

Potenzial und Stolpersteine einer GIS-gestützten Auswertung flächendeckender Medikationsdaten am Beispiel einer Pilotstudie

Johannes RÜDISSER, Peter LERCHER und Armin HELLER

Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung durch das Programmkomitee als „reviewed paper“ angenommen.

Zusammenfassung

Kann Verkehrsbelastung zu einem erhöhten Medikamentenkonsum führen? Diese Frage wurde im Rahmen einer GIS-gestützten Studie im Tiroler Wipptal untersucht. Auf Basis von adressengau verorteten Verschreibungsdaten bestimmter Medikamentengruppen wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Verkehrsexposition und der Verschreibungshäufigkeit besteht. Anhand einer exemplarisch vorgestellten Pilotstudie werden Möglichkeiten und Limitierungen einer GIS-gestützten Auswertung von Medikationsdaten der gesetzlichen Krankenversicherungen erörtert und diskutiert.

1 Einleitung

Der Einfluss langfristiger Verkehrsexposition auf die Gesundheit von Anrainern war und ist Gegenstand vielfältiger Studien. Mehrere Publikationen weisen darauf hin, dass das Wohnen an stark befahrenen Verkehrsträgern ein erhöhtes Gesundheitsrisiko birgt (vgl. HOEK et al. 2002, BRUNEKREEF 2005, BRUNEKREEF 2002, MÜLLER-WENK 2002, BRAUER et al. 2006, HOFFMANN et al. 2006, LIPFERT et al. 2006, MORGENSTERN et al. 2006, LERCHER & KOFLER 1996, LERCHER et al. 1995).

Obwohl in vielen Fällen ein Zusammenhang zwischen Gesundheit und Verkehrsexposition nachgewiesen werden kann, bleibt es schwierig gesicherte quantitative Aussagen zu umwelt- und im Besonderen verkehrsbedingten Erkrankungen der Bevölkerung einer Region zu treffen. Auch wenn es für Teilbereiche wie der Luft- und Lärmbelastung Berechnungsmodelle gibt (z. B. KÜNZLI et al 2000, MÜLLER-WENK 2002), so fehlt all zu oft eine adäquate regionale Datenbasis. Gerade eine integrierte quantitative Abschätzung wäre aber im Sinne einer den Verkehr einschließenden, von der WHO geforderten Gesundheitsberichterstattung (PRÜSS-ÜSTÜN & CORVALÁN 2006), und daraus ableitbarer Maßnahmen, wünschenswert.

Die Verschreibung von Medikamenten ist ein guter Indikator für eine Gesundheitsstörung, obwohl der Weg zur Verschreibung komplex ist, und von vielen Faktoren wie beispielsweise dem individuellen Zugang zum Gesundheitssystem oder dem Verschreibungsverhalten von Ärzten beeinflusst wird.

Trotz gewisser Einschränkungen stellen Medikations-Daten der gesetzlichen Krankenversicherung eine äußerst wertvolle Gesundheitsinformation auf Bevölkerungsebene dar. Insbesondere deren Vollständigkeit (z.B. in Bezug auf Altersbereiche), die grundsätzlich flächendeckende Verfügbarkeit und die selektionsfreie Erhebung (ca. 80 % der Tiroler Bevölkerung ist bei der TGKK versichert) sind ein großes Potenzial. Diese Daten, die in Österreich nur selten Gegenstand von Untersuchungen waren, sind nicht immer leicht zugänglich und beschränken sich oft auf wenige Kerninformationen. In vielen Fällen fehlen die für die statistische Adjustierung notwendigen Zusatzvariablen wie Einkommen, Schulbildung, persönliche Risikofaktoren etc.. Auch der Vorteil der Vollständigkeit führt oft zum Nachteil extrem umfangreicher und schwer auszuwertender Datenmengen.

Die Fortschritte im Bereich der automatisierten Datenverarbeitung aber auch verbesserte und vereinfachte „Werkzeuge“ im GIS-Bereich haben hier zu neuen Möglichkeiten geführt (NUCKOLS 2004, VINE 1997).

