

# Verkehrsmodelle als Grundlage zur Erstellung großräumiger Lärmkataster

Kurt FALLAST

Dipl.Ing.Dr. Kurt Fallast, TU Graz, Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz, [ibv@fallast.at](mailto:ibv@fallast.at)

## 1. EINLEITUNG

In einer künftigen Richtlinie der Europäischen Kommission über "Lärmschutzpolitik" ist unter anderem die Erstellung von Lärmkarten vorerst für Ballungsräume vorgeschrieben. In der ersten Stufe sind davon Städte mit mehr als 250.000 Einwohnern betroffen.

Diese Lärmkarten haben vor allem die Aufgabe, die Betroffenheit der Bevölkerung durch Lärm der verschiedenen Emittenten (Straßen-, Schienen, Flugverkehr, Gewerbe, Industrie und Freizeitaktivitäten) zu quantifizieren und dokumentieren.

Sie bilden damit die wesentliche Grundlage für die Lärmvorsorge (z.B. bei der Erstellung von Flächenwidmungs- und Bebauungsplänen) und zeigen den Handlungsbedarf für die Lärmsanierung (das Ergreifen von Lärmschutzmaßnahmen) auf. Damit ist auch eine Abschätzung des Kostenrahmens für solche Maßnahmen und die Erstellung eines Zeitplans für die Realisierung möglich.

In den Wohnbereichen von Ballungsräumen spielt vor allem der Straßenverkehrslärm durch die flächenhafte Belastung eine wesentliche Rolle. Dabei ist die Betroffenheit der Anrainer nicht nur auf die Anrainer von Hauptstraßen beschränkt. Die zunehmende Bebauung und Nutzungsverdichtung führt zu einer Erhöhung der Verkehrsbelastungen auch im untergeordneten Straßennetz. Damit wird es erforderlich, auch diese Straßenabschnitte in die Lärmberechnungen einzubeziehen.

Die Emissionen des Straßenverkehrslärms werden hauptsächlich von den Verkehrsbelastungen mit den maßgeblichen Parametern wie Geschwindigkeit, Zusammensetzung des Fahrzeugkollektivs, Fahrbahnoberfläche, Steigung usw. beeinflusst. Die Ermittlung dieser Einflussgrößen hat daher bei der Bearbeitung eines Lärmkatasters eine entsprechend große Bedeutung.

Für die flächendeckende Bestimmung der Verkehrsbelastungen und die wiederholte Bearbeitung zur Fortschreibung auch über längere Beobachtungszeiträume macht den Einsatz von Verkehrsmodellen zweckmäßig. Damit können die geänderten Einflussgrößen auf die Verkehrsbelastungen schnell berücksichtigt werden.

Konventionelle Verkehrsmodelle beinhalten nur einen Teil des gesamten Straßennetzes, im Regelfall werden die Hauptverkehrs- und Verkehrsstraßen, in geringem Maße auch noch Sammelstraßen als Verkehrsangebot berücksichtigt. Die Bearbeitung des untergeordneten Straßennetzes ist aus Kapazitätsgründen und wegen der beschränkten Genauigkeit der Datengrundlagen meistens nicht möglich.

Für die Straßenabschnitte dieses untergeordneten Netzes sind deshalb zusätzliche Verfahren zur Ermittlung der maßgeblichen Verkehrsbelastungen zu entwickeln.

## 2. VERKEHRSMODELLE

### 2.1 Allgemeines zu Verkehrsmodellen

Für alle verkehrsplanerischen Aufgaben wird im Verkehrssystem zwischen Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage differenziert.

Das **Verkehrsnachfrage** beschreibt das Bedürfnis der Gesellschaft nach Mobilität. Dieses Bedürfnis entsteht aus dem Willen bzw. der Notwendigkeit des Einzelnen, Ortsveränderungen durchzuführen. Dies wird erforderlich, da die Daseinsgrundfunktionen (Wohnen – Arbeiten – Ausbildung – Erledigung – Freizeit) nicht an ein und demselben Ort stattfinden. Die Verbindung dieser Grundbedürfnisse führt zu Verkehr in den verschiedensten Formen (Bewegung von Personen, Transport von Gütern, Transfer von Informationen usw.).

