

Lärmkarten

Kartographische Grundlagen und audiovisuelle Realisierung

Dissertation zur Erlangung des akademischen
Grades eines Doktors der Philosophie an der
Fakultät für Geowissenschaften der
Ruhr-Universität Bochum

vorgelegt von

Holger Scharlach

angefertigt unter Betreuung von:

Prof. Dr. Jean-Claude Müller

Prof. Dr. Jürgen Dodt

Bochum

2002

Die vorliegende Arbeit wurde von der Fakultät für Geowissenschaften der
Ruhr-Universität Bochum 2002 als Dissertation angenommen.

Tag der mündlichen Prüfung: 9. Juli 2002

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Methodisches Vorgehen	4
1.3 Einordnung des Themas	6
2. Lärm	13
2.1 Definitionen	13
2.2 Schall und dessen Quellen	16
2.3 Erfassung	24
2.3.1 Wahrnehmung	25
2.3.2 Messung und Berechnung	31
2.3.3 Qualität und Quantität – Diskussion	37
2.4 Lärmbekämpfung	40
2.5 Zusammenfassung	46
3. Kartographische Darstellung des Phänomens Lärm	49
3.1 Einleitung	49
3.2 Technische und konzeptionelle Voraussetzungen	50
3.2.1 Grundlagen der Multimedialen Kartographie	50
3.2.2 GIS, Multimedia und die Kartographie	56
3.2.3 Software	60
3.3 Klassifizierung von Schallereignissen nach kartographischen Gesichtspunkten	65
3.4 Kartographische Darstellung	72
3.4.1 Einleitung	72
3.4.2 Visuelle Darstellung	73
a) Punkthafte Darstellung	76
b) Linienhafte Darstellung	82
c) Flächenhafte Darstellung	87
d) Dreidimensionale Darstellung	98
e) Gestaltung der Legende	100
3.4.3 Audiovisuelle Darstellung	103
a) Technische Aspekte	103
b) Ton in der Kartographie	106
c) Beispiele audiovisueller Lärmkarten	114
d) Diskussion	117
3.4.4 Datenanalyse	119
4. Schlussbemerkungen	123
5. Zusammenfassung	127
6. Literatur	131

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1	Fünf Entwicklungsphasen der Computerkartographie	9
Abb. 2	GIS-Nachbarwissenschaften	10
Abb. 3	Ausbreitung von Schallwellen	16
Abb. 4	Reflexion von Schallwellen	16
Abb. 5	Parameter zur Beschreibung einer Schallwelle	17
Abb. 6	Umrechnung von Schalldruck in Schallpegel und Geräuschbereiche	18
Abb. 7	Hörbereich des menschlichen Ohrs	18
Abb. 8	Beschreibung von Lautereignissen	22
Abb. 9	Bewertung von Schienenlärm	27
Abb. 10	Qualitative Darstellung einer Geräuschumgebung	30
Abb. 11	Funktionsweise eines Schallpegelmessgerätes	32
Abb. 12	Energetische Addition von Schallpegeln	33
Abb. 13	Screenshot aus der Schallmodellierungssoftware Immi	36
Abb. 14	Ablaufschema der rechnergestützten Herstellung einer Lärmkarte	37
Abb. 15	Mittelungspegel – verursacht durch PKW und D-Zug	38
Abb. 16	Lärmkarte eines Berliner Stadtteils aus dem Jahr 1938	42
Abb. 17	Abruf von Lärmkarten des LUA zum Geräuschscreening NRW über das WWW	45
Abb. 18	Geräuscherfassung vom 16. Jahrhundert bis heute	47
Abb. 19	Typische Leistungsmerkmale eines Computersystems	51
Abb. 20	Typen von Computerschnittstellen	52
Abb. 21	Grafiktablett	52
Abb. 22	Informationsverknüpfung in einer Hyperkarte	55
Abb. 23	Visualisierung als wissenschaftliches Werkzeug	59
Abb. 24	Würfel der Kartenutzung	59
Abb. 25	Arbeitsablauf für der Erstellung multimedialer Lärmkarten	64
Abb. 26	Beispiel für eine Geräuschumgebung	66
Abb. 27	Klassifizierung von Geräuschen für die kartographische Darstellung	71
Abb. 28a	Visuelle Variablen für schwarz/weiße Karten	74
Abb. 28b	Visuelle Variablen für farbige Karten	75
Abb. 29	Fluglärmkarte von Berlin (1968/1969)	77
Abb. 30	Symbolisierung der Flugzeugtypen in der Fluglärmkarte von Berlin (1968/1969)	77
Abb. 31	Messpunkt-Diagramm der Lärmkarte von London (1961/1963)	74
Abb. 32	Punkthafte Darstellung von Immissionsorten im Innen- und Außenbereich	79
Abb. 33	Datenbankabfrage zu den Immissionsorten im Projektgebiet Westerland/Sylt	80
Abb. 34	Bildhafte Symbole zur Beschreibung der Geräuschumgebung	81
Abb. 35	Lärmkarte eines Berliner Stadtbezirkes (1938)	83
Abb. 36	Bayern, Verkehrsmengenkarte (1990)	83
Abb. 37	Lärmkarte Düsseldorf (1952)	84
Abb. 38	Lärmkarte Dortmund (1973)	85
Abb. 39	Qualitative Darstellung einer Geräuschumgebung	88

Abb. 40	Lärmkarte Eisenbahnstrecke Niederlande-BRD (2000)	89
Abb. 41	Lärmkarte des Hansaviertels Berlin (1959)	91
Abb. 42	Lärmkarte Mannheim (1974)	92
Abb. 43	Vergrößerter Ausschnitt aus der Lärmkarte Mannheim	93
Abb. 44	Lärmkarte des Projektgebietes in Westerland/Sylt	95
Abb. 45	Lärmkarte des Projektgebietes Westerland/Sylt – rot/gelbe Farbgebung	96
Abb. 46	Lärmkarte des Projektgebietes Westerland/Sylt – gelb/grüne Farbgebung	96
Abb. 47	Lärmkarte des Projektgebietes Westerland/Sylt – s/w Farbgebung und Isolinien	97
Abb. 48	Dreidimensionale Schalloberfläche Projektgebiet Westerland/Sylt	99
Abb. 49	Dreidimensionale Darstellung der Lärmbelastung für einen Schnellstraßenbau in Paris	99
Abb. 50	Dreidimensionale Ansicht der Schallimmissionspunkte des Projektgebietes Westerland/Sylt	100
Abb. 51	Veränderliche Legende im Kartenrand	101
Abb. 52	Dynamische Legende im Kartenfeld	102
Abb. 53	Ablauf des Sampling-Prozesses	104
Abb. 54	3-bit Quantisierung	105
Abb. 55	Eigenarten der Wahrnehmbarkeit bei linearen und bei räumlichen Systemen	107
Abb. 56	Tonvariablen für abstrakte Geräusche	111
Abb. 57	Abstraktheit bildhafter, assoziativer und geometrischer Signaturen	113
Abb. 58	Ablaufdiagramm und Lingo-Befehle: kontinuierliche Tonoberfläche	115
Abb. 59	Funktionsweise einer maussensitiven Rastertonkarte	117
Abb. 60	Durchführung einer Rasterverschneidung mit der Skriptsprache Lingo	121
Abb. 61	Lärmkarte mit SQL-Datenbankverknüpfung und Abfragemöglichkeiten	122

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1	Veränderung der Geräuschumgebung	20
Tab. 2	Regelwerke zur Feststellung des Mittelungs-/Beurteilungspegels und deren Erfassungsmethoden	34
Tab. 3	Vergleich der Funktionalität eines GIS mit der eines Multimedia-Autorensystems	63
Tab. 4	Ausgewählte Geräusche und deren räumliche Lokalisierung	67
Tab. 5	Tonqualität einzelner Abtastraten	104
Tab. 6	Vorschläge/Anwendungen zur Verwendung von Ton in der digitalen Kartographie	110

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Belastung der Bevölkerung durch Lärm hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen und damit eine verstärkte öffentliche Aufmerksamkeit hervorgerufen. Lärm ist für die Bürger der Bundesrepublik Deutschland das Umweltproblem, von dem sie sich am stärksten betroffen fühlen (MARKS 1999, S. 7) und stand 1995 bei Beschwerden über Umweltbelastungen, die europaweit im Rahmen einer Befragung aufgezeichnet wurden, zwar an fünfter Stelle, verzeichnete aber als einzige Umweltbelastung eine Zunahme der Belästigung seit 1992 (EUROPEAN COMMISSION 1996, S. 1).

Hauptursachen für diese Entwicklung sind die zunehmende Mobilität der Gesellschaft und die wachsende Verstädterung. Erstere ist einerseits bedingt durch eine wachsende Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsplatz und andererseits durch eine immer diversifiziertere und aufwendigere Freizeitgestaltung, bei der Raumüberwindung als notwendiges Übel und nicht mehr als limitierender Faktor angesehen wird. So sind die Geräuschemissionen und -immissionen im Straßenverkehr der Bundesrepublik Deutschland seit 1975 stetig angestiegen, an Autobahnen und Landstraßen um mehr als 2 dB(A) und an Bundes- und Kreisstraßen um 1,5 dB(A) (ULLRICH 1998, S. 22). Europaweit sind zwischen 17 und 22 % der Bevölkerung tagsüber kontinuierlich einem Verkehrslärm von mehr als 65 dB(A) ausgesetzt (EUROPEAN COMMISSION 1996, S. 3).

Auch in den nächsten Jahren ist von einer Verschärfung der Lärmproblematik auszugehen. So wird für das Jahr 2010 eine Verdoppelung des Gütertransports auf der Straße und ein Anstieg des Luftverkehrs um 180 % prognostiziert. Noch gravierender wird sich die durch den 24-stündigen Frachttransport bedingte Verlagerung der Lärmbelastung von der Tages- auf die Nachtzeit auswirken, wodurch auch die letzten Ruhephasen wegfallen werden (EUROPEAN COMMISSION 1996, S. 4/5).

Diese Entwicklung trifft besonders die Bewohner der Ballungsräume, da hier vielfältigen Lärm verursachende Aktivitäten auf engstem Raum stattfinden. 1990 lebten bereits 43 % der Erdbevölkerung in Städten, und dieser Anteil soll sich nach Prognosen der UNO bis 2025 verdoppeln (MEURER 1997, S. 548). Ein Trend in der Stadtentwicklung, der u. a. durch den zunehmenden innerstädtischen Lärm verursacht wird, ist die Suburbanisierung. Damit ist jedoch gleichzeitig eine Zunahme des Verkehrsaufkommens verbunden, was wiederum eine erhöhte Belastung durch Lärm- und Schadstoffemissionen nach sich zieht (VOGT 1997, S. 570).

Die gesundheitlichen Auswirkungen auf die betroffene Bevölkerung sind nur schwer nachzuweisen, reichen aber von Schlafstörungen über Schwerhörigkeit (BERGLUND et al. 1999, S. IX) bis zu einem erhöhten Herzinfarktrisiko. Laut Umweltbundesamt ist Lärm nach dem Rauchen der zweitgrößte Herzinfarkt-Risikofaktor (MARKS 1999, S. 7/8). Durch Lärm hervorgerufene Konzentrationsstörungen und eine daraus resultierende verringerte Lernleistung sind bei Schülern nachgewiesen worden (LYNCH 1984, S. 414). Die World Health Organisation (WHO) (BERGLUND et al. 1999, S. IX) hat 1999 einen umfassenden Bericht zum Thema „Community Noise“ herausgegeben und weist auch auf die Gefahr hin, dass Umweltgeräusche andere für

das tägliche Leben bedeutsame akustische Signale wie Türklingeln, Feuersirenen oder andere Warngeräusche übertönen können.

Neben den gesundheitlichen Auswirkungen dürfen die wirtschaftlichen Kosten nicht vernachlässigt werden, auch wenn diese wie bei anderen Umweltproblemen nur schwer quantifizierbar sind. In einem umfangreichen Forschungsvorhaben konnten Anfang der 90er Jahre für die Bundesrepublik Deutschland lärmbedingte gesamtwirtschaftliche Kosten in Höhe von 30 Milliarden Mark pro Jahr ermittelt werden (WEINBERGER 1992, S. 91). Auch die Auswirkungen von Lärm auf Immobilienpreise sind unumstritten, wobei davon auszugehen ist, dass diese sozial beeinflusst werden. Nach GUSKI (1987, S. 86) wirkt sich Lärm „vor allem auf die Preise *teurer* Objekte aus, weil deren potentielle Kunden prinzipiell mehr Wahlmöglichkeiten haben und sich (evtl. bei Mehrkosten) auch in ruhigeren Gegenden ansiedeln können.“

Die geschilderten negativen Auswirkungen haben zusammen mit einem Leitbildwandel hin zur ökologischen Stadtentwicklung in den 80er Jahren (SCHWARZ-V. RAUMER 1999, S. 3; MEURER 1997) dazu geführt, dass Lärm neben anderen Umweltproblemen wie Luft- und Wasserverschmutzung verstärkt in das öffentliche Interesse gerückt ist. Als eine Reaktion auf die zunehmende Lärmbelastung hat der deutsche Gesetzgeber 1990 im Bundesimmissionschutzgesetz (BImSchG) das Instrument der Lärminderungsplanung verankert. Städte und Gemeinden werden hierdurch in die Pflicht genommen, für Konfliktgebiete Lärminderungspläne aufzustellen.

Um die Notwendigkeit und die Art der Lärminderungsmaßnahmen diskutieren zu können, ist zunächst eine umfangreiche Inventarisierung der Lärmsituation notwendig. Basis hierfür sind einerseits Lärmmessungen und andererseits, besonders in den letzten Jahren, computergestützte Lärmberechnungen. Die Schallemissionen und -immissionen werden seit Anfang des 20. Jh. in thematischen Karten dargestellt. Ihnen fällt die Aufgabe zu, Planungsbeteiligte mit einem unterschiedlichen Wissensstand, wie Politiker, Stadtplaner und betroffene Bürger, über die Sachlage zu informieren und diese Gruppen auf einen einheitlichen Wissensstand zu bringen. GRÜNREICH (1996, S. 20) spricht in diesem Zusammenhang von der Notwendigkeit einer Darstellungsform für raumbezogene Planungen, die **kommunizierbar** ist. Erst auf der Basis dieser Darstellungen können die aktuelle Situation nachvollziehbar diskutiert und Entscheidungen über mögliche Maßnahmen zur Lärminderung getroffen werden.

Bisher sind überwiegend analoge Lärmemissions- und -immissionskarten zur Darstellung der Lärmbelastung eingesetzt worden. Ein Nachteil dieser Darstellungsform ergibt sich aus der Tatsache, dass der Versuch unternommen wird, ein hörbares über drei Raumdimensionen kontinuierliches und über die Zeit variables Phänomen visuell und in zweidimensionaler statischer Form darzustellen (FITZKE 1996, S. 1). Aus der analogen Lärmkarte lassen sich zwar die Schallpegelwerte für jede Lokalität entnehmen, aber die (hörbaren) Eigenschaften der Geräusche können nicht vermittelt werden. Da die logarithmische Einheit Dezibel, in der die Schallenergie gemessen und dargestellt wird, für den Laien an sich schon schwer verständlich ist (SHIFFER 1999, S. 37), stellt sich insbesondere vor dem Hintergrund neuerer Entwicklungen in der digitalen Kartographie die Frage, ob eine multimediale Karte zu einer verständlicheren Vermittlung des Phänomens Lärm beitragen kann.

Die Verfügbarkeit immer leistungsfähigerer Hard- und Software hat in den letzten Jahren zu einem Bedeutungsgewinn der digitalen Kartographie geführt. Dabei geht die Tendenz von der digitalen Produktion analoger Karten hin zur Neuentwicklung digitaler kartographischer Produkte. Die Karte wird dabei mit weiteren Informationen, die in Form anderer Medien wie Text, Video oder Ton vorliegen, verknüpft. Dem Kartennutzer eröffnet sich damit die Möglichkeit, mit der Karte zu interagieren und - ausgehend von seinem Wissensstand - auf Informationen je nach Bedarf zuzugreifen. Der Einsatz unterschiedlicher Medien kann dabei zu einem besseren Verständnis der Informationen durch den Nutzer beitragen (DRANSCH, 1997a, S. 27; NUTZ 1997, S. 20)

Vor dem Hintergrund einer steigenden Bedeutung und eines zunehmenden Einsatzes von Lärmkarten in der Lärminderungsplanung sollen in der vorliegenden Arbeit einerseits herkömmliche, sowohl analog als auch digital anwendbare kartographische Darstellungsmethoden diskutiert und andererseits neue Darstellungsmöglichkeiten des Phänomens Lärm unter Einsatz aktueller digitaler Technologien entwickelt werden.

1.2 Methodisches Vorgehen

In einer Karte können Objekte dargestellt werden, die einerseits *räumlich verbreitet* sind und sich andererseits *quantitativ* oder *qualitativ* voneinander unterscheiden (ARNBERGER 1997, S. 13). HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 7) differenzieren zwischen einem *räumlichen*, *sachlichen* und *zeitlichen* Bezug, den jede kartographische Beschreibung eines Objektes aufweist.

Da sich die Objekte in ihren Eigenschaften unterscheiden, muss dies auch in der kartographischen Darstellung zum Ausdruck gebracht werden, indem eine geeignete Darstellungsmethode ausgewählt wird. Dies kann jedoch nur erfolgreich sein, wenn in einem ersten Schritt das Wesen des Objektes richtig erfasst worden ist. KRAAK und ORMELING (1996, S. 40) folgend ist das Herstellen einer Karte „more than just rendering, it is also getting to know the phenomenon that is to be mapped.“ Der erste Schritt bei der Herstellung einer thematischen Karte besteht nach SLOCUM (1999, S. 3) darin, sich vor Augen zu führen, wie ein räumliches Phänomen in der Realität aussieht. Weiter heißt es: „Such an approach forces the map maker to think about the distribution at its most detailed level, and then decide what degree of complexity meets the purpose of the map. This first step is critical.“ (SLOCUM 1999, S. 5) Es kommt also nicht darauf an, ein Objekt möglichst vollständig zu ergründen, sondern die *kartographisch relevanten Eigenschaften* herauszuarbeiten.

Ausgehend von einer definitorischen Abgrenzung der Begriffe „Lärm“, „Schall“ und „Geräusch“ (Kap. 2.1) werden in Kapitel 2.2 das Phänomen und dessen physikalische Eigenschaften erläutert. Da die Entstehung von Schall immer an Quellen gebunden ist, werden anschließend verschiedene Möglichkeiten vorgestellt, diese zu gruppieren und zu klassifizieren. Grundlegend für eine kartographische Darstellung (Sekundärmodell) ist die Erfassung von Geräuschen, sei es qualitativ (Wahrnehmung) oder quantitativ (Messung), also die Bildung eines Primärmodells (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 14). Dies ist das zentrale Thema des Kapitels 2.3, wobei die Erfassung auch im historischen und gesellschaftlichen Kontext betrachtet wird. Lärmkarten werden, wie im Kapitel 1.1 angesprochen, im Zusammenhang mit der Lärmbekämpfung seit fast einem Jahrhundert eingesetzt. Doch wie ist die historische Entwicklung der Lärmbekämpfung verlaufen und was sind deren aktuelle Grundlagen in Deutschland? Diese Fragen stehen im Mittelpunkt des Kapitels 2.4, bevor die in Kapitel 2 gewonnen Erkenntnisse im Kapitel 2.5 abschließend zusammengefasst werden.

Den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit bildet Kapitel 3, das sich aufbauend auf den in Kapitel 2 gewonnenen Erkenntnissen der kartographischen Darstellung des Phänomens Lärm widmet. Kartographische Darstellungen werden seit Jahrhunderten über das Medium Papier mit seinen ganz speziellen Eigenschaften verbreitet. Die kartographischen Methoden haben sich während dieser Zeit dem Medium angepasst und sind stetig verbessert worden. Seit Mitte des 20. Jh. ist der Computer in das Blickfeld der Kartographie gerückt. Auf der Basis dieser in Kapitel 3.2 beschriebenen aktuellen technischen Entwicklungen entstehen neue Karten, die an das Medium Bildschirm angepasst sind und die funktionalen Möglichkeiten des Computers nutzen. Die technischen Entwicklungen gehen einher mit gesellschaftlichen Veränderungen, die im ausgehenden 20. Jh. zu einer Phase der Instabilität geführt haben, „perhaps akin to those of 1848 or 1918 but certainly unlike the relative stability of

the 1950s to 1970s. (...) Cartography and cartographers are not set apart from this historical maelstrom" (RHIND 1993, S. 3). In Kapitel 3.3 wird der Versuch einer Klassifizierung von Schallereignissen vor dem Hintergrund der kartographischen Darstellbarkeit oder Relevanz unternommen.

Das folgende Kapitel 3.4 stellt den Schwerpunkt dieser Arbeit dar und beschäftigt sich mit den Darstellungsmethoden des Phänomens Lärm. Dabei wird grundsätzlich unterschieden zwischen der „visuellen Darstellung“, der „audiovisuellen Darstellung“ und der „Datenanalyse“. Obwohl eine strikte Trennung nicht möglich ist, erscheint diese Dreiteilung zweckmäßig, da in jedem Kapitel unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden. Unverkennbar in Bezug zu den herkömmlichen analogen Darstellungsmethoden steht die visuelle Darstellung. Allerdings bringt auch hier das Darstellungsmedium Computer neue Anforderungen und Möglichkeiten beispielsweise im Hinblick auf die Legendengestaltung oder die Interaktivität mit sich.

Durch die Verwendung von Ton in Kombination mit Bildschirmkarten wird ein zusätzlicher Wahrnehmungssinn angesprochen. Diese Möglichkeit ist in der kartographischen Wissenschaft erst ansatzweise behandelt worden (s. u.), und bedarf dringend einer eingehenderen Betrachtung, um die Stärken und Schwächen insbesondere in Kombination mit der visuellen Darstellung herauszuarbeiten. Hierzu sind zwei Anwendungsbeispiele realisiert worden, die vorgestellt und diskutiert werden.

Die Datenanalyse kann nur ansatzweise behandelt werden, da sie über die eigentliche kartographische Darstellung hinausgeht und vom konkreten Anwendungsfall abhängig ist.

