

**Volkswirtschaftliche Schriften**

---

**Heft 503**

**Engpässe bei  
Verkehrs-Infrastrukturen**

**Von**

**Ulrike E. Berger**



**Duncker & Humblot · Berlin**

ULRIKE E. BERGER

## Engpässe bei Verkehrs-Infrastrukturen

# Volkswirtschaftliche Schriften

Begründet von Prof. Dr. Dr. h. c. J. Broermann †

Heft 503

# Engpässe bei Verkehrs-Infrastrukturen

Von

Ulrike E. Berger



Duncker & Humblot · Berlin



Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Berger, Ulrike E.:**

Engpässe bei Verkehrs-Infrastrukturen / von Ulrike E. Berger. –

1. Aufl. – Berlin : Duncker und Humblot, 2000

(Volkswirtschaftliche Schriften ; H. 503)

Zugl: Hohenheim, Univ., Diss., 1998

ISBN 3-428-09686-X

D 100

Alle Rechte vorbehalten

© 2000 Duncker & Humblot GmbH, Berlin

Fotoprint: Berliner Buchdruckerei Union GmbH, Berlin

Printed in Germany

ISSN 0505-9372

ISBN 3-428-09686-X

Gedruckt auf alterungsbeständigem (säurefreiem) Papier  
entsprechend ISO 9706 ☉

## Geleitwort

Daß viele Verkehrs-Infrastrukturen temporäre Kapazitätsengpässe aufweisen, erlebt fast jeder in Form von Staus, Verspätungen, überfüllten oder ausgebuchten Verkehrsmitteln etc. Dies sind Minderungen der Nutzungsqualität, die in verschiedener Weise zu gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtsverlusten führen können.

Die Folgen von Infrastrukturengpässen und die Methoden zur Bewältigung von aktuellen oder potentiellen Überlastphänomenen sind in den einzelnen Verkehrsbereichen unterschiedlich. Die jeweiligen institutionellen Arrangements sind durchaus nicht immer das Ergebnis expliziter ökonomischer Kalküle. Pretiale Rationierungsverfahren bestehen neben nicht-pretialen oder der Abwesenheit jeglicher Überlastvorsorge. Für den Verkehrssektor gilt häufig, daß die Nutzungsregelungen zeitkritisch sind, da die Überlasten (z.B. exogene Nachfragespitzen oder Kapazitätsminderungen durch Störfälle) spontan und überraschend auftreten können. Außerdem werfen preisliche Steuerungsmechanismen z.B. im Straßenverkehr erhebliche Transaktionsprobleme auf.

Ulrike E. Berger analysiert die Probleme von Infrastrukturengpässen systematisch mit den bewährten ökonomischen Instrumenten und geht an vielen Stellen darüber hinaus. Das Erkenntnisinteresse ist dabei explizit auf die praktische wirtschaftspolitische Anwendung gerichtet. Die Ausführungen sind konkret auf bestimmte Verkehrssektoren bezogen (insbesondere Straßen, Flughäfen, Schienenwege), aber auch auf andere Bereiche übertragbar. Am Beispiel der Start- und Landeslots für Flughäfen wird deutlich gemacht, wie auch komplexere Zusammenhänge (z.B. Aggregationseffizienzen im Rahmen einer wirtschaftlichen Flugplangestaltung) durch Auktionen bewältigt werden können. Bei adäquater institutioneller Umsetzung sind derartige nichtdiskriminierende Regelungen in der Lage, die wettbewerbsbeschränkenden Folgen marktbeherrschender Positionen einzelner Flugesellschaften zu reduzieren.

*Jörn Kruse*



## Geleitwort

Eine Untersuchung, die sich mit Engpässen bei Verkehrs-Infrastrukturen befaßt, ist heutzutage aktueller denn je. Täglich wird fast jeder mit entsprechenden Situationen konfrontiert. Entweder man steht mit dem Fahrzeug im Stau, oder das Flugzeug hat wegen Überlastung des Luftraums Verspätung, oder der schienengebundene Nah- und Fernverkehr ist überfüllt. Politik und Wirtschaft sind gemeinsam gefragt, hier Abhilfe zu schaffen und Konzepte zur Lösung der drängenden Verkehrsprobleme zu entwickeln. Sonst droht ein mit hohen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Kosten verbundener Verkehrsinfarkt. Vor diesem Hintergrund ist es das Verdienst der vorliegenden Arbeit von Ulrike E. Berger, das Problem nicht nur in aller Deutlichkeit darzustellen, sondern auch Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen, um den Engpässen im Verkehrswesen zu begegnen.