Anhand einer an der Sektion für Sozialmedizin der Medizinischen Universität Innsbruck (MUI) durchgeführten Pilotstudie sollen neben der Methodik auch Potenzial und Schwierigkeiten bei der Verwendung solcher Daten besprochen und diskutiert werden. Der Schwerpunkt liegt dabei ganz bewusst auf einer ausführlichen Methodenbeschreibung und nicht bei den Ergebnissen. Mängel und Fehler im Rahmen der Datenaufbereitung und Auswertung werden beschrieben und diskutiert.

2 Beschreibung der Pilotstudie

Allgemeines Ziel der hier beschriebenen Untersuchung war die Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen Verkehrsexposition (Schiene und/oder Straße) und der Verschreibungshäufigkeit ausgewählter Medikamente. Die adressgenaue und flächendeckende Verortung von Verschreibungen bestimmter Medikamentengruppen ermöglicht unterschiedlich verkehrsexponierte Bevölkerungsgruppen zu vergleichen.

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst das gesamte nördliche Wipptal – also den Bereich zwischen Innsbruck und dem Brennerpass. Das Wipptal ist geprägt durch eine der wichtigsten alpenquerenden Transitrouten. Autobahn, Bundesstraße und Eisenbahn verlaufen größtenteils parallel durch dieses enge und im Talboden relativ dicht besiedelte Tal. Im Jahr 2006 betrug die Gesamtbevölkerung im Untersuchungsgebiet 30.564 Personen.

2.2 Datengrundlage und Datenaufbereitung

Datenschutz

Bei den verwendeten Medikationsdaten handelt es sich um datenschutzrechtlich sehr sensible Daten. Der Datenaustausch wurde erst nach einer Prüfung durch die Datenschutzkommission der Tiroler Landesregierung durchgeführt. Alle in der Studie verwendeten Daten unterliegen einem äußerst strengen Datenschutz. Personenbezogene Daten wurden kodiert und nur unmittelbar mit der Studie beschäftigte Personen hatten Zugang zu den Daten. Ergebnisse werden ausschließlich in aggregierter Form dargestellt.

Daten zur Medikation

Die Daten über die von Ärzten verschriebenen Medikamente stammen aus einer von der Tiroler Gebietskrankenkasse (TGKK) speziell für diese Studie erstellten Datenbankabfrage über die Jahre 2003 bis 2005. Die Auswahl der Medikamente erfolgte a priori in Hinblick auf Gesundheitswirkungen, welche in der Literatur mit Verkehrsbelastungen in Verbindung gebracht wurden (KNIPSCHILD 1977, SCHULZE 1983, LERCHER 1996, BLUHM 2004). Die Datenausgabe erfolgte für jedes Kalenderjahr separat in Form eines ASCII-Textfiles, welches personenbezogene Einträge mit folgenden Informationen enthält: personenbezogene ID, Postleitzahl, Gemeinde, Adresse, Lebensjahr sowie die verschriebenen Medikamente aus der jeweiligen Gruppe. Um eine adressbasierte und punktgenaue Georeferenzierung zu ermöglichen, war eine umfangreiche Modifizierung und Homogenisierung dieser Datensätze notwendig. Neben strukturellen Veränderungen wie dem Auftrennen von Adresse in Straßename, Haus- und Wohnungsnummer, sowie dem Ausschreiben von Abkürzungen und dem Ersetzen von Umlauten durch ae, ue, oe, musste in vielen Fällen auch die Schreibweise von Adressen korrigiert werden. Die Aufbereitung der Rohdaten erfolgte in MS-Excel und TextPad 4.5.0. Die eigentliche Georeferenzierung erfolgte über eine halbautomatische Verknüpfung in ArcGIS 9.1 mit Hilfe eines hierfür erstellten *Address Locator* (vgl. ESRI 2003). Dieser basiert auf einem offiziellen Adressdatensatzes der Tiroler Landesregierung – TIRIS aus dem Jahr 2004.