Anmerkung: Da die in der Arbeit vorgestellten neuen Darstellungsmöglichkeiten mit ihrer vollständigen Funktionalität nur auf einem Computer wiedergegeben werden können, liegt dieser Arbeit eine **CD-ROM** bei. Auf der CD-ROM befinden sich auch alle anderen in Kapitel 3.4 besprochenen Kartenbeispiele mit den zugehörigen Texten.

Im vierten Kapitel werden die gewonnenen Ergebnisse vor dem Hintergrund der Planungspraxis diskutiert. Im Vordergrund stehen dabei Fragen zu den Nutzergruppen und zu den Beziehungen zwischen Primär- und Sekundärmodell.

Zusammengefasst lässt sich die methodische Vorgehensweise mit dem Begriff „objektorientiert“ kennzeichnen, d. h. ausgehend von den kartographisch relevanten Eigenschaften des Phänomens Lärm werden unter Verwendung aktueller technischer Werkzeuge neue Möglichkeiten der kartographischen Darstellung entwickelt. Ziel ist es dabei über neue kartographische Darstellungsformen einen Beitrag zum besseren Verständnis des Phänomens Lärm zu leisten.

1.3 Einordnung des Themas

Um eine Grundlage für diese Arbeit zu schaffen, werden im Folgenden zunächst einige Aspekte und Entwicklungen der Kartographie skizziert. Eine „Generalisierung“, d. h. die Betonung des für das Thema der Arbeit Bedeutsamen und der Verzicht auf Unwichtiges, ist dabei unvermeidbar. Nach meiner Meinung gibt es drei Schwerpunkte, die einer genaueren Betrachtung bedürfen. Dies sind vom Allgemeinen zum Speziellen die Definitionen zum Begriff Kartographie und Karte, die Entwicklung der rechnergestützten Kartographie in der zweiten Hälfte des 20. Jh. und die Verwendung von Ton als Darstellungsmedium in der multimedialen Kartographie. Die Ausführungen sollen einen ersten Überblick und Einstieg in das Thema geben. Vertiefende Betrachtungen zu den beiden letztgenannten Schwerpunkten erfolgen in späteren Kapiteln.

Die Definitionen von „Kartographie“ und „Karte“ sind seit der Begründung der Kartographie als Wissenschaft mehrfach verändert und dem jeweils aktuellen Forschungs- und Wissensstand angepasst worden. Doch auch wenn sich diese inhaltlich unterscheiden, lassen sich „rote Fäden“ erkennen, die nicht abreißen und auch heute noch Bestand haben. Bevor diese Gemeinsamkeiten erläutert werden, sollen als Grundlage für die folgenden Ausführungen vier ausgewählte Definitionen der Internationalen Kartographischen Vereinigung (IKV) aus den Jahren 1973 und 1995 wiedergegeben werden:

„**Kartographie** ist die Wissenschaft, Technik und Kunst der Herstellung von Karten und kartenverwandten Darstellungen, ausgehend von unmittelbaren Beobachtungen und/oder der Auswertung von Quellen, mit den Arbeitsvorgängen des Kartenentwerfens, der Kartengestaltung, der Ausführung des Kartenoriginals und der Vervielfältigung, sowie der Lehre der Kartenbenutzung.“

(IKV 1973, zitiert nach HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 3)

„Die **Karte** ist eine maßstäblich verkleinerte, generalisierte und erläuterte Grundrissdarstellung von Erscheinungen und Sachverhalten der Erde, der anderen Weltkörper und des Weltraums in einer Ebene.“

(IKV 1973, zitiert nach HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 15/16)

„**Cartography** – the discipline dealing with the conception, production, dissemination and study of maps“

(zitiert nach GRÜNREICH 1997b, S. 11)

“A **map** is a symbolized image of geographical reality, representing features or characteristics, resulting from the creative effort of its author’s execution of choices, and is designed for use when spatial relationships are of primary relevance.”

(zitiert nach GRÜNREICH 1997b, S. 11)

Als eine erste Gemeinsamkeit lässt sich festhalten, dass **Karten** das zentrale Ausdrucksmittel der **Kartographie** waren und sind. Dagegen wird der Prozess der Kartenherstellung in der aktuellen Definition im Vergleich mit der Definition aus dem Jahr 1973 nicht so stark differenziert, sondern stattdessen kommen die neuen Aspekte „dissemination“ und „study“ hinzu. Dies steht in engem Zusammenhang mit den technologischen Entwicklungen (s. Kap. 3.2). Konnte der Herstellungsprozess

einer Karte vor dem Einsatz des Computers noch genau an einem Weg mit einzelnen Arbeitsschritten festgemacht werden, fächert sich dieser heute in verschiedene Wege auf. Karten können beispielsweise aus einer Datenbank abgerufen werden oder im Rahmen der Visualisierung als Kurzzeitkarten am Bildschirm für wenige Minuten sichtbar gemacht werden, ohne dass eine weitere Vervielfältigung erfolgen müsste.

Das verbindende Element der Definitionen zum Begriff „Karte“ ist der geographische Raumbezug. Wirkt dagegen die Definition aus dem Jahr 1973 eher technisch funktional, rückt in der aktuellen Definition die Kreativität des Kartenautors und die Nutzbarkeit der Karte in den Vordergrund, also die „Darstellung und Kommunikation von raumbezogenen Informationen“ (vgl. GRÜNREICH 1996, S. 17). HAKE/GRÜNREICH (1994, S. 3) sprechen von einem „Bedeutungsgewinn der visuellen Vermittlung von Informationen“ im Zuge des wachsenden Einflusses der digitalen Rechentechnik. Diese Entwicklung steht im Zusammenhang mit einem verstärkten Gewicht der Kommunikationswissenschaften in der Kartographie.

Die o. g. Kernaussagen finden sich auch in englischsprachigen Lehrbüchern, wie z. B. dem grundlegenden Werk aus dem angloamerikanischen Raum „Elements of Cartography“ wieder. Dort heißt es: „This (visual representation of a spatial relationship, Anm. d. Autors) graphic representation of the geographical setting is what we call a map. Cartography is the making and study of maps in all their aspects.“ (ROBINSON et al. 1995, S. 9) und weiter: „The principal task of cartography is to communicate environmental information. (...) the primary theme that ties the material together is map effectiveness in thought and communication.“ (ROBINSON et al. 1995, S. 17). In dem europäischen Lehrbuch „Cartography – Visualization of Spatial Data“ wird Kartographie wie folgt verstanden: „Cartography nowadays is seen as *‘the conveying of spatial information by the means of maps’*.“ (KRAAK und ORMELING 1996, S. 42)

Erwähnt werden muss an dieser Stelle, dass im Zusammenhang mit der Entwicklung Geographischer Informationssysteme (GIS) seit den 60er Jahren des 20. Jh., an der die Kartographie maßgeblich beteiligt war, eine neue Wissenschaftsrichtung entstanden ist, die heute im deutschsprachigen Raum als *Geomatik* oder *Geoinformatik* bezeichnet wird und sich im letzten Jahrzehnt als eigene Wissenschaft mit eigenen Lehrstühlen an Universitäten, eigenen Fachzeitschriften etc. etabliert hat. Sie sieht sich als Teil der Informationswissenschaften, der sich auf geographische Informationen konzentriert. (GOODCHILD 1999, zitiert nach: RAPER 2000, S. 3). Daraus ergibt sich die Frage, wie sich die Kartographie zu dieser jungen Wissenschaft stellt bzw. welche Bedeutung der Kartographie aus Sicht der Geoinformatik zukommt. LAURINI und THOMPSON führten bereits 1992 (S. 21) den Begriff *geomatics* als übergreifende Bezeichnung für ein Fachgebiet, daß auf eine ganze Reihe von Wissenschaften „that are today important for understanding and further developing spatial information systems“ (LAURINI und THOMPSON 1992, S. 21) zurückgreift, ein. Eine theoretische Grundlage für diese im englischsprachigen Raum als Geographic Information Science (GISc) bezeichnete Wissenschaft legte RAPER (2000) vor, in der er GISc in einem breiteren Kontext sieht, der über die Geographie als Wissenschaft, Information als Ware und GIS als eine Softwareplattform hinausgeht und feststellt: „The cornerstone of this view of GISc is the process and product of representation.“ Damit wird eine eigentlich originäre Aufgabe der Kartographie angesprochen, und so stellt

sich die Frage, welche zum heutigen Zeitpunkt noch nicht absehbaren Auswirkungen diese Entwicklungen auf die Wissenschaftslandschaft haben werden.

In der einschlägigen kartographischen Fachliteratur finden sich unterschiedliche Bezeichnungen für den Computereinsatz in der Kartographie, z. B. „Digitalkartographie“ bzw. „digitale Kartographie“ (vgl. GRÜNREICH 1997b; HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 309), „rechnergestützte Kartographie“ (OGRISSEK 1987, S. 65) „Computerkartographie“ (DICKMANN und ZEHNER 1999; OLBRICH et al. 1996), „rechnergestützte Kartenherstellung“ (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 309) oder „Automatisierung kartographischer Prozesse“ (OGRISSEK 1983). Mit Hilfe dieser Begriffe wird versucht, die neuen Entwicklungen in der Kartographie von vergangenen, die oft unter der Bezeichnung „analoge Kartographie“ / „analogue cartography“ (z. B. ROBINSON et al. 1995, S. 4) subsumiert werden, abzugrenzen. Ausschlaggebend für eine solche Abgrenzung ist der Computer als neues Werkzeug zur Kartenherstellung, mit seinen vielfältigen Möglichkeiten und Restriktionen. Darüber hinaus ändert sich jedoch auch das Produkt der Kartographie, die Karte (z. B. Bildschirmkarten und ihre speziellen Anforderungen an der Kartengestaltung, Ablösung der analogen Karte als Datenspeicher durch Datenbanken etc.), so dass übergreifend auch die Rede von einer „neuen“ und einer „alten“ Kartographie ist, wobei keine exakte Grenze (weder zeitlich noch inhaltlich) gezogen werden kann (vgl. MULLER 1991, S. 11; BISCHOFF 1997, S. 114; SCHARLACH 1998, S. 27/28). Allerdings ist die Bezeichnung „neue Kartographie“ (berechtigterweise) nicht unumstritten. So fragt FREITAG 1987 (1992, S. 73) „Do we need a new cartography?“ und kommt zu dem schlichten Ergebnis: „No.“ Stattdessen brauchten wir „cartography as a profession and discipline that produces and puts into use graphic tools of communication, graphic presentation of spatial pattern generated by chirographic, typographic and electrographic techniques“ (FREITAG 1992, S. 73).

Um sich von dem Gegensatzwortpaar alt/neu, das eine gewisse Statik und Unveränderlichkeit zum Ausdruck bringt, zu lösen, ist es meiner Meinung nach sinnvoller, die Entwicklung von der Mitte des letzten Jh. in fünf Phasen einzuteilen (Abb. 1), die im folgenden kurz skizziert werden.

Zunächst konzentrierte sich die Anwendung des Computers in der Kartographie auf die automatisierte Produktion von Papierkarten. Der Rechner wurde gleich dem Gravurring oder der Zeichenfeder als Werkzeug gesehen, mit dem sich eine größere Anzahl an Karten mit einem geringen Aufwand an Zeit und Geld produzieren ließ. Anfangs wurden diesem Ziel durch die ungenügende Leistungsfähigkeit der notwendigen Hardware noch Grenzen gesetzt, die heute jedoch weitgehend ausgeräumt sind.

Die ersten Ideen zur Entwicklung eines GIS wurden im Jahr 1960 von TOMLINSON entwickelt, der vier Jahre später auch das erste vektororientierte GIS unter dem Namen „Canadian Geographical Information System“ vorstellte (DICKMANN und ZEHNER, 1999). Einen umfassende Darstellung zur historischen Entwicklung von GIS findet sich bei COPPOCK und RHIND (1991).

Auch GIS verwenden Karten als räumliche Grundlage, doch spielen vielfältige Analysemöglichkeiten wie Datenverschneidung, Datenüberlagerung (Layer-Technik), Strecken- und Flächenmessung, Datenbankabfragen (z. B. mit SQL [Structured Query Language]) die entscheidende Rolle. Ein GIS stellt somit die

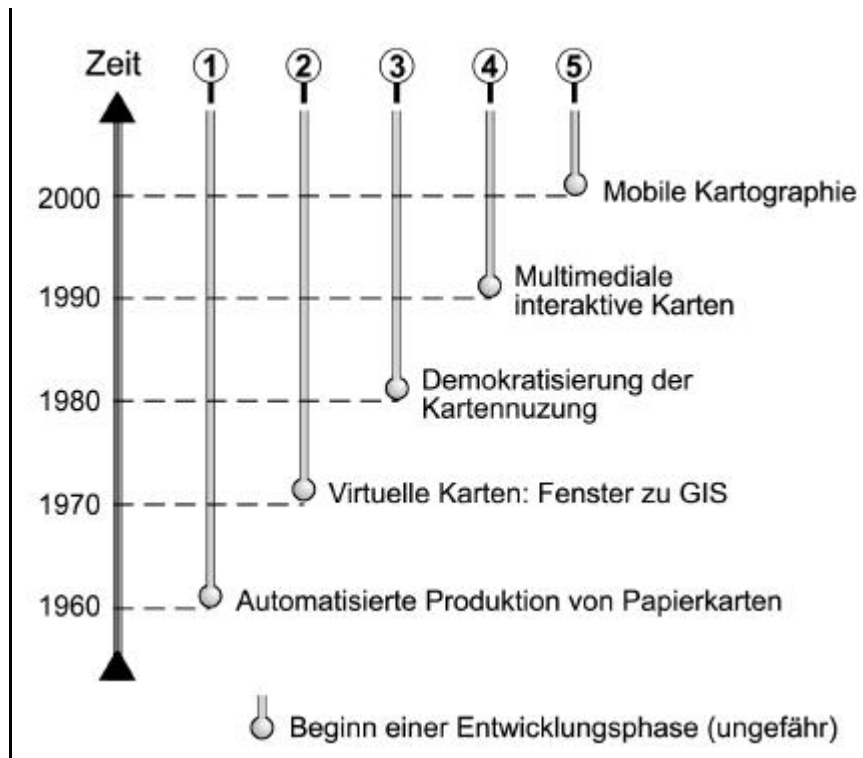


Abb. 1: Fünf Entwicklungsphasen der Computerkartographie
(verändert nach MÜLLER et al. 2001, S. 28)

Schnittstelle zwischen verschiedenen Wissenschaften wie der Informatik, Stadtplanung, Geographie, Kartographie, Fernerkundung etc. dar (Abb. 2). Zum ersten Mal in der Geschichte wird die analoge Karte als Datenspeicher von der digitalen Datenbank ersetzt (ROBINSON et al. 1995, S. 5) und rückt als ein prozessorientiertes Werkzeug für die Simulation, Modellierung und Interpretation räumlicher Prozesse in den Vordergrund (MULLER 1989, S. 677).

In den 1980er Jahren wurde mit der Entwicklung des ersten Personal Computers (PCs) durch die Firma Apple (LEITENBERGER 2001, S. 3) ein neues Zeitalter, auch für die Kartographie, eingeleitet. Hatten zuvor nur Experten Zugang zu einem Rechner mit dem sich Karten herstellen ließen, stand es von nun an jedermann offen, kartographische Software zu kaufen und Karten auf seinem Heim-PC herzustellen. Dieser Prozess wird von FAIRBAIRN (1995, S. 42) als „Demokratisierung der Kartographie“ bezeichnet. Die Auswirkungen dieser technologischen Entwicklung auf die Kartographie sind zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht endgültig absehbar. Fakt sind jedoch in Deutschland die gleichbleibenden bis zurückgehenden Ausbildungszahlen im Beruf Kartograph / Kartographin (GREBE 1998, S. 148). So ist die Situation Ende der 80er Jahre von einer Unsicherheit über den Fortbestand der Kartographie geprägt. Dies ist primär zurückzuführen auf die alleinige Verwendung des Computers als Werkzeug zur Produktion von Papierkarten. MULLER fasst die Lage 1989 treffend zusammen, indem er konstatiert: „It is interesting to note that the advent of digital cartography, for the most part, has done little to promote new cartographic products.“ (MULLER 1989, S. 678). Noch Mitte der 90er Jahre spricht PETERSON (1995, S. 17) von einem „paper thinking“, das unsere Sichtweise auf Karten, deren Herstellung und Verwendung, beeinflusst.

Zwei neue Entwicklungen bestimmen das Bild der 1990er Jahre. Dies ist einerseits



Abb. 2: GIS-Nachbarwissenschaften

die erst durch immer leistungsfähigere Computer möglich gewordene Integration unterschiedlicher Medien, bekannt geworden unter dem Stichwort „Multimedia“ (s. Kap. 3.2) und andererseits die Entwicklung des Internet zu einem weltweiten Kommunikationsnetzwerk. Letzteres verändert den Vertrieb von Karten grundsätzlich, während ersteres den Ende der 1980er Jahre vermissten Innovationsschub auslöst. Die Rolle des Computers geht von einem reinen Werkzeug zum eigenständigen Darstellungsmedium über, das der Vermittlung kartographisch aufbereiteter Informationen dient (PETERSON 1994, S. 27; PETERSON 1995, S. 9). In der Folgezeit entsteht eine Vielzahl hochwertiger kartographischer multimedialer Produkte, in denen die technischen Möglichkeiten des Computers (Integration verschiedener Medien, Animationen) zur Darstellung räumlicher Informationen verwendet werden. Stellvertretend für viele andere wird an dieser Stelle auf ein herausragendes Produkt, den Multimedia-Teil des Atlas der Schweiz, verwiesen (BÄR und SIEBER, 1997 u. 1999).

Mit immer kleiner werdenden Computern über tragbare Laptop-PCs hin zu Handheld-PCs mit integriertem GPS-Empfänger und der absehbaren Einführung des Mobilfunkstandards UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) mit Übertragungsraten bis zu 2000 kbps (RIEDL 2000, S. 47) wird eine fünfte Entwicklungsstufe eingeleitet, die sich jedoch noch in der Anfangsphase befindet: Die Kartographie im mobilen Internet-Zeitalter (CLARKE 2001; KELNHOFER 2002) oder „Mobile Cartography“ (REISCHENBACHER 2001).

In Bezug auf die vierte Entwicklungsstufe, in deren Rahmen die vorliegende Arbeit eingeordnet werden kann, wird heute die Bezeichnung „Multimedia-Kartographie“ / „Multimedia Cartography“ (RIEDL 2000; CARTWRIGHT et al., 1999) verwendet (s. Kap. 3.2). Der Einsatz unterschiedlicher Medien für kartographische Zwecke wird seit Mitte der 1990er Jahre auch in allgemeinen Lehrbüchern zur Kartographie thematisiert (z. B. KRAAK und ORMELING 1996, S. 188-197). Eine theoretische Basis

für die multimediale Kartographie existiert auf Grund der noch sehr jungen Entwicklung bisher nicht, doch es gibt Ansätze, die sich beispielsweise mit der Funktion der einzelnen Medien auseinandersetzen (DRANSCH 1999). Die anwendungsbezogene Forschung konzentriert sich seit Anfang der 1990er Jahre schwerpunktmäßig auf kartographische Animationen (vgl. DIBIASE et al. 1991; DRANSCH 1997c; Peterson 1995) und deren spezielle Anforderungen an die Karten- und Legendengestaltung (BUZIEK 1997b; Lutterbach 1997a, S. 82-84). Aus dem amerikanischen Raum stammt der Begriff der „wissenschaftlichen Visualisierung“, der in die Kartographie als „geographische“ oder „kartographische Visualisierung“ Eingang gefunden hat (MACEACHREN und TAYLOR 1994). Hierbei steht der Erkenntnisgewinn durch das Sichtbarmachen von nicht sichtbaren räumlichen Sachverhalten im Vordergrund, wobei auf Techniken wie Interaktivität, Animationen, 3D-Darstellungen und Virtual Reality (MACEACHREN et al. 1999) zurückgegriffen wird.

Die Verwendung von Ton in Kombination mit Karten wird seit Anfang der 90er Jahre des 20. Jh. in der kartographischen Fachliteratur als ein Teilbereich der Multimedialen Kartographie erwähnt (z. B. MULLER 1991, S. 11). Obwohl verschiedene Möglichkeiten des Einsatzes von Ton angesprochen werden, beschränken sich die Ausführungen meist auf ein bis zwei Absätze, die mit der Feststellung enden, dass Ton in der Kartographie bisher noch nicht umfassend angewendet bzw. untersucht worden ist (z. B. BUTTENFIELD und WEBER 1993, S. 144; PETERSON 1995, S. 134; BIDOSHI et al. 1999). Erstaunlicherweise hat sich an dieser Feststellung seit einem Jahrzehnt nichts geändert, so dass beispielsweise BUZIEK 1999 (S. 237) feststellt: „Investigations for the use of sound in multimedia maps are still at the beginning.“ Selbst über die eigentlich auf der Hand liegende Verwendung von Ton für Blindenkarten gibt es nur wenige Forschungsansätze (KRZYWICKA-BLUM 1995; PARKES 1995).

Erwähnenswert sind zwei umfassendere Arbeiten von FISHER (1994a, 1994b) und KRYGIER (1994). Ersterer hat sich mit der Verwendung von Ton zur Vermittlung der Klassifizierungsgenauigkeit von Satellitenbilddaten beschäftigt. KRYGIER (1994) dagegen hat den Versuch unternommen, die visuellen Variablen von BERTIN auf abstrakte Töne als sog. Tonvariablen zu übertragen.

Auch wenn sich in den letzten Jahren einige Autoren mit der Verwendung von Ton in Zusammenhang mit Verkehrsdarstellungen/Lärmkarten beschäftigt haben (z. B. CASSETTARI und PARSONS 1993; SHIFFER 1995, S. 654; DRANSCH 1997b, S. 5; BILL et al. 1999, S. 4, MÜLLER et al. 1999; MÜLLER und SCHARLACH 2001) sind Anwendungsbeispiele selten und weitergehende empirische Untersuchungen zur Nutzbarkeit von Ton im Speziellen und multimedialen Karten im Allgemeinen bisher nicht durchgeführt worden (TAYLOR 1999, S. 322; KELNHOFER 2000, S.2). Dabei wird immer wieder auf die Tatsache hingewiesen, dass audiovisuelle Darstellungen zu einer besserer Informationsvermittlung beitragen können (DRANSCH 1997a, S. 27/28; MILLER 1999, S. 59). GRÜNREICH (1996, S. 22) zeigt als einen Kritikpunkt an herkömmlichen kartographischen Darstellungen auf, dass sich diese „- mit Ausnahme der taktilen Karten für sehbehinderte Menschen – allein an den visuellen ‚Kommunikationskanal‘“ richten. „Die aus Lernvorgängen bekannte Tatsache, daß der Lernerfolg bei Nutzung mehrerer Kanäle (insbesondere Sehen und Hören) wirkungsvoller ist, kann nicht genutzt werden.“ (GRÜNREICH, 1996, S. 22).