Als Gesamtkonzern, der in seinem Kerngeschäft Fahrzeugbau täglich mit Mobilitätsfragen konfrontiert wird, und auch als innovativer Dienstleister, der Mobilitätskonzepte anbietet und umsetzt, begrüßen wir die vorliegende Arbeit. Sie hilft uns nicht nur in unserem Verständnis für die Gründe von Kapazitätsgrenzen im Verkehr weiter, sondern bietet Denkansätze für Lösungsmöglichkeiten auf privatwirtschaftlicher Basis, die für uns wiederum die Chance für Aktivitäten in neuen Geschäftsfeldern sind. Durch die Praxisnähe der hier vorliegenden Untersuchung ergänzen sich Wissenschaft und Wirtschaft in vorbildlicher Weise. Obwohl die Literatur zu verschiedenen Teilbereichen der hier behandelten Materie bereits recht umfangreich ist, sind dezidiert praxisorientierte und damit für Unternehmen konkret verwertbare Arbeiten wie die hier vorliegende eher die Ausnahme.

Die Autorin zeigt, daß Engpässe in der Verkehrs-Infrastruktur bei steigendem Verkehrsaufkommen nicht gottgegeben hingenommen werden müssen, sondern daß über Preissteuerungsmechanismen Wege gefunden werden können, diese Engpässe zu überwinden. Dabei werden die Probleme, die bei der Ermittlung eines angemessenen Preises für die Nutzung der Infrastruktur entstehen, z.B. präzise Informationen über die Nutzung der Verkehrs-Infrastruktur, die Höhe der individuellen Zahlungsbereitschaft der Nutzer oder nicht prognostizierbare Überlastungen bei Infrastrukturnutzung, nicht verschwiegen. Gleichzeitig zeigt Ulrike E. Berger exemplarisch auf, welche Preisfindungsmethoden bei welcher Art der Infrastrukturüberlastung sinnvoll sind. Die Autorin berücksichtigt auch, daß bei der praktischen Umsetzung von Verfahren zur Steuerung von Verkehrsflüssen Betriebskosten für diese Systeme anfallen, die



je nach Komplexität der Lösungen zunehmen und die ebenfalls in die Berechnung eines zumutbaren Preises zur Nutzung der Verkehrsinfrastruktur einfließen müssen. Bei der Entscheidung für oder gegen bestimmte Systeme sind diese Aspekte, die nicht nur den entsprechenden Unternehmen, sondern insbesondere Verkehrspolitikern, die letztlich die Rahmenbedingungen für die sinnvolle Steuerung von Verkehrsströmen schaffen, deutlich vor Augen stehen müssen.

Ulrike E. Berger hat mit ihrer Arbeit einen wichtigen Beitrag zum Verständnis von Überlastungsproblemen im Verkehrswesen und ihrer Überwindung geleistet.

Es ist zu hoffen, daß ihre Studie nicht nur gebührendes Interesse bei verantwortlichen Verkehrspolitikern findet, sondern daß sie Anstoß dazu gibt, daß sich Politik und Wirtschaft künftig noch stärker gemeinsam um die Lösung der drängenden Probleme im Verkehrswesen bemühen.

*Dr. Michael Rummel*

debis AG, Berlin

## Vorwort

Nach den beiden illustrativen, inhaltlich orientierten Vorworten von meinem Doktorvater Prof. Dr. Jörn Kruse und Herrn Dr. Michael Rummel, Leiter des Bereichs „Strategische Planung“ bei der debis AG, möchte ich an dieser Stelle lediglich einige Worte des Dankes aussprechen.

Zunächst möchte ich meiner Mutter und meiner Tante danken, die nicht nur mein Studium als Voraussetzung für diese Arbeit ermöglicht haben, sondern mich sowohl während der Studienzeit als auch während der Promotionsarbeit mittels fein dosiertem Zuspruch bei der Stange gehalten haben.

Mein Dank gilt weiter meinem Doktorvater, der sich selber intensiv mit der Materie auseinandergesetzt und mir durch seine Gesprächs- und Diskussionsbereitschaft eine Vielzahl von Impulsen und neuen Ideen vermittelt hat, was wesentlich zum Gelingen der Arbeit beitrug. Mein Dank gilt ebenso dem Zweitgutachter der Arbeit, Herrn Prof. Dr. Rolf Caesar, der mir im Gespräch ebenfalls neue Perspektiven aufgezeigt hat.

In diesem Zusammenhang möchte ich mich auch bei meinen früheren Kollegen am Lehrstuhl bedanken, die durch ihre gute Zusammenarbeit ein sehr schönes Arbeitsklima geschaffen haben. Nennen möchte ich insbesondere Frau Rosemarie Schlecht als „Mutter des Lehrstuhls“ sowie Frau Sylvia Rottenbiller und Frau Erika Mile, die fachkundig die Abbildungen für meine Arbeit erstellt haben.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Michael Rummel, debis AG, der durch großzügige Unterstützung die Drucklegung der Arbeit ermöglicht hat. Ich würde mich sehr freuen, wenn die debis AG durch diese Arbeit beim Entwerfen innovativer Mobilitätskonzepte unterstützt wird und sich damit mein Ziel, die praktische Anwendung der hier erarbeiteten Konzepte, erfüllen würde.