Die Verkehrsnachfrage wird in Form von sogenannten Fahrtenmatrizen im Verkehrsmodell behandelt. Damit wird für jede Verkehrsbeziehung  $f_{ij}$  mit dem Quellpunkt  $i$  und dem Zielpunkt  $j$  die Anzahl der Fahrten festgelegt. Diese Fahrtenmatrizen werden entweder als erster Schritt im Verkehrsmodell generiert oder sie liegen als Ergebnis von Verkehrserhebungen für das Untersuchungsgebiet vor. Die Quell- und Zielpunkte werden als sogenannte Verkehrszellen zusammengefasst, deren Größe und Anzahl im Untersuchungsgebiet von der Detaillierung der Aufgabenstellung abhängt.

Unter **Verkehrsangebot** wird die gesamte Infrastruktur verstanden, die zur Verfügung steht, um das beschriebene Verkehrsbedürfnis zu befriedigen. Dazu gehört unter anderem:

- Straßennetz (Fußgänger, Rad- und Kfz-Verkehr) mit Knoten
- Schienennetz mit Haltestellen
- Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs (Bus, Straßenbahn, Bahn, Flugzeug) mit ihren Fahrplänen
- Rohrleitungsnetze
- Kommunikationseinrichtungen (Telefon, Internet, usw.)

Entsprechend dem menschlichen Verhalten beim Entscheidungsprozess bezüglich des Verkehrsverhaltens werden Verkehrsmodelle in die folgenden vier Teilmodelle gegliedert

- **Verkehrsaufkommen:** Ermittlung der erzeugten und angezogenen Fahrten von Verkehrszellen (damit wird die Quell- und Zielattraktivität der Verkehrszellen berücksichtigt)
- **Verkehrsverteilung:** Berücksichtigung der zeitlichen Verteilung der Fahrten zwischen den Verkehrsbezirken

- **Verkehrsmittelwahl:** Bestimmung der Anteile der benutzten Verkehrsmittel für die durchzuführenden Fahrten
- **Verkehrswegewahl:** Aufteilung der Fahrten zwischen den Verkehrszellen auf die möglichen Routen in den den jeweiligen Verkehrsmitteln zugeordneten Wegenetzen

Bei den hier verwendeten Verkehrsmodellen wird der motorisierte Individualverkehr, der Straßengüterverkehr, sowie der öffentliche Verkehr behandelt. Im dazugehörigen Netzmodell wird die Infrastruktur als sogenannter Netzgraph mit den entsprechenden Attributen (Kapazität der Strecke, mögliche Geschwindigkeit auf dem Streckenabschnitt, Bedienungshäufigkeit der Linie, Verfügbarkeit von Plätzen, usw.) dargestellt.

Integrierte Verkehrsmodelle erlauben die gleichzeitige Behandlung der verschiedenen zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel und simulieren damit in begrenztem Umfang auch die Verkehrsmittelwahl bei gegebenen Randbedingungen.

## 2.2 Datengrundlagen

In den meisten Fällen liegen die Daten der Verkehrsnachfrage in Form von Fahrtenmatrizen für das Untersuchungsgebiet vor. Für den Kfz-Verkehr erfolgt als wesentliches Merkmal eine Unterteilung in den Güterverkehr und den Personenverkehr. Der Personenverkehr wird weiter unterteilt nach den Verkehrszwecken:

- Personenwirtschaftsverkehr (beruflich, dienstlich bedingte Fahrten)
- Berufspendlerverkehr (Fahrten zur und von der Arbeit)
- Ausbildungspendlerverkehr (Fahrten zur und von der Ausbildungsstätte)
- Erledigungsverkehr (private Erledigungen, Arzt, Amtsweg, Einkauf usw.)
- Freizeitverkehr (private Besuche, Freizeitgestaltung, Kultur, usw.)

Diese Unterteilung ist zweckmäßig, da die verschiedenen Fahrtzwecke sehr differenzierte zeitliche und räumliche Verteilungen aufweisen und auf Änderungen der Randbedingungen z.B. der Kosten oder anderer Restriktionen unterschiedlich stark reagieren (Verlagerung auf andere Verkehrsmittel, Veränderungen der Zielwahl usw.).

