Act 575
6.8	Waste treatment and disposal 463	7.4.1	Objective 531	8.2.5	Funding under the Public Transport Regionalisation Act 579
6.9	Controlling emissions on roadways and in operating facilities 465	7.4.2	Legal background 531	8.2.6	Federal state schemes 579
6.9.1	Controlling noise and vibrations at operating facilities 465	7.4.3	Cost of environmentally friendly products 531	8.2.7	Current and future issues 583
6.9.2	Protecting against emissions from technical facilities 467	7.4.4	Overall approach 533	8.3	Possibilities for taking more account of environmental and climate-related measures in public transport financing 587
6.10	Building automation 469	7.4.5	Calls for tenders and performance specifications for vehicles 533	8.3.1	Securing current public transport contributions to climate and environmental protection through long-term financing strategies 587
6.11	Summary and recommend actions 471	7.4.6	Choice of suppliers 537	8.3.2	Current possibilities for accentuating measures conducive to the environment and the climate within public transport funding 587
6.12	Literature/Sources 476	7.5	Timetables optimised for energy consumption 539	8.3.2.1	<i>Possibilities and limits of self-financing in implementing energy-saving measures</i> 587
7	Environmental management 479	7.6	Communication 543	8.3.2.2	<i>Possible incentives to attain (higher) environmental and climate protection standards under existing public transport funding</i> 591
7.1	Environmental management systems 479	7.6.1	Principles 543		
7.1.1	Overall concepts 479	7.6.2	Communication tools 545		
7.1.2	Individual organisational measures 489	7.7	Summary and recommend actions 549		
7.2	The UITP Charter on Sustainable Development 499	7.8	Literature/Sources 552		
7.2.1	Objectives of the UITP Charter 499	8	Financing 557		
7.2.2	Requirements for signing the UITP Charter 503	8.1	Need for financing 557		
7.2.3	Signatories of the UITP Charter 505	8.1.1	Economic utility of public transport 557		
7.2.4	UITP sustainability indicators 505				

- 8.3 Möglichkeiten einer verbesserten Berücksichtigung umwelt- und klimarelevanter Maßnahmen in der ÖPNV-Finanzierung 586
 - 8.3.1 Sicherung derzeitiger Leistungen des ÖPNV für den Klima- und Umweltschutz durch langfristige Finanzierungsstrategien 586
 - 8.3.2 Vorhandene Möglichkeiten zur verbesserten Berücksichtigung umwelt- und klimarelevanter Maßnahmen in der ÖPNV-Finanzierung 586
 - 8.3.2.1 *Möglichkeiten und Grenzen der Selbstfinanzierung von Energiesparmaßnahmen* 586
 - 8.3.2.2 *Mögliche Anreize zur Realisierung (erhöhter) Umwelt- und Klimaschutzstandards in der bestehenden ÖPNV-Förderung* 590
 - 8.3.2.3 *Staffelung der Förderung in Abhängigkeit von (erhöhten) Umwelt- und Klimaschutzstandards* 594
 - 8.3.3 Möglichkeiten der Übertragung von Förderungsmaßnahmen aus anderen Bereichen 596
 - 8.3.3.1 *Umweltprämie bei Ersatzbeschaffung* 596
 - 8.3.3.2 *Lärmsanierung* 598
 - 8.3.3.3 *Lkw-Maut* 600
 - 8.3.3.4 *Weitere Maßnahmen* 604
 - 8.3.4 Möglichkeiten der Übertragung von Finanzierungsalternativen aus dem Ausland 606
 - 8.3.4.1 *Nahverkehrsabgaben* 606
 - 8.3.4.2 *City-Maut* 608
 - 8.3.5 Neue Möglichkeiten 608
 - 8.3.5.1 *Möglichkeiten und Grenzen ordnungspolitischer Maßnahmen* 608
 - 8.3.5.2 *Kompensation / Reduzierung von Steuern und Abgaben für den ÖPNV* 610
 - 8.3.5.3 *Sonderprogramme* 614
 - 8.3.5.4 *Nutzer- / Vorteil-orientierte Finanzierungsmodelle* 616
 - 8.3.5.5 *„Gemeindefinanzkraftstärkungsgesetz“: ein mögliches neues Instrument?* 618
 - 8.3.5.6 *Förderkriterium „Umwelt- und Klimaschutz“ bei ÖPNV-Großprojekten* 620
 - 8.3.5.7 *Stärkere Gewichtung umwelt- und klimarelevanter Belange auf europäischer Ebene* 624
 - 8.4 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen 628
 - 8.5 Literatur/Quellen 634
 - 8.5.1 Rechtliche Grundlagen 634
 - 8.5.2 Richtlinien und Empfehlungen 638
 - 8.5.3 Veröffentlichungen der EU 639
 - 8.5.4 Veröffentlichungen des BMVBS 640
 - 8.5.5 VDV-Publikationen 641
 - 8.5.6 Publikationen der STUVA 641
 - 8.5.7 Publikationen von Kommunalen Spitzenverbänden und Kommunen 642
 - 8.5.8 Weitere Literaturquellen 642
- ## 9 Zusammenfassende Checklisten 644
- ## BAND 2
- Vorworte 20
- Einführung 26
- ### 10 Umwelt- und Klimaschutzprobleme und Herausforderungen 32
- 10.1 Vorbemerkungen 32
 - 10.2 Globale Probleme und Herausforderungen 36
 - 10.2.1 Zunahme der Weltbevölkerung 38
 - 10.2.2 Überschreiten der Biokapazität – Ökologischer Fußabdruck 38
 - 10.2.3 Zunehmende Industrialisierung, Urbanisierung und Motorisierung 40
 - 10.2.4 Steigerung des Energieverbrauchs 40
 - 10.2.5 Endliche Vorkommen fossiler Brennstoffe 40
 - 10.2.6 Verteuerung fossiler Energien 44
 - 10.2.7 Zunehmende Kohlendioxid-Emissionen 44
 - 10.2.8 Ausstoß von Methan 46
 - 10.2.9 Globale Erwärmung 48
- ### 10.3 Regionale und lokale Probleme und Herausforderungen 50
- 10.3.1 Umweltbelastungen 50
 - 10.3.2 Lokale Herausforderungen 50
- ### 10.4 Literatur/Quellen 58
- ## 11 Reale und prognostizierte Auswirkungen und Lösungsansätze 60
- 11.1 Globale Auswirkungen 62
 - 11.1.1 Globale Erwärmung und mögliche Folgen 62
 - 11.1.2 Weitere Auswirkungen 66
 - 11.1.3 Globale Kosten 66
 - 11.2 Regionale und lokale Auswirkungen 70
 - 11.2.1 Regionale Auswirkungen und Kosten 70
 - 11.2.2 Lokale Kosten und Auswirkungen 72
 - 11.3 Ziele und Wege zur Problemlösung 74
 - 11.3.1 Maßnahmen bei der Energiebereitstellung 74
 - 11.3.2 Maßnahmen beim Energieverbrauch 76
 - 11.3.3 Emissionshandel 76
 - 11.3.4 Strukturelle Maßnahmen 80
 - 11.3.5 Regionale und lokale Ziele und Wege 80
 - 11.4 Literatur/Quellen 86