Das bereits oben angesprochene „Papierdenken“ (PETERSON 1995, S. 17) scheint der Entwicklung neuer multimedialer kartographischer Produkte immer noch im Wege zu stehen. RIEDL (2000, S. 38) charakterisiert die aktuelle Situation zutreffend, indem er feststellt, dass „die Theorie der Technologie hinterherläuft und man sich in einer Experimentierphase befindet, in der es gilt, die neuen Grenzen auszuloten.“ MÜLLER und LAURINI (1997, S. 88) stellen fest, dass früher theoretische Grundlagen die technologische Entwicklung angestoßen haben, während „aujourd’hui les progrès technologiques constituent souvent le moteur de nouveaux développements théoriques et méthodologiques.“ Auch wenn die Auswirkungen dieser Entwicklung heute noch nicht absehbar sind, ist ein vorsichtiger Optimismus im Sinne PETERSONS (1999, S. 38) durchaus angebracht: „It is an exciting time for cartography. We have in Multimedia a new medium. A medium that can lead to a new relationship between maps and people, and ultimately people and the world. But we have a lot of work ahead of us to make the new medium *work* for cartography.“

In diesem Sinne möchte die vorliegende Arbeit im Rahmen des aufgezeigten Forschungsstandes einen Beitrag dazu leisten, eine theoretische Grundlage für die kombinierte Verwendung von Ton und Karten zu entwickeln und damit eine bestehende Lücke in der kartographischen Forschung zu schließen, wobei der Schwerpunkt auf Lärmkarten liegt. Ein gleichrangiges Ziel ist die praktische Umsetzung einiger Kartenbeispiele, die als Grundlage für weitere empirische Arbeiten verwendet werden können.

2. Lärm

„Es ist andererseits von höchstem Nutzen, wenn der Kartographiker, der >Kartograph<, guten Einblick besitzt in die thematischen Gefüge und Zusammenhänge und vor allem auch die Mitteilungsabsichten des Sachforschers. Je besser er vom Sachforscher oder Sachbearbeiter darüber informiert wird, desto leichter wird er entsprechende und gute graphische Formen finden.“ (IMHOF 1972, S. 8)

Der objektorientierten Methode (Kap. 1.2) folgend soll in diesem Kapitel ein Überblick über das darzustellende Phänomen gegeben werden. Da es sich um einen sehr komplexen Sachverhalt handelt, dessen Teilbereiche von verschiedenen Wissenschaften (u.a. Umweltpsychologie, Wahrnehmungspsychologie, Physik) untersucht werden, können nur für das Verständnis grundlegende und für die kartographische Darstellung (Kap. 3) bedeutsame Aspekte behandelt werden. Für eine tiefergehende Betrachtung wird an den entsprechenden Stellen auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

2.1 Definitionen

„Ich begann darüber nachzudenken, wie viele verwirrende Begriffe in dem Wort Lärm stecken. Bedeutet es Mißklang? Lautstärke? Oder einfach persönliches Mißvergnügen?“ (SCHAFER 1971, S. 21)

Durch das einleitende Zitat wird bereits zum Ausdruck gebracht, dass eine allgemeingültige Definition des Begriffs „Lärm“ nicht existiert. Etymologisch betrachtet kann die Entstehung des Wortes auf die Kriege des 15. und 16. Jh. zurückgeführt werden. Lärm wurde vermutlich aus dem Wort „Alarm“, das seine Abstammung in ähnlichen Bezeichnungen anderer romanischer Sprachen („Al arma“ (span.), „alarme“ (franz.) oder „Allarme“ (ital.) hat, abgeleitet und meinte, jemanden in Bereitschaft versetzen (SCHICK 1990, S. 159).

Grundsätzlich lässt sich heute zwischen einem **psychologischen** und einem **physikalischen Lärmverständnis** unterscheiden. Als Lärm wird jedes als störend empfundene Geräusch bezeichnet, dessen Intensität psychologisch als Lautheit, physikalisch als Lautstärke beschrieben wird.

Die psychologische Sichtweise geht von der Wahrnehmung jedes Einzelnen aus, der Geräusche auf Grund ihrer Art, der jeweiligen Situation oder ihrer Lautstärke als störend bezeichnet. Lärm ist nach diesem Verständnis *unerwünschter* oder *störender Schall* (BERGLUND et al. 1999, S. 23; MARKS 1999, S. 9). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Geräusche auch dann negative gesundheitliche Auswirkungen haben können, wenn sie erwünscht sind, beispielsweise Hörschäden, die auf den Besuch eines Rockkonzertes oder einer Diskothek zurückgeführt werden können. Daher hat GUSKI die Definition erweitert und versteht Lärm als „Schall, der für Betroffene unerwünscht ist oder geeignet, sie psychisch, physisch, sozial oder ökonomisch zu beeinträchtigen.“ (GUSKI 1987, S. 9) Von psychologischer Seite wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Lärm nicht mit lautem Schall gleichgesetzt werden kann, da auch leise Geräusche beeinträchtigen und stören können (GUSKI 1987, S. 8).

Problematisch ist diese Sichtweise, wenn es darum geht, die Betroffenheit einer größeren Gruppe von Menschen festzustellen, da ein und dasselbe Geräusch in der gleichen Situation von zwei verschiedenen Personen unterschiedlich empfunden

werden kann. Sprichwörtlich heißt es „Sound is what I make; noise is what you make“ (HARNAPP und NOBLE, 1987). Die Wahrnehmung von Lärm ist immer auch emotional geprägt. „Daher wirken Sympathien und Antipathien, Vorlieben und Abneigungen, positive und negative Werte, positive und konflikthafte Beziehungen stets in die subjektive Verarbeitung von Geräuschen mit hinein“ (MARKS 1999, S. 148-149). Darüber hinausgehend stellt LYNCH (1984 S. 413) fest: “(...) different ears have varying acuities for different frequencies, and, more important, culture, personality, and the task at hand will make the same noises agreeable or maddening.“

Ein Aspekt, der in der Literatur nur vereinzelt (z. B. GUSKI 1987, S. 64) erwähnt wird, aber dennoch Beachtung finden sollte, ist der Zusammenhang zwischen der Vorhersagbarkeit / Erklärbarkeit eines Geräusches und dessen Empfinden als Lärm. ABLER et al. (1971, S. 7) stellen fest: “Order – satisfactory answers to the questions people ask about their experience – is a fundamental requirement of human welfare” und weiter: “We have long known that people placed in situations wherein experience is unpredictable suffer stress.” Diese allgemeine Aussage lässt sich auch auf Lärmereignisse übertragen, was folgendes Beispiel illustrieren soll. Wenn wir im Vorfeld wissen, dass abends zwischen 22 und 23 Uhr ein Feuerwerk stattfinden soll, richten wir unsere Handlungen während des Ereignisses danach aus, z. B. hören wir Musik, anstatt geistige Arbeiten in Angriff zu nehmen. Sind wir im Vorfeld dagegen nicht über das Feuerwerk informiert worden, fragen wir uns zunächst, woher diese Geräusche kommen, ob irgendwo geschossen wird und wir werden natürlich entscheidend bei unserer gerade in Angriff genommenen geistigen Arbeit gestört und sind verärgert. Dies führt zu Stress und gesundheitlicher Belastung, was eine Einordnung des Ereignisses als Lärm rechtfertigt.

An dieser Stelle muss auf ein sprachliches Problem hingewiesen werden. Wie aus dem Zitat von LYNCH (s.o.) ersichtlich, kann die Verwendung von “noise” im angelsächsischen Raum nicht mit dem deutschen Begriff “Lärm” gleichgesetzt werden, denn würde man „noise“ hier mit Lärm übersetzen, könnte Lärm positiv oder negativ gesehen werden. Grundsätzlich hat der engl. Begriff „noise“ nicht die strikte Bedeutung wie „Lärm“, d. h. „amerikanische Physiker sprechen von „noise“, wo man im Deutschen nur vom „Schall“ sprechen würde“ (SCHICK 1990, S. 14). Außerdem wird „noise“ auch als Bezeichnung für „Rauschen“, ein „gleichmäßiges, über sämtliche Frequenzen mit gleichem Schalldruck gehendes Geräusch“ (SCHICK 1990, S. 13) verwendet, was bei der Literaturrecherche und dem Literaturstudium leicht zu Missverständnissen führen kann.

Der Beginn der praktischen Lärmmessung (Kap 2.3) kann auf die 30er Jahre des 20. Jh. datiert werden (SCHICK 1990, S. 148). Seitdem gibt es auch ein physikalisches Lärmverständnis, da die Intensität von Geräuschen seit dieser Zeit eine objektiv messbare Größe ist. In diesem Sinn wird Lärm mit starkem Schall (große Lautstärke) gleichgesetzt. Auf Grund dieser Definition ist es zwar möglich, allgemeine Grenzwerte für die Lärmbelastung zu definieren, die Eigenart oder Qualität der Geräusche findet jedoch keine Berücksichtigung.

Abschließend muss noch ein Blick auf die in diesem Zusammenhang bereits mehrfach genannten Begriffe „Schall“ und „Geräusch“ geworfen werden. Grundsätzlich gilt, dass diese im Gegensatz zum Begriff „Lärm“ nicht mit einer negativen Wertung belegt sind. SCHICK (1990, S. 12) bezeichnet Ton, Klang, Geräusch und Knall als

Formen von Schall, die sich durch bestimmte messbare physikalische Charakteristika voneinander unterscheiden. Schall selbst ist „ein physikalisches Ereignis, welches einen bestimmten Entstehungsort aufweist“ (SCHICK 1990, S. 3), bzw. der „Wechsel- druck, den die Luftmoleküle an unserem äußeren Gehörsystem verursachen“ (GUSKI 1987, S. 11).

Da die durchgängige Verwendung des Begriffs „Schall“ eine alleinige physikalisch- technische Sichtweise (Quantität) implizieren würde, die wenig Raum für darüber hinaus gehende Betrachtungsweisen des Phänomens (Qualitäten) lässt, wird in der vorliegenden Arbeit der Begriff „Schall“ mit „Geräusch“ gleichgesetzt, auch wenn *Schick* „Geräusch“ als eine der möglichen Ausprägungen von „Schall“ definiert (s.o.). Dies scheint aber insofern gerechtfertigt, als dass in der Umwelt vorkommende Schallereignisse, die für die Darstellung in Lärmkarten bedeutsam sind, primär der Kategorie „Geräusch“ (SCHICK 1990, S. 13) zugeordnet werden können, da es sich bei diesen Schallereignissen meistens um eine Kombination unterschiedlichster Fre- quenzen handelt. „Töne“ und „Klänge“ sind in der Musikwissenschaft von Bedeu- tung, während ein „Knall“ sich durch einen extrem raschen An- und Abstieg des Schalldrucks auszeichnet.

2.2 Schall und dessen Quellen

Schall entsteht durch die Vibration von Objekten (Schallquelle) und die dadurch ausgelösten Druckschwankungen in einem Medium. In der Nähe der Schallquelle befindliche Luftmoleküle werden in Bewegung versetzt. Dies führt kurzfristig zu einer Zunahme des Luftdrucks, die sich im Raum fortpflanzt und eine Druckabnahme nach sich zieht, da ständig ein Druckausgleich angestrebt wird. Die sich abwechselnden Bereiche hohen und niedrigen Luftdrucks breiten sich wellenförmig in konzentrischen Kreisen von der Schallquelle ausgehend aus, vergleichbar mit Wellen im Wasser, die entstehen, wenn eine Wasseroberfläche durch das Eintauchen eines Gegenstandes in Bewegung versetzt wird (Abb. 3). Da Bewegungsenergie bei diesem Vorgang die entscheidende Rolle spielt, spricht man auch von *Schallenergie* (SCHICK 1990, S. 4; SEKULER und BLAKE 1994, S. 293).

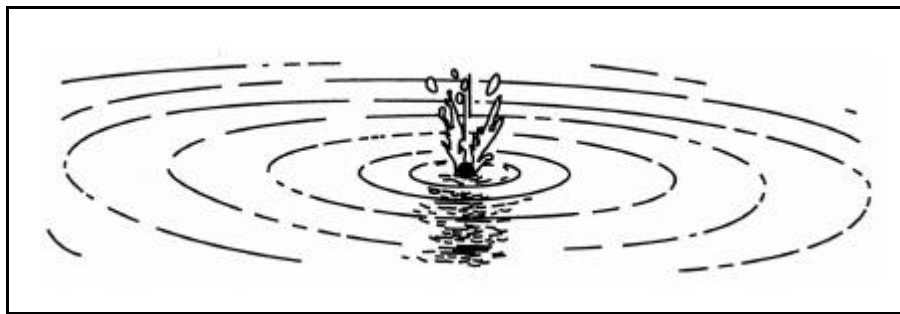


Abb. 3: Ausbreitung von Schallwellen (Quelle: SEKULER und BLAKE 1990, S. 293)

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen im Raum hängt von den Eigenschaften des Mediums ab. In 20° warmer Luft bewegt sich eine Schallwelle beispielsweise mit 344 Metern pro Sekunde (PIERCE 2001a, S. 37), in festen Medien sogar wesentlich schneller, z. B. 5000 Meter pro Sekunde durch Stahl (SEKULER und BLAKE 1994, S. 293). Dieser Vorgang ist durchaus vergleichbar mit atmosphärischen Luftdruckschwankungen, die jedoch so langsam erfolgen, dass sie für den Menschen nicht hörbar sind (SCHICK 1990, S.3/4).

Auf dem direkten Weg zum Empfänger (Direktschall) nimmt die Schallenergie mit dem Quadrat der Entfernung von der Schallquelle ab (GUSKI 1987, S. 13), d. h., ein Geräusch wird leiser, je weiter der Hörer vom Emittenten entfernt ist. In den meisten Situationen kommen die Schallwellen jedoch nicht ungehindert beim Empfänger an, sondern werden auf ihrem Weg oftmals unterbrochen und reflektiert (Reflexionschall) (Abb. 4).

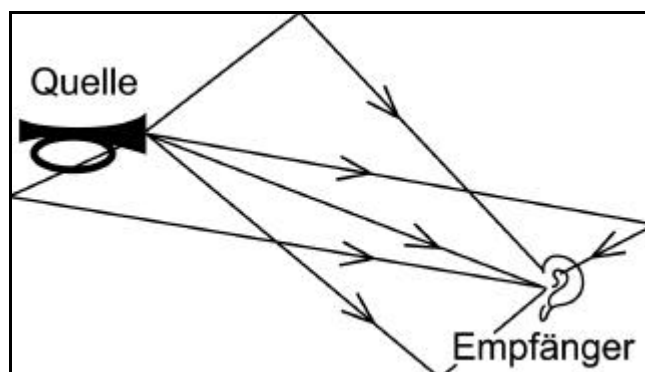


Abb. 4: Reflexion von Schallwellen (bearbeitet nach SHEPARD 2001, S. 28)

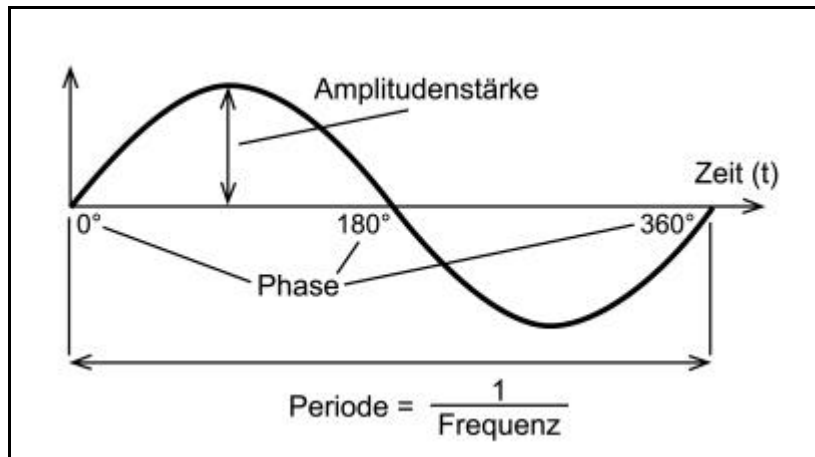


Abb. 5: Parameter zur Beschreibung einer Schallwelle (bearbeitet nach PIERCE 2001, S. 40)

Hierdurch wird die Materie wesentlich komplizierter, denn jede Oberfläche absorbiert oder reflektiert den Schall je nach ihrer Beschaffenheit auch in den einzelnen Frequenzbereichen sehr unterschiedlich. Dies ist auch die Ursache dafür, dass wir unsere eigene Stimme oftmals nicht wiedererkennen, wenn wir sie als Tonbandaufnahme hören (SCHICK 1990, S. 6).

Der Verlauf einer Schallwelle an einem Ort stellt sich wie in Abbildung 5 dar, wobei sich die „sinusförmige Schallschwingung durch die Parameter *Frequenz* und *Amplitude* charakterisieren“ lässt (SCHICK 1990, S. 9).

Anzumerken ist, dass die Sinuskurve eine mathematische Idealform darstellt, die in der Natur so nicht anzutreffen ist. Außerdem addieren sich normalerweise mehrere Wellen unterschiedlicher Ausprägung zu einer Welle mit eigener Charakteristik (HANDEL 1989, S. 14).

Die Frequenz wird in Hz (Hertz) gemessen, wobei ein Hz einer Periode pro Sekunde entspricht. Das menschliche Gehör kann Frequenzen von ca. 16 Hz bis 16 kHz erfassen, daher spricht man in diesem Bereich auch von „Hörschall“. Schall unterhalb der Hörschwelle wird als „Infraschall“, über der Hörschwelle als „Ultra“- bzw. als „Hyperschall“ bezeichnet (SCHICK 1990, S. 9).

Die Amplitudenhöhe wird in der Einheit Dezibel (dB) angegeben, wobei es sich um eine logarithmische Skala handelt, die auf der Grundlage einer Bezugsgröße angegeben werden muss. Auf diese Weise wird der Bereich des Schalldrucks, der in der Größenordnung von eins bis einer Million liegt, auf einen besser handhabbaren Bereich von 0 (der Bezugsgröße) bis 120 reduziert (MINNESOTA POLLUTION CONTROL AGENCY 1983, S. 5) (Abb. 6). So bedeutet eine Verdoppelung des Schalldruckpegels eine Zunahme des Dezibelwertes um 6 Einheiten. Als Folge dieser Umrechnung können Dezibelwerte nicht einfachen mathematischen Operationen wie Subtraktion, Addition, Multiplikation oder Division unterzogen werden. Zwei Schallquellen mit 70 dB(A) (A-Filter, siehe unten) addieren sich also nicht zu 140 dB(A), sondern der resultierende Schalldruckpegel erhöht sich um 3 dB(A).

Als Bezugsgröße dient meistens ein Ton, der vom menschlichen Gehör gerade noch wahrgenommen werden kann (Hörschwelle). Diese untere Grenze, wie auch die gesamte Ausdehnung des menschlichen Hörbereichs, ist abhängig von der Frequenz (Abb. 7). Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass tiefe und hohe Töne erst bei einer

größeren Lautstärke wahrgenommen werden. Daher wird bei Lärmessungen ein Filter, der sog. „A-Filter“ verwendet, der diese charakteristischen Eigenschaften des menschlichen Gehörs berücksichtigt. Darüber hinaus gibt es weitere Filter (B-Filter, C-Filter), die eigene Charakteristiken aufweisen, für die praktische Lärmessung allerdings eine untergeordnete Rolle spielen und daher nicht näher erläutert werden.

Da es sich bei der Einheit Dezibel um eine mathematisch berechnete Zahl handelt, stellt sich natürlich die Frage, wie laut eigentlich 30 dB(A) sind bzw. welches in unserer Umwelt vorkommende Geräusch mit einem Wert von 30 dB(A) vergleichbar ist. Um die Einordnung zu erleichtern, werden in Abbildung 6 einige Geräuschsituationen mit den jeweiligen Dezibelbereichen angegeben.

