

# Bemessungsverkehrsstärken vor dem Hintergrund sich verändernder Pegel – Teil I: Deskriptive Analyse von Dauerlinien und Schätzung von Dauerlinienkennwerten auf Basis von Kurzzeitählungen

FA 1.154

Forschungsstelle: Intraplan Consult GmbH, München  
 Bearbeiter: Arnold, M. / Böttcher, S.  
 Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und  
 Wohnungswesen  
 Abschluss: November 2004

- Es besteht kein inhaltlicher Zusammenhang zwischen den werktäglichen Bemessungsstunden und der Bemessungsstunde auf Basis der Gesamtjahresganglinie, weder was die Verkehrsstärke noch was den Schwerverkehrsanteil angeht.

Aus diesem Grund sollte ein alternatives statistisches Konzept für einen bemessungsrelevanten Schwerverkehrsanteil gesucht werden.

Insbesondere an stark belasteten Abschnitten sind die gemessenen Verkehrsstärken durch die Kapazität nach oben hin begrenzt. Die Dauerlinie misst dort nicht die zeitliche Verteilung der Verkehrsnachfrage, die für den Nachweis einer angemessenen Verkehrsqualität maßgeblich ist. Es sollte ein Verfahren entwickelt werden, das eine Schätzung der tatsächlichen Nachfrage bei kapazitätsbedingter Kappung erlaubt.

Nicht an allen zu bemessenden Abschnitten liegen Messwerte für die Bemessungsverkehrsstärken vor. In der SVZ werden verschiedene Verfahren angewendet, um aus Kurzzeitählungen möglichst valide Schätzungen für die Bemessungsverkehrsstärken vornehmen zu können. Diese Schätzverfahren sind inzwischen relativ alt und sollten deshalb für die SVZ 2005 auf ihre Zweckmäßigkeit hin überprüft werden.

Der Forschungsbericht beinhaltet Teil I des Forschungsvorhabens „Bemessungsverkehrsstärken vor dem Hintergrund sich verändernder Pegel“. Er befasst sich mit der deskriptiven Analyse von Dauerlinien und der Schätzung von Dauerlinienkennwerten auf Basis von Einflussgrößen, die im Rahmen von Kurzzeitählungen wie beispielsweise der SVZ ermittelt werden können.

## 1. Aufgabenstellung

Die Bemessung nach HBS 2001 dient dem Nachweis, dass eine Verkehrsanlage die vorherrschende bzw. erwartete Verkehrsnachfrage mit einer angemessenen Verkehrsqualität bewältigen kann. Da die Verkehrsnachfrage starken zeitlichen Schwankungen unterliegt, wird im Bemessungsprozess eine maßgebende Verkehrsnachfrage zugrunde gelegt. Diese orientiert sich nicht an der höchsten beobachteten oder erwarteten Verkehrsstärke, sondern an der Verkehrsstärke der 30. höchstbelasteten Stunde eines Jahres (Bemessungsverkehrsstärke).

Im Zusammenhang mit dieser Festlegung ergeben sich einige Fragestellungen, die im Rahmen des Forschungsvorhabens abgehandelt werden sollten. So ist die Wahl der 30. Stunde als Bemessungsstunde weitgehend willkürlich. Denkbar wären auch andere Stunden aus dem oberen Bereich der Dauerlinie beispielsweise bis zur 200. am stärksten belasteten Stunde. Um die Implikationen der Festlegung auf die 30. Stunde untersuchen zu können und Alternativen zur Wahl der Bemessungsstunde diskutieren zu können, bedarf es somit einer Analyse des gesamten oberen Bereichs der Dauerlinie. Hierzu ist eine geeignete Typisierung der Dauerlinien vorzunehmen.

Bislang konzentrierte sich die Analyse von Dauerlinien im Allgemeinen auf die richtungsgemeinsame Dauerlinie eines Abschnitts, d. h. auf die Rangreihung der Verkehrsstärken eines Jahres als Summe aus Richtung und Gegenrichtung. Je nach konkretem Bemessungszweck ist aber die Bemessungsverkehrsstärke aus der richtungsbezogenen Dauerlinie maßgeblich.