Daten zur Verkehrsexposition

Die Adressen im Untersuchungsgebiet wurden in verschiedene Gruppen geteilt: Je nach dominantem Verkehrsträger wurden sie der Expositionsgruppe Eisenbahn, Autobahn, Brenner-Bundesstraße, Haupt- und Landesstraßen oder einer Mischgruppe (mehrere Verkehrsträger) zugeordnet oder – wenn kein dominanter Verkehrsträger vorhanden war – in die Referenzgruppe aufgenommen. Die Zuordnung zu einer Gruppe basiert auf der Distanz zum jeweiligen Verkehrsträger. Die Distanz zu einer Expositionsquelle wird in der umweltmedizinischen Forschung häufig verwendet (z.B. VERKASALO et al. 2004, HOEK et al. 2002, WILKINSON et al. 1999), da die individuelle Zuordnung einer spezifischen Schadstoff- oder Lärmexposition für eine große Anzahl von Personen zu aufwändig und mit reduzierter Qualität letztlich zu ungenau wäre. Man spricht in diesem Falle von der Distanz als Surrogat-Indikator.



Abb. 1: Zuordnung verschiedener Adressen zu den Expositionsgruppen aufgrund der Distanzen zu den Verkehrsträgern in einem Bereich der Gemeinde Matrei am Brenner

Die spezielle Situation in einem von Gebirgstälern geprägten Untersuchungsgebiet berücksichtigend, wurde bei der Ermittlung der Distanz zum jeweiligen Verkehrsträger zusätzlich das Kriterium der „Sichtbarkeit“ eingeführt. Es wurde also die Distanz aller Untersuchungsadressen zum nächsten sichtbaren Punkt des jeweiligen Verkehrsträgers bestimmt. Von Geländestrukturen abgeschirmte Bereiche wurden nicht beachtet. Dies ist vor allem in Bezug auf die Lärmexposition eine wichtige Adaptierung des Distanzmaßes. Für die Umsetzung dieser eigentlich recht einfachen Forderung im Rahmen einer GIS-basierten Analyse waren einige komplexe Rechenschritte notwendig: Basis aller Berechnungen war ein Digitales Geländemodell (Rasterweite 10 m) sowie jeweils ein Vektordatensatz der Verkehrsträger und Adressen inklusive genauer Höhenangaben. Mit Hilfe einer „Sichtbarkeitsanalyse“ (*visibility analysis*) wurde für jeden einzelnen Adresspunkt bestimmt, ob ein beliebiger Punkt auf einem Verkehrsträger von der jeweiligen Adresse aus sichtbar ist oder nicht. Anschließend wurde die Distanz zum nächstgelegenen sichtbaren Punkt des Verkehrsträgers bestimmt. Um den Einfluss von Fehlern im Geländemodell bzw. den Höhenangaben von Häusern und Straßen zu verringern, wurde bei der Sichtbarkeitsanalyse eine Höhenkorrektur bzw. *Offset* von +3 m für alle Verkehrsträger und Gebäude verwendet. Alle Distanzberechnungen erfolgten 3-dimensional – berücksichtigten also den vertikalen Abstand und wurden mit Hilfe eines Avenue Scripts in ArcView 3.3 durchgeführt.

Daten zur Bevölkerung

Daten zur Bevölkerung (Anzahl an Personen, Altersverteilung, Geschlecht, u. s. w.) kommen von der Statistik Austria und beziehen sich auf die Volkszählung aus dem Jahr 2001. Da eine Weitergabe von Bevölkerungszahlen auf Adressebene von Seiten der Statis-

tik Austria aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht möglich ist, mussten die entsprechenden Werte im Rahmen einer Projektanfrage von der Statistik Austria ermittelt werden. Für jede der oben beschriebenen Expositionsgruppen wurden Bevölkerungsdaten bestimmt (Anzahl von Männern und Frauen jeweils in den Altersklassen unter 15 Jahre, 15-29 Jahre, 30-49 Jahre, 50-69 Jahre und 70 Jahre und älter).

