

**Typisierung von Ganglinien
der Verkehrsstärke und
ihre Eignung zur Modellierung
der Verkehrsnachfrage**

von
Lutz Pinkofsky
aus Köln

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig
zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

Eingereicht am	10. Januar 2005
Mündliche Prüfung am	07. Juni 2005
Berichterstatter	Univ.-Prof. Dr. Manfred Wermuth Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Brannolte



INSTITUT FÜR VERKEHR UND STADTBAUWESEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG
UNIV.-PROF. DR. RER. NAT. MANFRED J. WERMUTH

**Schriftenreihe
Heft 54**

Lutz Pinkofsky

**Typisierung von Ganglinien der
Verkehrsstärke und ihre Eignung zur
Modellierung der Verkehrsnachfrage**

**SHAKER
LEBFG**

Aachen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

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

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2005

Copyright Shaker Verlag 2006

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4859-5

ISSN 1615-2948

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde im Januar 2005 im Fachbereich Bauingenieurwesen der Technischen Universität Braunschweig eingereicht. Sie wurde in den Jahren 2000 bis 2004 in externer Bearbeitung erstellt. Sie geht auch auf Forschungsergebnisse zurück, die während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesanstalt für Straßenwesen in Bergisch Gladbach entstanden sind. Ich danke in diesem Zusammenhang Herrn Abteilungsdirektor und Professor Gert Hartkopf und Herrn Klaus Reker für den gegebenen Rückhalt.

Mein besonderer und herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Wermuth für die Betreuung der Arbeit insbesondere für die vielfachen wertvollen Hinweise und Ratschläge sowie für die Übernahme des Hauptberichts. In gleicher Weise danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Brannolte für die Übernahme des Koreferats.

Weiterhin danke ich Herrn Rüdiger Hotop, Herrn Dr. Ingo Koßmann und Frau Edita Bonacker für die kritische Durchsicht von Teilen der Arbeit, Herrn Wolfgang Tautz für die Unterstützung bei der Anfertigung der Grafiken sowie Herrn Prof. Dr. Zackor, Frau Dr. Anja Obersundermeier, Herrn Dr. Gerd Listl und Herrn Dr. Roland Weber für den Anstoß zur Fertigung der Arbeit.

Da ein Großteil der Arbeit neben meiner beruflichen Tätigkeit in Heimarbeit entstanden ist, möchte ich es nicht versäumen, meiner Frau Irene Seiderer für die bewiesene Langmut zu danken.

Die Arbeit ist meinen Eltern gewidmet.

Köln, Dezember 2005

Dipl.-Math. Dipl.-Geogr. Lutz Pinkofsky

Kurzfassung

In der Arbeit wird eine Typisierung von Straßenabschnitten anhand der Jahres-, Wochen- und Tagesganglinien der Verkehrsstärke entwickelt. Darauf aufbauend wird ein Zuordnungsverfahren von Straßenabschnitten des Bundesfernstraßennetzes zu diesen Typen abgeleitet. Die Datenbasis lieferten die bundeseigenen automatischen Dauerzählstellen mehrerer Bezugsjahre.

Für die Typenbildung (Klassifizierung) werden zunächst qualitative und quantitative Kriterien aufgestellt. Unter diesen Qualitätskriterien zufrieden stellende Ergebnisse werden mit einem (leicht modifizierten) nicht hierarchischen Clusterverfahren erzielt. Die Anfangsklassen werden auf Grundlage der Ergebnisse verschiedener hierarchischer Clusterverfahren festgesetzt. Die Zuordnung einzelner Zählabschnitte zu den Typen erfolgt hauptsächlich mit Hilfe von verkehrlichen Kennwerte wie Ferienverkehrsfaktor oder maximale Verkehrsbelastung am Vormittag. Diese Kennwerte sind keinem starren zeitlichen Raster unterworfen. Typenbildung und Zuordnung sind deshalb weitgehend stabil gegen regional zeitlich verschobene Ereignisse (Ferienzeiten in den einzelnen Bundesländern, verschobene Morgenspitze West/Ost) und externe Einflüsse im Jahresverlauf (z.B. Witterung).