- 8.3.2.3 *Differentiation of funding commensurate with (increased) environmental and climate protection standards* 595
- 8.3.3 Possibilities for transferring funding measures from other areas of activity 597
 - 8.3.3.1 *Environmental bonus for replacements* 597
 - 8.3.3.2 *Noise abatement* 599
 - 8.3.3.3 *Road toll for heavy goods vehicles* 601
 - 8.3.3.4 *Further measures* 605
- 8.3.4 Possibilities for transferring financing alternatives from abroad 607
 - 8.3.4.1 *Local transport charges* 607
 - 8.3.4.2 *Congestion charging* 609
- 8.3.5 New possibilities 609
 - 8.3.5.1 *Possibilities and limits of regulatory measures* 609
 - 8.3.5.2 *Compensation/reduction of taxes and levies for public transport* 609
 - 8.3.5.3 *Special programmes* 615
 - 8.3.5.4 *User-/benefit-oriented financing models* 617
 - 8.3.5.5 *Municipal Finance Strengthening Act: a possible new instrument?* 619
 - 8.3.5.6 *Funding criteria concerning environmental and climate protection in large-scale public transport projects* 621
 - 8.3.5.7 *Greater European emphasis on environmental and climate considerations* 621
- 8.4 Summary and recommended actions 629
- 8.5 Bibliography/Sources 634
 - 8.5.1 Legal basis 634
 - 8.5.2 Directives and recommendations 638
 - 8.5.3 EU publications 639
- 8.5.4 Publications by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS) 640
- 8.5.5 Publications by the Association of German Transport Companies (VDV) 641
- 8.5.6 Publications by the Research Association for Underground Transportation Facilities (STUVA) 641
- 8.5.7 Publications by municipalities and associations of municipalities 642
- 8.5.8 Other sources consulted 642
- 9 Checklist summaries 645**
- VOLUME 2**
- Preface 21
- Introduction 27
- 10 Environmental and climate protection – Issues and challenges 33**
- 10.1 Preliminary remarks 33
- 10.2 Global issues and challenges 37
 - 10.2.1 Increase in world population 37
 - 10.2.2 Exceeding biocapacity – The ecological footprint 39
 - 10.2.3 Increasing industrialisation, urbanisation and motorization 39
 - 10.2.4 Increased energy consumption 41
 - 10.2.5 Exhaustion of fossil-fuel stocks 41
 - 10.2.6 Increasing fossil-fuel prices 45
 - 10.2.7 Rising carbon-dioxide emissions 45
 - 10.2.8 Methane emissions 45
 - 10.2.9 Global warming 47
- 10.3 Regional and local issues and challenges 51
 - 10.3.1 Environmental damage 51
- 10.3.2 Local challenges 51
- 10.4 Literature/Sources 58
- 11 Actual and predicted effects and possible solutions 61**
- 11.1 Global effects 63
 - 11.1.1 Global warming and its potential consequences 63
 - 11.1.2 Further effects 67
 - 11.1.3 Global costs 69
- 11.2 Regional and local consequences 71
 - 11.2.1 Regional consequences and costs 71
 - 11.2.2 Local consequences and costs 73
- 11.3 Targets and solutions 75
 - 11.3.1 Energy-provision 75
 - 11.3.2 Energy consumption 77
 - 11.3.3 Emissions trading 79
 - 11.3.4 Structural measures 81
 - 11.3.5 Regional and local targets and action 81
- 11.4 Literature/Sources 86
- 12 Technological principles in the energy sector 89**
- 12.1 Conventional energy as a bridging technology 89
- 12.2 Energy from fossil fuels 93
 - 12.2.1 Basic principles 93
 - 12.2.2 Formation and environmental impact of fossil fuels 93
 - 12.2.3 Types of power plants using fossil fuels 97
 - 12.2.4 Processes to enhance the environmental performance of fossil fuel power plants 99

12 Technologische Grundlagen im Bereich Energie 88

- 12.1 Konventionelle Energie als Brückentechnologie 88
- 12.2 Energie aus fossilen Energieträgern 92
 - 12.2.1 Grundprinzipien 92
 - 12.2.2 Entstehung fossiler Brennstoffe und Umweltwirkungen 92
 - 12.2.3 Kraftwerkstypen für fossile Brennstoffe 96
 - 12.2.4 Verfahren zur Umweltverbesserung beim Kraftwerksbetrieb mit fossilen Brennstoffen 98
- 12.3 Energiebereitstellung aus Kernbrennstoffen 106
 - 12.3.1 Grundprinzipien 106
 - 12.3.2 Umweltrisiken beim Betrieb von Kernkraftwerken 106
 - 12.3.3 Umweltrisiken bei Produktion und Sicherung radioaktiver Abfälle 106
 - 12.3.4 Zukunft der Kernkraft 110
- 12.4 Energie aus erneuerbaren Energieträgern 112
 - 12.4.1 Initiativen zur Förderung erneuerbarer Energien 112
 - 12.4.2 Einteilung und Anteile erneuerbarer Energieträger 114
 - 12.4.2.1 Einteilungsgrundsätze 114
 - 12.4.2.2 Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch 116
 - 12.4.2.3 Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung 116
 - 12.4.3 Wasserkraft 120
 - 12.4.3.1 Grundprinzipien 120
 - 12.4.3.2 Installierte Leistungen und Energiebereitstellung 120
 - 12.4.3.3 Bauarten von Wasserkraftwerken 122
 - 12.4.3.4 Bauarten von Wasserturbinen 122