2.3 Statistische Auswertung

Auf Basis der zuvor beschriebenen Daten werden für alle Expositions- und Medikamentengruppen Prävalenzraten – also die Anzahl der Verschreibungen in Abhängigkeit von der Bevölkerung – berechnet. Die Prävalenzraten werden jeweils getrennt für Männer und Frauen sowie die Altersklassen unter 15 Jahre, 15-29 Jahre, 30-49 Jahre, 50-69 Jahre und 70 Jahre und älter bestimmt. Zum Vergleich der verschiedenen Expositionsgruppen und zur statistischen Absicherung der Ergebnisse werden das relative Risiko (Quotient der Prävalenzraten der Expositions- und der Kontrollgruppe), die *Odds Ratio* sowie das 95 % Konfidenzintervall berechnet. Die *Odds Ratio*, eine in epidemiologischen Studien häufig verwendete Maßzahl, beschreibt um wie viel größer die Chance zur Medikation in der Expositionsgruppe ist. Sie nimmt einen Wert zwischen 0 und unendlich an, wobei 1 ein gleiches Chancenverhältnis bedeutet. Für die Berechnung von *Odds Ratio* und Konfidenzintervall siehe BLAND (2000).

3 Potenzial und Stolpersteine – wertvolle Erfahrungen aus der Pilotstudie

3.1 Aufwändige Verortung

Obwohl die Adressdatensätze der TGKK in digitaler und tabellarischer Form vorlagen, stellte sich die Verortung als sehr aufwändig heraus. Eine besondere Schwierigkeit war die extrem unsystematisierte Adressschreibweise. Straßennamen waren auf die unterschiedlichsten Weisen abgekürzt oder oft fehlerhaft geschrieben. Für manche Straßen konnten über 10 verschiedene Schreibweisen gefunden werden. Dies führte zu einem sehr großen Arbeitsaufwand, da sehr viele Einträge händisch korrigiert werden mussten, und schränkt die Möglichkeiten einer flächendeckenden Auswertung somit stark ein. Natürlich wurden die verwendeten Daten bei den TGKK ursprünglich nicht zum Zweck der späteren Georeferenzierung erhoben, was den Mangel an systematisierten und einheitlichen Adressschreibweisen teilweise erklärt. Es ist aber zu hoffen, dass bei zukünftigen Verbesserungen der internen Datenbanken der TGKK auf eine standardisierte Adresshaltung hingearbeitet wird. Basis hierfür wären idealerweise amtliche Adressdatensätze, wie etwa das Gebäude- und Wohnungsregister des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV) oder im Falle Tirols der Adressdatensatz der GIS-Abteilung des Landes (TIRIS). Dies würde in Zukunft eine einfache, schnelle und fehlerfreie Georeferenzierung von Daten ermöglichen.

3.2 Fehlerhafte Verortung

Beim Georeferenzieren sehr großer Datensätze (in der beschriebenen Studie handelte es sich um mehr als 10.000 zu verortende Einzeleinträge) ist oft ein Mittelweg zwischen Genauigkeit, Vollständigkeit sowie Korrektheit und dem damit verbundenen Arbeitsaufwand

zu finden. Eine systematische Fehler-Kontrolle und Abschätzung ist dabei, wenn in vielen Fällen auch schwierig, von besonderer Bedeutung.

Die (halb-) automatische Verortung eines Adressdatensatzes mittels *Adress Locators* in ArcGIS 9.1 bringt – einheitliche Adressen vorausgesetzt – zwar den Vorteil der schnellen Verknüpfung, kann aber auch schnell zu unbemerkten Fehlern führen. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn die Ausgangsdaten mangelhafter bzw. in unbekannter Qualität vorliegen.