Last but not least danke ich Herrn Martin Kögler für sein Verständnis und seine Unterstützung besonders während der Schlußphase der Arbeit und Frau Ulrike Marx für ihr genaues und aufopferungsvolles Korrekturlesen der vielen Seiten.

*Ulrike E. Berger*



## Inhaltsverzeichnis

<b>A. Einleitung</b> .....	23
I.    Einführung .....	23
II.   Analytische und begriffliche Grundlegung .....	26
1. Lastabhängige Qualität, Rivalität und Beeinträchtigungskosten .....	26
2. Knappheiten .....	30
3. Vorgehensweise .....	33
<b>B. Infrastrukturnutzung bei vorgegebener Qualität und direkter Rivalität</b> ..	36
I.    Das Nutzungsrecht .....	36
II.   Rationierung von Nutzungsrechten bei Entgelten und Gratisvergabe .....	40
1. Flughafengebühr und Knappheiten .....	40
2. Der effiziente Preis .....	43
3. Der Preismechanismus .....	44
4. Die Transaktionsbedingungen bei der Slotzuweisung .....	47
5. Die Vergabe-Praxis .....	49
a) Großvaterrechte .....	49
b) Newcomerregeln .....	50
6. Bewertung des derzeitigen Umgangs mit Kapazitäts-Knappheiten auf Flughäfen .....	55
III.  Optimale Kapazität .....	57
1. Vorbemerkung .....	57
2. Peak-Load-Pricing Modell mit vereinfachenden Annahmen .....	57
3. Unteilbarkeiten .....	60
<b>C. Infrastrukturnutzung bei variabler Qualität und partieller Rivalität</b> .....	64
I.    Zusammenhang von Nutzungsmenge, Dimension und Qualität .....	64
II.   Stauexternalitäten und effiziente Nutzungsanzahl: optimaler Preis und optimale Qualität .....	69
1. Grundzüge des traditionellen Staumodells .....	70



2. Reflexion des traditionellen Staumodells.....	78
3. Staumodell mit qualitätsangepaßter Nachfragefunktion.....	85
Anhang 1 zu C. II. ....	89
Anhang 2 zu C. II. ....	93
III. Effiziente Dimension für homogene Nutzer .....	94
1. Kapazitätsdefinition.....	94
2. Wohlfahrtsoptimale Dimension.....	97
3. Eigenwirtschaftlichkeit der Infrastruktur.....	102
4. Im Zeitablauf schwankende Nachfrage - Peak-Load-Pricing .....	103
Anhang 1 zu C. III. ....	104
IV. Modifikation der Homogenitätsannahme .....	107
1. Einführung .....	107
a) Die individuelle Bewertung der Fahrteigenschaften .....	107
b) Die Eigenschaften der Nutzer und Fortbewegungsmittel .....	108
c) Die Anforderungen der Nutzer an die Infrastruktur .....	110
2. Kurzfristige Betrachtung.....	110
a) Unterschiedliche individuelle Beeinträchtigungskosten.....	110
b) Unterschiedliche Kostenverursachung .....	115
3. Langfristige Betrachtung: Effizienzverbesserungen durch getrennte Infrastrukturen? .....	118
a) Unterschiedliche individuelle Beeinträchtigungskosten.....	119
b) Unterschiedliche Anforderungen.....	121
c) Unterschiedliche Geschwindigkeiten .....	121
V. Fazit.....	122
<b>D. Reaktionen auf nicht prognostizierbare Überlast.....</b>	<b>126</b>
I. Das Auftreten nicht pretialer Rationierungsmechanismen und deren Folgen im Überblick.....	126
1. Ursachen für stochastische Überlasten .....	126
2. Auswirkungen .....	129
3. Folgen und Reaktionen bei Überlast .....	133
a) Black-out.....	134
b) Loss.....	135
c) Delay .....	135