Für Bemessungsfragen ist nicht nur die Verkehrsstärke (in Kfz/h), sondern auch die Fahrzeugzusammensetzung dieser Verkehrsstärke maßgeblich (SV-Anteil). Insbesondere bei heterogener Verkehrszusammensetzung weisen die SV-Anteile im oberen Bereich der Dauerlinie starke Schwankungen auf. Einzelne SV-Anteile aus der nach der Kfz-Verkehrsstärke sortierten Dauerlinie, wie z. B. diejenigen zur 30., 50., 100., 150., oder 200. am stärksten belasteten Stunde sind aus diesem Grund wenig aussagekräftig für den jeweiligen Bereich der Dauerlinie und somit für Bemessungszwecke ungeeignet. Aus diesem Grund wurden z. B. in der SVZ bislang Schwerverkehrsanteile nur für die werktäglichen Bemessungsstunden der Fahrtzweckgruppen W und U angegeben. Dies ist für Bemessungszwecke aus verschiedenen Gründen unbefriedigend:

- Die Bemessung gemäß HBS 2001 basiert auf der 30. Stunde aus der Dauerlinie des Gesamtjahres. Eine Bemessung an einer werktäglichen Bemessungsstunde, wie es die RAS-Q noch erlaubte, ist nicht mehr vorgesehen.

## 2. Untersuchungsmethodik

Die Analysen basieren auf den Stundenzählwerten von Dauerzählstellen der Jahre 1999 und 2000. Insgesamt wurden 1.759 richtungsgemeinsame und 3.574 richtungstrennte Dauerlinien untersucht. Darüber hinaus lagen für die Zählstellen die Kennzahlen aus den „Jahresauswertungen der automatischen Dauerzählstellen“ (insbesondere die Ganglinientypen sowie die Abschnittseigenschaften) vor.

Auf dieser Datenbasis wurden für jede Zählstelle sowohl richtungsgemeinsam als auch getrennt für beide Richtungen Dauerlinien generiert und analog dem Schätzverfahren der SVZ entsprechende Kennzahlen berechnet (z. B. SV-Anteile, Ganglinienfaktoren). Diese Daten wurden mit Hilfe gängiger statistischer Methoden (Regressionsanalyse, Clusteranalyse, Zusammenhangsanalyse, Boxplots etc.) analysiert.

## 3. Untersuchungsergebnisse

Die bislang gebräuchliche Dauerlinientypisierung anhand der  $d_{30}$ -Faktoren nach SCHMIDT (1976) erwies sich zwar für richtungsgemeinsame Dauerlinien als grundsätzlich zielführend. Allerdings bestand hinsichtlich der Klassengrenzen wegen der stark ungleichgewichtigen Besetzung der einzelnen Dauerlinientypen deutlicher Anpassungsbedarf. In Tabelle 1 sind die neu gebildeten Typen für richtungsgemeinsame Dauerlinien dargestellt. Mit der Beschreibung der charakteristischen Verkehrszusammensetzung soll ein Anhaltspunkt gegeben werden,

welcher Zählstellentyp im jeweiligen Dauerlinientyp am häufigsten vertreten ist. Allerdings ist die Abgrenzung der einzelnen Typen an dieser Stelle zu unscharf, als dass aus der Verkehrszusammensetzung an einer Zählstelle mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den Dauerlinientyp geschlossen werden könnte.

Erstmals wurden Dauerlinientypisierungen für richtungsgetrennte Dauerlinien vorgenommen. Die Dauerlinien werden anhand des Dauerlinienniveaus (niedrig, hoch und sehr hoch) und anhand des Dauerlinienverlaufs bis zur 200. Stunde charakterisiert. Dabei wurden die Verlaufstypen konvex (zunächst steil abfallend, zur 200. Stunde hin immer flacher werdend), gerade und konkav (zunächst flach abfallend, zur 200. Stunde hin steiler werdend) unterschieden. Insgesamt wurden mit Hilfe clusteranalytischer Verfahren sechs richtungsgetrennte Dauerlinientypen gebildet (Tabelle 2 und Bild 1). Dabei ließen sich die einem richtungsgetrennten Dauerlinientyp zugeordneten Zählstellen hinsichtlich ihrer charakteristischen Verkehrszusammensetzung relativ scharf abgrenzen.