3.3 Unvollständige Referenzdaten

Detaillierte Bevölkerungszahlen mit Angaben zum Geschlecht und Alter sind für eine sinnvolle Analyse von Gesundheitsdaten eine wichtige Voraussetzung, da Medikationen stark alters- und geschlechtsabhängig sein können. Diese und andere statistische Daten waren bisher aber zumeist nur auf Gemeindeebene evtl. noch untergliedert in statistische Zählsprenkel verfügbar. Wie bereits erwähnt ist es aus datenschutzrechtlichen Regelungen von Seiten der Statistik Austria nicht möglich Bevölkerungszahlen auf Adressebene zu bekommen. Die von der Statistik Austria seit dem Jahr 2006 angebotenen statistischen Raster mit Rasterzellen von 125 m bzw. für bestimmte Merkmale 250 m waren für die angestrebte Art der Auswertung nicht ausreichend, da es durch Zonierungseffekte zu großen Ungenauigkeiten kommen würde (vgl. WONKA 2006). Zu Beginn der Studie standen daher keine Informationen zur Altersverteilung der Bevölkerung in den einzelnen Expositionsgruppen zur Verfügung. Einzig die Daten zum Medikamentenverbrauch enthielten Angaben zu Alter und Geschlecht. In einer ersten Auswertung war eine Beschränkung auf die Einteilung der Medikationsdaten auf Altersklassen notwendig. Die *Odds Ratio* musste auf Basis der Gesamtbevölkerung in der jeweiligen Expositionsgruppe berechnet werden. Da diese Auswertungen zu bemerkenswerten Ergebnissen führten, wurde erneut versucht bessere Bevölkerungszahlen zu den einzelnen Expositionsgruppen zu bekommen, um eine mögliche Verzerrung durch eine ungleiche Altersverteilung in den Expositionsgruppen ausschließen zu können. Es gelang schlussendlich die benötigten Daten in Form einer „Projektanfrage“ – durchgeführt von der Statistik Austria – zu bekommen. Wie sich herausstellte unterliegt die Altersverteilung in den einzelnen Expositionsgruppen deutlichen Unterschieden (vgl. Abb. 2). So waren die Altersgruppen der 50-69-jährigen und über 70-jährigen in der „Expositionsgruppe Eisenbahn“ deutlich stärker vertreten als in der Referenzgruppe. Da das Alter ein wichtiger Faktor für die Verschreibung von Medikamenten ist, zeigten sich nach der Alters-Korrektur deutliche Verschiebungen der Risiko-Schätzer. Die *Odds Ratios* veränderten sich für die unterschiedlichen Expositionsgruppen oft in signifikanter Weise (verloren Signifikanz oder wurden signifikant.)