d) Quality deterioration.....	136
4. Institutionelle Antworten auf Überlast .....	136
a) Bereitstellung einer Reserve-Kapazität .....	137
b) Mengenpolitik und Mengenregulierung.....	137
c) Preispolitik .....	138
5. Zusammenfassung .....	138
II. Kosten der Rationierung .....	139
1. Überblick.....	139
a) Determinanten der Wohlfahrtsverluste im Überblick.....	141
b) Zwischenergebnis.....	142
2. Ex-post Wohlfahrtsminderungen (W-Kosten).....	143
a) Pretiale Rationierung .....	144
b) Rationierung gemäß der niedrigsten Zahlungsbereitschaft (I.WP).....	146
c) Zufallsrationierung (RAN) .....	148
d) Qualitätsverschlechterung .....	150
3. Betriebskosten des Rationierungsverfahrens.....	152
a) Realer Ressourcenverzehr und Nutzenminderungen .....	152
b) Das Ausschlußprinzip und pretiale Rationierung bei Rollbahn- und Straßennutzungen .....	157
4. Kosten der unsicheren Bedienung.....	161
a) Die vergebene Option.....	162
b) Unreliability Kosten .....	166
5. Fazit.....	168
III. Möglichkeiten zur Verringerung der Wohlfahrtsverluste .....	169
1. Preis und Kapazität.....	169
a) Crew/Kleindorfer.....	169
b) Berücksichtigung der Qualitätskomponente: Versorgungssi- cherheit .....	172
2. Terminmärkte .....	176
a) Rationierungsverfahren bei nachfrageinduzierter Überlast .....	178
aa) Reservierung .....	178
(1) Die optimale Anzahl der Rechte .....	184
(2) Reservierung und nachfrageseitige Störfälle.....	184

bb) Priority-Pricing.....	185
(1) Das Grundprinzip .....	185
(2) Die Ausgestaltung.....	190
b) Auswirkungen kapazitätsinduzierter Überlast auf die Ausgestaltung von Reservierung und Priority-Pricing .....	195
c) Kosten für die Operationalisierung von Reservierung und Priority-Pricing .....	198
3. Fazit.....	201
IV.    Zwischenergebnis .....	202
<b>E. Überlegungen zur praktischen Umsetzung der effizienten Lösung für geregelte Nutzungen .....</b>	<b>208</b>
I.    Auktions-Modelle.....	208
1. Die Auktions-Grundmodelle .....	210
a) Englische Auktion .....	210
b) Verdeckte Auktion zum höchsten Gebotspreis.....	211
c) Holländische Auktion.....	211
d) Verdeckte Auktion zum zweithöchsten Gebotspreis.....	212
2. Informationen.....	212
3. Auktionsergebnisse .....	214
4. Unterschiedliche Risikoneigungen und asymmetrische Bieterstruktur .....	215
5. Bieter-Kollusion .....	217
6. Winner's und loser's curse .....	219
7. Zwischenergebnis.....	222
8. Die Versteigerung mehrerer Objekte (sequentielle/simultane Auktionen) .....	223
II.   Charakterisierung der Auktionsobjekte .....	228
1. Kollusionswahrscheinlichkeit, Informationsbedarf und Bieterstruktur .....	228
2. Aggregations-Effizienzen.....	235
III.  Die geeignete Auktion .....	240
1. Definition einer kurzfristig effizienten Slotallokation.....	240
2. Das Ausmaß der gesellschaftlichen Ineffizienzen und der einzelwirtschaftlichen Risiken bei verschiedenen Auktionsverfahren.....	244
a) Die sequentielle Auktion von Paketen homogener Slots.....	245

b) Die simultane mehrstufige Auktion aller Slots mit getrennten Geboten (SMG-Auktion).....	251
c) Die Balinski/Sand (BS)-Auktion.....	256
d) Die Rassenti/Smith/Bulfin (RSB)-Auktion .....	258
e) Eine simultane mehrstufige Auktion mit getrennten Geboten (SMG) und Gebotsrücknahme-Möglichkeit oder kombinierten Geboten (SMK-Auktion).....	259
f) Zwischenergebnis.....	262
<b>F. Die effiziente Lösung und deren institutionelle Organisation.....</b>	<b>268</b>
I. Grundsätzliche Überlegungen.....	268
1. Effizienz durch Slothandel? .....	268
2. Monopolisierungsgefahr auf dem Markt für Flugdienstleistungen? .....	273
a) Wettbewerbsverzerrende Wirkungen von Erstverteilung und Slothandel.....	274
b) Monopolisierungsstrategien .....	274
aa) Slots als Markteintrittsbarriere .....	275
bb) Terminals als Markteintrittsbarrieren .....	280
c) Befristete Nutzungsrechte und ihre Geltungsdauer .....	281
d) Auf welche Weise sollen die Rechte den derzeitigen Nutzern entzogen werden? .....	283
3. Definition der Nutzungsrechte .....	285
a) Ermittlung der effizienten Anzahl Rechte und heterogene Qualitätsbewertung.....	286
b) Auswirkungen heterogener Knappheitsverursachung .....	287
c) Der Prioritätsanspruch als Rechtebestandteil .....	289
4. Zulassung geeigneter Bieter .....	289
a) Ausschluß ungeeigneter Bieter .....	290
b) Zulassung sonstiger Bieter .....	291
II. Anforderungen an den Sekundärmarkt.....	292
I. Korrektur einer ineffizienten Primärallokation .....	294
a) Die Allokation.....	294
b) Aggregations-Effizienzen, Zeit und einzelwirtschaftliche Verluste .....	295
c) Auswirkungen des Sekundärmarktes auf das Bietverhalten.....	296