Diese Datengrundlagen sind im zeitlichen Verlauf bestimmten Änderungen unterworfen, die sich z.B. aus den Veränderungen folgender Randbedingungen ergeben können:

- Änderung der Motorisierung (Zunahme der Pkw- oder Führerscheinverfügbarkeit)
- Änderung der Verkehrsmittelwahl (z.B. durch Änderungen der verkehrspolitischen Randbedingungen wie Parkraumbewirtschaftung, Road-Pricing, Tarifgestaltung beim öffentlichen Verkehr)
- Veränderung der Nutzung (Durchsetzung von Wohngebieten mit Gewerbenutzung, Umwidmung landwirtschaftlicher Flächen zu Bauland)
- Bebauungsverdichtung (Änderungen in der Flächenwidmung und in der Bebauungsplanung)
- Veränderungen im Straßennetz (Erschließung neuer Flächen, Bau von Ortsumfahrungen, usw.)

An Verkehrsmodelle ist die Anforderung zu stellen, dass solche Veränderungen einfach und nachvollziehbar zu modellieren sind, um die Auswirkungen immer aktuell quantifizieren zu können.

## 2.3 Verkehrsbelastungen

Durch die Zusammenführung der Verkehrsnachfrage und des Verkehrsangebotes im Rechenmodell werden die realisierten Belastungen der Verkehrsinfrastruktur ermittelt. Dies können zum Beispiel Linienbelastungen öffentlicher Verkehrsmittel oder Kfz-Fahrten auf den einzelnen Streckenabschnitten des Straßennetzes sein.

Für die Weiterbearbeitung bei der Erstellung des Lärmkatasters sind die Anzahl der Fahrten mit der zeitlichen Verteilung sowie die Zusammensetzung des Verkehrs (Anteil des Schwerverkehrs) von Interesse. Diese Verkehrsbelastungen ergeben sich durch Umlegung der Fahrtenwünsche  $f_{ij}$  im Personen- bzw. Güterverkehr auf das vorhandene Modell des Straßennetzes. Diese Umlegung erfolgt in mehreren Schritten mit Teilverkehrsmengen. Nach der Belastung des Straßennetzes auf dem Bestweg von der Quelle  $i$  nach dem Ziel  $j$  mit einer Teilverkehrsmenge werden die Widerstände auf den einzelnen Streckenabschnitten durch die aktuelle Verkehrsauslastung neu ermittelt. Diese Widerstände werden im darauffolgenden Umlegungsschritt der Ermittlung der neuen besten Route zugrundegelegt.

Nachdem alle Fahrten auf das Straßennetz umgelegt wurden, stehen die Belastungen der einzelnen Streckenabschnitte des Straßengraphen als Ergebnis zur Verfügung. Diese Belastungen in Kfz-Fahrten pro Zeiteinheit werden als Grundlage für die schalltechnischen Berechnungen dem Rechenmodell übergeben.

# 3. VORGANGSWEISE FÜR DEN VERKEHRSLÄRMKATASTER DER STADT GRAZ

## 3.1 Datengrundlage

Zur Erstellung des Straßenverkehrslärmkatasters für das Stadtgebiet Graz standen folgende Daten zur Verfügung:

- Digitaler Stadtplan der Stadt Graz
- Matrix der Verkehrsbeziehungen für das Jahr 1998
- Ergebnisse von Verkehrsbefragungen 2000

- Ergebnisse von Querschnitts- und Kreuzungszählungen an 40 Querschnitten bzw. Kreuzungen im Stadtgebiet
- Eigene Aufnahmen des Straßennetzes der Stadt Graz mit allen lärmtechnisch relevanten Parametern

Für das Stadtgebiet Graz wurde vom Vermessungsamt ein digitaler Stadtplan zur Verfügung gestellt. Die Bearbeiter aktualisierten diese Angaben für das Jahr 2000 und erstellten damit den Netzgraphen für das höherrangige Straßennetz (Hauptverkehrs-, Verkehrs- und teilweise Sammelstraßennetz) für das Stadtgebiet Graz.

Mit den Ergebnissen der Verkehrsbefragungen, bei denen eine Stichprobe von rund 28.000 Personeninterviews (Kfz-Lenker) erreicht wurde, konnte die Matrix der Verkehrsbeziehungen für das Bezugsjahr 2000 aktualisiert werden. Zusätzlich wurden die Befragungsergebnisse einer Haushaltsbefragung in der Stadt Graz mit einer Stichprobe von rund 2000 Personeninterviews aus dem Jahr 1998 berücksichtigt.