Die Wahl der 30. Stunde aus der Dauerlinie als Bemessungsstunde, wie in Deutschland üblich, ist relativ willkürlich und international nicht unumstritten. Es wurden die Implikationen dieser Entscheidung hinsichtlich der „unberücksichtigten“ Verkehre oberhalb der 30. Stunde (Verkehrsmenge, Verkehrsstärken und Verkehrszusammensetzung) untersucht. Im Mittel wird ca. 1 % der jährlichen Verkehrsmenge mit einer Verkehrsstärke abgewickelt, die über der maßgeblichen stündlichen Verkehrsstärke (MSV) liegt. Die Verkehrsstärke der „unberücksichtigten“ Verkehre liegt im Durchschnitt um etwa 5 % über dem MSV-Wert.

Ein Wechsel zu einer Bemessungsstunde mit niedrigerem Rang aus der Dauerlinie steigert naturgemäß den Anteil der „unberücksichtigten“ Verkehrsmenge an der Gesamtverkehrsmenge eines Jahres. Die Bemessungsverkehrsstärken würden z. T. deutlich sinken, je nachdem welche Bemessungsstunde gewählt wird. Im Mittel liegt die Verkehrsstärke zur 50. Stunde um 2,4 % (richtungsgemeinsam) und 3,1 % (richtungsgetretennt) unter der Verkehrsstärke der 30. Stunde. Die Analysen machten aber deutlich, dass die Auswirkungen eines Wechsels der Bemessungsstunde von der 30. auf die 50. Stunde sehr stark vom betrachteten Zählstellentyp abhängen. Bei stark von werktäglichen Verkehren geprägten Abschnitten ist der Verkehrsstärkenunterschied zwischen der 30. und der 50. Stunde am geringsten. Die Verkehrsstärken der 50. Stunde liegen hier im Mittel zwischen 1 % und 2,5 % unter denen der 30. Stunde. Eine Harmonisierung der Bemessungsstunde auf den im europäischen Ausland üblichen 50. Rang führt hier zu lediglich geringen Änderungen gegenüber der heutigen Praxis.

Je stärker eine Zählstelle von Urlaubs- und/oder Ausflugsverkehren geprägt ist, umso sensibler reagiert die Bemessungsverkehrsstärke auf einen Wechsel der Bemessungsstunde. Bei sehr stark von derartigen Verkehren belasteten Abschnitten sinkt die Verkehrsstärke zwischen der 30. und 50. Stunde im Mittel um ca. 8 %. Dabei ist zudem zu berücksichtigen, dass bei derartigen Zählstellen auch das mittlere Niveau der Verkehrsstärken in den Stunden 1–29 um bis zu 10 % über dem Niveau der 30. Stunde lag. Ein Wechsel der Bemessungsstunde führt bei einseitig von Urlaubs- und/oder Ausflugsverkehren geprägten Strecken dazu, dass die Kluft zwischen den Verkehrsstärken der unberücksichtigten Stunden (1–49) und der Bemessungsverkehrsstärke deutlich größer wird.

Zur Bestimmung eines bemessungsrelevanten Schwerverkehrsanteils erwiesen sich zwei Kennwerte als geeignet. Das 90 %-Quantil der SV-Anteile aus dem oberen Bereich der Dauerlinie bis zur Bemessungsstunde bietet den Vorteil, dass der Bemessung ungeachtet von der vorherrschenden Verkehrscharakteristik ein einheitlicher Kennwert für die Fahrzeugartenzusammensetzung zugrunde gelegt werden kann. Als

Schwäche kann gewertet werden, dass der so berechnete SV-Anteil bei homogener Verkehrszusammensetzung möglicherweise zu vorsichtig (d. h. zu hoch) angesetzt ist. Der mittlere SV-Anteil während der ersten 200 Stunden der Fahrtzweckgruppe W weist diese Schwäche an Abschnitten mit Spitzenbelastungen an Werktagen nicht auf. Allerdings eignet er sich nicht für die Bemessung von Abschnitten, bei denen Spitzenbelastungen vorrangig auf Ausflugsverkehre an Sonn- und Feiertagen zurückzuführen sind. Dort müsste für Bemessungszwecke auf den mittleren SV-Anteil der Fahrtzweckgruppe S zurückgegriffen werden.