2. Die Ausgestaltung .....	297
Anhang 1 zu F. II .....	300
III. Das pragmatische Auktionsdesign .....	305
1. BS-, RSB-, SMK- oder SMG-Auktion mit Gebotsrücknahmemög- lichkeit? .....	305
2. Stopp- und Aktivitäts-Regeln .....	311
<b>G. Zusammenfassung .....</b>	<b>318</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>324</b>
<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>338</b>

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Rationierungskosten bei der ad-hoc-Preissetzung und der Reservierung.....	186
Tab. 2:	Kosten verschiedener Rationierungsverfahren bei stochastischen Überlasten.....	206
Tab. 3:	Die Auktions-Grundmodelle.....	213
Tab. 4:	Die Eignung der Auktions-Grundmodelle.....	223
Tab. 5:	Beispiel-Situation 1.....	241
Tab. 6:	Beispiel-Situation 2.....	241
Tab. 7:	Beispiel-Situation 3.....	242
Tab. 8:	Ergebnisvergleich.....	244
Tab. 9:	Wertschätzungen der Fluggesellschaften für Slotpakete in Geldeinheiten (GE).....	246
Tab. 10:	Hypothetisches Ergebnis einer sequentiellen Auktion der Slotpakete X, Y, Z, wenn die Gesellschaften A, D, I planen, ihre nun unbrauchbar gewordenen Slots aus der Gruppe X auf dem Sekundärmarkt zu verkaufen.....	247
Tab. 11:	Hypothetisches Ergebnis einer sequentiellen Auktion der Slotpakete X, Y, Z, wenn die Gesellschaften D und I sich nicht auf den Sekundärmarkt verlassen und versuchen, ihre Verluste durch Gebote auf der Auktion zu minimieren.....	249
Tab. 12:	Hypothetischer Verlauf einer SMG-Auktion.....	252
Tab. 13:	Eignung verschiedener Auktionsverfahren.....	265
Tab. 14:	Das hypothetische, ineffiziente Auktionsergebnis.....	301
Tab. 15:	Das hypothetische Ergebnis von Sekundärmarkt-Transaktionen gemäß Balinski/Sand.....	302
Tab. 16:	Das effiziente Ergebnis nach Sekundärmarkt-Transaktionen.....	304
Tab. 17:	Vergleich von individuellen Gewinn- und Verlust-Situationen.....	305
Tab. 18:	Die SMG-Auktion (Simultane mehrstufige Auktion mit getrennten Geboten) mit Gebotsrücknahmemöglichkeit.....	309
Tab. 19:	Die effiziente Lösung.....	315

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Grenzopportunitätskosten für unregelmäßige und regelmäßige Infrastrukturnutzung.....	27
Abb. 2:	Grenzopportunitätskosten und sonstige nutzungsabhängige Kosten ....	28
Abb. 3:	Nachfrage- und Kostenfunktionen bei regelmäßigen Nutzungen .....	30
Abb. 4:	Nachfrage- und Kostenfunktionen bei unregelmäßigen Nutzungen .....	32
Abb. 5:	Spitzenlast- und Schwachlastnachfrage nach Slots.....	42
Abb. 6:	Zeitliche Struktur des Kaufprozesses/Handlungsprozesses im idealtypischen Fall.....	44
Abb. 7:	Zeitliche Struktur eines Kaufprozesses für den realistischen Fall einzelner, zeitlich verteilter Transaktionen.....	44
Abb. 8:	Konkurrenz um Slots.....	55
Abb. 9:	Optimale Kapazität .....	60
Abb. 10:	Optimale Kapazität bei Unteilbarkeiten.....	62
Abb. 11:	Zusammenhang von Nutzungsmenge, Dimension und Qualität.....	66
Abb. 12:	Das traditionelle Staumodell: Negative Stauexternalitäten und optimale Nutzungsmenge.....	71
Abb. 13:	Straßennutzungspreise bei schwankender Nachfrage .....	78
Abb. 14:	Funktionale Beziehungen zwischen Geschwindigkeit und Dichte sowie zwischen Dichte und Fluß .....	81
Abb. 15:	Soziale Grenzkosten und nicht eindeutig definierbare soziale Durchschnittskosten .....	82
Abb. 16:	Qualitätsangepasste Nachfragefunktion und optimaler Straßennutzungspreis.....	86
Abb. 17:	Ausschnittsvergrößerung aus Abb. 16.....	88
Abb. 18:	Die optimale Kapazität .....	95
Abb. 19:	Variable Infrastruktur-Dimension und Veränderungen der Brutto-Wohlfahrt.....	99
Abb. 20:	Optimale Infrastruktur-Dimension.....	101
Abb. 21:	Der optimale Straßennutzungspreis bei homogenen Nutzern.....	108
Abb. 22:	Heterogene individuelle Beeinträchtigungskosten und effizienter Straßennutzungspreis.....	112