- 12.4.4 Windenergie 126
 - 12.4.4.1 Installierte Windenergieleistungen und Energiebereitstellung 126
 - 12.4.4.2 Offshore- und Onshore-Windanlagen 128
 - 12.4.4.3 Energieübertragung und Systemdienstleistungen 132
 - 12.4.4.4 Hauptkomponenten einer Windenergieanlage 136
- 12.4.5 Solarenergie 140
 - 12.4.5.1 Grundprinzipien 140
 - 12.4.5.2 Technologien 140
 - 12.4.5.3 Formen von Photovoltaikanlagen 142
 - 12.4.5.4 Installierte Leistungen 144
 - 12.4.5.5 Solarthermische Kraftwerke 144
- 12.4.6 Bioenergie 148
 - 12.4.6.1 Grundprinzipien 148
 - 12.4.6.2 Biomasse 150
 - 12.4.6.3 Biokraftstoffe 152
 - 12.4.6.4 Biogas 152
 - 12.4.6.5 Biomethan 154
 - 12.4.6.6 Nutzung der Bioenergie in Deutschland 154
- 12.4.7 Geothermie 154
 - 12.4.7.1 Definitionen und Ursprung 154
 - 12.4.7.2 Thermische Bodeneigenschaften 156
 - 12.4.7.3 Praktisch nutzbare Geothermiequellen 160
 - 12.4.7.4 Energie-Entnahme aus dem Boden 160
 - 12.4.7.5 Nutzbarmachung der Geothermie 164
 - 12.4.7.6 Ökologische Aspekte 166
- 12.5 Literatur/Quellen 172

13 Rechtliche Rahmenbedingungen 174

- 13.1 Einleitung 174
- 13.2 Rahmeninitiativen 176
 - 13.2.1 Die EU-Strategie für nachhaltige Entwicklung 176

- 13.2.2 Sechstes Umweltaktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft (2002–2012) 178
- 13.2.3 Paket zur „Ökologisierung des Verkehrs“ 180
- 13.2.4 Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 182
- 13.3 Klimawandel und Energieeffizienz 184
 - 13.3.1 Das Kyoto-Protokoll und die internationale Klimadiplomatie 184
 - 13.3.2 Das Energie- und Klimawandelpaket 188
 - 13.3.3 Energieeffizienz 190
 - 13.3.4 Integriertes Energie- und Klimaprogramm für Deutschland 192
- 13.4 Schadstoffemissionen des Verkehrs 194
 - 13.4.1 Richtlinie über Luftqualität 194
 - 13.4.2 Schadstoffemissionen von Straßenfahrzeugen (EURO-Schadstoffnormen) 196
 - 13.4.3 Schadstoffemissionen von nichtstraßengebundenen Fahrzeugen 198
 - 13.4.4 Luftreinhaltung in Deutschland 198
- 13.5 Lärm 200
 - 13.5.1 Richtlinie über Umgebungslärm 200
 - 13.5.2 Reifenlärm und -emissionen 200
 - 13.5.3 Umsetzung der EG-Umgebungslärmrichtlinie in Deutschland 202
- 13.6 Aktionsplan urbane Mobilität 204
- 13.7 Richtlinie über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge 206
- 13.8 Umweltverträglichkeitsprüfung 208
- 13.9 Literatur/Quellen 210
- 14 Glossar 212

12.3	Energy generation using nuclear fuels	107	12.4.5.2	Technologies	141	13.3	Climate change and energy efficiency	185
12.3.1	Basic principles	107	12.4.5.3	Types of photovoltaic system	143	13.3.1	The Kyoto Protocol and international climate diplomacy	185
12.3.2	Environmental risks associated with nuclear power plant operation	107	12.4.5.4	Installed capacity	145	13.3.2	The energy and climate package	189
12.3.3	Environmental risks associated with the production and safe disposal of radioactive waste	107	12.4.5.5	Solar thermal power stations	147	13.3.3	Energy efficiency	191
12.3.4	The future of nuclear energy	109	12.4.6	Bioenergy	149	13.3.4	Integrated energy and climate programme for Germany	193
12.4	Energy from renewable sources	113	12.4.6.1	Basic principles	149	13.4	Emissions from transport	195
12.4.1	Initiatives to promote renewable energies	113	12.4.6.2	Biomass	151	13.4.1	Air quality directive	195
12.4.2	Classification and breakdown of renewable energy sources	115	12.4.6.3	Biofuels	153	13.4.2	Pollutant emissions from road vehicles (EURO standards)	197
12.4.2.1	Classification principles	115	12.4.6.4	Biogas	155	13.4.3	Pollutant emissions from non-road vehicles	197
12.4.2.2	Shares of renewable energies in final energy consumption	115	12.4.6.5	Biomethane	155	13.4.4	Air pollution control in Germany	199
12.4.2.3	Share of renewable energies in electricity generation	117	12.4.6.6	The use of bioenergy in Germany	155	13.5	Noise	201
12.4.3	Hydropower	119	12.4.7	Geothermics	155	13.5.1	Environmental Noise Directive	201
12.4.3.1	Basic principles	119	12.4.7.1	Definitions and origin	155	13.5.2	Tyre noise and emissions	201
12.4.3.2	Installed capacities and energy provision	119	12.4.7.2	Thermal soil properties	157	13.5.3	Transposition of the Environmental Noise Directive in Germany	201
12.4.3.3	Different types of hydropower plant	121	12.4.7.3	Exploiting geothermal sources in practice	159	13.6	Action Plan on urban mobility	205
12.4.3.4	Types of water turbines	123	12.4.7.4	Extracting energy from the ground	161	13.7	The Directive on the procurement of clean road vehicles	207
12.4.4	Wind power	127	12.4.7.5	Utilising geothermal energy	165	13.8	Environmental Impact Assessment	209
12.4.4.1	Installed wind power capacity and energy provision	127	12.4.7.6	Environmental aspects	167	13.9	Literature/Sources	210
12.4.4.2	Offshore and onshore wind power plants	129	12.5	Literature/Sources	172	14	Glossary	213
12.4.4.3	Power transmission and system services	135	13	Legal framework	175			
12.4.4.4	Main components in a wind power facility	135	13.1	Introduction	175			
12.4.5	Solar energy	141	13.2	Framework initiatives	177			
12.4.5.1	Basic principles	141	13.2.1	The EU Sustainable Development Strategy	177			
			13.2.2	The Sixth Community Environment Action Programme (2002–2012)	179			
			13.2.3	The Greening Transport Package	179			
			13.2.4	German sustainability strategy	181			

Vorwort



Dr. Peter Ramsauer

Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Die Bewahrung der Schöpfung gehört zu den zentralen Herausforderungen, denen sich die Politik heute weltweit stellen muss. Auch für die Bundesregierung gehören daher der Umwelt- und Klimaschutz zu den herausragenden Zielen.