Eine Verkehrsnachfragemodellierung auf der Grundlage von (kollektiven) Ganglinientypen findet vornehmlich für verkehrsplanerische Fragestellungen statt. Im Rahmen der sich in der Entwicklung befindlichen volkswirtschaftlichen Bewertung von Erhaltungsmaßnahmen (z.B. im Zusammenhang mit Managementsystemen (BMS, PMS)) ist die Verwendung von Ganglinientypen vorgesehen. Hierbei ist neben der Brauchbarkeit der Typen auch ihre Verfügbarkeit für Abschnitte des Fernstraßennetzes von Bedeutung. Da die o.g. zur Typenzuordnung benötigten Kennwerte grundsätzlich auch anhand geeigneter Kurzzeitzählungen geschätzt werden können, ist diese Zuordnung nicht auf Abschnitte mit Dauerzählstellen begrenzt.

Der Vorteil der Verwendung von typisierten Ganglinien bei der Verkehrsnachfragemodellierung liegt in der Robustheit gegenüber (z.B. kapazitätsbedingten) Einbrüchen der gemessenen Verkehrsstärke im Unterschied zur tatsächlichen Verkehrsnachfrage und der vergleichsweise geringen Anforderung an die Datenbasis. Nachteilig wirkt sich hingegen aus, dass die den Lageparametern zuzurechnenden Ganglinientypen keine Aussage über die Streuung der Einzelwerte beinhalten.

Die abgeleiteten Ganglinientypen werden im Rahmen der jährlichen Auswertung der bundeseigenen Dauerzählstellen als statistische Kennungen zur Beschreibung der Verkehrsstruktur verwendet. Im Rahmen der Anwendung der Zuordnungsverfahren für den Jahresbericht „Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen“ für die Bezugsjahre 2000, 2001 und 2002 konnten hohe Zuordnungsraten für alle Typen beobachtet werden. Durch die abgeleiteten Typen werden nahezu alle „normalen“ Verkehrsverteilungen im (Bundes-)Fernstraßennetz abgebildet.

Inhaltsverzeichnis

TABELLENVERZEICHNIS.....	IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	VI
<u>1</u>	<u>EINLEITUNG..... 1</u>
1.1	DEFINITIONEN 1
1.2	TYPISIERTE GANGLINIEN ZUR CHARAKTERISIERUNG VON STRABENABSCHNITTEN..... 2
1.3	TYPISIERTE GANGLINIEN ZUR HOCHRECHNUNG VON KURZZEITZÄHLUNGEN 4
1.3.1	Vorbemerkung.....4
1.3.2	Ganglinientypen im Innerortsbereich nach Schmidt.....4
1.3.3	Schweizer Gangliniennorm.....5
1.4	TYPISIERTE GANGLINIEN ZUR NACHFRAGEMODELLIERUNG 6
1.4.1	Berechnung von Reisezeitverlusten als Grundlage der baulichen oder betrieblichen Planung.....6
1.4.2	Datengrundlage für die verkehrstechnische Anwendung.....9
1.5	PROBLEMSTELLUNG 10
<u>2</u>	<u>CLUSTERANALYSE..... 12</u>
2.1	VORBEMERKUNG..... 12
2.2	GRUNDLAGEN DER CLUSTERANALYSE..... 12
2.3	OBJEKTORIENTIERTE UND VARIABLENORIENTIERTE DATENANALYSE..... 12
2.4	VARIABLENAUSWAHL (BEI EINER OBJEKTORIENTIERTEN CLUSTERANALYSE) 13
2.5	ÄHNLICHKEITS- UND UNÄHNLICHKEITSMASSE..... 13
2.6	CLUSTERANALYSEALGORITHMEN..... 14
2.6.1	Kriterien zur Systematisierung.....14
2.6.2	Hierarchische Verfahren.....15
2.6.3	Nicht-Hierarchische Verfahren16
2.7	PRÜFUNG DER MODELLPARAMETER 17