Abb. 23:	Soziale Grenzkosten bei homogenen und heterogenen Geschwindigkeiten .....	115
Abb. 24:	Unerwartete Nachfrageschwankungen .....	127
Abb. 25:	Unerwartete Kapazitätsschwankungen .....	128
Abb. 26:	Nachfrageschwankungen bei konstantem Preis und gegebener Kapazität .....	130
Abb. 27:	Zeitliche Struktur eines Kaufprozesses bei ex-ante Preissetzung und nicht prognostizierbarer Überlast.....	132
Abb. 28:	Die effiziente Allokation .....	145
Abb. 29:	Die effiziente Allokation, realisiert über den Preismechanismus .....	145
Abb. 30:	Konsumentenrente und Wohlfahrtsverlust bei LWP .....	148
Abb. 31:	Konsumentenrente und Wohlfahrtsverlust bei RAN .....	149
Abb. 32:	Qualitätsverschlechterung bei unerwarteter Nachfrageschwankung.....	151
Abb. 33:	Wohlfahrtsgewinn durch effiziente Preissetzung bei partieller Rivalität.....	160
Abb. 34:	Kosten aufgrund der vergebenen Option.....	163
Abb. 35:	Die gesamte individuelle Nutzeneinbuße bei Qualitätsverschlechterung aufgrund spontaner Rationierung .....	164
Abb. 36:	Zeitliche Struktur von Kaufprozessen in verschiedenen Situationen....	166
Abb. 37:	Unreliability Kosten .....	168
Abb. 38:	Kapazitätskosten pro Nutzung für verschiedene Versorgungssicherheiten .....	174
Abb. 39:	Die optimale Versorgungssicherheit.....	176
Abb. 40:	Reservierung.....	180
Abb. 41:	Zeitliche Struktur von Kaufprozessen unter verschiedenen Rationierungsverfahren .....	189
Abb. 42:	Nachfrage nach und Angebot von Prioritäten.....	191
Abb. 43:	Versteigerung mehrerer Objekte.....	225
Abb. 44:	Preissetzung bei der Balinski-/Sand-Auktion .....	256
Abb. 45:	Vergleich von pretialer Primär- und Sekundärallokation .....	271
Abb. 46:	Aggregierte Nachfragefunktion auf dem Sekundärmarkt .....	271



## Abkürzungsverzeichnis

A	Angebotsfunktion
Abb.	Abbildung
AGE	Automatische Gebührenerhebung
Bd.	Band
BKN	Beeinträchtigungskosten bzw. Staukosten pro Nutzung
BS-Auktion	Balinski/Sand Auktion
CQD	constant-quality Nachfragefunktion
D	Verkehrsdichte
DKK	Kapazitätskosten pro Nutzung
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
EVU	Elektrizitätsversorgungsunternehmen
F	Verkehrsfluß
FAA	Federal Aviation Authority
FCC	Federal Communications Commission
GBR	Gebotsrücknahmemöglichkeit
GE	Geldeinheiten
GGW	Gleichgewicht
GO	Grenz-Opportunitätskosten
HMSO	Her Majesty's Stationery Office
Hrsg.	Herausgeber
IATA	International Air Transport Association
i.d.R.	in der Regel
Jg.	Jahrgang
KA	kurzfristige Angebotsfunktion
KGK	kurzfristige Grenzkosten
KK	Kapazitätsgrenzkosten
LWP	Lowest willingness to pay

ME	Marginale Stauexternalitäten
MU	Grenznutzenfunktion
N	Nachfragefunktion
NK	Nachfragefunktion nach Kapazität
NQ	Qualitätsangepaßte Nachfragekurve
o.V.	ohne Verfasser
PGK	Private Grenzkosten
QAD	Quality adjusted demand curve
RAN	Random rationing
RSB-Auktion	Rassenti/Smith/Bulfin
S.	Seite
SDK	Soziale Durchschnittskosten
SGK	Soziale Grenzkosten
SMG-Auktion	simultane, mehrstufige Auktion mit getrennten Geboten
SMK-Auktion	simultane, mehrstufige Auktion mit kombinierten Geboten
Tab.	Tabelle
U	Nutzenfunktion
V	Geschwindigkeit
Vol.	Volume
WA	Aggregierte Wertschätzung
W-Kosten	Ex post Wohlfahrtsminderungen
W(...)	Wertschätzung für ...
u.a.	unter anderem
u.U.	unter Umständen
z.B.	zum Beispiel



## **A. Einleitung**

### **I. Einführung**

Engpässe in Verkehrs-Infrastrukturen sind zu einem gravierenden Problem geworden. Stop-and-go-Fahren oder das Stehen in einem Stau sind für die meisten Autofahrer ärgerliche Realität, wenn die Verkehrsmenge über ein bestimmtes Level anwächst. Lieengebliebene Fahrzeuge oder Baustellen auf stark frequentierten Strecken verschärfen diese Situation. Die Folgen sind vermehrter Streß beim Fahren, erhöhtes Unfallrisiko und Verspätungen.