### 3.2 Umlegungen für das hochrangige Straßennetz

Mit den für das Jahr 2000 aktuellen Datengrundlagen der Verkehrsnachfrage für den Personen- und Güterverkehr und des Verkehrsangebotes für den Kfz-Verkehr wurden mit der Umlegung im Verkehrsmodell die Verkehrsbelastungen für jene Straßenabschnitte ermittelt, die im Straßengraph enthalten sind. Diese Streckenabschnitte umfassen rund 30% des gesamten Straßennetzes der Stadt Graz mit einer Länge von 1070 km.

Anhand der Querschnitts- und Kreuzungszählungen wurde das Verkehrsmodell für den Bestand 2000 kalibriert.

### 3.3 Abschätzungen für das untergeordnete Straßennetz

Knapp 70% des Straßennetzes sind untergeordneten Straßen zuzuordnen. Diese Streckenabschnitte werden nicht im Verkehrsmodell erfasst und erhalten damit auch keine Verkehrsbelastungen. Die Belastungen auf diesen Streckenabschnitten werden hauptsächlich durch den lokalen Anrainer-, Besucher- und Lieferverkehr bestimmt.

Die Abschätzung der Verkehrsbelastungen für diese Strecken erfolgt nach der Anzahl der erschlossenen Personen an diesen Anliegerstraßen. Aus der Anzahl der erschlossenen Personen und den durchschnittlichen Mobilitätskennwerten für die Kfz-Nutzung kann die Anzahl der Kfz-Fahrten durch den Anrainerverkehr auf den einzelnen Straßenabschnitten abgeschätzt werden. Für den Besucher- und Lieferverkehr wird ein Zuschlag von 20% in Rechnung gestellt.

### 3.4 Verkehrsbelastungen durch den öffentlichen Verkehr

Für jene Streckenabschnitte, auf denen Linien des öffentlichen Busverkehrs geführt sind, wurden die Fahrten der Linienbusse aus den aktuellen Fahrplänen ermittelt. Es wurden sowohl die städtischen Linienbusse als auch die Hauptregionalbuslinien berücksichtigt.

Ebenso wurde mit den Straßenbahnenlinien verfahren.

### 3.5 Ganglinientypen

Aus dem Verkehrsmodell werden die Verkehrsbelastungen als Kfz-Fahrten pro 24h ermittelt. Die Lärmemissionen für den Kfz-Verkehr werden jedoch anhand von maßgeblichen Stundenbelastungen ermittelt.

Die Analyse einer Vielzahl von Querschnittszählungen hat folgende vier Ganglinientypen ergeben, die sich in der zeitlichen Verteilung der Tagesverkehrsbelastungen unterscheiden:

- Straßentyp 1: mit der Standardganglinie
- Straßentyp 2: städtische Radialstraßen mit ausgeprägter Morgenspitze stadteinwärts und etwas flacher verteilter Abendspitze
- Straßentyp 3: Gürtelstraßen mit einer gleichmäßig hohen Auslastung über den Tagesverlauf.
- Straßentyp 4: Innerstädtische Straßen mit hoher Auslastung über den Tagesverlauf und geringeren Belastungen um die Mittagszeit

Anhand der relativen Tagesganglinien für diese Straßentypen können die für die schalltechnischen Berechnungen maßgeblichen Stundenbelastungen ermittelt werden. Diese Vorgangsweise hat zusätzlich den Vorteil, dass der in den künftigen EU-konformen Rechen- und Beurteilungsvorschriften zusätzliche Zeitraum "Abend" in den Berechnungen berücksichtigt werden kann.

### 3.6 Datenbank der Verkehrsbelastungen

Die ermittelten Verkehrsbelastungen werden in der mit dem Datenformat des Stadtvermessungsamtes koordinierten Form in einer Straßendatenbank bereit gestellt. Zusätzlich sind darin folgende lärmrelevante Parameter der Streckenabschnitte aus der eigenen Erhebung enthalten:

- Art des Straßenbelages
- Steigung und Gefälle des Abschnittes
- Geschwindigkeit
- Fahrbahnbreite
- Bebauungsform
- Straßen- und Ganglinienkategorie
- Abstand der Baufluchten bei geschlossener Bebauung

Diese Daten werden bei allen Bearbeitungen aktualisiert und stehen damit inklusive der Verkehrsbelastungen für den motorisierten Individualverkehr, Güterverkehr und öffentlichen Verkehr für die Ermittlung des Verkehrslärms zur Verfügung.