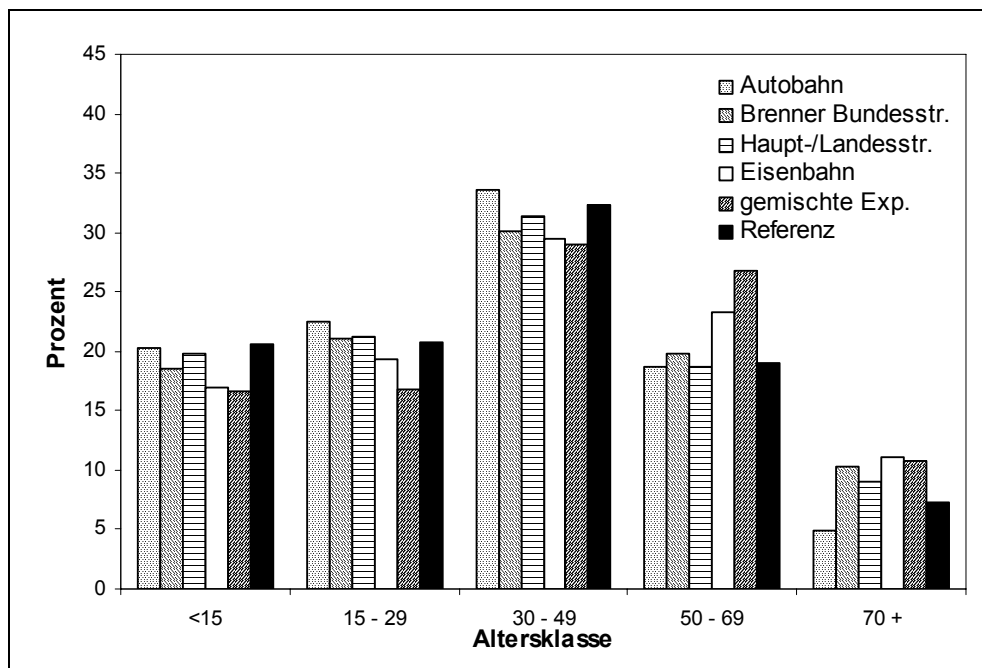


Abb. 2: Prozentueller Anteil der Altersgruppe je Expositionsgruppe

3.4 Neue Analysemöglichkeiten und Ergebnisse

Für mehrere Medikamentengruppen konnten in einigen Altersklassen signifikante Unterschiede im „Medikations-Risiko“ für die verschiedenen Expositionsgruppen festgestellt werden. Detaillierte Ergebnisse dürfen erst nach Abschluss eines laufenden UVE Verfahrens publiziert werden. Die Ergebnisse, die im Vergleich zur Literatur teilweise neu sind, bedürfen weiterer Untersuchungen zur Absicherung der Aussagen, zeigen aber eindeutig das Potenzial dieser neuen Form der räumlichen Auswertung großer Mengen von Medikationsdaten. Der statistische Vergleich der Expositionsgruppen untergliedert in verschiedene Altersklassen ist nur aufgrund der großen Anzahl an adressgenau verorteten Einzelfällen, sowie der seit dem Jahr 2006 mittels Projektabfrage für selbst definierte Gebiete zur Verfügung stehenden statistischen Daten der Statistik Austria (vgl. WONKA 2006) möglich.

4 Diskussion und Ausblick

Der direkte quantitative Nachweis des gesundheitlichen Einflusses verkehrsbedingter Lärm- und Schadstoffexposition ist auf Grund der großen Anzahl die Gesundheit beeinflussender Faktoren oft sehr schwierig. Die zur Verfügung stehenden Daten sind oft nicht ausreichend um statistisch abgesicherte Aussagen zu treffen: Werden Daten auf der Ebene von Individuen erfasst, so ist in vielen Fällen die Gesamtzahl zu gering, da der Aufwand der Datenerhebung sehr groß ist. Werden von öffentlichen Institutionen (wie Krankenhäuser, statistische Ämter etc.) gesammelte Daten verwendet, so stehen diese zumeist nur in räum-

lich aggregierter Form also für bereits vorgegebene Gebietsgliederungen (z. B. Gemeindegebiet) zur Verfügung. Hier ergibt sich das Problem der unzureichenden Genauigkeit und vor allem Vermischung unterschiedlicher Expositionen.

Viele Auswertungen umwelt-epidemiologischer Daten beschränken sich auf relativ große räumliche Einheiten wie Gemeindegebiete, politische Bezirke oder ähnliche administrative Einheiten (vgl. NUCKOLS et al 2004, CROMLEY 2003). Dies liegt teilweise daran, dass Daten über gesundheitsrelevante Informationen wie z. B. bestimmten Erkrankungen oft nicht genauer vorliegen, in vielen Fällen liegt die Limitierung aber auch auf Seite der Referenzdaten. Berechnung über Prävalenzen – also der Häufigkeit bestimmter Erkrankungen – sind nur möglich, wenn adressgenaue Informationen zur Bevölkerungsdichte, aufgegliedert nach Geschlecht und Alter vorliegen. In den meisten Fällen stehen diese Daten aber ebenfalls nur in aggregierter Form, z. B. je Gemeinde, zur Verfügung. Das ist insofern ein Problem, als Expositionen (wie zum Beispiel verkehrsbedingte Schadstoffe oder Lärm) in den seltensten Fällen einen Bezug zu administrativen Grenzen haben. Analysemöglichkeiten moderner GIS-basierter Methoden wie z. B. geostatistische Analysen finden deshalb oft nur selten Verwendung. In vielen Fällen beschränkt sich die GIS-Anwendung überhaupt auf die Visualisierung von Ergebnissen.

Die hier vorgestellte Studie war der erste Schritt einer raumorientierten Auswertung von Daten der gesetzlichen Krankenversicherungen. Dabei waren GIS-Methoden nicht nur Hilfsmittel sondern integraler Bestandteil (vom Studiendesign bis zur Visualisierung). Die Ergebnisse zeigen, dass diese Form der Analyse bereits vorhandener Daten sehr vielfältige und neue Möglichkeiten bietet, Zusammenhänge zwischen Verkehrsexposition und Gesundheit zu untersuchen. Analysen müssen sich dabei nicht auf Verkehrsträger beschränken. Viele Umweltbelastungen unterliegen einem räumlichen Einfluss. Besonders deutlich wird das, bei durch Verkehrsträger verursachten Lärm- und Schadstoffexpositionen, die generell mit zunehmender Distanz abnehmen. Deziert raumbezogene Analysen sind deshalb nützlich und sinnvoll, bergen aber auch die nicht zu unterschätzende Gefahr der Verzerrung von Ergebnissen durch bisher unbekannte bzw. nicht messbare oder ausreichend berücksichtigte Kovariablen. Diese Gefahr besteht bei jeder Studie, die einer bestimmten räumlichen Verteilung unterliegende Expositionswerte verwendet. Der Vorteil GIS-gestützter Auswertungen ist die gute Überprüf- und Darstellbarkeit solcher Effekte, was zu einer differenzierteren Bewertung statistischer Zusammenhänge führen kann.