Flughäfen sind, zumindest zu bestimmten Zeiten, ein weiteres populäres Beispiel für Engpaß-Situationen. Um auch bei Überlastungen dieser Infrastruktur eine sichere Abwicklung des Flugverkehrs zu gewährleisten, müssen einige Flugzeuge am Boden warten oder Schleifen fliegen. Die dadurch verursachten Verspätungen kumulieren sich insbesondere bei aus mehreren Teilschnitten zusammengesetzten Flugstrecken. Stundenlange Wartezeiten auf Flughäfen, insbesondere zu Ferienzeiten, sind den meisten Reisenden bekannt.

Nun sind Überlasten und Engpässe keineswegs auf Verkehrs-Infrastrukturen beschränkte Probleme. Überlasten verursachen beispielsweise in der Versorgungswirtschaft gravierende Probleme. Wird mehr Strom nachgefragt, als das System auf einmal zu liefern im Stande ist, führt dies zum Zusammenbruch des gesamten Netzes (black out). In diesem Fall ist überhaupt keine Bedienung mehr möglich, weshalb Überlasten im Versorgungsbereich besondere Beachtung geschenkt wird. Elektrizitätsversorgungswerke richten i.d.R. ein Lastmanagement ein. Dies ermöglicht es, bei Erreichen der Kapazitätsgrenze einzelne Nachfrager abzuschalten und damit den Betrieb aufrechtzuerhalten.

Ebenso treten bei Kommunikations- und Informations-Infrastrukturen häufig Überlasten auf. Im wesentlichen zu Geschäftszeiten konzentriert sich mehr Nachfrage auf bestimmte Leitungen dieser Netzwerke, als diese störungsfrei bedienen können. Bei Telefondienstleistungen ertönt das Besetztzeichen, was anzeigt, daß die gewünschte Verbindung nicht zustande gekommen ist. Lange Wartezeiten auf Systemantworten sowie schlechtere Übertragungsqualität sind beispielsweise im Internet Auswirkungen von Überlasten.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. z.B. Gupta / Stahl / Whinston (1995), S. 2.

Diese kasuistische Darstellung verschiedener Bereiche sollte einen allgemeinen Eindruck von Überlastproblemen vermitteln. Als Grundlage für die folgende analytische Behandlung dieser Problematik werden nun die wesentlichen Begriffe Verkehrs-Infrastruktur, Überlast und Engpaß definiert.

Mit Verkehrs-Infrastrukturen sind materielle, standortgebundene Anlagen gemeint, die die Durchführung von Transportleistungen ermöglichen. Hervorzuheben ist diesem Zusammenhang der raumbezogene Charakter der Infrastruktur im Sinne einer lokalen Gebundenheit.<sup>2</sup> Die Verfügbarkeit einer Infrastruktur ist weder räumlich noch zeitlich transferierbar. Diese Eigenschaft zeigt, daß Infrastrukturen geradezu prädestiniert für Engpaßprobleme sind, wenn ihre Nutzung sich auf bestimmte räumliche und zeitliche Abschnitte konzentriert.<sup>3</sup>

Unter Überlast wird eine Nachfragemenge verstanden, die die Kapazität übersteigt und daher nicht oder nicht zu gleicher Qualität wie eine der Kapazität entsprechende Nachfrage bedient werden kann. Infrastrukturabschnitte, die von Nachfragemengen, die die Kapazität übersteigen, überlastet sind, werden als Engpässe bezeichnet.

Bei den wenigsten Infrastrukturen handelt es sich um permanente Überlasten des gesamten Systems. Meist übersteigt die Nachfrage die Kapazität lediglich zu bestimmten Zeiten und auf bestimmten Streckenabschnitten. Das gesamte System ist dagegen in den meisten Fällen für eine gleichhohe aber zeitlich und räumlich entzerrte Nachfrage ausreichend dimensioniert. Kritische Nutzungszeiten bei Verkehrs-Infrastrukturen sind z.B. die Rush Hours. Als besonders betroffene Streckenabschnitte lassen sich im wesentlichen Verbindungen zwi-

---

<sup>2</sup> Vgl. Kruse / Kiessling (1997), S. 3.