Hinsichtlich der Verkehrsnachfrage wurde im Rahmen der Forschungsarbeiten versucht, ausgehend von den Zählwerten an den Dauerzählstellen ein Indikatorsystem zu entwickeln, das es erlaubt, die nicht durch Kapazitätsbeschränkungen gekappte zeitliche Verteilung dieser Verkehrsnachfrage zu schätzen. Die Analyse von Verkehrsstärken- und Geschwindigkeitsmesswerten an 2 hochbelasteten Querschnitten am Kölner Ring hat jedoch gezeigt, dass eine verlässliche Identifikation von Überlastungssituationen aus Verkehrsstärkezählwerten alleine kaum möglich ist. Es steht kein verlässliches Verfahren zur Verfügung, aus Verkehrsstärkemessungen Verkehrsnachfragegang- und -dauerlinien zu schätzen.

Für die Schätzung von Dauerlinienkennwerten an Zählstellen außerhalb von BAB wurden neue Schätzverfahren entwickelt. Diese wurden anhand der 30. Stunde als Leitgröße für die Bemessungsverkehrsstärke angepasst. Die Schätzung der richtungsgemeinsamen  $d_{30}$ -Faktoren konnte dabei gegenüber dem derzeitigen SVZ-Verfahren merklich erhöht werden.

Eine gesonderte Schätzung der richtungsgetrennten  $d_{30}$ -Faktoren erweist sich dem derzeitigen SVZ-Verfahren als deutlich überlegen. Das SVZ-Verfahren erklärt lediglich 39,8 % der Streuung der MSV-Werte der höher belasteten Richtung. Bei gesonderter richtungsgetrennter Schätzung der  $d_{30}$ -Faktoren könnten hingegen 75,8 % der Streuung dieses MSV-Wertes der höher belasteten Richtung erklärt werden.

Die Spezifikationen der Schätzmodelle erwies sich auch für die  $d$ -Faktoren der nachrangigen Stunden 50, 100, 150 und 200 sowie für die Dauerlinienkennwerte der Fahrtzweckgruppen W, U und S als geeignet.

#### 4. Folgerungen für die Praxis

Es wird empfohlen, in den Statistiken die neuen richtungsgemeinsamen Dauerlinientypen auszuweisen. Angesichts des hohen Anteils an Bundesautobahnen in den entsprechenden Statistiken des Bundes sollten darüber hinaus auch die richtungsgetrennten Dauerlinientypen mit angegeben werden. Wegen des engen statistischen Zusammenhangs erscheint es zulässig, bei fehlenden Erhebungsdaten von der charakteristischen Verkehrszusammensetzung auf den richtungsgetrennten Dauerlinientyp und damit auch auf das Dauerlinienniveau zu schließen.

Bezüglich der bemessungsrelevanten SV-Anteile erwies sich der mittlere SV-Anteil während der ersten 200 Stunden der Fahrtzweckgruppe W als stabil und einfach aus den Kurzzählwerten der SVZ zu schätzen. Vor dem Hintergrund der Datenverfügbarkeit sollte somit

- an Zählstellen, die nicht einseitig von sonntäglichen Ausflugsverkehren geprägt sind, der mittlere SV-Anteil während der ersten 200 Stunden der Fahrtzweckgruppe W und
- an Zählstellen, deren Spitzenbelastungen zum überwiegenden Teil auf sonntägliche Ausflugsverkehre zurückzuführen sind, der mittlere SV-Anteil während der ersten 200 Stunden der Fahrtzweckgruppe S

als bemessungsrelevanter SV-Anteil herangezogen werden.