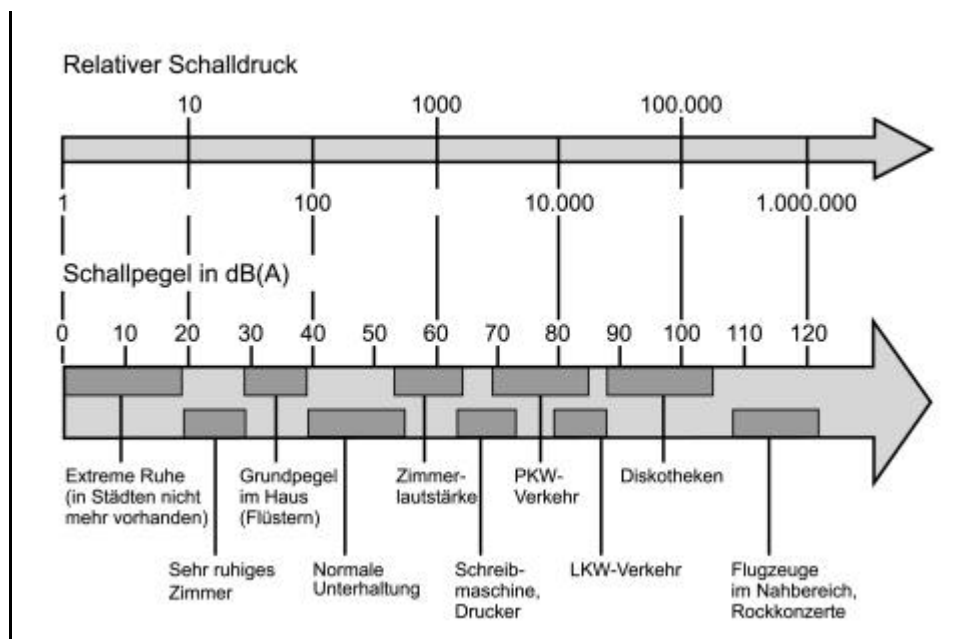


Abb. 6: Umrechnung von Schalldruck in Schallpegel und Geräuschbereiche (bearbeitet nach LOSERT et al. 1994, S. 7)

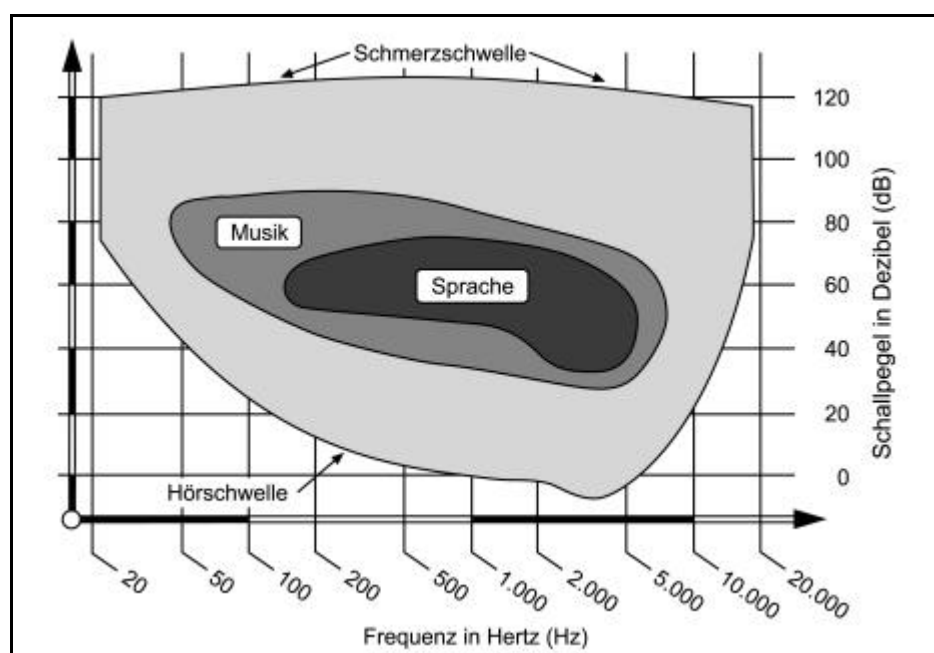


Abb. 7: Hörbereich des menschlichen Ohrs (bearbeitet nach MARKS 1999, S. 53)

Da in der gebotenen Kürze nur die Grundlagen der Schallausbreitung und –messung behandelt werden konnten, sei für einen vertiefenden Einblick auf die einführende, aber umfangreiche Darstellung von SCHICK „Schallbewertung. Grundlagen der Lärmforschung“ (1990) verwiesen. Abschließend sei darauf hingewiesen, dass sich eine eigene Wissenschaft mit den charakteristischen Eigenschaften unterschiedlicher Geräusche und deren Wahrnehmung beschäftigt, nämlich die Psychoakustik. Stellvertretend für eine breite Fachliteratur wird an dieser Stelle auf drei Titel verwiesen. Ersterer ist primär technischer Natur und beschäftigt sich intensiv mit Normen und Modellen (ZWICKER und FASTL 1999), während der Schwerpunkt der zweiten Darstellung auf der Wahrnehmung und den Charakteristika von Geräuschen und hier insbesondere der Musik und der Sprache (HANDEL 1989) liegt. Eine Einführung in das Fachgebiet der Psychoakustik geben die von COOK (2001) unter dem Titel „Music, Cognition and Computerized Sound. An Introduction to Psychoacoustics“ herausgegebenen Aufsätze.

Da jedes einzelne Geräusch charakteristische Eigenschaften aufweist und sich durch diese von allen anderen Geräuschen unterscheidet, ist eine „Generalisierung der Informationen im Vergleich zur realen Beschaffenheit der Objekte“ (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 110) notwendig, in der ähnliche Geräusche in Gruppen zusammengefasst werden. An diese Aussage schließt sich unmittelbar die Frage an, was ähnlich ist, d. h. auf welcher Grundlage die Klassifizierung erfolgt. Einige Klassifizierungsmerkmale werden im Folgenden unter dem Stichwort „Lärmerfassung“ diskutiert. Auf Basis dieser Ausführungen werden in Kapitel 3.4 die kartographisch relevanten Eigenschaften festgelegt.

Grundsätzlich lassen sich Geräusche nach ihren „qualitativen“ (Erzeugern) oder „quantitativen“ (physikalisch messbaren) Eigenschaften kategorisieren. Eine scharfe Abgrenzung, soviel sei schon vorweggenommen, erlaubt jedoch weder die eine noch die andere Sichtweise. Somit können die folgenden Ausführungen nur dazu dienen, den Leser für die Problematik zu sensibilisieren und in die unterschiedlichen Positionen einzuführen.

Qualitativ wird ausgehend von den Lärmquellen in einer ersten Stufe zwischen natürlichen und anthropogen verursachten Geräuschen unterschieden, wobei Lärm primär mit der letztgenannten Gruppe in Verbindung gebracht wird. So stellen HARNAPP und NOBLE (1987) fest, dass eine starke Abhängigkeit zwischen der Bevölkerungsdichte und der Lärmbelastung besteht. Lärm „is also closely related to industrialization and the products of such activity, especially heavy machinery, aircraft and motor vehicles“ (HARNAPP und NOBLE 1987, S. 219). Eine auf Funktionsträgern basierende Einteilung, die zwischen Naturlauten, Menschenlauten und Werkzeug-/Maschinengeräuschen differenziert, nimmt SCHAFER vor (1971, S. 13). Er versucht mit Hilfe historischer Dokumente (Gemälde, Gedichte, Beschreibungen von Ereignissen, Fotografien) Informationen über die Verschiebung der Anteile dieser drei Kategorien an der Geräuschumgebung in verschiedenen Epochen zu gewinnen. Tabelle 1 fasst die Ergebnisse zusammen und zeigt, dass eine Verschiebung hin zu den Maschinengeräuschen erfolgt ist, was durchaus mit der allgemeinen Lärmzunahme im Einklang steht. In diesem Zusammenhang sollte aber der situative Charakter eines jeden Lärmereignisses nicht vergessen werden, denn auch ein natürliches Geräusch wie eine Vogelstimme kann um fünf Uhr morgens als Lärm emp-

Epochen	Naturlaute	Menschenlaute	Werkzeug- und Maschinengeräusch
Frühkulturen	69 %	26 %	5 %
Mittelalter Renaissance, vor- industrielle Epoche	34 %	52 %	14 %
nachindustrielle Epoche	9 %	25 %	66 %
Gegenwart	6 %	26 %	68 %

Tab. 1: Veränderung der Geräuschumgebung. Quellen: Historische Dokumente (Gemälde, Gedicht, Beschreibung eines Ereignisses, Photographie) (SCHAFER 1971, S. 13)

gefunden werden. Eine Gleichsetzung von Lärm mit anthropogen verursachten Geräuschen verbietet sich folglich.

Da die Geräuschquellen innerhalb der Kategorien „anthropogen“ und „natürlich“ unterschiedliche Eigenschaften haben und sich auch die Charakteristika der Geräusche selber erheblich voneinander unterscheiden, ist eine weitere Differenzierung notwendig. Dabei werden Geräusche zusammengefasst, die nach menschlichem Empfinden und auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaften ähnlich sind.

So kann beispielsweise zwischen Personen- und Lastkraftwagen, Bussen, Straßenbahnen, Militärflugzeugen, Verkehrsflugzeugen und Eisenbahnen unterschieden werden, um nur einige zu nennen. Auch zwischen natürlichen Geräuschen kann auf diese Weise differenziert werden, z. B. Vogelgeräusche, Hundegebell, Wind, Wasser. Grundsätzlich gilt, je feiner die Differenzierung, desto genauer können die Charakteristika eines einzelnen Geräusches erfasst werden. Auf der anderen Seite kommt man schnell auf Tausende von unterschiedlichen Geräuschen, was für die Erfassung nicht gerade praktikabel ist, denn bestimmte Geräusche sind dominierend, während andere eher im Hintergrund stehen.

Die Eigenschaften der einzelnen Geräusche spielen also für die Bildung von Gruppen eine entscheidende Rolle. Hierzu gehören die Dauer des Auftretens, die Bewegung der Geräuschquelle in Zeit und Raum, die Frequenzspektren und der Schallpegel. Außerdem ist unsere Gesellschaft primär visuell orientiert, d. h. das Auge als Sinnesorgan hat eine größere Bedeutung als das Ohr. Darauf sind viele Probleme zurückzuführen, die sich aus der Gruppierung in qualitative Klassen ergeben (GUSKI 1987, S. 20). So werden alle Flugzeuge in der Kategorie Flugverkehr zusammengefasst, auch wenn es einzelne Flugzeugtypen gibt, deren Geräuschcharakteristika eher denen eines Lastkraftwagens ähneln. Deutlich wird dies auch bei einem Blick auf die Kategorie Freizeitgeräusche, in der sich so unterschiedliche Geräusche wie die des Tennisspielens, Tischtennispielens, Autorennens, Motorbootrennens sowie Lärm durch Diskotheken, Fußballstadien etc. wiederfinden können. Diese Problematik ist gerade im Hinblick auf die Lärmerfassung bedeutsam, da hier eine sehr grobe Unterscheidung zwischen Verursacher-Gruppen erfolgt (siehe Kap. 2.3). Unterschieden wird in der Regel zwischen Straßenverkehr, Schienenverkehr, Gewerbe, Freizeit- / Sportanlagen und Flugverkehr (LOSERT ET AL. 1994).

Eine grundsätzlich andere Möglichkeit der Geräuschklassifizierung ist deren Differenzierung nach ihrem Informationsgehalt. SCHAFER (1988, S. 46/47) weist hierzu

auf die Forschungsarbeit von Ornithologen hin, die Vogelgeräusche unterschieden haben in: Freudrufe, Notsignale, Territorialverteidigungsrufe, Warnrufe, Fluchtrufe, Sammelrufe, Nestrufe, Fütterungsrufe. Auf anthropogen verursachte Geräusche übertragen, lässt sich zwischen Lautsprecherdurchsagen zur *Information*, Sirenen als *Warngeräusche* oder Musik zur *Unterhaltung* unterscheiden. Von diesem Standpunkt aus betrachtet umfasst Lärm alle Geräusche, die für den einzelnen „keinen relevanten Informationswert“ (VOGT 1997, S. 569) haben. Auf diese Klassifizierungsmöglichkeit wird in der Literatur jedoch nur vereinzelt hingewiesen, und sie spielt im Rahmen der heute gültigen Gesetzgebung eine untergeordnete Rolle.

Quantitativ messbar unterscheiden sich Schallereignisse voneinander durch ihre charakteristischen physikalischen Eigenschaften (Frequenz, Amplitude, Dauer). Auf Grund der Tonqualität (Klangfarbe) können beispielsweise Instrumente in einem Orchester oder menschliche Stimmen gruppiert werden, wobei die Klassifizierung von dem ausschlaggebenden Klassifizierungsmerkmal, z. B. Frequenzänderung pro Zeiteinheit, abhängt, es also keine Antwort auf die Frage gibt, was eine „gute“ Klassifizierung ist. Der Musiker kann zahlreiche Variablen eines Klangs so verändern, dass nahezu jeder Ton möglich ist (HANDEL 1989, S. 262/263).

Deutlich schwieriger wird die Klassifizierung allein auf Grund physikalischer Merkmale, wenn Geräusche gruppiert werden sollen, die nicht im geschlossenen Raum, sondern in der Umwelt zu hören sind. Hier kommen weitere Faktoren hinzu, die die Charakteristika eines Geräusches verändern. Dazu gehören Umwelteinflüsse wie die Lufttemperatur, die sich auf die Geschwindigkeit auswirkt, mit der sich Schallwellen ausbreiten. Weitere bedeutsame Wettereinflüsse sind Regen und Wind (HARNAPP und NOBLE, 1987, S. 218/219) Hinzu kommt, dass Geräusche in der Natur niemals alleine auftreten, wie dies bei einem einzelnen Instrument im Konzertsaal zumindest annähernd der Fall ist, sondern sich mit Geräuschen aus verschiedenen Schallquellen mischen.

Einen Versuch zur Gruppierung von Geräuschen rein auf Grund ihrer physikalischen Merkmale unternimmt SCHAFER (1988, S. 175-177). Zu beachten ist dabei allerdings, dass die physikalischen Eigenschaften nicht gemessen, sondern auf Grund ihrer Wahrnehmung beschrieben werden. Eine Messung ist zwar grundsätzlich möglich, erfordert aber eine strikte Isolierung des Geräusches in einer Laborumgebung, was erstens sehr aufwendig und zweitens bei einzelnen Geräuschquellen (Flugzeug) nicht möglich und sinnvoll ist, da Geräusche, wie bereits angesprochen, immer im Zusammenhang mit anderen Geräuschen auftreten. Die Beschreibungskriterien SCHAFERS und zwei Beispiele für die Erfassung anthropogener bzw. natürlicher Geräuschquellen sind in Abbildung 8 (SCHAFER 1988, S. 179) wiedergegeben.

Im Hinblick auf die quantitative Erfassung von Lärm nennt GUSKI (1987, S. 21) folgende messbare Eigenschaften: Schallpegel, Frequenzcharakteristik, Pegelstreuung, Einzelereignis-Charakteristika, Impulshaltigkeit, Wirkzeiten, Ruhigkeit. Da diese Aufzählung wie auch die vorher genannten Methoden weder gesetzlich noch wissenschaftlich verankert sind, lässt sich in Bezug auf die Kategorisierung von Geräuschen auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaften festhalten, dass messbare Charakteristika für die Erfassung von Lärmquellen grundsätzlich Berücksichtigung finden müssen.

Physikalische Beschreibung	Einschwingzeit	Körper	Abklingvorgang
Dauer	<p>plötzlich mäßig langsam zusammengesetzt</p>	<p>nicht vorhanden kurz mäßig lang kontinuierlich</p>	<p>schnell mäßig langsam zusammengesetzt</p>
Frequenz/Masse	<p>sehr hoch hoch mittlerer Bereich tief sehr tief</p>	→	
Schwankungen/Körnung	<p>stationär Übergangsschwingung mehrf. Übergangsschw. schneller Triller mäßige Pulsierung langsam Pochen</p>	→	
Dynamik	<p><i>ff</i> sehr laut <i>f</i> laut <i>mf</i> mäßig laut <i>mp</i> <i>p</i> weich <i>pp</i> sehr weich <i>f > p</i> lauter als weich <i>p < f</i> weicher als laut</p>	→	
← Geschätzte		Gesamtdauer des	Ereignisses →

Gesang eines Vogels			Telefon			
Ein-schwing-zeit	Körper	Abkling-vorgang	physikalische Beschreibung	Ein-schwing-zeit	Körper	Abkling-vorgang
			Dauer			
			Frequenz/Masse			
			Schwankungen/Körnung			
<i>mf</i>	<i>mf</i>	<i>mf</i>	Dynamik	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>p</i>
← Sek. →				← Sek. →		

Abb. 8: Beschreibung von Lautereignissen (bearbeitet nach SCHAFER 1988, S. 178/179)

In diesem Kapitel sind verschiedene Möglichkeiten zur Klassifizierung von Geräuschen im Hinblick auf die Lärmerfassung vorgestellt worden. Dabei ist zwischen qualitativen und quantitativen Verfahren unterschieden worden. Die Auswahl der Kriterien ist in der Fachliteratur äußerst heterogen und erlaubt nicht die Festlegung einer wissenschaftlich abgesicherten Klassifizierung. Trotzdem wurde der Versuch unternommen, einen Überblick zu geben, auf den in den folgenden Kapiteln Bezug genommen werden kann.

2.3 Erfassung

Um Maßnahmen zur Lärmbekämpfung (Kap. 2.4) einleiten zu können, ist zunächst einmal die Erfassung der Schallquellen und der vorhandenen „Geräuschumgebung“ notwendig. Unter „Geräuschumgebung“ werden im Folgenden alle an einem Ort in einem bestimmten Zeitraum eintreffenden Schallwellen verstanden, die von einer oder mehreren „Schallquellen“ verursacht werden („Immission“) und nicht aktiv durch den wahrnehmenden Menschen beeinflusst werden können. Da der Mensch seine Ohren im Gegensatz zu den Augen nicht ohne Hilfsmittel (und selbst dann nur eingeschränkt) verschließen kann, nimmt er beständig eine Geräuschkulisse wahr, die sich permanent sowohl raum- als auch zeitabhängig ändert. In der Literatur werden anstelle von „Geräuschumgebung“ Begriffe wie „Lautsphäre“ (SCHAFER 1988, S. 13) oder „soundscape“ (SCHAFER 1973, S. 3) verwendet, wobei „Lautsphäre“ durch SCHAFER weiter gefasst wird und alle Studienggebiete der Akustik umfasst. So können wir nach SCHAFER (1988, S. 13) „eine akustische Umwelt als Forschungsfeld isolieren, genauso wie wir die Besonderheiten einer bestimmten Landschaft studieren können“. SERVIGNE et al. (1999, S. 1) sprechen von „soundscape“ als einem neuen Konzept, that „tries to combine both positive and negative aspects of the auditory environment“. Die musikalischen Aspekte einer Geräuschumgebung betonend spricht SAERBERG (2000) vom „Klangraum“ Ruhrgebiet. Während die Begriffe „Lautsphäre“ und „Klangraum“ neben Umweltgeräuschen auch die Musik eines Orchesters in einem Konzertsaal umfassen, den der Besucher bewusst aufsucht, unterscheidet sich die „Geräuschumgebung“ hiervon insofern, als dass sie meist nicht durch eine bewusste Handlung des Hörers herbeigeführt wird, sondern als Bestandteil der Umwelt wahrgenommen werden muss (Kap. 2.1). Lärm steht folglich in einem direkten Zusammenhang mit der Geräuschumgebung.

Um ein Fundament für die Erfassungsmethoden zu legen und das Verständnis zu fördern, muss deren gesellschaftlicher Kontext angesprochen werden, denn der Stellenwert visueller im Vergleich mit akustischen Informationen differiert sowohl in zeitlicher Hinsicht als auch zwischen Kulturen abhängig von der Lebensweise und dem geographischen Verbreitungsgebiet. Deutlich wird dies an Bezeichnungen für bestimmte Erscheinungen / Sachverhalte, für die es in anderen Sprachen keine Entsprechungen gibt. Beispielsweise weist ROES (1998, S. 592) auf die verschiedenen Bezeichnungen für die Geräusche von fliegendem Sand hin, die Bewohner der Rub'Al-Khali im Jemen verwenden. Ein ähnliches Beispiel ist die Kultur der Eskimos, die unterschiedliche Bezeichnungen für die Zustände von Eis (HOEG 1997, S. 448/459) und Schnee (SCHAFER 1988, S. 30) entwickelt haben. Möglicherweise beeinflusst bei den Eskimos der akustische den visuellen Raum und beherrscht diesen sogar (SCHAFER 1988, S. 200). Darüber hinaus weisen nach SCHAFER (1988 S. 194) Berichte in der Bibel und in „TausendundeineNacht“ darauf hin, dass das Ohr in diesen Gesellschaften eine große Bedeutung als Informationssammler besessen hat.

In der westlichen Gesellschaft hat seit der Renaissance unter dem Einfluss der Druckpresse und der perspektivischen Malerei dagegen das Ohr dem Auge als wichtigster Zuträger von Informationen Platz gemacht (SCHAFER 1988, S. 17). Dies setzt sich heute durch die Dominanz der bewegten Bilder in Fernsehen, Kino und Com-

puter fort. So stehen im Kinofilm die Stimmen der Schauspieler immer im Zusammenhang mit den gezeigten Bildern, obwohl wir auch ohne zu sehen die Richtung und Entfernung von Geräuschquellen bestimmen können (PIERCE 2001b, S. 89). In diesem Sinn ist auch die folgende Aussage von DIBIASES (1990, S. 14) zu verstehen: „We communicate among ourselves mostly through speech, but vision is our primary connection with the rest of the world.“ Oftmals hören wir genauer hin, wenn wir die Lärmquelle, z. B. ein vorbeifahrendes Auto, sehen (LYNCH 1984, S. 61). Obwohl heute von einer Lautüberflutung gesprochen wird (SCHAFER 1988, S. 97), ist dies kein Kennzeichen einer akustisch orientierten Gesellschaft, denn der Anteil der Geräusche ohne großen Informationsgehalt nimmt stetig zu und damit auch der Lärm (s. o.). Maschinen erzeugen beispielsweise Geräusche von geringem Informationswert und hoher Redundanz, was zu einer Abstumpfung von Personen führt, die diesen Geräuschen ständig ausgesetzt sind. Ein abschließendes Zitat verdeutlicht diese Ausführungen:

„Vor ein paar Jahren war ich eingeladen worden, auf einem von der US-Regierung organisierten Symposium über Transportgeräusche zu sprechen. Mehrere Tage lang hatten Akustikingenieure Vorlesungen über Düsenlärm, Ventilatorgeräusch, Reifengeräusch usw. gehalten und ihre Arbeit mit einer ehrgeizigen Reihe von Dias und Graphiken illustriert. Nicht ein einziger Laut wurde zur Illustration gespielt“ (SCHAFER 1988, S. 167).

Wie bereits im vorangehenden Kapitel wird auch im folgenden zwischen qualitativen und quantitativen Erfassungsmethoden unterschieden.

2.3.1 Wahrnehmung

Die Lärmwahrnehmung ist, wie bereits angesprochen (Kap. 2.1) subjektiv und abhängig von einer ganzen Reihe an Einflussfaktoren, wie der Tätigkeit des Hörers (konzentrierte Arbeit, Schlaf) oder der äußeren Situation (Geräuschumgebung, Wetterlage). Dennoch gibt es eine ganze Reihe von Untersuchungen zur Wahrnehmung von Geräuschen, die sich mit bestimmten Aspekten, z. B. der Lautheit, der Schwellenwerte für Lautstärkeänderungen oder der Frequenzwahrnehmung beschäftigen. Als eigene Wissenschaft führt diese Untersuchungen die Psychoakustik, ein Gebiet der Wahrnehmungspsychologie, durch. Sie beschäftigt sich nach SCHICK (1992, S. 153) einerseits „mit der Beschreibung und Bedingungsanalyse einzelner Empfindungsgrößen in physikalischer, physiologischer und psychologischer Sicht“ und andererseits „mit der Beobachtung, Analyse und Interpretation von Lärmbeschwerden und einer darauf basierenden Konzeption der Bürgerberatung.“ Ein grundlegendes Thema ist die Beurteilung der Lautheit und Lästigkeit von Geräuschen.