Gerade der Verkehrsbereich kann und muss dazu einen wichtigen Beitrag leisten. Insbesondere der Straßenverkehr hängt noch immer weitgehend von fossilen Brennstoffen ab, die einerseits endlich sind und deren Verwendung zum anderen die Erwärmung der Erdatmosphäre fördert.

Deswegen müssen wir langfristig unsere Abhängigkeit von diesen Energieträgern reduzieren. Hierfür ist die Elektromobilität eine Schlüsseltechnologie, die wir mit der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien verbinden wollen.

Das vorliegende Werk beleuchtet die Rolle des ÖPNV in diesen Zusammenhängen. Gerade hier finden neuartige Technologien gute Rahmenbedingungen für eine zügige Erprobung. Das BMVBS fördert daher entsprechende Projekte – im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie und auch im Rahmen des Programms Elektromobilität in Modellregionen.

So erproben wir Brennstoffzellen- und Dieselhybridbusse für den Straßen- und Dieseltriebwagen mit Hybridantrieben für den Schienenverkehr. Wir untersuchen ganz neue Formen der induktiven Energieübertragung für elektrisch angetriebene Busse und Bahnen, die dann keine aufwändigen Oberleitungen mehr benötigen. Schließlich erforschen wir, wie individuellen Mobilitätsbedürfnissen durch integrierte Mobilitätslösungen aus ÖPNV-Angeboten und Elektro-PKWs Rechnung getragen werden kann.

Wir arbeiten also daran, den ohnehin schon umweltfreundlichen ÖPNV noch umweltfreundlicher zu machen. Weitere Anregungen erhoffe ich mir von einer umfassenden Analyse bestehender und geplanter Maßnahmen des Umwelt- und Klimaschutzes im ÖPNV, die ich bei der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA), einem bewährten Partner im Themenfeld Verkehr und Umwelt, in Auftrag gegeben habe. Der ÖPNV eröffnet besondere Möglichkeiten, weil Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Fahrzeugen sowie auch das Verkehrsmanagement aus einer Hand gestaltet oder doch zumindest beeinflusst werden können. Diese Möglichkeiten sollten wir uns für ein systematisches Vorgehen zu Nutze machen.

Über dies und vieles mehr will das vorgelegte Gesamtwerk informieren. Die vielfältigen Ansätze und Möglichkeiten dann auch umfassend in praktisches Handeln umzusetzen, ist die Aufgabe der Verkehrsunternehmen. Hierzu dienen die Handlungsempfehlungen am Ende eines jeden Kapitels sowie die Checklisten in Kapitel 9.

Die durchgehende Zweisprachigkeit der Veröffentlichung wird erfreulicherweise dazu beitragen, die Ergebnisse unserer Forschungen und Entwicklungen auch im Ausland bekannt zu machen.

Mein Dank gilt dem projektbegleitenden Ausschuss für seine engagierte Mitwirkung sowie allen Bearbeitern und besonders natürlich der gesamtverantwortlichen STUVA für dieses fachlich breit angelegte und qualitativ hoch stehende Werk, dem ich eine weite internationale Beachtung wünsche.

Preface

Dr. Peter Ramsauer

Federal Minister of Transport, Building and Urban Development

Preserving the integrity of creation is one of the key challenges that policymakers throughout the world have to address today. Protecting the environment and tackling climate change are thus also among the Federal Government's most important objectives.

The transport sector, perhaps more than any other sector, can and must make a major contribution towards achieving these goals. Road transport, in particular, is still largely dependent on fossil fuels, and these fuels are not only finite, but their use also speeds up the warming of the earth's atmosphere.

That is why, in the long term, we have to reduce our dependence on these sources of energy. Electric mobility is a key technology for this purpose, and one that we want to combine with the greater use of renewable energy.

This publication looks at the role played by local public transport in these contexts. This sector, in particular, provides an excellent environment for the rapid trialling of innovative technologies. The Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development is thus providing financial assistance to appropriate projects – within the framework of the National Hydrogen and Fuel Cell Technology

Innovation Programme and the Electric Mobility in Pilot Regions Programme.

Thus, trials are being conducted involving fuel cell powered and hybrid diesel buses for road transport and hybrid diesel railcars for rail transport. We are exploring completely new forms of inductive energy transfer for electrically powered buses and trains, which will then no longer require expensive overhead lines. Finally, we are carrying out research into how individual mobility requirements can be met by integrated mobility solutions comprising local public transport services and electric cars.

Local public transport is already environmentally friendly, and our activities are designed to make it even more so. I hope we will get further suggestions from a comprehensive analysis of existing and planned measures for protecting the environment and tackling climate change in the local public transport sector, which I have commissioned from the Research Association for Underground Transportation Facilities (STUVA), a seasoned partner for research on all issues relating to transport and the environment. Local public transport opens up special opportunities, because the planning, construc-

tion, operation and maintenance of vehicles as well as traffic management can be shaped, or at least influenced, by a single entity. We should exploit these opportunities and adopt a systematic approach.

This book provides information on this and much more besides. It is now up to transport operators to translate the multiplicity of approaches and opportunities into comprehensive practical action. This is the purpose of the recommendations for action at the end of each chapter and the checklists in Chapter 9.

I am delighted that the book is completely bilingual, because this means that the results of our research and development activities will become known to a much wider audience outside the German-speaking world.