Da die für die vorgeschlagene Modelle zur Schätzung der Bemessungsverkehrsstärken benötigten unabhängigen Variablen im Rahmen der SVZ-Hochrechnung alle vorliegen, wird die Anwendung der Modelle in der SVZ 2005 empfohlen. Erstmals würden damit für beide Richtungen Bemessungsver-

kehrsstärken berechnet und nicht wie bisher nur für die höher belastete Richtung. Falls nicht beide Richtungswerte ausgewiesen werden sollen, so könnte aus den berechneten Werten der höhere als MSV-Wert der höher belasteten Richtung ausgewiesen werden.

Tab. 1: Richtungsgemeinsame Dauerlinientypen und charakteristische Verkehrszusammensetzung

| Dauerlinientyp richtungsgemeinsam |                         | Anzahl Dauerlinien | charakteristische Verkehrszusammensetzung <sup>1)</sup>   |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|---|
|                                   | d <sub>30</sub> -Faktor |                    |   |
| A                                 | > 18,9 %                | 14 ( 0,8 %)        | Zählstellen mit sehr hohen Anteilen an Urlaubs- und/oder Ausflugsverkehren; regelmäßige Werktagsverkehre spielen eine untergeordnete Rolle                          |
| B                                 | 14,5...≤ 18,9 %         | 58 ( 3,3 %)        |   |
| C                                 | 12,7...≤ 14,5 %         | 80 ( 4,5 %)        | Mischtyp mit entweder starken Privatverkehren oder starken Berufsverkehren, die in der jeweiligen Flutrichtung Verkehrsspitzen morgens bzw. nachmittags hervorrufen |
| D                                 | 10,4...≤ 12,7 %         | 653 (37,1 %)       | Zählstellen mit ausgeprägten Werktagsverkehren, z. T. ausgeprägten morgendlichen und nachmittäglichen Verkehrsspitzen im Berufsverkehr der jeweiligen Flutrichtung  |
| E                                 | 9,1...≤ 10,4 %          | 715 (40,6 %)       | Zählstellen mit starken Berufs-, Wirtschafts- und Privatverkehren vorrangig an Werktagen; Urlaubs- und Ausflugsverkehre spielen keine herausragende Rolle           |
| F                                 | ≤ 9,1 %                 | 239 (13,6 %)       |   |

- 1) Abgrenzung der Fahrtzwecke:
- Privatverkehr umfasst Urlaubsverkehre, Ausflugs- und Freizeitverkehre, Wochenpendlerverkehre, Einkaufs- und Besorgungsverkehre, Besuchsverkehre
  - Berufsverkehr steht stellvertretend für die täglichen Berufs- und Ausbildungsverkehre
  - Werktagsverkehr umfasst neben dem Berufs- und Ausbildungsverkehr, Einkaufs- und Besorgungsverkehre, werktägliche Freizeitverkehre (insb. in Ballungsräumen), sowie Wirtschaftsverkehre (Geschäftsreise- und Güterverkehre).

Tab. 2: Richtungsgetrennte Dauerlinientypen und charakteristische Verkehrszusammensetzung

| Dauerlinientyp richtungsgetrennt |           |                       | Anzahl Dauerlinien | charakteristische Verkehrszusammensetzung <sup>2)</sup>  |
|----------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|--|
|                                  | Niveau    | Verlauf <sup>1)</sup> |                    |  |
| A                                | sehr hoch | konvex                | 138 ( 3,9 %)       | sehr hohe Anteile von Urlaubs- und Ausflugsverkehren   |
| B                                | hoch      | konvex                | 407 (11,6 %)       | überdurchschnittlich hohe Anteile von Urlaubs-, Ausflugs- oder Wochenpendlerverkehren  |
| C                                | niedrig   | konvex                | 665 (19,0 %)       | Verkehre mit starker Durchmischung der Fahrtzwecke   |
| D                                | niedrig   | gerade                | 1203 (34,4 %)      | regelmäßige Werktagsverkehre ohne ausgeprägten Belastungsspitzen   |
| E                                | hoch      | gerade                | 937 (26,8 %)       | regelmäßige Werktagsverkehre mit ausgeprägten Morgen- oder Nachmittagsspitzen im Berufsverkehr   |
| F                                | sehr hoch | konkav                | 146 ( 4,2 %)       | einseitig geprägt von regelmäßigen Berufsverkehren, die sich auf eine Stunde während der morgendlichen Hauptverkehrszeit konzentrieren |