3	<u>METHODIK</u>	19
3.1	DATENGRUNDLAGE	19
3.2	ABLEITUNG VON KENNWERTEN	20
3.2.1	Jahresganglinien	20
3.2.2	Wochenganglinien	27
3.2.3	Tagesganglinien	29
3.3	CLUSTERANALYSE	33
3.4	TYPENBILDUNG	35
3.4.1	Allgemeines	35
3.4.2	Darstellung der Jahresganglinientypen	36
3.4.3	Darstellung der Tagesganglinientypen	39
3.5	ABLEITUNG EINES ZUORDNUNGSVERFAHRENS	41
3.6	GANGLINIENTYPEN ALS GRUNDLAGE DER NACHFRAGEMODELLIERUNG	42
3.6.1	Definition	42
3.6.2	Grundsätzliche Methodik	43
3.6.3	Verfahrensmodifikationen	44
3.6.4	Gütebeurteilung	49
4	<u>ERGEBNISSE DER GANGLINIENTYPISIERUNG</u>	50
4.1	JAHRESGANGLINIEN	50
4.1.1	Darstellung und zusammenfassende Beschreibung der Typen	50
4.1.2	Beschreibung der Kennwerte	51
4.1.3	Vergleich nach Straßen- und DTV-Klassen	52
4.1.4	Weitere Differenzierung nach Ferienhauptgruppen	54
4.2	WOCHENGANGLINIEN	56
4.2.1	Darstellung und zusammenfassende Beschreibung der Typen	56
4.2.2	Beschreibung der Kennwerte	57
4.2.3	Darstellung aller Einzelganglinien getrennt nach Typen	59
4.2.4	Vergleich nach Richtung/Gegenrichtung	62
4.2.5	Vergleich nach Straßenklassen	63
4.2.6	Vergleich nach Bundesländern	64
4.3	TAGESGANGLINIEN	66
4.3.1	Darstellung und zusammenfassende Beschreibung der Typen	66
4.3.2	Beschreibung der Kennwerte (Tagesgruppe Montag)	75
4.3.3	Vergleich Richtung/Gegenrichtung	76
4.3.4	Vergleich nach Straßen- und DTV-Klassen	77
4.3.5	Vergleich nach Bundesländern	78

4.4	VERGLEICH NACH KOMBINATIONEN VON TYPEN	79
4.4.1	Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag mit Tagesgruppen Montag und Freitag.....	79
4.4.2	Wochen- mit Tagesganglinientypen	79
4.5	ERGEBNISSE IM ANWENDUNGSKONTEXT	80
4.5.1	Charakterisierung von Straßenabschnitten	80
4.5.2	Nachfragemodellierung	82
5	<u>EIGNUNG VON GANGLINIENTYPEN ZUR NACHFRAGEMODELLIERUNG.....</u>	84
5.1	ANWENDUNGSFALL 1: BERÜCKSICHTIGUNG DER NÜTZERKOSTEN BEI DER BEWERTUNG VON ERHALTUNGSMAßNAHMEN - ZEITVERLUSTE DURCH ARBEITSSTELLEN	84
5.1.1	Berücksichtigung von Zeitverlusten in gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahren	84
5.1.2	Verfahrensansätze zur Berechnung von Zeitverlusten durch Arbeitsstellen.....	85
5.1.3	Sensitivität des Verfahrens auf die Modell- und Eingangsparameter.....	89
5.2	ANWENDUNGSFALL 2: QUANTIFIZIERUNG VON ZEITVERLUSTEN DURCH INFRASTRUKTURBEDINGTE ENGPÄSSE.....	91
5.3	DISKURS: DAUERLINIENTYPENMODELL VERSUS GANGLINIENTYPENMODELL	94
6	<u>SCHLUSSBEMERKUNG</u>	97
	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	101
	<u>ANLAGE: MUSTERJAHR JE FERIENHAUPTGRUPPE, ZUORDNUNGSVERFAHREN..</u>	107