Ende der 1960er/Anfang der 1970er Jahre hat sich die Bewegung der „Soundscapes“ (SAERBERG 2000, S. 47) auf der Grundlage von Forschungsarbeiten des Musiktheoretikers und Komponisten Murray SCHAFER (SCHICK 1990, S. 163) gegründet, ein Zusammenschluss von Wissenschaftlern, die sich mit der Geräuschumgebung, deren Veränderung in der Geschichte und deren Bedeutung für verschiedene Kulturen beschäftigt hat. Auf dieser Grundlage basierende Forschungen zur Erfassung der Geräuschumgebung als Datengrundlage für die Lärmbekämpfung werden zur Zeit in Frankreich (LÉOBON 2000) durchgeführt. Bevor jedoch die

Forschung zu „Soundscapes“ ausführlicher behandelt wird, sollen zunächst einige grundlegende Ergebnisse der Psychoakustik vorgestellt werden.

Das menschliche Ohr ist ein hochempfindliches Organ, das einen großen Bereich von Luftdruckschwankungen präzise erfassen kann. Um einen Ton von 2500 Hz gerade noch wahrnehmen zu können, bewegt sich das Trommelfell um einen Milliardstel-Zentimeter, eine Entfernung kleiner als ein einzelnes Wasserstoff-Atom (SEKULER und BLAKE, 1994, S. 330). Die Bewegung des Trommelfells wird im Ohr weitergegeben, verstärkt und in der Colchea in Nervenimpulse umgewandelt, die an das Gehirn geleitet und dort entschlüsselt werden. Eine genaue Beschreibung der Bestandteile des Ohrs und des Hörvorgangs findet sich beispielweise bei MATHEWS (2001, S. 1-10) und SEKULER und BLAKE (1994, S. 292-328). Erwähnt werden muss in diesem Zusammenhang, dass das Ohr eine unterschiedliche Empfindlichkeit für unterschiedliche Frequenzen hat. Eine grafische Darstellung des menschlichen Hörbereichs zeigt, dass die menschliche Empfindlichkeit für hoch- und niedrigfrequente Töne schlechter ist als für Töne im Bereich von 500-5000 Hz, der Frequenzbereich also, in dem auch die menschliche Sprache liegt (Abb. 7).

Diese Hörschwelle ist jedoch nicht bei jedem Menschen gleich, sondern ändert sich krankheitsbedingt oder mit dem Alter. Die Veränderungen treten dabei jedoch meist nur in bestimmten Frequenzbereichen auf, z. B. macht sich die Altersschwerhörigkeit besonders in hochfrequenten Bereichen bemerkbar (SEKULER und BLAKE, 1994, S. 332). Zu einer Veränderung der Hörschwelle kann der ständige Aufenthalt in einer lauten Geräuschumgebung beitragen, wie dies z. B. bei Fabrikarbeitern oder Bauarbeitern der Fall ist. Doch selbst ein einzelnes Geräusch, wie die Explosion eines Feuerwerkskörpers in der Nähe des Ohrs kann zu einem (temporären) Hörverlust führen. Daher sind auch Jäger oder Soldaten stark gefährdet. Aber nicht nur bestimmte Berufsgruppen, sondern jeder einzelne kann einen Hörverlust durch laute Umweltgeräusche erleiden. So ist an einer innerstädtischen Straße in Chicago eine Lautstärke von 100 dB_{SPL} (SPL=Sound Pressure Level) gemessen worden. Dieser Wert wird in U-Bahn Stationen bei der Durchfahrt eines Zuges sogar überschritten (SEKULER und BLAKE, 1994, S. 333). Die gesundheitlichen Gefährdungen sind auf dem Land oder in weniger technisierten Gesellschaften als weniger gravierend anzusehen. Signifikante Unterschiede sind für die Altersschwerhörigkeit festgestellt worden, die bei siebzigjährigen afrikanischen Stammesangehörigen wesentlich schwächer ausgeprägt ist. Allerdings ist nicht endgültig bewiesen, ob hierfür die ruhige Umgebung oder die Ernährung bzw. genetische Merkmale verantwortlich sind (SEKULER und BLAKE, 1994, S. 332/333).

In Abbildung 7 ist die frequenzabhängige Hörschwelle des Menschen dargestellt worden, wobei ein gerade noch hörbarer Ton bei 2500 Hz mit 0 dB_{SPL} gleichgesetzt wird. Um einen Ton mit einer Frequenz von 200 Hz gerade noch hören zu können, muss dessen Intensität folglich 20 dB größer sein. Das heißt es lassen sich sog. Kurven gleicher Lautheit bestimmen, die angeben, mit welcher Frequenz ein Ton bei beispielsweise 60 dB noch hörbar ist. Da sich die Kurven nicht nur frequenz-, sondern auch lautstärkeabhängig verändern, kann die Messung der Lautstärke nicht allein in Dezibel erfolgen, da ansonsten hoch- und besonders niederfrequente Bereiche entgegen der menschlichen Wahrnehmung überbewertet würden. Daher sind verschiedene Filter entwickelt worden, die sich an unserem Empfinden orientieren

und diese Frequenzbereiche herausfiltern (z. B. der A-, B- oder C-Filter) (MARKS 1999, S. 53). Dennoch ist in Untersuchungen festgestellt worden, dass auch ein in dB(A) gemessener Wert noch nicht exakt der menschlichen Geräuschwahrnehmung entspricht (ZWICKER und FASTL, S. 319), da „die *Tonhaltigkeit* eines Geräusches (das <Herausragen> einer charakteristischen Frequenz) von den Betroffenen als besonders lästig beschrieben wird (z. B. bei Flugzeugen und Mopeds)“ (GUSKI 1987, S. 27).

Zur Beurteilung der Lautheit von Schallereignissen gibt es eine Reihe von Untersuchungen aus der Psychoakustik. Dabei ordnen die Probanden die empfundene Lautstärke anhand eines Vergleichsgeräusches ein. Obwohl man vermuten könnte, dass die Einschätzungen der einzelnen Probanden stark differieren, ist dies nicht der Fall. Es können zwar gewisse Schwankungsbreiten festgestellt werden, die sich aber in Grenzen halten und u.a. auf ein unterschiedliches Hörvermögen zurückgeführt werden können (SEKULER und BLAKE 1994, S. 340). Beispielhaft sei hier auf eine Untersuchung zum Schienenlärm (ZWICKER und FASTL 1999, S. 321) hingewiesen, in der die Probanden die Lautstärke von Geräuschen unterschiedlicher Zugtypen bewerten sollten. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass einerseits längere Züge (Güterzug, 520 m) mehr Lärm verursachen als kürzere und dass schnellere Züge (ICE) mehr Lärm verursachen als langsamere. In der Abbildung 9 werden die Schwankungsbreiten durch von einem Mittelpunkt nach oben und unten abweichende Linien dargestellt. Die Forschungsergebnisse der Psychoakustik dienen, wie im Beispiel des A-Filters, als Grundlage für Schallmessungen und -berechnungen (Kap. 2.3.2).

Welche Geräusche dominieren heutzutage? Unterscheidet sich die Geräuschumgebung zwischen urbanem und ländlichem Raum? Wie hat sich die Geräuschumgebung in Abhängigkeit von der gesellschaftlichen und technischen Entwicklung in den

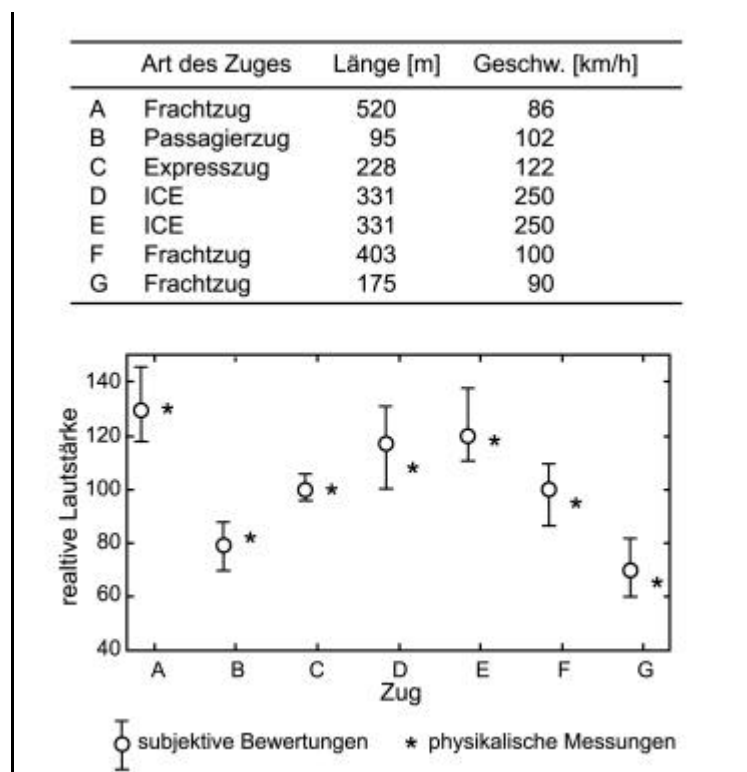


Abb. 9: Bewertung von Schienenlärm (bearbeitet nach ZWICKER und FASTL 1999, S. 321)

letzten Jahrhunderten verändert? Diese Fragestellungen untersucht die Soundscape-Bewegung und versucht damit die Menschen für ihre Geräuschumgebung, und somit für ihr Gehör, zu sensibilisieren. So hat SCHAFFER (1973, S. 3) die Geräuschumgebung mit einer musikalischen Komposition verglichen. Der Lärm kann aus dieser Betrachtungsrichtung mit Disharmonien gleichgesetzt werden, deren Beseitigung zu einer harmonischen Komposition führt, die somit von allen Menschen als angenehm empfunden werden kann.

In seinem Hauptwerk von 1977 „The Tuning of the World“ (in der deutsch. Übers. „Klang und Krach – eine Kulturgeschichte des Hörens“, in deutscher Übersetzung 1988 im Athenäum Verlag erschienen) beschreibt SCHAFFER unterschiedliche „Lautsphären“ (nach der deutschen Übersetzung von „The tuning of the World“), z. B. die natürliche Lautsphäre, die ländliche Lautsphäre und die postindustrielle Lautsphäre, wobei diese sich durch ihre charakteristischen Geräusche voneinander unterscheiden. Grundlage für seine Aussagen bildet eine Kartei von Lautbeschreibungen aus literarischen und historischen Dokumenten, die als ein Teilprojekt des Projektes „Globale Lautsphäre“ aufgebaut worden ist und zum Zeitpunkt des Erscheinens von „The Tuning of the World“ mehrere Tausend Karteikarten umfasste (SCHAFFER 1988, S. 180). Die Charakterisierung einer Lautsphäre erfolgt auf der Basis von „Figur“ und „Grund“, eines aus der visuellen Wahrnehmung entliehenen Begriffspaares. Die „Figur“ setzt SCHAFFER mit dem „Signallaut“ oder „Orientierungslaut“ gleich, während der „Grund“ den ständig hörbaren „Grundtönen“ entspricht (SCHAFFER 1988, S. 191). So werden die Grundtöne einer Landschaft „von ihrer Geographie, ihrem Klima und ihrer Fauna bestimmt: von Wasser, Wind, Wäldern, Ebenen, Vögeln, Insekten und anderen Tieren“ (SCHAFFER 1988, S. 191). Diesen Geräuschen hört man eher unbewusst zu, obwohl sie einen Raum prägen, während sich „Signallaute“ von diesen „Grundtönen“ deutlich abheben. Eine dritte Kategorie bilden „Orientierungslaute“, die für das Zusammenleben der Menschen eine wichtige Rolle spielen.

Die Grundtöne sind abhängig von den geographischen Gegebenheiten eines Ortes, da sich die Lautsphäre eines jeden Ortes auf der Welt aus spezifischen Grundtönen zusammensetzt (SCHAFFER 1973, S. 7). Beispiele hierfür sind z. B. das Zirpen der Zikaden im Mittelmeerraum oder das Krächzen der Möwen in den nördlichen Küstengebieten. Die Wahrnehmung des Menschen passt sich der jeweiligen Lautsphäre an, weswegen zurückgezogen auf dem Land lebende Menschen Vögel noch an ihrem Fluggeräusch erkennen können, während der städtische Mensch dies nur noch bei Insekten und Flugzeugen vermag“ (SCHAFFER 1988, S. 47).

Ein weiteres Beispiel (s.o.) sei hier mit den Worten SCHAFFERS wiedergegeben:

„The sound of snow underfoot at 40 degrees below zero in Manitoba is different from that in barely freezing Toronto. The Eskimos have at least a dozen words to describe the various states of snow, a nuancing which is absent in, say, Indian language, where experience with this substance is limited“ (SCHAFFER 1973, S. 6).

Um den Unterschied zwischen ländlicher und städtischer Lautsphäre deutlich zu machen, führt SCHAFFER zwei weitere Begriffe ein: die Hi-fi-Lautsphäre (ländliche Lautsphäre) und die Lo-fi-Lautsphäre (städtische Lautsphäre) (SCHAFFER 1988, S. 59). Während es in der Hi-fi Lautsphäre eine eindeutige Perspektive gibt und sich die Grundtöne von den Signal- bzw. Orientierungslauten deutlich unterscheiden, geht diese Perspektive in der Lo-fi-Lautsphäre verloren.

Die Entwicklung von einer Hi-fi- zu einer Lo-fi-Lautsphäre vollzog sich nach SCHAFER allmählich über viele Jahrhunderte hinweg. Während die Städte früher nachts noch im Dunkeln lagen und die Laute der Sperrstunde und die Stimmen der Nachtwächter wichtige akustische Signale darstellten, sind die Beleuchtung der Straßen und das nicht endende Verkehrsgeräusch heute allgegenwärtig. Dies zeigt auch, dass Laute, die in einem bestimmten Zeitraum kennzeichnend sind, zu einer anderen Zeit verschwunden sein können, z. B. das Rufen des Nachtwächters oder der Ton des Posthorns. Kennzeichnend für die Veränderung des Umweltgeräuschpegels ist die Erhöhung der Lautstärke von Warnsignalen, wie beispielsweise der Sirenen auf Rettungswagen. „Nach der Einführung der Scheibensirene in Nordamerika veränderte man das Volumen des Ausgangstones. Wir haben an einem alten Fahrzeugmodell von 1912 die Sirene mit 88 bis 93 Dezibel auf dreieinhalb Metern gemessen. Um 1960 hat die Sirenenlautstärke auf 102 Dezibel bei 5 Metern zugenommen. In den letzten Jahren ist ein neuer Typ einer jaulenden Sirene für Notfallfahrzeuge eingeführt worden, die 114 Dezibel bei gleicher Entfernung mißt. Die Vereinigten Staaten stellen jetzt eine jaulende Sirene für den Einsatz auf Polizeifahrzeugen her, die 122 Dezibel auf dreieinhalb Meter mißt.“ (SCHAFER 1988, S. 213/214).

In seinen Ausführungen stellt SCHAFER an mehreren Stellen einen Bezug zur klassischen Musik her. So sind seiner Auffassung nach „die Landschaften Händels und Haydns (...) so reich an Einzelheiten wie die Bilder Breughels, und (...) sind auch ebenso sorgfältig strukturiert.“ (SCHAFER 1988, S. 141) Doch von der Veränderung der Lautsphäre ist auch die Musik nicht verschont worden, denn das Orchester wird im zwanzigsten Jh. in erster Linie um Schlaginstrumente erweitert, „mit denen scharfe Attacken geschlagen und rhythmische Vitalität ausgespielt werden konnte.“ Diese Entwicklung setzt sich bis zur Popularität des Techno in heutigen Tagen fort, dessen laute dumpfe Schläge durchaus an Maschinengeräusche mit einem geringen Informationswert erinnern. Die allgemeine akustische Umwelt kann nach SCHAFER als Indikator für gesellschaftliche Zustände angesehen werden, und um Rückschlüsse dieser Art zu ziehen, besteht die Aufgabe des Lautsphärenanalytikers somit darin, „die bedeutsamen Merkmale der Lautsphäre zu bestimmen, jene Laute, die entweder wegen ihrer Individualität wichtig sind, oder wegen ihrer Menge oder ihrer Dominanz.“ (SCHAFER 1988, S. 15/16)

Auf dieser Grundlage lassen sich auch Geräusche in einer Stadt klassifizieren und Gebiete abgrenzen, in denen bestimmte Geräusche vorherrschend sind (z. B. sich unterhaltende Menschen in Straßencafés, Schritte auf Asphalt in Fußgängerzonen, Vogelstimmen in Parks). Bereits seit Mitte der 1990er Jahre wird an der Universität von Nantes an einem Projekt zur qualitativen Erfassung der Geräuschumgebung von Stadtteilen Nantes gearbeitet, die der Stadtplanung als Grundlage für Maßnahmen zur Lärmbekämpfung dienen soll. Dazu werden in einem Stadtviertel zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten Tonaufnahmen durchgeführt, die im Labor nach der jeweiligen Geräuschzusammensetzung ausgewertet werden. Die Ergebnisse werden anschließend klassifiziert und in einer Karte dargestellt (Abb. 10).

Wie bei SCHAFER (s.o.) wird auch hier zwischen einem Vordergrund- und einem Hintergrundgeräusch unterschieden. Das Hintergrundgeräusch setzt sich aus drei Komponenten zusammen: Motorengeräusche, Schritte von Passanten und Stimmen von Passanten (LÉOBON 2000, S. 4). Andere Geräusche heben sich mehr oder weni-

ger von diesem Hintergrundgeräusch ab. Die Einordnung der jeweiligen Geräuschumgebung erfolgt in einem „Triangle d'équilibre sonore“ (LÉOBON 2000, S. 4, Abb. 10), das in neun verschiedene farblich getrennte Bereiche eingeteilt ist. Unterschieden wird z. B. zwischen dominierenden Geräuschen von Fußgängern und Bewohnern oder Verkehrsgeräuschen. Entscheidend ist hierbei, dass alle Geräusche Berücksichtigung finden, gleich ob sie positiv (Vogelstimmen) oder negativ (Straßenverkehr) empfunden werden. Auch hier werden zwar Dezibel-Werte bestimmt, die sich aber auf die gesamte Geräuschumgebung beziehen und nicht nach Geräuschquellen getrennt berechnet werden.

Ein ähnliches Beispiel wird von Michael SOUTHWORTH vorgestellt (SCHAFER 1988, S. 173). Zahlreiche Beobachter werden gebeten, Laute zu kommentieren, die sie auf einem Rundgang durch einen Teilbereich der Innenstadt von Boston wahrgenommen haben. Die Ergebnisse der Beobachtungen werden anschließend in einer Graphik

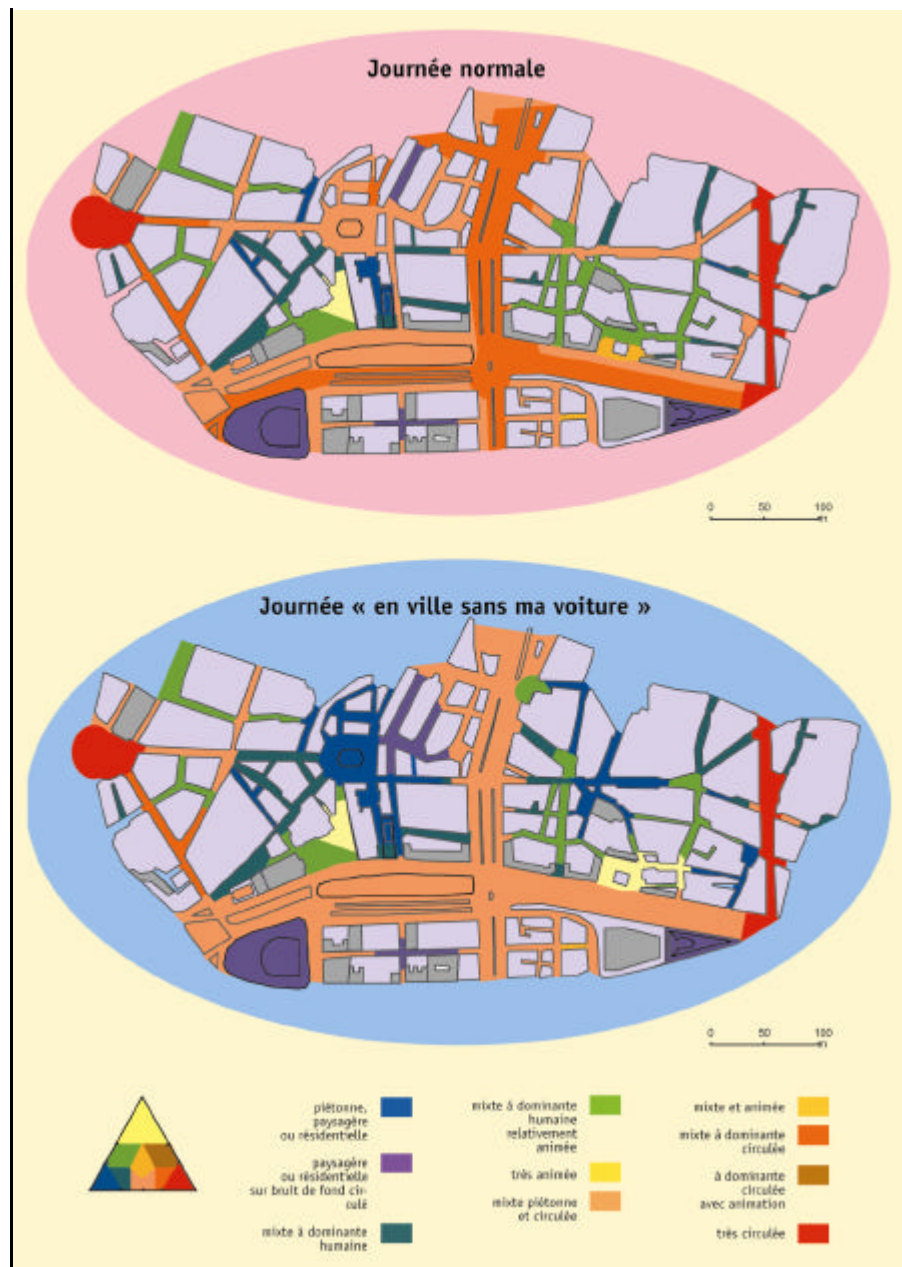


Abb. 10: Qualitative Darstellung einer Geräuschumgebung (Quelle: LÉOBON 2001)

zusammengefasst. Hieraus wiederum entsteht eine Karte, aus der Informationen über die subjektiv empfundene Geräuschumgebung entnommen werden können.