My thanks go to the project-monitoring committee for its commitment as well as to all those involved in editorial work, and of course especially to the STUVA, which had overall responsibility, for this wide-ranging and high-quality book, which I hope will attract widespread international interest.

Vorwort



Jürgen Fenske
VDV-Präsident



Dr. Dieter Klumpp
Vorsitzender VDV-Förderkreis

Zweifellos hat der ÖPNV schon immer einen großen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz geleistet. Im motorisierten Verkehr nimmt er auf diesem Gebiet sogar deutlich eine führende Stellung ein. Wenn somit berechtigt die Forderung erhoben wird, das Verkehrswesen müsse seine in den letzten Jahrzehnten ständig steigenden CO₂-Emissionen deutlich senken, so gilt hierbei der ÖPNV als Problemlöser und nicht als besonderer Problembereich.

Wenn der ÖPNV jedoch seine führende Stellung im Umwelt- und Klimaschutz behalten will, so muss auch er selbst ständig an Verbesserungen arbeiten und alle Chancen nutzen, die sich ihm technisch und wirtschaftlich auf diesem Gebiet bieten. Vor allem sind sich alle Beteiligten darin einig, dass Maßnahmen in Einzelbereichen, z. B. nur bei den Fahrzeugen, allein nicht ausreichen, um lokal und global erfolgreich zu sein. Vielmehr müssen alle ÖPNV-Bereiche mit ihren „Herstellungsketten“ in die Verbesserungsstrategien einbezogen werden. Und bei einer solch umfassenden Betrachtung besteht auch beim ÖPNV noch Handlungsbedarf, wenn auch anerkannt werden muss, dass in den Verkehrsunternehmen vieles bereits umgesetzt worden ist und anderes sich in der Erprobungs- oder gar in der Erstumsetzungsphase befindet.

Weil VDV und VDV-Förderkreis diesen Gesamtansatz als richtig erkannten, haben sie gemeinsam mit BMVBS und DEVK das Projekt zu diesem Buch initiiert und den Auftrag an die STUVA erteilt, im ÖPNV alle Ansätze für einen umfassenden Umwelt- und Klimaschutz zu erkunden und im Hinblick auf die Umsetzbarkeit im Rahmen einer Gesamtstrategie zu bewerten. So werden ausgehend von den planerischen Ansätzen im Bereich der Stadtentwicklung, über die Haltestellen und Fahrwege, die Fahrzeuge und den Betrieb, die Betriebshöfe, Werkstätten und Gebäude bis hin zum Umweltmanagement und den Kommunikationsstrategien alle Maßnahmen und Ansätze aufgezeigt, die für einen verbesserten Umwelt- und Klimaschutz im ÖPNV jetzt und in Zukunft als aussichtsreich angesehen werden. In konsequenter Verfolgung dieses Ansatzes wird auch die Finanzierung einer ausführlichen Analyse unterzogen. Das Ergebnis ist ein Kompendium, das in dieser umfassenden Vollständigkeit bisher auf keinem Fachgebiet existiert. Es zeigt damit gleichzeitig auch die Stärke des ÖPNV auf, die darin besteht, zu einem derartig umfassenden Ansatz fähig zu sein. Kein anderer Verkehrsträger hat direkten Einfluss auf alle dargestellten Bereiche. Die darin liegende einmalige Chance zu nutzen, ist für den ÖPNV eine der herausragenden Aufgaben der Zukunft. Dieses Buch kann dabei

Wegweiser sein und vielfältige Anregungen vermitteln. Das gilt selbst vor dem Hintergrund, dass nicht alle aufgezeichneten Maßnahmen in allen Verkehrsunternehmen technisch und wirtschaftlich umsetzbar sind, weil immer auch die örtlichen Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle spielen.

So legen VDV und VDV-Förderkreis mit dem neuen Band der Blauen Reihe des VDV erneut ein „Standardwerk“ vor. Weil das Thema im wahrsten Sinne des Wortes „grenzüberschreitend“ ist, wird wiederum eine durchgehend deutsch/englische Fassung angeboten. Möge es hierdurch sowohl in Deutschland als auch international zu vielfältigen Umsetzungen Anlass geben.

Die Erstellung dieses Buches war wegen der außerordentlich breit gestreuten fachlichen Bereiche eine ganz besondere Herausforderung und erforderte neben der Arbeit der STUVA auch die Hinzuziehung zahlreicher Spezialisten sowie einer umfassenden Arbeit im projektbegleitenden Ausschuss. Unser ganz besonderer Dank gilt allen Beteiligten; nicht nur für die hochqualifizierte und engagierte Arbeit, sondern auch für die präzise Abwicklung in einem eng gesteckten Zeitrahmen. Das Buch erscheint zum richtigen Zeitpunkt. Es kann somit dazu beitragen, die Diskussionen über Umwelt- und Klimaschutz in die richtigen Bahnen zu lenken.

Preface

Jürgen Fenske
President of the Association of
German Transport Companies (VDV)

Dr Dieter Klumpp
Chairman of the VDV Promotional Group

There is no doubt that public transport has always made a major contribution to environmental and climate protection. Moreover, operators of motorised transport are clearly extremely ecologically minded. So when calls are quite rightly made for reductions in the CO₂ emissions caused by traffic, which have been rising steadily in recent decades, public transport should be seen as a source of possible solutions and not as a part of the problem.

Nonetheless, if public transport intends to retain its leading position in environmental and climate protection, it too must constantly strive to improve and, to this end, exploit every technically feasible and economically justifiable opportunity. Most importantly, the consensus among all stakeholders is that measures only affecting individual areas (such as vehicles) will not be enough to guarantee success either locally or globally. Instead, strategies for improvement should involve all domains of public transport and their associated 'chains of production'. While adopting such a broad overview makes it clear that public transport still has some headway to make, it must surely also be acknowledged that operators have made major efforts and are still testing or piloting numerous other solutions.