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ANZAHL DER ZUR TYPISIERUNG VERWENDETEN DAUERZÄHLSTELLEN	19
TABELLE 2: KORRELATIONSMATRIX DER ANTEILSWERTE DER EINZELNEN TAGESWERTE AM GESAMTEN WOCHENWERT	28
TABELLE 3: WOCHEGANG: LAGE- UND STREUUNGSPARAMETER DER KENNWERTE.....	29
TABELLE 4: PROZENTUALE ABWEICHUNG VOM DURCHSCHNITTLICHEN WOCHENWERT: KW 40 UND 14THÖCHSTBELASTETE WOCHE IM VERGLEICH (ZÄHLABSCHNITTE VOM TYP F)	37
TABELLE 5: MUSTERJAHR ZUR DARSTELLUNG DER JAHRESGANGLINIENTYPEN	38
TABELLE 6: TAGESTYPEN IN FEIERTAGSWOCHEN	47
TABELLE 7: TAGESTYPFOLGE UND HAUPTREISETAGE IN DEN MODIFIZIERTEN FEIERTAGSWOCHEGANGLINIEN	47
TABELLE 8: JAHRESGANG: LAGE- UND STREUUNGSPARAMETER DER ZUR CLUSTERANALYSE VERWENDETEN KENNGRÖßEN GETRENNT NACH TYPENZUORDNUNG.....	52
TABELLE 9: JAHRESGANG: TYPENVERTEILUNG NACH STRAßENKLASSEN	53
TABELLE 10: JAHRESGANG: TYPENVERTEILUNG NACH DTV-KLASSEN AUF BAB.....	53
TABELLE 11: WOCHEGANG: LAGE- UND STREUUNGSPARAMETER DER ZUR CLUSTERANALYSE VERWENDETEN KENNWERTE GETRENNT NACH TYPENZUORDNUNG.....	58
TABELLE 12: KENNWERTE DER WOCHEGANGLINIENTYPISIERUNG IM JAHRESVERGLEICH	59
TABELLE 13: WOCHEGANG: VERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG FÜR DIE GEGENRICHTUNG ..	62
TABELLE 14: WOCHEGANG: TYPENVERTEILUNG NACH STRAßENKLASSEN	63
TABELLE 15: WOCHEGANG: TYPENVERTEILUNG NACH BUNDESLÄNDERN.....	65
TABELLE 16: TAGESGRUPPEN MONTAG, DIENSTAG BIS DONNERSTAG, FREITAG: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG	67
TABELLE 17: TAGESGRUPPE SAMSTAG: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG	70
TABELLE 18: TAGESGRUPPE SAMSTAG, ZÄHLSTELLEN MIT MAXIMALEN STÜNDLICHEN ANTEILSWERTEN AM TAGESVERKEHR GRÖßER 9: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG NACH MAXIMALSTUNDE	70
TABELLE 19: 90-PROZENT-PERZENTIL DES MAXIMALEN STÜNDLICHEN ANTEILSWERTES IM TAGESGRUPPENVERGLEICH	71
TABELLE 20: TAGESGRUPPE SONNTAG: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG.....	72
TABELLE 21: TAGESGRUPPE SONNTAG, ZÄHLSTELLEN MIT MAXIMALEN STÜNDLICHEN ANTEILSWERTEN AM TAGESVERKEHR GRÖßER 9: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG NACH MAXIMALSTUNDE.....	72
TABELLE 22: TAGESGRUPPE MONTAG: LAGE- UND STREUUNGSPARAMETER DER ZUR CLUSTERANALYSE VERWENDETEN KENNWERTE GETRENNT NACH TYPENZUORDNUNG	75

TABELLE 23: TAGESGRUPPE MONTAG: VERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG FÜR DIE GEGENRICHTUNG	76
TABELLE 24: TAGESGRUPPE MONTAG, TYP G: VERTEILUNG DER TYPENZUORDNUNG DER TAGESGRUPPE FREITAG FÜR DIE GEGENRICHTUNG	76
TABELLE 25: TAGESGRUPPE MONTAG: TYPENVERTEILUNG NACH STRAßENKLASSEN	77
TABELLE 26: TAGESGRUPPE SONNTAG: TYPENVERTEILUNG NACH STRAßENKLASSEN	77
TABELLE 27: TAGESGANG: TYPENVERTEILUNG NACH DTV-KLASSEN AUF BAB	78
TABELLE 28: TAGESGRUPPE MONTAG, TYPEN A UND B: RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG NACH MAXIMALSTUNDE GETRENNT NACH ALTEN UND NEUEN BUNDESLÄNDERN	78
TABELLE 29: ÜBERSICHT ÜBER FAKTOREN FÜR DIE ERMITTLUNG DER KAPAZITÄT VON ARBEITSSTELLENENGPÄSSEN	86
TABELLE 30: VERGLEICH GEZÄHLTER ZU MODELLIERTER VERKEHRSNACHFRAGEWERTE: KORRELATIONSMATRIX DER VERWENDETEN STREUUNGSKENNGRÖßEN	93
TABELLE 31: RICHTUNGSGETRENNTE DAUERLINIENTYPEN UND CHARAKTERISTISCHE VERKEHRZUSAMMENSETZUNG	95