SCHAFFER sieht die Karte als ein geeignetes Instrument an, um Geräuscheindrücke zu inventarisieren und zu vergleichen. Laute sind dabei einerseits Ereignisse und andererseits Objekte. Die Karte sollte dabei folgende Informationen enthalten: „die Distanz des Lautes zum Beobachter, seine Intensität, ob er sich deutlich aus der Umgebung heraushebt oder kaum wahrnehmbar ist, ob der betreffende Laut semantisch isolierbar oder Teil eines größeren Zusammenhangs oder einer Botschaft ist, ob die allgemeinen Strukturen der Umgebung einander ähnlich oder verschieden sind, und ob die Umweltbedingungen Widerhall, Echo oder andere Effekte, wie Drift oder Verschiebung, hervorrufen.“

(SCHAFFER 1988, S. 176)

2.3.2 Messung und Berechnung

Bis zur Mitte des 19. Jh. konnten Geräusche nur qualitativ mit Hilfe der Wahrnehmung erfasst werden. Erst der Anatom und Physiologe Ernst Heinrich WEBER (1795-1878) schafft die Grundlage für eine quantitative Bestimmung von Empfindungen, wie beispielsweise dem Tastsinn, mit dem er sich vorrangig beschäftigt hat, indem er feststellt, dass das Verhältnis von einem Reizunterschied zur Bezugsgröße eine konstante Zahl ist, die sog. Weber'sche Konstante (SCHICK 1990, S. 17). Diese Arbeiten wurden von FECHNER weitergeführt. Er entdeckte, dass mit einem „gleichmäßig stetigem Anstieg der Empfindungsstärke die physikalische Reizstärke logarithmisch stetig fortschreitet“ (SCHICK 1990, S. 19). Seit 1928 wird das Dezibel als logarithmisches Maß zur Feststellung eindeutiger Schalldruckpegel verwendet (SCHAFFER 1988, S. 103). Die Verwendung der Einheit Dezibel ist jedoch in der Folgezeit nicht unumstritten, da sie „wahrnehmungspsychologisch das Axiom der Gleichabständigkeit“ (SCHICK 1990, S. 21) nicht erfüllt, was zur Entwicklung einer Lautheitsskala (Sone-Skala) durch STEVENS führt. Die Diskussion um die Eignung der Dezibelskala zur Lautstärkemessung setzt sich bis heute fort (siehe dazu Kap. 2.3.3). Ausführliche Informationen zur Entwicklung der ersten Geräte zur Schallmessung Anfang des 20. Jhs. gibt SCHICK (1990 S. 142 ff.).

Sind die Anfänge der Lärmmessung noch recht gut zu überblicken, ist daraus mittlerweile „eine komplizierte Wissenschaft mit über hundert Messverfahren, unzähligen Fachbegriffen, Definitionen, Formeln, usw.“ (MARKS 1999, S. 48) entstanden. Grundlegende Regelwerke sind beispielsweise Richtlinien, DIN-Normen, VDI-Normen, TÜV-Studien, ISO-Normen, die hier nicht in ihren Einzelheiten wiedergegeben werden müssen. Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang allerdings die Aussage HILLENs in einer Veröffentlichung zur Vorgehensweise bei der Erstellung von Schallimmissionsplänen, der feststellt, dass „diese Regelwerke teilweise in sich selbst inkonsistent sind, teilweise Regelungen aufweisen, die offensichtlich nicht dem wirklichen Verhalten in der Natur entsprechen und teilweise mit Begriffen arbeiten, die sich einer rechentechnischen Realisierung widersetzen“ (HILLEN 1993, S. 13).

Grundsätzlich muss bei der Lärmmessung zwischen „Schallemissionen“ und „Schallimmissionen“ unterschieden werden, wobei Schallemission „die von einer Schallquelle abgestrahlte Schallleistung“ (GLÜCK 1973, S. 268) und „Schallimmiss-

sion“ der Schall ist, der von einer Person oder einem Ort empfangen wird (MARKS 1999, S. 49).

Da es sich beim Phänomen Lärm um ein Kontinuum handelt, müssen die Werte in einer thematischen Felddaufnahme (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 263) durch lokale Einzelmessungen erfasst werden. Die Messeinrichtung besteht dabei aus einem Schallpegelmesser und einem Gerät zur Klassifizierung und Zählung der Augenblickswerte (ENGNATH und KOCH 2001, S. 91). Der schematische Aufbau eines Lärmessgerätes ist in Abbildung 11 dargestellt (aus MINNESOTA POLLUTION CONTROL AGENCY 1983, S. 14 u. KIRK und HUNT, 1999, S. 42). Zusätzlich wird der Einsatz einer Tonaufzeichnung empfohlen, um bei unbewachten Messungen Störeinflüsse nachträglich identifizieren zu können (GLÜCK 1973, S. 276). Außerdem können mit Hilfe der Tonaufzeichnungen Frequenzanalysen durchgeführt werden.

Da die Messorte, die das Wertefeld (HAKE und GRÜNREICH, 1994, S. 438) als Grundlage für die Erstellung von Lärmkarten bilden, möglichst repräsentativ für ein Gebiet sein sollten, wird empfohlen, mindestens einen Messpunkt pro km des Gesamtstraßennetzes eines Ortes festzulegen, was für eine Stadt wie München zu mehreren hundert Messpunkten führen kann (GLÜCK 1973, S. 262). Der Abstand zwischen den Messpunkten ist von der lokalen Situation abhängig und reicht von 50 m im Innenstadtbereich bis 2 km und mehr im Außenbereich (GLÜCK 1973, S. 262). Auch die genaue Platzierung des Messmikrophons (Höhe über Grund und Abstand von den Fahrbahnmitten bzw. der Bebauung) ist in den entsprechenden Regelwerken festgelegt (siehe dazu z. B. GLÜCK 1973, S. 272/273 u. S. 277/278).

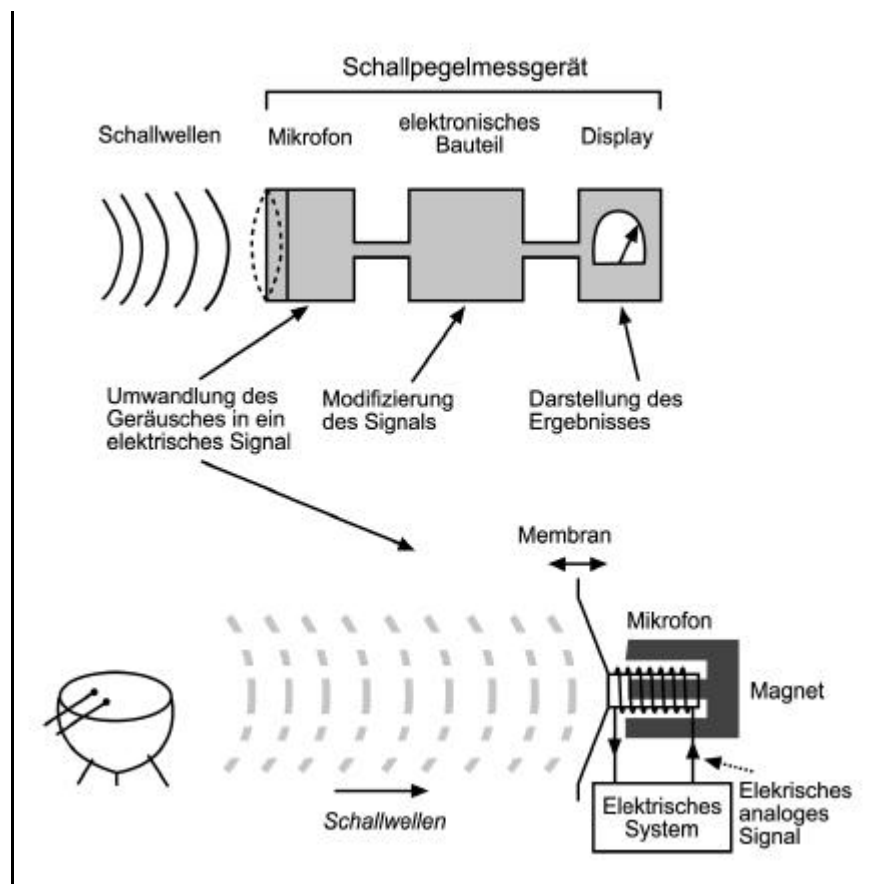


Abb. 11: Funktionsweise eines Schallpegelmessgerätes (bearbeitet nach MINNESOTA POLLUTION CONTROL AGENCY 1983, S. 14; KIRK und HUNT 2001, S. 42)

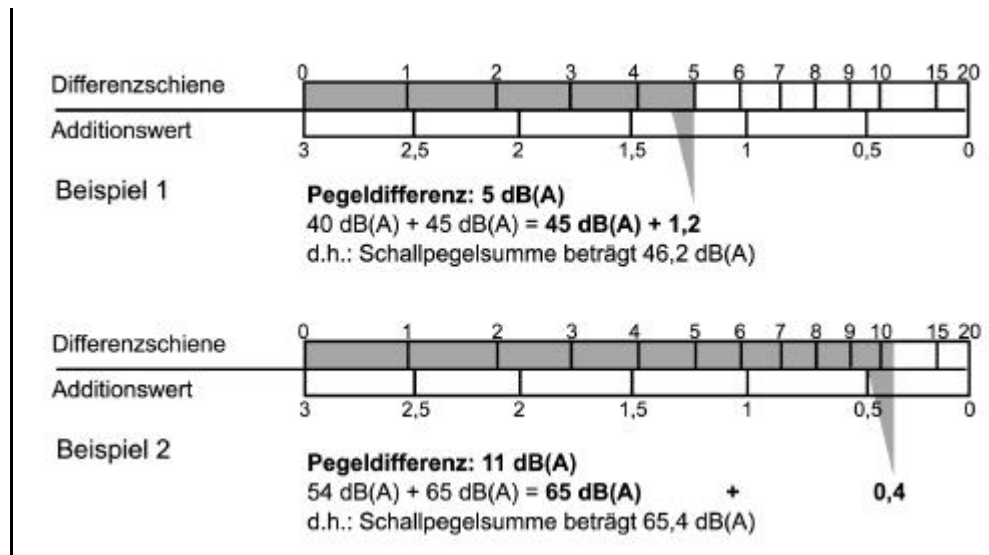


Abb. 12: Energetische Addition von Schallpegeln (bearbeitet nach LOSERT et al. 1994, S. 12)

In den meisten Fällen gibt es in einem Untersuchungsgebiet mehrere Lärmquellen (z. B. Schienenverkehr, Straßenverkehr), die auf einen Immissionspunkt einwirken. Auf Grund der logarithmischen Skalierung des Schallpegels können die Einzelwerte nicht einfach addiert, sondern müssen energetisch zusammengefasst werden. Die Funktionsweise eines Additionslineals wird in Abbildung 12 dargestellt. Nach der Berechnung der Differenz zwischen den Pegelwerten kann der Additionswert auf dem Lineal abgelesen werden. Die Addition von zwei gleichen Pegelwerten bewirkt immer eine Erhöhung des Pegels um 3 dB(A).

Da sich das Phänomen Schall nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich ändert, ist auch die Bestimmung des Messzeitraumes von Bedeutung. Alle über einen festgelegten Zeitraum („Tag“ von 6 bis 22 Uhr und „Nacht“ von 22 bis 6 Uhr) gemessenen Schallereignisse werden nachträglich gemittelt, d. h., es wird ein sog. „energieäquivalenter Dauerschallpegel“ oder „Mittelungspegel“ L_{eq} oder LM (MARKS 1999, S. 58) bestimmt, der in den Regelwerken nicht einheitlich verwendet wird.

Bei der Festlegung des Messzeitraumes muss die Verkehrsdichte berücksichtigt werden, um möglichst repräsentative Ergebnisse zu erhalten. So ist bei dichtem Verkehr (>1000 Kfz je Stunde) eine Messdauer von 10 Minuten ausreichend, während in ruhigen Wohngebieten 20 Minuten angesetzt werden müssen. Über alle genannten Faktoren muss jedoch im Einzelfall entschieden werden, pauschale Aussagen sind nicht möglich.

Da es sich beim Verkehrslärm um ein räumlich und zeitlich stark streuendes Phänomen handelt, mussten z. B. für eine Untersuchung in Luzern (VOGT 1997, S. 571) 285 Straßenabschnitte (= 37 %) festgelegt werden. Dies ist bereits ein Grund dafür, dass Messungen zur Erfassung der Lärmbelastung heute nur noch selten durchgeführt werden, da sie auf Grund des hohen Personal- und Materialbedarfs sehr kostenintensiv sind (SCHAFER 1988, S. 233). Gemessen wird nicht mehr flächendeckend, sondern nur noch „punktuell auf Beschwerden hin oder bei konkreten Planungen“ (VOGT 1997, S. 570). Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die gebräuchlichen Regelwerke zur Feststellung des Mittelungs-/Beurteilungspegels und die jeweiligen Erfassungsmethoden.

Lärmquelle	Regelwerk	Verfahren	
		Rechnung	Messung
Straßenverkehr	RLS 90, DIN 18005	×	
Parkplätze	Bayrische Studie	×	
Schienenverkehr	Schall03, Akustik04	×	
Flugverkehr	AzB nach dem Fluglärngesetz	×	
Flugverkehr	DIN 45643/2 (Überwachung an Verkehrs-Flughäfen)		×
Flugverkehr	DIN 45643/3 (Beurteilung von Fluglärmmmissionen von Flugplätzen)		×
Gewerbe	TA Lärm, VDI2058/1		×
Gewerbe	VDI2714/2571 (Planung von Anlagen)	×	×
Baustellen	AVV Baulärm, Geräuschimmissionen		×
Freizeitaktivitäten	Ländererlasse		×
Sportstätten	Sportanlagenlärmschutzverordnung (18. BImSchV)		
Wasserverkehr	DIN 18005/1, DIN 45642	×	×

Tab. 2: Regelwerke zur Feststellung des Mittelungs-/Beurteilungspegels und deren Erfassungsmethoden (Quelle: LOSERT et al. 1994, S. 11)

Heute existieren nach FITZKE (1997, S. 60) „zuverlässige Modelle, die aus den Quelleneigenschaften und Informationen über die Bedingungen der Schallausbreitung die Berechnung der Immissionspegelwerte an verschiedenen Orten zulassen“. Die aus diesen Berechnungen resultierende Kostenersparnis wird bereits Anfang der 70er Jahre des 20. Jh. durch GLÜCK (1973, S. 227) erwähnt, nachdem in den 50er und 60er Jahren großflächige Lärmkarten primär auf Grund von Messungen erstellt worden sind. Ein weiterer Vorzug der Berechnung besteht darin, dass sich, wie bereits erwähnt, die Platzierung der Messgeräte auf das Messergebnis auswirkt und dieses verfälschen kann, z. B. durch die Reflexionen der Bebauung (ENGNATH und KOCH 2001, S. 92). Dazu können Messungen nur bei akzeptablen Witterungsbedingungen stattfinden, also nicht bei Regen, starkem Wind oder großer Kälte und Schnee. Außerdem kann mit Lärmmessungen nur der Ist-Zustand festgestellt werden. Gerade für die Planung ist es aber wichtig, Informationen über die Lärmsituation nach einer Veränderung des Verkehrsaufkommens oder dem Bau neuer Gebäude zu gewinnen (GLÜCK 1973, S. 227).

Berechnungen bieten die Möglichkeit, die Schallausbreitung modellhaft auf Grund von Eingabewerten wie der Verkehrsstärke oder der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zu berechnen. Modelle zur Berechnung der Schallausbreitung stellen dabei unweigerlich wegen der Komplexität der Schallausbreitung eine starke Vereinfachung der Realität dar (CASSETTARI und PARSONS 1993, S. 196), was zu zahlreichen Diskussionen Anlass gegeben hat. Andererseits ermöglichen Modelle es jedoch, „die

Fülle von Umweltinformationen durch Ordnung und Reduktion faßbar zu machen. Aufbauend auf dem jeweiligen Erkenntnisstand sind Modelle mehr oder weniger gute Annäherungen an die Wirklichkeit oder Teile davon“ (HAKE und GRÜNREICH, 1994, S. 14).

Eine solche Anpassung an den Erkenntnisstand stellt der sog. „Beurteilungspegel“ dar, der grundsätzlich berechnet wird. Der Beurteilungspegel setzt sich aus dem Mittelungspegel und einem Zu- bzw. Abschlag zusammen, um subjektive Empfindungen und Belästigungen zu beschreiben (LOSERT et al. 1994, S. 10). So gibt es z. B. den „Impulszuschlag“, der impulsartig auftretende Schallereignisse stärker berücksichtigen soll, die ansonsten bei der Mittelung nicht ausreichend zur Geltung kommen. Für die Berechnung der Verkehrsimmissionen von Bedeutung ist besonders der Kreuzungszuschlag, der bis 40 m Abstand von einer Kreuzung +3 dB beträgt und danach in 1 dB Stufen abfällt (MARKS 1999, S. 63). Zu einem Abschlag von 5 dB führt die Anwendung des Schienenbonus, der auf Untersuchungen basiert, die besagen, dass „Schienenverkehrslärm im Vergleich mit Straßen- und Flugverkehrslärm insgesamt als weniger lästig empfunden wird“ (MARKS 1999, S. 64).

Die Ausgangslage zur Berechnung des Beurteilungspegels einer Straße lässt sich in der folgenden Formel ausdrücken (ENGNATH und KOCH 2001, S. 93):

$$L_r = L_m + K$$

L_m : Mittelungspegel (Leq)

K: Zuschlag für erhöhte Störwirkungen von lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Einmündungen

Zur Berechnung des Mittelungs- und Beurteilungspegels gibt es verschiedene Verfahren, die häufig miteinander verschnitten werden, um der jeweiligen Situation Rechnung tragen zu können. (ENGNATH und KOCH 2001, S. 93) Folgende Einflussfaktoren wirken sich auf die Berechnung der Schallimmissionen aus (VOGT 1997, S. 570):

- Verkehrsmenge
- Anteil des LKW-Verkehrs
- mittlere Geschwindigkeit
- Art des Fahrbahnbelages
- Steigung der Straße
- Gestaltung des Fahrbahnrandes
- Höhe des Immissionspunktes
- meteorologische Bedingungen
- topographische Gegebenheiten entlang des Fahrbahnrandes
- Verkehrsregelungen wie Lichtzeichenanlagen

Die Berechnung der Schallausbreitung erfolgt an Computern, die heute leistungsfähig genug sind, um Immissionsraster von bis zu 1 Meter für einen Stadtteil zu berechnen. Allerdings ist in jedem Fall davon auszugehen, dass die Rechenzeit trotz dieser guten technischen Voraussetzungen mehrere Stunden beträgt. Speziell für die Berechnung der Schallausbreitung sind verschiedene Softwarepakete wie beispielsweise „Schallplan“, „Immi“ (Abb. 13), „Lima“ (ENGNATH und KOCH 2001, S. 95) oder „Noise“ (RIEDEMANN 1998, S. 3) entwickelt worden.

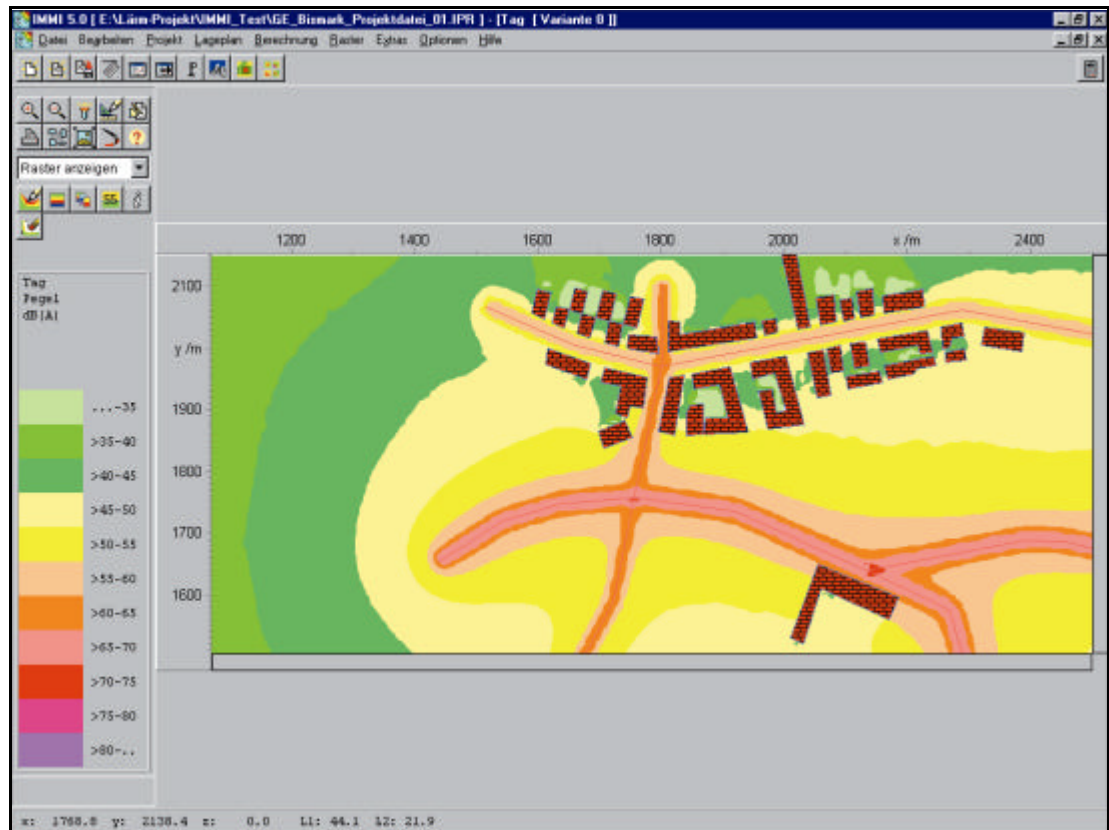


Abb. 13: Screenshot aus der Schallmodellierungssoftware Immi

Vor der eigentlichen Berechnung muss zunächst eine großmaßstäbige topographische Grundlage als Vektordatei importiert oder anhand einer Grundlage digitalisiert werden. Danach müssen den dargestellten Objekten (Vegetation, Bebauung, Straßen) Attributwerte wie die Höhe oder die Oberflächenbeschaffenheit zugewiesen werden. Außerdem müssen die Emissionsachsen digitalisiert und die entsprechenden Parameter als Attributwerte zugewiesen werden. Dies erfolgt über Eingabemasken, die den zugrunde liegenden Rechtsvorschriften entsprechen (z. B. DIN 18005 für den Schallschutz im Städtebau). Zuletzt ist noch die Rasterweite zu bestimmen, die sich entscheidend auf die Rechenzeit auswirkt. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in einer Rasterkarte, die farbige oder schwarz-weiß sein kann. Hiervon kann in einem nächsten Schritt eine Isolinienkarte abgeleitet werden. Über eine Exportfunktion, die nicht unbedingt Bestandteil der Grundversion des Programms ist und möglicherweise zusätzlich erworben werden muss, kann die berechnete Karte in ein anderes Format (dxf, ArcView) konvertiert und so mit einer Graphik- oder GIS-Software weiterbearbeitet werden (ENGNATH und KOCH 2001, S. 96). In Abbildung 14 wird der Herstellungsprozess einer Lärmkarte schematisch dargestellt.