<sup>3</sup> Diese Erklärung des Terminus Infrastruktur soll als Grundlage für diese Arbeit dienen, da hier lediglich eine auf Verkehrsleistungen bezogene Operationalisierung des Begriffs erforderlich ist. Daher soll an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber auf die Vielschichtigkeit des Begriffs und die zahlreichen Definitionen hingewiesen werden. Die Definitionen lassen sich in drei grobe Kategorien einordnen: die enumerativen Definitionen (Aufzählung von materiellen Objekten und Bereichen) (vgl. dazu z.B. Frey (1972)), die Merkmalsdefinitionen (diese bestimmen die Zugehörigkeit von Objekten und Bereichen zur Infrastruktur über technische, ökonomische und institutionelle Merkmale) (vgl. z.B. Stohler (1965)) und die funktionalen Definitionen, die Infrastrukturen durch ihre ökonomischen Effekte bestimmen (vgl. z.B. Jochimsen (1966)). Letzterer unterscheidet explizit zwischen materieller, institutioneller und personaler Infrastruktur. Obwohl es keine einheitliche, theoretisch präzise Infrastruktur-Definition gibt, finden sich bei vielen Definitionsversuchen ähnliche Charakteristika. Dies sind der Vorleistungscharakter (vgl. dazu grundlegend Hirschman (1958) und Tinbergen (1962)), die Standortgebundenheit sowie Unteilbarkeiten und öffentliches Eigentum und/oder Kontrolle. Vgl. als Sekundärliteratur z.B. Mäding (1978); Schulze (1993); Schatz (1996).

schen Ballungsräumen sowie Strecken, deren Kapazität temporär, z.B. wegen einer Baustelle, verringert ist, identifizieren.

Die ökonomische Reaktion auf derartige unterschiedliche Knappheitssituationen besteht in einer nach Ort und Zeit differenzierten Preisstruktur. Bekannte Beispiele für eine zeitlich differenzierte Preisstruktur finden sich in der Telekommunikation, bei der Stromversorgung und bei Hotels. Hier werden unterschiedlich hohe Preise für verschieden attraktive Nutzungszeiten verlangt. Diese Peak-Load-Preisstruktur gleicht die unterschiedlichen Nachfragemengen und die Kapazität aus, so daß es gar nicht zu der unerwünschten Überlastsituation kommt.

Peak-Load-Preise lassen sich allerdings nur dann korrekt setzen, wenn die Nachfrage prognostizierbar ist, das heißt, der Anbieter muß wissen zu welchen Zeiten wieviel nachgefragt wird. Dies funktioniert beispielsweise beim Telefondienst recht gut; Hauptlasten sind vor- und nachmittags zu erwarten, während spät abends und nachts mit weniger Nachfrage zu rechnen ist. Unerwartete Überlasten, verursacht durch zufällige Nachfrageanstiege oder plötzliche Kapazitätsverringerungen (bei Straßen z.B. durch einen liegengebliebenen LKW), kann die Peak-Load-Preisstruktur hingegen nicht vermeiden: Spontane Überlasten kommen in der Realität sehr häufig vor. Genau prognostizierbare Nachfrage- und Angebotsfunktionen sind eher die Ausnahme. Eine intensive Analyse insbesondere spontaner Überlastsituationen ist erforderlich, um ökonomische Vorschläge zur effizienten Lösung der Überlastproblematik formulieren zu können. Da ökonomische Instrumentarien bislang kaum für solche Überlasten im Verkehrsbereich Anwendung fanden, kommt diesem Gebiet in der vorliegenden Arbeit besondere Bedeutung zu.

Die sich heutzutage im Bereich der Verkehrs-Infrastrukturen zunehmend gravierend darstellenden Überlasten haben im wesentlichen drei Gründe.<sup>4</sup>

Die Deregulierung einiger Verkehrsmärkte hat Infrastruktur-Engpässe erst deutlich gemacht, die im regulierten Umfeld oft kaum bemerkt wurden. Ein prominentes Beispiel dafür ist die Knappheit von Start- und Landerechten auf einigen Flughäfen, die vor der Liberalisierung wegen der geringen Anbieterzahl nicht in dem jetzigen Ausmaß zu Tage trat. Über Knappheiten bezüglich Schienennutzungsrechten auf stark frequentierten Strecken zwischen Ballungszentren wird derzeit noch spekuliert, da die wettbewerbliche Entwicklung des Marktes für Schieneninfrastruktur noch nicht weit vorangeschritten ist.<sup>5</sup>

Zum zweiten ist die Verkehrs-Nachfrage aufgrund größeren Mobilitätsbedürfnisses der Bevölkerung und höheren Einkommens gestiegen, während

---

<sup>4</sup> Vgl. zu der Diskussion von Ursachen von Infrastruktur-Überlasten auch Kruse (1996), S. 183-184.

<sup>5</sup> Vgl. z.B. Aberle / Brenner (1994).