#### **4. STRASSENVERKEHRSLÄRMKATASTER GRAZ 2000**

Im Verkehrslärmkataster sind die Emissionen des Straßenverkehrs ermittelt. In den maßgeblichen Vorschriften (RVS 3.02) ist der Emissionswert als  $L_{eq,A,1}$  definiert, die Lärmimmission in 1m Abstand von der Fahrbahnachse wird damit der Emission gleichgesetzt. Dieser Bereich ist noch unbeeinflusst durch die Ausbreitungsbedingungen.

Die Einflüsse der Ausbreitung werden bei den Immissionen berücksichtigt. Die Lärmimmissionen können mit den entsprechenden Parametern für die Ausbreitungsbedingungen im Rechenmodell ermittelt werden. Dabei sind dann Einflüsse wie Abschirmung durch Hindernisse, Boden- und Luftabsorption, Reflexionen an Bauteilen oder Mehrfachreflexionen in beidseitig geschlossen verbauten Straßen zu berücksichtigen.

#### **5. NUTZEN DES LÄRMKATASTERS**

Die Neubearbeitung des Lärmkatasters liefert in erster Linie eine aktuelle Analyse des Ist-Zustandes aus lärmtechnischer Sicht. Durch die schnell mögliche Aktualisierung von Datengrundlagen ist die Verwaltung immer auf dem neuesten Stand und hat damit flächendeckend die Möglichkeit sehr schnell auf Anfragen und im Behördenverfahren zu reagieren.

Die leichte Fortschreibungsmöglichkeit erlaubt in Zukunft eine Beobachtung der Entwicklung in kürzeren Zeitabständen. Damit können kontinuierlichere Zeitvergleiche angestellt werden. Fehlentwicklungen können früher erkannt werden, daraus lässt sich dann ein konkreter Handlungsbedarf aufzeigen.

Für den interessierten und betroffenen Bürger ergeben sich mit den Zugriffsmöglichkeiten im Internet neue Möglichkeiten, sich rasch aktuelle Informationen zu beschaffen. Diese Informationen könnten z.B. eine Hilfe bei der Auswahl des Wohnstandortes u.ä. darstellen. Gleichzeitig besteht damit aber auch eine Verpflichtung zur Aktualisierung und Datenpflege durch die Verwaltung.

Für die Behörde wird die Bearbeitung vereinfacht, aufwendige Erhebungsarbeiten können reduziert werden, eine schnellere Bearbeitung ist möglich (während bestimmter Zeiträume sind z.B. repräsentative Verkehrszählungen gar nicht möglich).

Für die politisch Verantwortlichen stellt der Zugriff auf aktuelle Umweltdaten eine wichtige Informationsquelle dar, um auf Entwicklungen entsprechend reagieren zu können.

Die dem Lärmkataster zugrunde liegende Datenbank ist rasch zu aktualisieren, z.B. können neue Bebauungen sehr schnell mit ihren möglichen Auswirkungen im untergeordneten Straßennetz berücksichtigt werden.

##### **Datenkompatibilität mit dem Schadstoffkataster**

Die detaillierte Ermittlung der Verkehrsbelastungen erlaubt auch eine flächendeckende Erfassung der Luftschadstoffe. Ein großer Vorteil liegt auch darin, dass für beide Emissionskataster (Luft und Lärm) die gleiche Datengrundlage verwendet wird. Damit können Änderungen in den Datengrundlagen sehr schnell in die Datenbank für beide Emissionskataster übernommen werden.

##### **Datengrundlage erlaubt EU-konforme Berechnungsweise**

Die detaillierte Aufnahme des Straßennetzes, die Ermittlung der Verkehrsbelastungen für alle Straßenabschnitte im Stadtgebiet von Graz, sowie die Zuordnung von charakteristischen Tagesganglinien der Verkehrsbelastungen je nach Lage und Funktion der Straßenabschnitte im Netz, ermöglicht in Zukunft eine Bearbeitung und Fortschreibung nach der EU-konformen Berechnungsvorschrift mit einer Unterscheidung in Tag, Abend und Nacht.