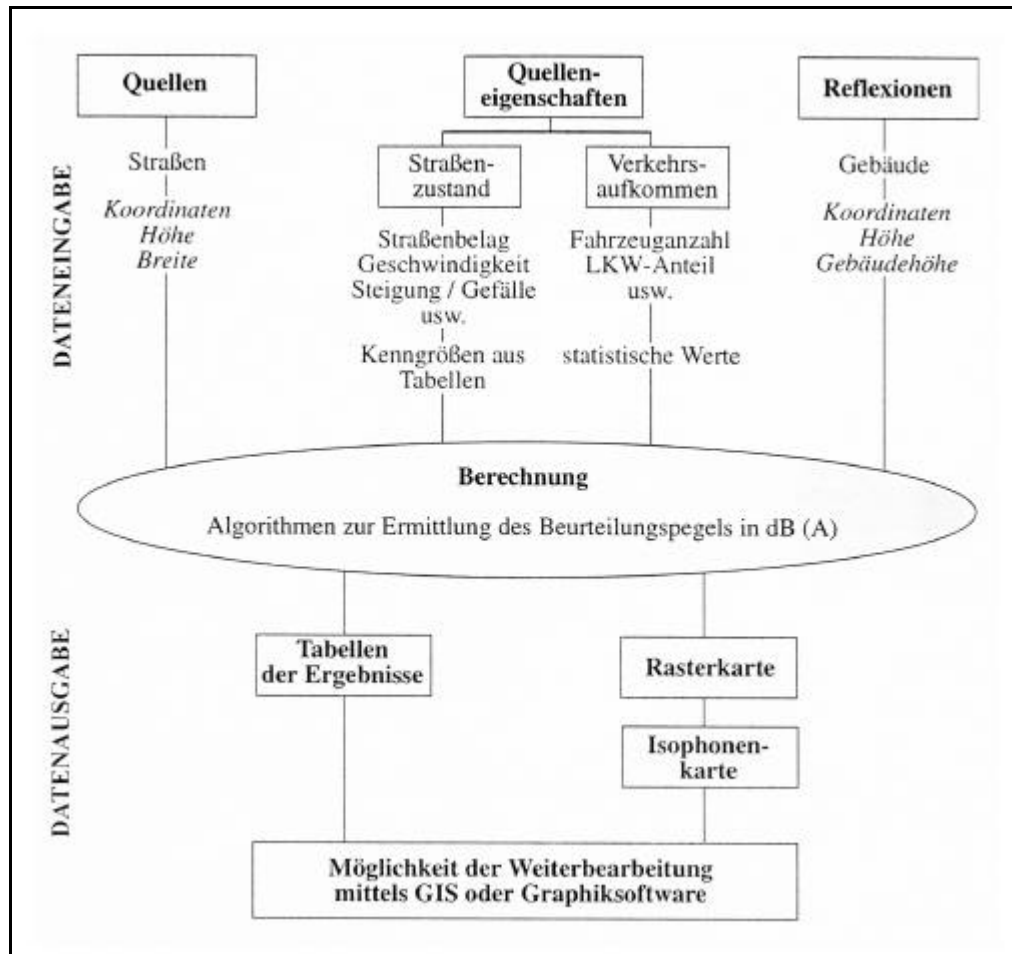


Abb. 14: Ablaufschema der rechnergestützten Herstellung einer Lärmkarte (Quelle: ENGNATH und KOCH 2001, S. 97)

2.3.3 Qualität und Quantität – Diskussion

Wie bereits im vorangehenden Kapitel erwähnt, werden die Methoden der quantitativen Berechnung der Lärmbelastung von einigen Autoren in Frage gestellt. Die vorgebrachten Gründe werden im Folgenden kurz vorgestellt, wobei auch die Frage gestellt werden muss, ob eine alleinige qualitative Erfassung der Lärmbelastung überhaupt möglich ist.

Die Kritik macht sich zum einen am Dezibel als Einheit fest, da die logarithmischen Werte sogar von Fachleuten missverstanden würden (MARKS 1999, S. 64). Letztendlich würden die Dezibelwerte die wahre Lärmbelastung verschleiern, da es beim Schalldruck-Pegel um Druckverhältnisse von 1 zu 1 Millionen geht. Dies entspricht der Kritik, die in der ersten Hälfte des 20. Jh. zur Entwicklung der Sone-Skala geführt hat. Andererseits ist die Dezibel-Einheit natürlich nicht ohne Grund eingeführt worden, denn die unübersichtlichen Größenunterschiede sollten durch eine logarithmische Skala vermieden werden.

Wird die Kritik am Dezibel als Maßeinheit nur vereinzelt vorgetragen, findet sich eine kritische Beurteilung des Mittelungspegels bei Autoren aus dem psychologischen und dem ingenieurwissenschaftlichen Umfeld. So sprechen LOSERT et al. (1994, S. 11) in einem im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellten Forschungsbericht zur Lärminderungsplanung vorsichtig von der „Problematik“ des Mittelungspegels. Die Vorbeifahrt eines D-Zuges pro Stunde verursacht beispielsweise den

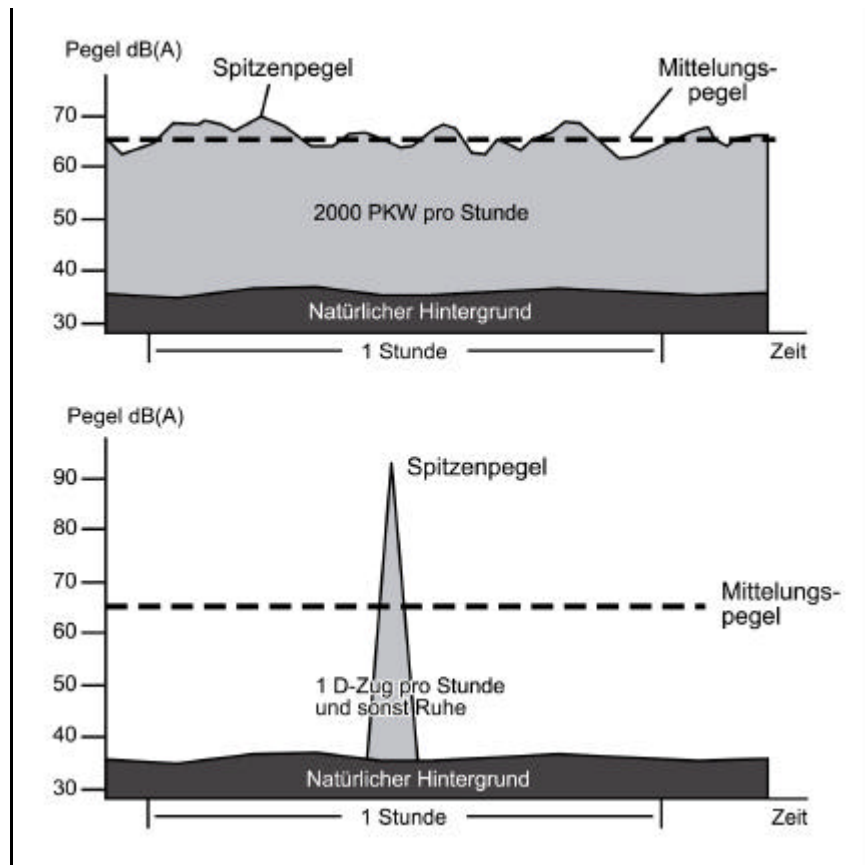


Abb. 15: Mittelungspegel – verursacht durch PKW und D-Zug (Quelle: LOSERT et al. 1994, S. 10)

gleichen Mittelungspegel wie 2000 PKW, obwohl das Geräusch des Zuges nur wenige Minuten dauert und während der übrigen Zeit nur das natürliche Hintergrundgeräusch zu hören ist (Abb. 15).

Dennoch stellen die Autoren fest, dass sich der Mittelungspegel durchgesetzt hat und „einen allgemein akzeptierten Vergleichsmaßstab darstellt“ (LOSERT et al. 1994, S. 11). Auch GUSKI (1987) betont, dass der Mittelungspegel ein internationaler Standard bei der Charakterisierung des Schallpegels von Umweltgeräuschen sei, stellt aber einschränkend fest, dass der Mittelungspegel nur für Stadtstraßen eine angemessene Beschreibung der Lautstärke liefern kann, da folgende Faktoren gegeben sind: „Spitzenpegel und Grundgeräuschpegel liegen nicht allzu weit auseinander, die Zahl der Ereignisse ist relativ hoch, es gibt wenig Pausen, die Pegelschwankungen in der Zeit sind einigermassen ausgewogen“ (GUSKI 1987, S. 25).

Hat die Schallquelle nicht diese Eigenschaften, beispielsweise beim Zug- oder Luftverkehr, ist eine Mittelung der Werte nicht sinnvoll. Interessant ist auch die Tatsache, dass im oben genannten Beispiel zusätzlich zum Zug noch 200 Autos die Immissionsstelle passieren könnten, ohne dass sich der Mittelungspegel erhöhen würde. Die zusätzliche Lärmbelastung durch drei PKW pro Minute würde sich im Dezibelwert nicht bemerkbar machen, was nicht mit der zu erwartenden Wahrnehmung der Anwohner korrespondiert (MARKS 1999, S. 59). Es kann also festgehalten werden, dass eine Berechnung des Mittelungspegels nur für Lärmquellen mit den von GUSKI genannten Eigenschaften, also beispielsweise Straßenverkehr, sinnvoll ist. Allerdings

wird der Mittelungspegel z. Zt. auch für die anderen Verkehrsträger (Schienenverkehr, Flugverkehr) angewendet.

In den letzten Jahren sind zahlreiche Versuche unternommen worden, unterschiedliche Aspekte der Schallsituation durch Kombination physischer Maße, wie dies beim Beurteilungspegel der Fall ist, in einer einzigen Zahl zusammenzufassen. Allerdings gibt es bisher kein befriedigendes Ergebnis, und GUSKI (1987, S. 32) hält den Versuch, „auch unterschiedliche Geräuschklassen mit Hilfe eines einzigen akustischen Kennwertes zu vergleichen (...) derzeit für aussichtslos“. Abhilfe schaffen können ausführliche, für Laien verständliche Erläuterungen, die beispielsweise in einem der Lärmkarte beigefügten Erläuterungsbericht stehen können und im Fall von Messungen über den exakten Wert des Schallpegels oder den Grundgeräuschpegel informieren (GLÜCK 1973, S. 302).

2.4 Lärmbekämpfung

„Just as man requires time for sleep to refresh and renew his life energies, so too he requires quiet periods for mental and spiritual recomposure.“ (SCHAFER 1973, S. 29)

Das menschliche Bedürfnis nach Ruhe und Stille existiert schon seit Jahrtausenden, wie sich aus verschiedenen historischen Dokumenten ableiten lässt. Doch obwohl die negativen Auswirkungen des Phänomens Lärm bereits seit einem so langen Zeitraum bekannt sind, erfolgte die Gründung von Bürgerinitiativen und die Verabschiedung grundlegender Gesetze erst Anfang des 20. Jh. (SCHICK 1990, S. 163). Dies ist entscheidend darauf zurückzuführen, dass sich bis zur Entwicklung des ersten Präzisionsinstrumentes zur Schalldruckmessung (Kap. 2.3) nicht mit Sicherheit feststellen ließ, ob ein subjektiver Eindruck auch auf einer objektiven Grundlage beruhte (SCHAFER 1988, S. 103). Erst im Laufe des 20. Jh. wurde eine Vielzahl von Gesetzen und Regelungen gegen Lärm erlassen, zuletzt 1990 in Deutschland das Gesetz zur Lärminderungsplanung (§ 47a Bundes-Immissionsschutzgesetz) (HILLEN 1993, S. 8).

Dieses Kapitel versucht einen Überblick über die einleitend skizzierte Entwicklung zu geben, wobei der Schwerpunkt auf der gesetzlichen Lärmbekämpfung liegt, also auf der Frage, wie die Gesellschaft im historischen Kontext mit diesem Problem umgegangen ist und heute umgeht. Zur Illustration der einzelnen Entwicklungsstufen dienen Beispiele aus verschiedenen Ländern, während abschließend die Lärminderungsplanung in Deutschland auf Grund ihrer Bedeutung für die folgenden Kapitel näher erläutert wird. Konkrete Maßnahmen gegen Lärm werden nur am Rande behandelt, da sie nicht den Schwerpunkt der Arbeit bilden und aus kartographischer Sicht weniger relevant sind, sondern dem Forschungsfeld der Akustik zugerechnet werden können.

Frühe Hinweise auf die Belästigung durch Lärm finden sich in historischen Dokumenten, wie beispielsweise dem Gilgamesch-Epos, das als größtes literarisches Werk der Babylonier gilt und ca. 2600 v. Chr. von dem gleichnamigen sumerischen König verfasst worden ist (SCHICK 1990, S. 162). Dort ist die Rede von einer Störung des großen Gottes durch den Lärm auf der Erde und dessen Klage an die Götter im Rat: „Dieser Tumult der Menschheit ist unerträglich und es ist nicht mehr möglich zu schlafen.“ (zitiert nach SCHAFER 1988, S. 234) Daraufhin sahen sich die Götter veranlasst, die Flut zu schicken, eine ausgesprochen drastische Maßnahme der Lärmbekämpfung, die in dieser Art glücklicherweise nicht wieder aufgegriffen worden ist.

Mehrfach in der Literatur erwähnt werden auch Aussagen über die Lärmbelastung im antiken Rom, dessen Einwohnerzahl in der frühen Kaiserzeit auf 1 – 1,5 Millionen angewachsen war. Da die hohe Verkehrsbelastung in den Straßen tagsüber zu chaotischen Zuständen führte, erließ Cäsar im Jahr 45 n. Chr. ein Tagesfahrverbot für Fuhrwerke und Reisewagen. Dies führte zu einer großen nächtlichen Lärmbelastung, die sich durch das Kopfsteinpflaster in Kombination mit den Holzrädern noch potenzierte (MEURER 1997, S. 550). Klagen hierüber finden sich z. B. bei HORAZ und JUVENAL, der schreibt: „Es ist absolut unmöglich, irgendwo in der Stadt zu schlafen. Der unaufhörliche Verkehr von Wagen in den Nachbarstraßen ... genügt, um Tote aufzuwecken.“ (zitiert nach SCHAFER 1988, S. 234).

Um die Entwicklung der Gesetzgebung zur Lärmbekämpfung vom 13. Jh. bis zum 18. Jh. kurz zu skizzieren, wird auf eine umfassende Studie SCHAFFERS zurückgegriffen, in der „Ortsstatuten und Lärmvermeidungsverfahren aus über 200 Orten auf der ganzen Welt untersucht“ (SCHAFFER 1988, S. 229) wurden. Für eine eingehendere Beschäftigung mit dem Thema sei auf diese Abhandlung verwiesen.

Da es bis ins 19. Jh., wie bereits angesprochen, nicht möglich war, das qualitative Empfinden von Lärm quantitativ zu belegen, richteten sich die Gesetze zunächst gegen durch bestimmte Tätigkeiten verursachte Geräusche. Bezeichnenderweise wurden die ersten Regelungen in Städten erlassen, z. B. im dreizehnten Jh. gegen den störenden Lärm der Hufschmiede, die ihre Tätigkeit danach nur noch in bestimmten Bezirken ausführen durften. Neben der Einschränkung einer Tätigkeit wurden auch Gesetze beschlossen, die Lärm zu bestimmten Zeiten, z. B. an Feiertagen oder Sonntags untersagten. So hat die Stadt Bern im Jahr 1628 ein Statut erlassen, dass das Singen und Rufen auf den Straßen an Festtagen untersagte (SCHAFFER 1988, S. 235). Ein weiteres Statut aus dem Jahr 1661 verbot das Rufen, Schreien und Unfugmachen an Sonntagen. Nachdem die allgemeine Verfügbarkeit von Uhren gewährleistet war, wurden per Gesetz Tätigkeiten zu bestimmten Zeiten verboten. So findet sich im Paragraph 5 der Bonner Straßenordnung von 1970 eine Regelung, nach der „das Klopfen von Teppichen, Matratzen und anderen Gegenständen nur an Werktagen zwischen 8 und 12 Uhr mittags und zudem an Feiertagen von 15 bis 21 Uhr geduldet“ (SCHAFFER 1988, S. 238) wird.

Diese Gesetze sind stark abhängig von der jeweiligen Kultur und den klimatischen Gegebenheiten. In Nordeuropa gibt es gewöhnlich zwei Ruhestunden von 13 bis 15 Uhr, während diese Zeitperiode nach Süden hin über Italien (12 bis 16 Uhr) bis nach Nordafrika (bis 17 Uhr) stetig zunimmt (SCHAFFER 1988, S. 238). Die jeweilige Lärmbekämpfungsgesetzgebung ist auch am gesellschaftlichen Entwicklungsstand orientiert, wie das abschließende Beispiel beweist: „Während 1961 die Stadt Melbourne ein uraltes Statut außer Kraft setzte, das „das Läuten von Auktionsglocken“ verbot, weil es nicht mehr nötig war, hielt man es im selben Jahr in Manila für erforderlich, ein Gesetz gegen solches Läuten zu erlassen (...)“ (SCHAFFER 1988, S. 239).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Lärmbekämpfung zunächst „selektiv und qualitativ“ (SCHAFFER 1988, S. 92) verfuhr, bevor heute die Festlegung quantitativer Grenzen im Vordergrund steht. Erstaunlich ist die Tatsache, dass es trotz des Einsatzes lauter Maschinen in der Anfangsphase der Industrialisierung kaum Beschwerden gab. Möglicherweise hing dies mit dem Unvermögen zusammen, die Lautstärke von Geräuschen über den Schalldruck quantitativ zu messen, denn das erste „Präzisionsinstrument für die Messung akustischer Intensität“ wurde erst im Jahr 1882 durch Lord Rayleigh gebaut (SCHAFFER 1988, S. 103). Außerdem konnten durch neue Erkenntnisse in der Medizin gesundheitliche Beeinträchtigungen wie Schwerhörigkeit von Fabrikarbeitern mit dem Lärm (des hohen Schalldrucks) von Maschinen in Verbindung gebracht werden.

Dies zog ein starkes öffentliches Interesse nach sich und führte z. B. in Deutschland im Jahr 1908 zur Gründung des Deutschen Lärmschutzverbandes durch den Hannoveraner Philosophieprofessor Theodor Lessing, der feststellt, dass „alle kulturell wichtigen Menschen (...) unter den Geräuschen des Lebens schwer gelitten

(haben) und weiter: „(...) als kulturelle Energie geht unsere Nation zugrunde, wenn sie sich den Bedingungen geistigen und seelischen Lebens von Steineklöpfen und Eisenschmieden, Metallarbeitern und Bräuknechten diktieren lässt.“ (zitiert nach SCHICK 1990, S. 163). In diese Zeit fällt auch die Gründung der Acoustical Society of America (ASA) 1929 und die Veranstaltung des ersten Symposiums über Lärm in New York im Mai 1930 (SCHICK 1990, S. 161). Wie ernst die Lärmbekämpfung in dieser Zeit auch von staatlicher Seite genommen wurde, zeigt die Einführung einer Lärmbekämpfungswoche bzw. lärmfreie Reichswoche in Deutschland (z. B. vom 6.-12. Mai 1935), in der die meisten Zeitungen über die schädlichen Wirkungen des Lärms berichten (SCHICK 1990, S. 162).

Die Festlegung von Dezibel-Grenzwerten in den 1920er und 1930er Jahren erlaubt es, das Problem in Zahlen auszudrücken, zu inventarisieren und Gebiete mit hoher Lärmbelastung abzugrenzen. Einzelereignisse werden zu Gruppen (z. B. Straßenverkehr) zusammengefasst, deren Auswirkungen mit einem Wert für eine Lokalität (z. B. Straßenabschnitt) beschrieben werden können. Die Darstellung der Ergebnisse aus umfassenden Messungen erfolgt von nun an in Lärmkarten. Einen ersten Versuch stellt die Lautstärken-Karte eines Berliner Stadtbezirkes von 1938 dar (Abb. 16) (HARNAPP und NOBLE 1987, S. 220).