It was precisely because the Association of German Transport Companies (VDV) and the VDV Promotional Group recognised

that the general approach being taken was correct that they, along with the Federal Ministry for Transport, Building and Urban Development (BMVBS) and the mutual insurance company DEVK, launched the project to create this book and duly assigned the Research Association for Underground Transport Facilities (STUVA) to look into the various steps being taken to optimise environmental and climate protection in all areas of Germany's public transport sector and then assess how well they could be incorporated into a practicable overall ecological strategy. Accordingly, this book examines all the relevant measures and approaches that are deemed 'promising' in that they contribute towards improving environmental and climate protection in public transport. The areas covered range from urban planning measures, stops, tracks and road space, vehicles, service delivery, depots, workshops and other buildings to environmental management and communication strategies. Consistently guided by the chosen holistic approach, the book also contains a comprehensive analysis of public transport financing. The resulting compendium is surely more complete than any other work of its kind, which in itself highlights a strength of public transport, namely its capability of taking such a comprehensive approach. No other type of transport can directly influence all the areas mentioned in the book. Making the most of this unique chance is one of the primary

challenges facing public transport operators in the future. This book can offer them both guidance and a host of useful suggestions. Of course, not all the measures it discusses will be technically feasible or economically viable for all transport companies, because local conditions also play a decisive role in determining such matters.

In this sense, VDV and the VDV Promotional Group set out to produce a new standard reference work with this book, the latest publication in the Blue Series. Since transport today (quite literally!) knows no borders, the book is being published as a bilingual German/English work, the hope being that this will encourage efforts to implement a wide range of solutions not only in Germany, but also further afield.

Compiling this book proved to be an exceptional challenge in view of the particularly broad spectrum of topics covered. It therefore draws on the experience of numerous specialists and demanded a tremendous effort on the part of the project's advisory committee, as well as from STUVA. Consequently, we would like to offer special thanks to everyone involved in the book's production for their expertise, dedication and meticulous attention to detail, even in the face of a tight deadline. This book is being published at exactly the right time, which should help it to guide the debate about environmental and climate aspects down the right track.

Vorwort



Friedrich W. Gieseler
Vorstandsvorsitzender
der DEVK Versicherungen

Umwelt- und Klimaschutz erfordern nicht nur eine branchen- und verkehrsträgerübergreifende Behandlung, sondern sie benötigen zu ihrer Realisierung nach unserer festen Überzeugung auch ideelle Unterstützung und finanzielle Anreize. Dies war einer der Ansatzpunkte für die DEVK Versicherungen, sich auf dem Gebiet der Ökologie und Nachhaltigkeit umfassend zu engagieren. Im Fokus stehen dabei:

- die Förderung des Einsatzes regenerativer Energien (die gesamte eigene Zentrale in Köln wird regenerativ versorgt);
- die Verleihung des „ÖkoGlobe“ für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der nachhaltigen Mobilität in verschiedenen Kategorien (u. a. auch im ÖPNV);
- die Gewährung rabattierter Tarife in der Kfz-Versicherung für BahnCard- und JobTicket-Inhaber sowie für Fahrer besonders schadstoffarmer Fahrzeuge.

Darüber hinaus fördert die DEVK im Rahmen der bundesweiten Initiative „Elektromobilität“ über das gemeinsam mit dem VDV gegründete Forum für Verkehr und Logistik die Entwicklung von drei Elektrobus-Prototypen einschließlich der zugehörigen Infrastruktur. Dabei werden wir von der Überzeugung geleitet, dass im ÖPNV Elektromobilität bereits in großem Umfang erfolgreich stattfindet und somit dort entsprechende Erfahrungen vorliegen. Eine Ausdehnung auf den Omnibussektor kann somit dort am ehesten und effektivsten umgesetzt werden.

Genau dies ist auch der Ansatzpunkt dafür, warum sich das Forum für Verkehr und Logistik und darüber auch die DEVK an dem Projekt der STUVA beteiligt haben, über die bestehenden und in Zukunft möglichen (weiteren) Beiträge des ÖPNV zum Umwelt- und Klimaschutz eine Untersuchung durchzuführen und die Ergebnisse in Buchform zu veröffentlichen. Wir sehen diesen hier beschrittenen Weg eines umfassenden, d.h. alle ÖPNV-Bereiche erfassenden Ansatzes zur Lösung der Problematik, als die richtige Strategie an. Nicht zuletzt ermöglicht die Aufteilung dieser Arbeit in einen Maßnahmenteil, der sich an der praktischen Umsetzung in den einzelnen Bereichen des ÖPNV orientiert, sowie einen Grundlagenteil eine „gestaffelte Vertiefung“ nach individuellen Bedürfnissen.

Die hiermit vorgelegte Arbeit verdeutlicht in eindrucksvoller Weise die Vielzahl bereits erfolgter Umsetzungen von Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen im ÖPNV, aber auch die große Zahl weiterer möglicher Ansätze. Dabei haben nicht nur die Themen Energieverbrauch und Energieeffizienz eine herausragende Bedeutung. Auch die heutige und zukünftige Rolle der erneuerbaren Energien in den sehr energieintensiven Bereichen des ÖPNV wird deutlich. Damit ist nicht nur der Anknüpfungspunkt an unsere Elektrobus-Initiative gegeben; dieser Gedanke wird sogar auf viele andere Gebiete des ÖPNV sinnvoll

erweitert und damit in einen größeren Rahmen gestellt. Genau dies sollten aus unserer Sicht Forschungsförderungs-Initiativen bewirken.

Schließlich ist begrüßenswert, dass die dargestellten technischen Maßnahmen auch damit verbundene Wirtschaftlichkeits- und Finanzierungsfragen aufgreifen. Das Thema der „finanziellen Anreize“ zur schnellen und umfassenden Umsetzung von Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen geht weit über das hinaus, was eine Versicherung diesbezüglich leisten kann. Viele der technischen Maßnahmen sind nämlich mit Zusatzkosten verbunden, die sich nicht von vornherein für die Verkehrsunternehmen rechnen oder die sich zumindest erst über einen sehr langen Zeitraum amortisieren. Hier sind somit auch die Regierungen des jeweiligen Landes gefordert, entsprechende Unterstützung zu leisten. Möge die umfassende Darstellung der Finanzierungsmöglichkeiten in diesem Buch dazu beitragen, zu einer schnellen und effizienten Lösung bei der Nachfolge zum bald auslaufenden Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz zu kommen.