- 1) Verlaufstypen:
- konvex: Zunächst steil abfallende Dauerlinie, die zur 200. Stunde hin flacher wird
  - gerade: weitgehend linear abfallender Verlauf der Dauerlinie bis zur 200. Stunde
  - konkav: Zunächst flach abfallende Dauerlinie, die zur 200. Stunde hin steiler wird
- 2) Abgrenzung der Fahrtzwecke:
- Privatverkehr umfasst Urlaubsverkehre, Ausflugs- und Freizeitverkehre, Wochenpendlerverkehre, Einkaufs- und Besorgungsverkehre, Besuchsverkehre
  - Berufsverkehr steht stellvertretend für die täglichen Berufs- und Ausbildungsverkehre
  - Werktagsverkehr umfasst neben dem Berufs- und Ausbildungsverkehr, Einkaufs- und Besorgungsverkehre, werktägliche Freizeitverkehre (insb. in Ballungsräumen), Wirtschaftsverkehre (Geschäftsreise- und Güterverkehre).

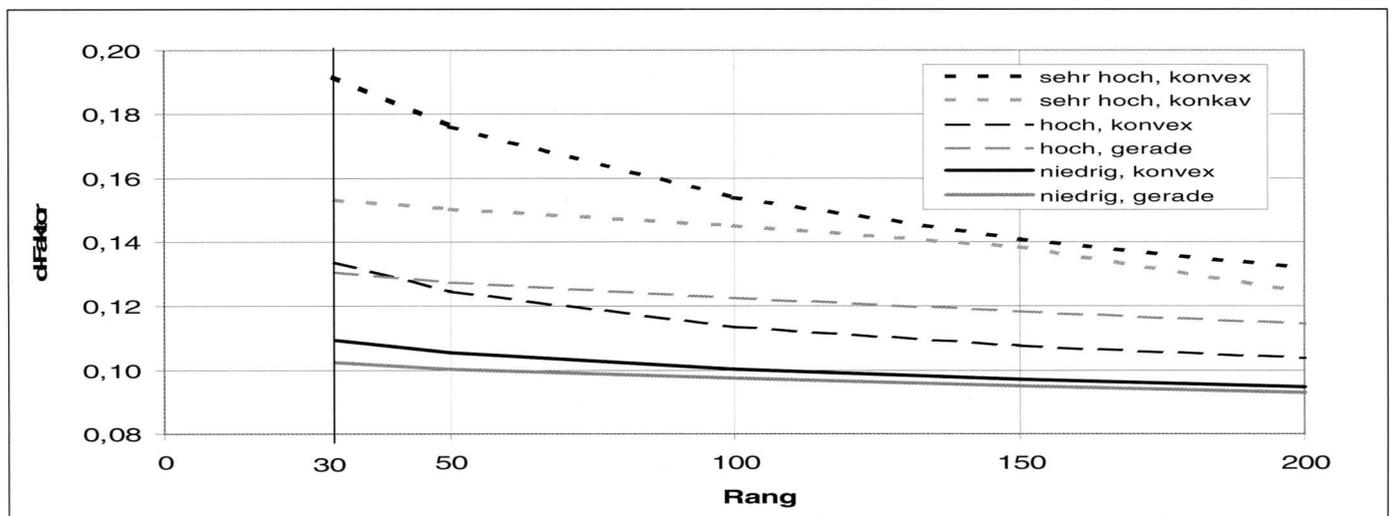


Bild 1: Darstellung der richtungsgetrennten Dauerlinientypen