So ist beispielsweise die Besiedelung und die Verteilung bestimmter Bevölkerungsgruppen kein zufälliger Prozess sondern unterliegt in vielen Fällen räumlichen Mustern. Auch die Verkehrsträger selbst verlaufen nicht zufällig durch die Landschaft, sondern haben einen Bezug zur Siedlungsstruktur und somit zur Bevölkerungsverteilung. In der vorgestellten Studie verlaufen Eisenbahn und Brenner-Bundesstraße vermehrt durch den dicht besiedelten Ortskern. Die Autobahn im Vergleich dazu verläuft zumeist in weniger dicht besiedelten Hanglagen. Weitere Untersuchungen sollten klären, ob und welchen Einfluss das auf Ergebnisse haben kann. Ein wichtiger Schritt ist der Einsatz multivariater Techniken (Mehrebenen-Regressionsmodelle). Hiermit kann eine weitere Adjustierung von Sozial- und Umweltvariablen durchgeführt und Einsicht in die Variabilität der Daten gewonnen werden.

Ein anderer Schritt besteht in der Anwendung von Modellierungsdaten der Schadstoff- und Lärmbelastung auf Adress-Ebene zur Bestimmung des relativen Anteils der verschiedenen Belastungsfaktoren.

Daten der gesetzlichen Gebietskrankenkassen in Kombination mit modernen Bearbeitungs- und Analysetechniken stellen ein in Österreich bisher ungenutztes Potenzial dar. Neben Daten für forschungsorientierte Untersuchungen, bieten sie eine ausgezeichnete Informationsquelle für die von der Weltgesundheitsorganisation geforderte umweltbezogene regionale Gesundheitsberichterstattung (PRÜSS-ÜSTÜN & CORVALÁN 2006).

Dank

Das erfolgreiche Überleben in den unendlichen Weiten institutioneller Datenschungel ist zumeist nur durch die tatkräftige Unterstützung engagierte Mitarbeiter möglich. Unser Dank gilt daher im besondern den Mitarbeitern der Tiroler GKK Hr. Walter Jellinek und Hr. Hosp, Fr. Ingrid Kaminger von der Statistik Austria, Manfred Riedl vom Amt der Tiroler Landesregierung – TIRIS sowie Manfred Kaiser von der Landesstatistik Tirol. Der Brenner Basistunnel (BBT) SE danken wir für die finanzielle Unterstützung der vorgestellten Studie.