Unser Dank gilt der STUVA und den zahlreichen Mitstreitern für die umfassende und qualifizierte Bearbeitung dieses Werks und dem Verlag für die ansprechende Gestaltung. Das alles kann bei der Schwierigkeit und Vielfalt der Thematik keine leichte Aufgabe gewesen sein und verdient deshalb eine besondere Würdigung.

Preface

Friedrich W. Gieseler

Chairman of the Board, DEVK

We are convinced that while an approach covering all sectors and transport modes is important for optimal environmental and climate protection, support in the form of ideas and financial incentives is also crucial. This was one of the considerations that drove DEVK to make a substantial commitment to ecology and sustainability, focussing on:

- promoting the use of renewable energy (our head office in Cologne is supplied with renewable energy throughout);
- awarding the ÖkoGlobe prize for outstanding achievements in sustainable mobility in a number of categories (including public transport);
- offering discounted car insurance to holders of BahnCard and JobTicket rail passes and drivers of very low-emission vehicles.

Furthermore, as part of the nationwide electric mobility initiative, DEVK is promoting the development of three electric bus prototypes and their associated infrastructure through the Transport and Logistics Forum, set up together with the Association of German Transport Companies (VDV). Our decision to do this was prompted by the firm belief that the public transport sector has plenty of experience with electric mobility and can already draw on numerous successes in that domain. Accordingly, applying that know-how to buses would be most effective

and likely to succeed in the public transport sector.

This is precisely why the Transport and Logistics Forum (and, by extension, DEVK) decided to participate in STUVA's project to examine the contributions that public transport already makes to environmental and climate protection and could make in the future, and publish the results in the form of a book. We believe it was the right strategy to seek future solutions by adopting a holistic approach covering all aspects of public transport. After all, the way the book has been structured - one part concerning measures and their practical application in the various domains of public transport, the other dealing with fundamental issues - enables readers to consider all angles of the topic at different levels.

This work provides an impressive overview of the full range of environmental and climate protection measures that have been implemented in public transport, but also points the way to many other potentially positive steps. Energy consumption and energy efficiency are not the only important considerations here, so the book also duly discusses the current and future role of renewable energies in very energy-intensive areas of public transport. This ties in with our initiative on electric buses, but is also wisely expanded to many other areas of public transport, to broaden the scope of

potential solutions. In our view, this is exactly how research support initiatives should work.

Finally, we are pleased to see that the book's presentation of technical measures also covers the associated issues of cost-effectiveness and financing. Offering financial incentives for the swift and comprehensive implementation of environmental and climate protection measures goes way beyond what an insurance company can achieve in this connection. For many of the technical measures mentioned entail additional costs that transport companies cannot calculate in advance or that will certainly have to be written off over a very long time. The governments of Germany's respective federal states will thus also have to provide the necessary support. We sincerely hope that this book's presentation of the different financing options will help in the urgent quest to find a viable, effective successor to the Municipal Transport Financing Act (GVFG), which is due to expire shortly.

We would like to thank STUVA and everyone who worked on the project for their painstaking and thoroughly professional contribution to the book, and the publishing house for designing such an attractive layout. Given the topic's complexity and the diversity of issues covered, developing the book cannot have been an easy task, so the impressive end result deserves special recognition.



Bild 11.3/5: Entwicklung der Spot- und Vertragspreise in €/t CO₂-Äquivalent [11/2]
 Figure 11.3/5: Trend in spot and contract prices in €/t CO₂-equivalent [11/2]

Kritiker der derzeitigen Form des Emissionshandels bemängeln, dass von Beginn an zu viele Verschmutzungsrechte ausgegeben wurden. Nach Statistiken der EU wurden im Jahr 2006 für insgesamt 1.865 Millionen Tonnen Kohlendioxid Emissionsrechte ausgegeben, aber nur 1.835 Millionen Tonnen davon genutzt. Einerseits lassen sich so die anvisierten Klimaschutzziele nur schwer erreichen, denn nach Forderungen des UN-Klimaberichtes

müssen die globalen CO₂-Emissionen jährlich um 3 % zurückgehen, damit die Folgen des Treibhauseffektes kontrollierbar bleiben. Die Zuteilungen für den EU-Emissionshandel legen jedoch lediglich eine sechsprozentige Reduktion für die Jahre 2008 bis 2012 zugrunde (gemessen am Stand von 2005). Andererseits sanken durch dieses Überangebot die Preise pro Tonne CO₂ von mehr als 30 Euro im April 2006 innerhalb eines Jahres auf rund

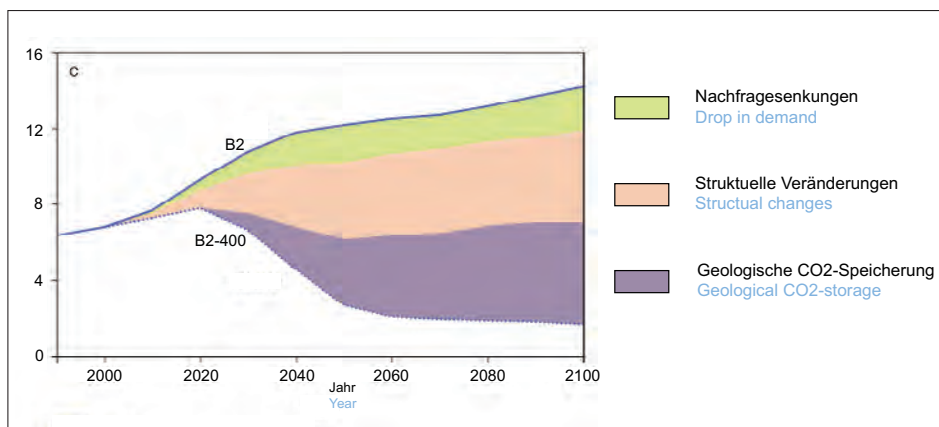


Bild 11.3/6: Möglicher Verlauf der weltweiten CO₂-Emissionen aus Energieerzeugung und Industrie (in Gigatonnen Kohlenstoff) und Wirkung verschiedener Maßnahmen [11/24]

Figure 11.3/6: Potential trend in worldwide levels of CO₂ emitted through energy generation and industrial activity (in Gt of carbon) and the effect of various measures [11/24]

einen Euro im April 2007 (Bild 11.3/5). Die Lage verschärfte sich durch die Weltwirtschaftskrise 2008 weiter, denn durch Rückgänge in der Produktion blieben weitere Zertifikate ungenutzt, die nun weiterverkauft oder für die nächste Phase des Emissionshandels aufgespart werden können. Dadurch bestehen kaum noch Anreize, in CO₂-arme Produktionstechniken zu investieren [11/25].