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: DENDOGRAMM (AUSZUG): VARIABLENORIENTIERTE CLUSTERANALYSE DER KALENDERWOCHEN (BEZUGSJAHR 1997, BAYERN, NUR BUNDESSTRAßEN)	22
ABBILDUNG 2: KATEGORIENBILDUNG ANHAND DER SUMME DER VIER HÖCHSTBELASTETEN WOCHENWERTE:.....	25
ABBILDUNG 3: STREUDIAGRAMM: SUMME VIER HÖCHSTBELASTETE WOCHENWERTE MIT FERIENVERKEHRSAKTOR	27
ABBILDUNG 4: ZÄHLSTELLE AHRHÜTTE: AUSREIßER IM MONAT SEPTEMBER	28
ABBILDUNG 5: AGGREGATIONEN VON 5-MINUTEN- ZU STUNDENWERTEN, VERGLEICH 1	30
ABBILDUNG 6: AGGREGATIONEN VON 5-MINUTEN- ZU STUNDENWERTEN, VERGLEICH 2	31
ABBILDUNG 7: TAGESGRUPPE MONTAG : KORRELATIONSMATRIX DER STÜNDLICHEN ANTEILSWERTE	32
ABBILDUNG 8: ERGEBNISSE DER KLASSIFIZIERUNG MITTELS HIERARCHISCHER CLUSTERANALYSE (WARD, EUKLIDISCHE DISTANZ)	33
ABBILDUNG 9: ERGEBNISSE DER KLASSIFIZIERUNG MITTELS HIERARCHISCHER CLUSTERANALYSE (WARD, EUKLIDISCHE DISTANZ), KLASSE 4: REPRÄSENTANT UND AUSGEWÄHLTE MITGLIEDER.....	34
ABBILDUNG 10: TAGESGANGLINIENTYPISIERUNG: TAGESGRUPPE FREITAG, KLASSE „EXTREME VORMITTAGSSPITZE“	40
ABBILDUNG 11: AUS TYPISIERTEN GANGLINIEN ERZEUGTE GANGLINIE DER VERKEHRSNACHFRAGE	45
ABBILDUNG 12: TYPISIERTE GANGLINIE MIT STOCHASTISCHER ANGLEICHUNG.....	45
ABBILDUNG 13: WOHENGANGLINIENTYPEN FÜR DEN NORMALZEITBEREICH IM VERGLEICH MIT DEN MODIFIZIERTEN WOHENGANGLINIEN DES FEIERTAGSVERKEHRS	48
ABBILDUNG 14: JAHRESGANGLINIENTYPEN	50
ABBILDUNG 15: JAHRESGANGLINIENTYPEN GETRENNT NACH FERIENHAUPTGRUPPEN.....	55
ABBILDUNG 16: WOHENGANGLINIENTYPEN	56
ABBILDUNG 17: ZUORDNUNG DER EINZELGANGLINIEN ZU DEN TYPEN GETRENNT NACH BEZUGSJAHREN	60
ABBILDUNG 18: TAGESGANGLINIENTYPEN (TAGESGRUPPEN MONTAG, DIENSTAG BIS DONNERSTAG, FREITAG).....	68
ABBILDUNG 19: TAGESGANGLINIENTYPEN (TAGESGRUPPEN SAMSTAG)	69
ABBILDUNG 20: TAGESGANGLINIENTYPEN (TAGESGRUPPE SONNTAG).....	72
ABBILDUNG 21: TAGESGRUPPE MONTAG: DURCHSCHNITTLICHE GANGLINIENVERLÄUFE JE TYP UND MAXIMALSTUNDE	74

ABBILDUNG 22: BEISPIEL FÜR DIE ERMITTLUNG VON ÄQUIVALENZWERTEN FÜR DIE UMRECHNUNG VON SV-ANTEILEN IN PKW-EINHEITEN (LÄNGSNEIGUNG VON +5% UND UNTERSCHIEDLICHE ABSCHNITTLÄNGEN)	87
ABBILDUNG 23: VERLAGERUNGSFUNKTION DER VERKEHRSNACHFRAGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER STAULÄNGE	88
ABBILDUNG 24: GEGENÜBERSTELLUNG DER BERECHNUNGSERGEBNISSE AN EINER 3+0-VERKEHRSFÜHRUNG BEI UNTERSCHIEDLICHEN TAGESGANGLINIENTYPEN	90
ABBILDUNG 25: ABWEICHUNG ZWISCHEN MODELLIERTEN UND GEZÄHLTEN STUNDENWERTEN DIFFERENZIERT NACH JAHRES- UND WOHENGANGLINIENTYPEN	94
ABBILDUNG 26: RICHTUNGSGETRENNTE DAUERLINIENTYPEN NACH ARNOLD	95