Literatur

- BLAND, J & G. D. ALTMANN (2000): Statistics Notes: The odds ratio. *BMJ*, 32, S 1468.
- BLUHM, G, C. ERIKSSON, A. HILDING, et al. (2004): Aircraft noise exposure and cardiovascular risk among men – First results from a study around Stockholm Arlanda airport. Proceedings of the 33rd International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. Prague, The Czech Acoustical Society.
- BRAUER, M, U. GEHRING, B. BRUNEKREEF, J. DE JONGSTE, J. GERRITSEN, M. ROVERS, H. E. WICHMANN, A. WIJGA & J. HEINRICH (2006): Traffic-related air pollution and otitis media. *Environ Health Perspect* ; 114/9, S. 1414-1418.
- BRUNEKREEF, B. & B. FORSBERG (2005): Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *Eur Respir J*. Aug; 26(2), S. 309-18.
- BRUNEKREEF, B. & S.T. HOLGATE (2002): Air pollution and health. *Lancet*, 360(9341), S. 1233-1242.
- CROMLEY, E.K (2003): GIS and Disease. *Annu. Rev. Public Health* 24, S. 7-24.
- ESRI (2003): ArcGIS 9 – Geocoding Rule Base Developer Guide. ESRI, USA.
- HOEK, G, B. BRUNEKREEF, S. GOLDBOHN, P. FISCHER & P.A. VAN DEN BRANDT (2002): Association between mortality and indicator of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 360, S. 1203-1209.
- HOFFMANN B, S. MOEBUS , A. STANG, E.M. BECK, N. DRAGANO, S. MOHLENKAMP, A. SCHMERMUND, M. MEMMESHEIMER, K. MANN, R. ERBEL R & K.H. JÖCKEL (2006): Residence close to high traffic and prevalence of coronary heart disease. *Eur Heart J*; Nov. 27, S. 2696-2702.
- KNIPSCHILD, P. & N. OUDSHOORN (1977): Medical effects of aircraft noise: drug survey. *Int Arch Occup Environ Health* 40, S. 197-200.
- KÜNZLI, N, R. KAISER, S. MEDINA, et al. (2000): Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 356, S. 795-801.
- LERCHER, P. (1996): Environmental noise and health: An integrated research perspective. *Environ Intern* 22, S. 117-129.

- LERCHER, P. & W. KOFLER (1996): Behavioral and health responses associated with road traffic noise along alpine through-traffic routes. *Sci. Total. Environ.* 189/190, S. 85-89.
- LERCHER, P, R. SCHMITZBERGER & W. KOFLER (1995): Perceived traffic air pollution, associated behavior and health in an alpine area. *Sci. Total. Environ* 169, S. 71-74.
- LIPFERT, F.W, R.E. WYZGA, J.D. BATY & J.P. MILLER (2006): Traffic density as a surrogate measure of environmental exposures in studies of air pollution health effects: Long-term mortality in a cohort of US veterans. *Atmospheric Environment*, 40, S. 154-169.
- MORGENSTERN, V, A. ZUTAVERN, J. CYRYS, I. BROCKOW, U. GEHRING, S. KOLETZKO, C.P. BAUER, D. REINHARDT, H.E. WICHMANN & J. HEINRICH (2006): Respiratory health and individual estimated exposure to traffic-related air pollutants in a cohort of young children. *Occup Environ Med*; doi: 10.1136/oem.2006.028241.
- MÜLLER-WENK, R. (2002): Zurechnung von lärmbedingten Gesundheitsschäden auf den Strassenverkehr. Schriftenreihe Umwelt Nr. 339. Bern, BUWAL.
- NUCKOLS, R.J, M.H. WARD & L. JARUP (2004): Using Geographic Information Systems for Exposure Assessment in Environmental Epidemiology Studies. *Environmental Health Perspectives* 112, S. 1007-1015.
- PRÜSS-ÜSTÜN, A. & C. CORVALÁN (2006): Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease. World Health Organization, Genf.
- SCHULZE, B, R. ULLMANN, R. MÖRSTEDT, et al. (1983): Verkehrslärm und kardiovaskuläres Risiko: Eine epidemiologische Studie. *Deutsches Gesundheitswesen*, 38, S. 596-600.
- VERKASALO, P.K, E. KOKKI, E. PUKKALA, T. VARTIAINEN, H. KIVIRANTA, A. PENTTINEN, et al. (2004): Cancer risk near polluted river in Finland. *Environ Health Perspect* 112, S 1026-1031.
- VINE, M.F, D. DEGNAN & C. HANCHETTE (1997): Geographic Information Systems: Their Use in Environmental Epidemiologic Research. *Environmental Health Perspectives* 105 (6), S. 598-605.
- WILKINSON, P, P. ELLIOT, C. GRUNDY, G. SHADDICK, B. THAKRAR, P. WALLS, et al (1999): Case-control study of hospital admission with asthma in children aged 5-14 years: relation with road traffic in north west London. *Thorax* 54, S. 1070-1074.
- WONKA, E. (2006): Regionalstatistik in Österreich – Von der Tabelle zu räumlicher Analyse und Visualisierung. Strobl, J, Hrsg.: Salzburger Geographische Arbeiten, Band 39.