11.3.4 Strukturelle Maßnahmen

Trotz der technologischen Fortschritte und finanziellen Anreize zeigt sich allerdings: Einzelmaßnahmen am Energiemarkt allein reichen nicht aus. Nur zusammen mit strukturellen Anpassungen, z. B. der Stärkung regionaler Wirtschaftskreisläufe oder der Verbesserung des Emissionshandels, und technischen Lösungen kann es zu einer nennenswerten Emissionsminderung kommen (Bild 11.3/6).

Insgesamt wird daraus aber auch deutlich, dass selbst sofort eingeleitete und sehr schnell umgesetzte globale Maßnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen im Ökosystem erst zeitlich stark verzögert zu entsprechenden Verbesserungen führen werden. Der „kurzfristige“ Wirkungshorizont liegt bei etwa 20 bis 50 Jahren; der „mittelfristige“ bei 80 bis 100 Jahren (Bild 11.3/7).

11.3.5 Regionale und lokale Ziele und Wege

Die globalen Ziele müssen zwangsläufig auf Länder, Regionen und Städte „heruntergebrochen“ werden. Das bedeutet: Der globale Effekt setzt sich letztendlich zusammen aus einer Fülle einzelner Maßnahmen oder (besser) aufeinander abgestimmter Maßnahmenbündel. Diese wiederum

rail transport and undermining the goal of reducing emissions and establishing a sustainable transport policy. During the second trading period, the disadvantages of rail transport already in evidence since 2005 have intensified in comparison to other modes of transport as a result of emissions trading. The reduced allocation of emissions allowances and the partial sale of certificates has given rise to extra costs for electric rail transport under emissions trading. There is also the threat that from 2013 onwards the burdens will increase since decisions at EU level concerning full auctioning of emissions allowances in the energy sector will result in further additional costs for electric rail transport. From 2012 onwards, air transport will be covered by the emissions trading system. However, the reduction requirements are less stringent for this sector and airlines will be issued the majority of the certificates they require free of charge.

Critics of the emissions trading system in its current form bemoan the fact that too many pollution allowances were issued from the outset. According to EU statistics, in 2006 emissions allowances were issued for a total of 1.865 billion tonnes of CO₂, but only 1.835 million tonnes were actually emitted. On the one hand, then, the stated climate-protection targets would appear to be relatively difficult to achieve since according to the requirements laid down in the UN's climate-change report, worldwide CO₂ emissions must be reduced by 3% annually in order to contain the consequences of the greenhouse effect while the allowances issued under the EU emissions trading system are designed to achieve a reduction of 6% annually during the period 2008-2012 (as against 2005 figures). On the other, however, this surplus supply of allowances resulted in a drop in the price

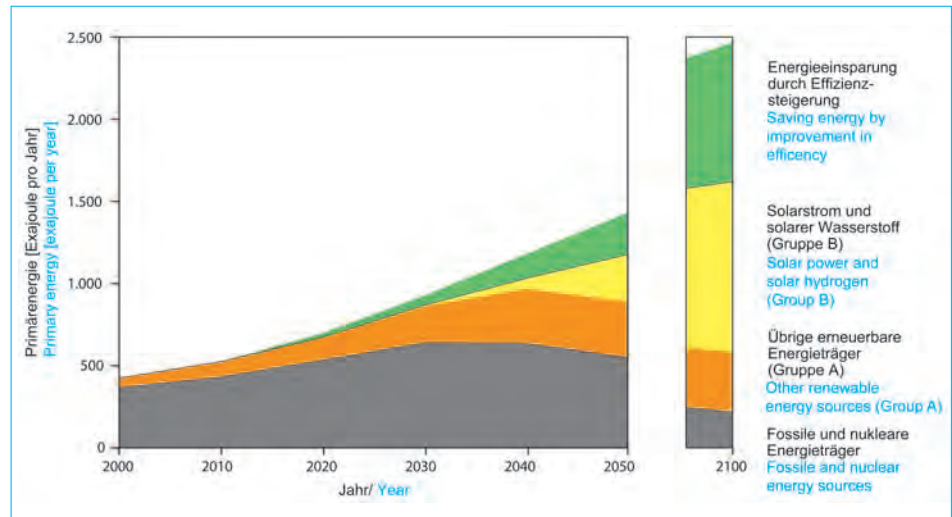


Bild 11.3/7: Energieeinsatz und Energieeffizienzsteigerung im exemplarischen Pfad nach WBGU [11/24]
Figure 11.3/7: Hypothetical model of energy usage and increase in energy efficiency based on data compiled by the WBGU [11/24]

of 1 t of CO₂ from €30 in April 2006 to approximately €1 by April 2007 (Figure 11.3/5). The situation was exacerbated by the global economic crisis in 2008 in that on account of lower levels of production, more certificates went unused; these are now being sold on or else being kept for use during the next phase of the trading system. As such, there is barely any incentive any more for operators to invest in technologies which generate less CO₂ [11/25].

11.3.4 Structural measures

Despite technological developments and financial incentives, it would appear that individual measures on the energy market are not enough on their own to bring about the required changes. Only in conjunction with structural adaptations (e.g. consolidating regional economic systems and enhancing emissions trading) and technical solutions can emissions levels be reduced significantly (Figure 11.3/6).

However, a broad view of the situation would suggest clearly that even if global measures to reduce CO₂ emissions are introduced immediately and implemented rapidly, it will still be a considerable time before any tangible improvements are seen. The 'short-term' timespan for such improvements is approximately 20 to 50 years, while the 'medium-term' outlook is approximately 80 to 100 years (Figure 11.3/7).

11.3.5 Regional and local targets and action

It is crucial that the global targets agreed also be applied in the individual federal states and at regional and town level so that the overall impact is achieved via a combination of individual or more appropriately interrelated measures. In turn, such a system must be implemented in various stages, the core goals forming the framework within which to determine the required measures. Against this backdrop,