Mit dem 2. Weltkrieg verlieren auch die Anstrengungen zur Lärmbekämpfung an Bedeutung, der Wiederaufbau bindet alle Kräfte in Politik, Verwaltung und Wirtschaft. Erst Ende der 1950er bzw. Anfang der 1960er Jahre rückt das Lärmproblem

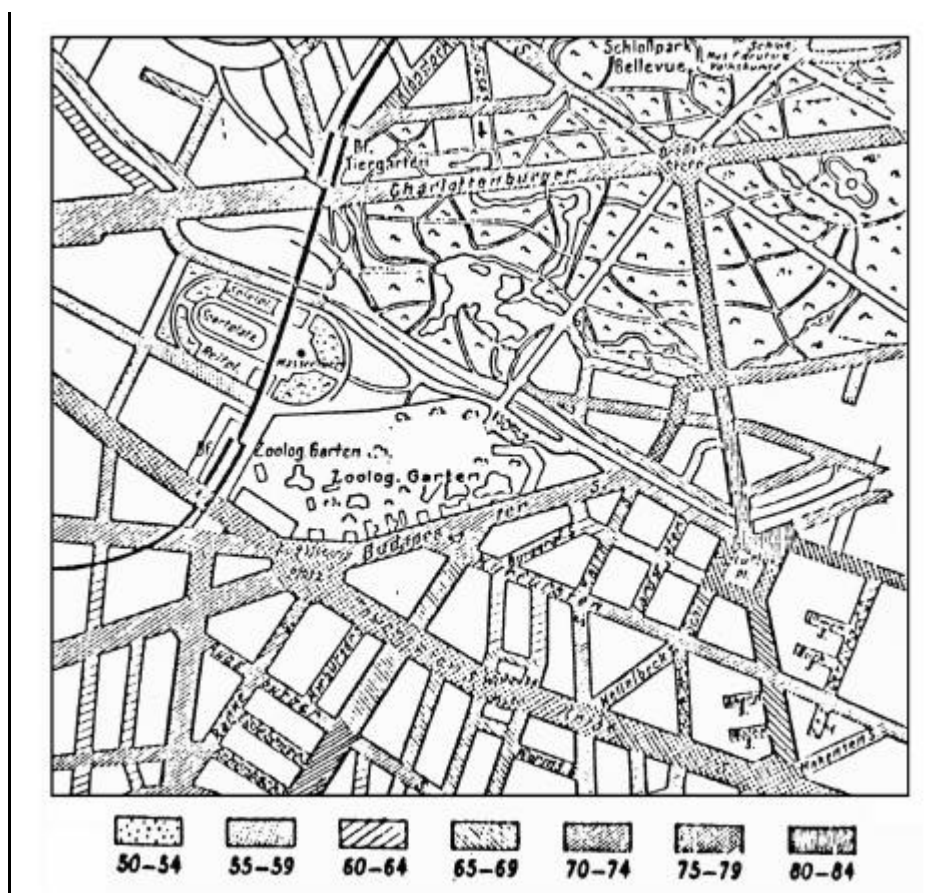


Abb. 16: Lärmkarte eines Berliner Stadtteils aus dem Jahr 1938
(Quelle: GLÜCK 1973, S. 199)

nicht zuletzt auf Grund des gestiegenen PKW-Aufkommens wieder verstärkt in den Mittelpunkt der Öffentlichkeit (HARNAPP und NOBLE 1987, S. 222). Mit Hilfe umfangreicher Messungen werden für einige deutsche Städte Lärmkarten erstellt (Berlin [1959 und 1968/69]; Braunschweig [1954]; Dortmund [1961/62], Düsseldorf [1952 und 1964/65], Erfurt [1968], Köln [1965/67]). Die unterschiedlichen Lärmkarten hat GLÜCK (1973) in einer umfangreichen Untersuchung, in deren Rahmen auch Befragungen mit den an der Erstellung Beteiligten durchgeführt wurden, zusammengestellt.

Europaweit ist bis heute eine ganze Reihe unterschiedlicher Regelungen und Gesetze zur Lärmbekämpfung eingeführt worden (EUROPEAN COMMISSION 1996, S. 1), wobei Umfang und Zuständigkeit in den einzelnen Ländern jedoch stark variieren. So sind beispielsweise in Österreich sowohl der Bundes- als auch der Landesgesetzgeber für die Lärmbekämpfung zuständig, was nach BRÜCKLER (1996, S. 2) einer „sinnvollen Lärmbekämpfung eher abträglich (sei), da es deshalb in den einzelnen Bundesländern zu unterschiedlichen Zielsetzungen in der Lärmbekämpfung kommt.“ In Deutschland gelten Grenzwerte für die in der Baunutzungsverordnung (BauNVO) festgelegten Gebietseinheiten (Dorfgebiet, Kerngebiet, reines Wohngebiet etc.). Für die unterschiedlichen Immissionsquellen (z. B. Straßenverkehr, Schienenverkehr, Industrie- und Gewerbe) existieren unterschiedliche Grenzwerte für jede Gebietsart aufgeteilt in die höchste zulässige Belastung am Tag und in der Nacht. Die Festlegungen beruhen auf unterschiedlichen Gesetzen und Vorschriften wie z. B. der Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV), der TA Lärm oder der DIN 18005 (LOSERT et al. 1994, S. 47).

Zwei wichtige Neuerungen in der Lärmbekämpfungsgesetzgebung sind das In-Kraft-Treten einer überarbeiteten Fassung der TA Lärm im Jahr 1998 und die Erweiterung des Bundesimmissionsschutzgesetzes durch den Paragraphen 47a im Jahr 1990. Obwohl Verwaltungsvorschriften als Instrument gelten, mit dem man flexibel auf neue Verhältnisse reagieren kann, ist die TA Lärm seit 1968 über 30 Jahre unverändert geblieben. Eine Beurteilung der aktuellen Fassung ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich, da hierzu noch kaum praktische Erfahrungen vorliegen. KUNERT hebt jedoch ein Plus an Rechtssicherheit hervor, stellt aber auch fest, dass die neue Fassung der TA Lärm Schwachstellen beinhalte, „die nicht zuletzt die Frucht politischer Kompromisse sind“ (KUNERT 1999, S. 434).

Die Lärminderungsplanung ist bereits seit mehr als zehn Jahren in Kraft und hat zu einem Bedeutungsgewinn der Lärmbekämpfung in Deutschland geführt. Durch den § 47a (Bundesimmissionsschutzgesetz; BImSchG) werden die Gemeinden verpflichtet, „unter bestimmten Voraussetzungen für Wohngebiete und andere schutzwürdige Gebiete, die schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche ausgesetzt sind, Lärminderungspläne aufzustellen“ (LOSERT et al. 1994, S. 1). Diese sollen Angaben enthalten über:

1. die festgestellten und zu erwartenden Lärmbelastungen,
2. die Quellen der Lärmbelastungen,
3. die vorgesehenen Maßnahmen zur Lärminderung oder zur Verhinderung des weiteren Anstiegs der Lärmbelastung (§ 47a (3)).

Zunächst muss auf Gemeindeebene das Untersuchungsgebiet festgelegt werden, in dem „schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche“ (§ 47a, BImSchG) existieren. Dies kann z. B. auf Grund von Beschwerden betroffener Bewohner und diese Aussagen verifizierende Einzelmessungen geschehen. In einem zweiten Schritt müssen nun flächendeckend für dieses Gebiet die Schallimmissionen der einzelnen Verursacher erfasst werden. Dies geschieht in der Regel durch Berechnungen mit einer Schallsimulationssoftware (FITZKE 1996, S. 1) (s.o.). Sind die Schallimmissionen bestimmt, muss in einem dritten Schritt die Immissionsempfindlichkeit, ein Maß für die „Auswirkungen der Geräuschbelastung auf die Umwelt“ (§ 47a, BImSchG), festgelegt werden. Diese hängt einerseits ab von der Quellenart (z. B. Flugverkehr) und andererseits der Lärmsensibilität der baulichen Nutzung (z. B. reines Wohngebiet, Altenheim, Schule), wie sie im Bebauungsplan festgelegt ist. Die Differenz zwischen der tatsächlichen Schallimmission und der Empfindlichkeit wird als „Konflikt“ bezeichnet. Die Konflikte verschiedener Lärmquellen werden miteinander verrechnet. Ergebnis ist ein Gesamtkonfliktplan, in dem die „schädliche Umwelteinwirkung“ für ein Gebiet dargestellt wird. Bis hierhin sprechen LOSERT et al. (1994, S. 16) von der vorbereitenden Lärminderungsplanung. Abschließend wird auf Basis dieser Informationen für die Konfliktgebiete „ein Lärminderungsplan mit Angaben über die Stärken der Einwirkungen, die dafür verantwortlichen Quellen (und deren Zuständigkeit) und die vorgesehenen und unter den zuständigen Stellen abgestimmten Maßnahmen zur Minderung bzw. zur Verhinderung eines weiteren Anstiegs erstellt (...)“ (HILLEN 1993, S. 9).

Zusammengefasst ergeben sich folgende Bearbeitungsschritte (HILLEN 1993, S. 8/9):

1. Definition des Untersuchungsgebietes,
2. Erstellung von Schallimmissionsplänen,
3. Feststellung der Immissionsempfindlichkeit,
4. Aufstellung von Konfliktplänen,
5. Aufstellung von Lärminderungsplänen.

Gerade in der ersten Phase ergeben sich für die Gemeinden Probleme beim Auffinden betroffener Gebiete (RIEDEMANN 1998, S. 1). Um alle Konfliktgebiete eines Stadtgebietes sicher identifizieren zu können, müsste zunächst ein das Stadtgebiet umfassender Gesamtkonfliktplan aufgestellt werden, was gerade bei großflächigen Gemeinden sehr zeitintensiv und kostenaufwendig ist. Daher hat das Landesumweltamt NRW ein sog. „Geräuschscreening“ für alle 396 Gemeinden des Landes durchgeführt (HILLEN und NEUTZ 2000). Die Ermittlung der Immissionen erfolgte über Rechenmodelle auf der Basis von Emissionsdaten. Im Maßstab 1:100 000 liegen sowohl Immissions- als auch Konfliktpläne vor, die das Landesumweltamt den Gemeinden kostenlos zur Verfügung stellt und die auch über das Internet abgerufen werden können (<http://www.lua.nrw.de>) (Abb. 17).

Um den Lärm bei der Feststellung eines Konfliktes zu reduzieren, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die generell in „passive“ und „aktive“ Schutzmaßnahmen unterschieden werden (MARKS 1999, S. 74). Aktive Maßnahmen setzen direkt an der Lärmquelle an und versuchen beispielsweise den Lärm durch Maßnahmen der Verkehrsplanung zu bündeln oder mit Hilfe von gesetzlichen Verboten zu vermeiden. Seitdem es möglich ist, die Schallenergie messtechnisch zu ermitteln, sind eine

ganze Reihe passiver Schutzmaßnahmen entwickelt worden, mit deren Hilfe die Schallenergie auf ihrem Weg von der Quelle zum Empfänger reduziert wird. Das heißt, obwohl an der Schallquelle selber keine Veränderungen vorgenommen werden, die Schallemission also gleich bleibt, kommt es zu einer Lärmreduktion beim Empfänger (Schallimmission) durch z. B. Ohrstöpsel, Schallschutzwände, Schalldämmung an Gebäuden, Schallschutzfenster.

Eine weitere Möglichkeit, die wenig Beachtung findet, ist die Überlagerung von Lärm durch angenehme Geräusche. Eine zusätzliche Geräuschquelle (fließendes Wasser, Blätterrauschen) ist durchaus geeignet, andere Geräuschquellen zu überlagern (LYNCH 1984, S. 61), sei es durch die Schallenergie oder die Frequenzzusammensetzung. LYNCH (1984, S. 418) nennt die Installation eines Wasserfalls im New Yorker Paley Park als ein erfolgreiches Beispiel für diese Lärmvermeidungsstrategie.

In diesem Sinn äußert sich auch SCHAFFER (1988, S. 290), wenn er betont, dass alle Versuche zur Lärmbekämpfung erfolglos geblieben sind, da es unmöglich ist, alle Geräusche zu unterdrücken. Diese Aussage wird unterstützt durch ein „Green Paper“ zum Thema „Lärm“ der EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT (1996, S. 1), in dem festgestellt wird, dass es in den letzten Jahren zwar gelungen sei, die Spitzenpegel in einzelnen Gebieten zu senken, aber dass sich das Lärmproblem dennoch deutlich verschärfe, da immer mehr Menschen einem hohen Lärmpegel ausgesetzt seien. Die negative Vorgehensweise sollte nach SCHAFFER in eine positive umgewandelt werden, die er als Akustikökologie und Akustikdesign bezeichnet. „Ökologie ist das Studium der Beziehung zwischen lebenden Organismen und ihrer Umwelt. Akustikökologie ist demnach das Studium von Lauten in ihrer Beziehung zum Leben und zur Gesellschaft“ (SCHAFFER 1988, S. 249).

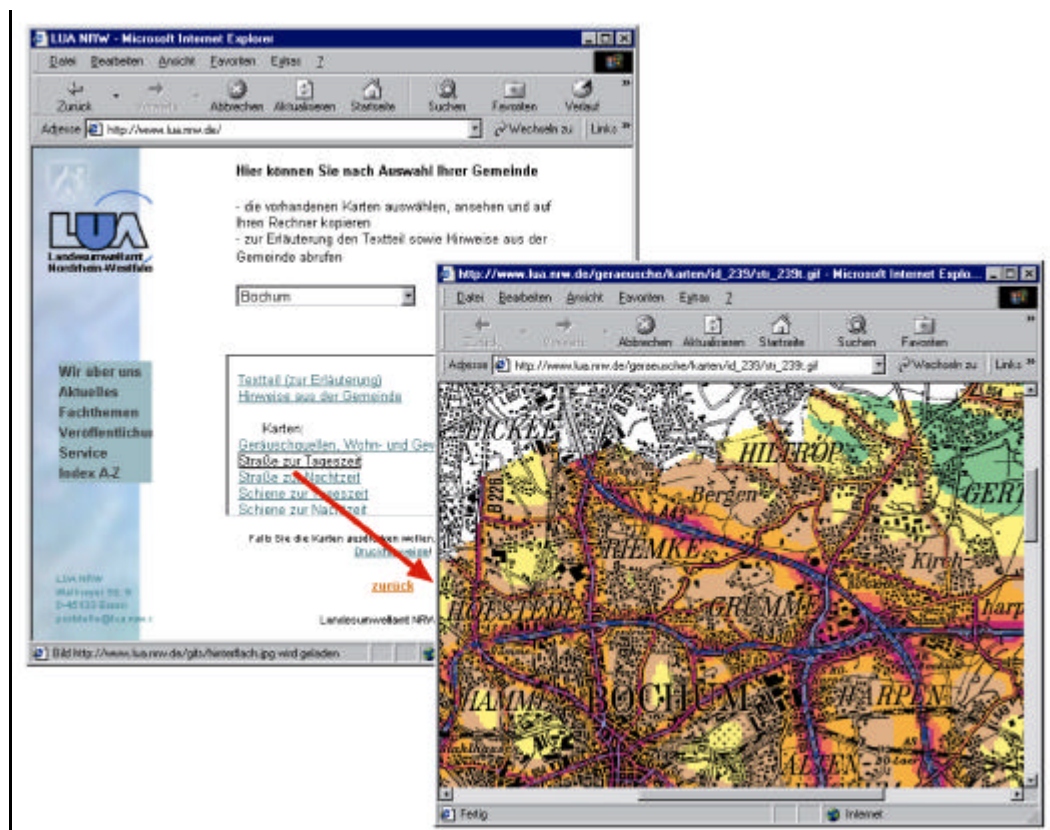


Abb. 17: Abruf von Lärmkarten des LUA zum Geräuschscreening NRW über das WWW (Quelle: <http://www.lua.nrw.de>; Stand: 17.04.02)

2.5 Zusammenfassung

Im zweiten Kapitel wurde der Versuch unternommen, das Phänomen Lärm und seine Eigenschaften näher zu erläutern. Da es sich hierbei um ein äußerst komplexes Thema handelt, wurden nur die Aspekte behandelt, die aus kartographischer Sicht für das Verständnis der folgenden Kapitel notwendig sind.

Grundsätzlich ist bei der Betrachtung von Lärm von zwei wissenschaftlichen Denkweisen auszugehen, der natur- bzw. ingenieurwissenschaftlichen und der psychologischen. Während Lärm natur- bzw. ingenieurwissenschaftlich betrachtet mit einem hohen physikalischen Schalldruck gleichgesetzt werden kann, müssen aus psychologischer Sicht sowohl die Unerwünschtheit als auch die psychische, physische, soziale und ökonomische Beeinträchtigung der Betroffenen berücksichtigt werden. Die mangelnde Vorhersagbarkeit von lauten Geräuschen als auch die aufgezwungene Passivität der Betroffenen tragen zur negativen Wertung eines Geräusches als „Lärm“ bei.

Geräusche, die ein Empfänger wahrnimmt, sind Luftdruckschwankungen, die durch eine vibrierende Quelle, z. B. Membran eines Lautsprechers, erzeugt werden und sich innerhalb eines Mediums ausbreiten. Diese Schwankungen können im Idealfall als Sinuskurve wiedergegeben werden und werden durch die Parameter Frequenz und Amplitude beschrieben. Da Energie notwendig ist, um die Luftmoleküle in Bewegung zu versetzen und somit Luftdruckschwankungen hervorzurufen, spricht man auch von Schallenergie, die auf dem direkten Weg von der Quelle zum Empfänger abnimmt oder auf dem indirekten Weg von Materialien in Abhängigkeit von deren Beschaffenheit reflektiert oder absorbiert, also verändert wird. Die Schallenergie kann gemessen werden, wobei die Amplitudenhöhe in der logarithmischen Einheit Dezibel (dB) und die Frequenz in der Einheit Hertz (Hz) wiedergegeben wird.

Schallquellen, deren erzeugte Geräusche ähnlich sind, lassen sich zu Gruppen zusammenfassen, z. B. Straßenverkehr (Autos), Schienenverkehr (Züge), Flugverkehr (Flugzeuge). Geräusche nur auf Grund ihrer physikalisch messbaren Eigenschaften zu klassifizieren ist äußerst schwierig, da unsere akustische Wahrnehmung meist mit einer visuellen Wahrnehmung in Verbindung steht. Daher basiert die o. a. Kategorisierung auch auf weiteren Merkmalen, wie der visuellen Ähnlichkeit der Verursacher, deren Gemeinsamkeiten im raumzeitlichen Auftreten etc.

Die Erfassung von Geräuschen basierte bis zur ersten Messung des Schalldrucks Ende des 19. Jh. auf der menschlichen Wahrnehmung, d. h. dem subjektiven Empfinden des Einzelnen. Diese Erfassungsmethode spielt heute verstärkt eine wichtige Rolle, z. B. in der Psychoakustik oder im Rahmen von Forschungen in Lyon/Frankreich, da die alleinige quantitative Erfassung von Geräuschen in der zweiten Hälfte des 20. Jh. zunehmend kritisiert und diskutiert wird. Die Messung des Schalldrucks erfolgt über Lärmmessgeräte, die Geräusche (also Luftdruckschwankungen) über ein Mikrofon in elektrische Energie umwandeln, die in Dezibel umgerechnet wird. Der entsprechende Dezibelwert wird anschließend auf einem Display angezeigt.

Beeinflusst werden die Messergebnisse vom Standort des Mikrophons (Höhe, Abstand zur Schallquelle), vom Zeitraum der Messung als auch von den äußeren

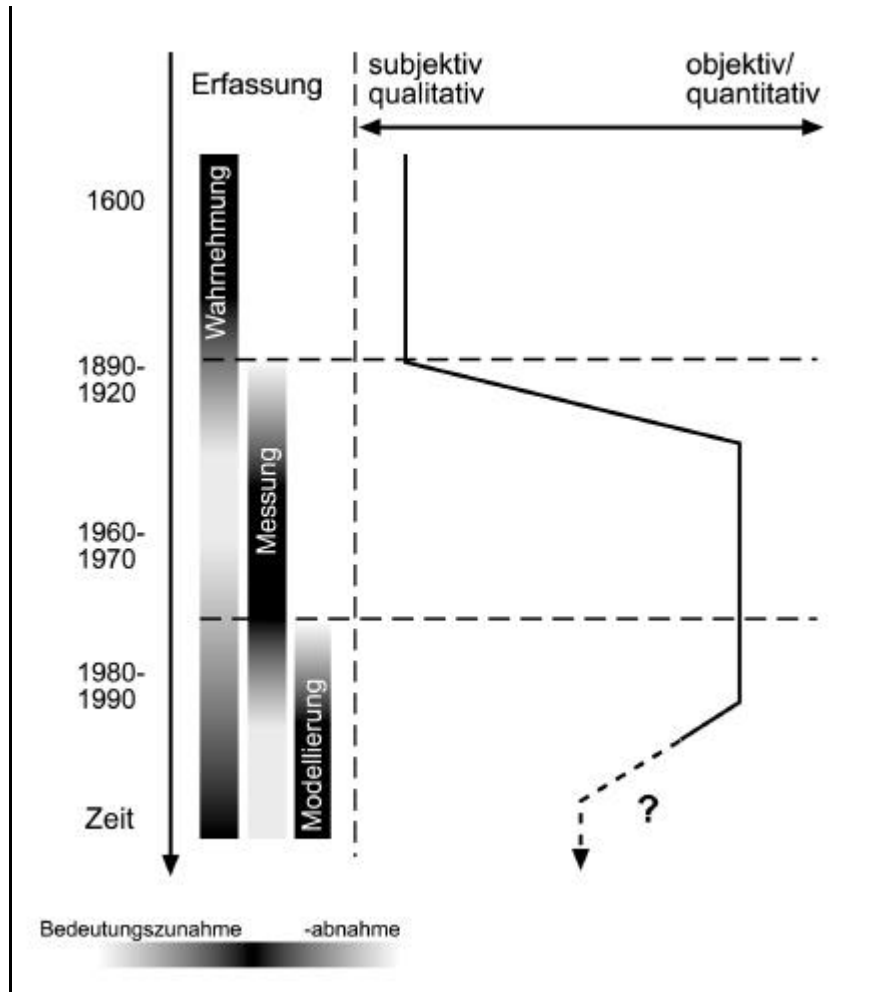


Abb. 18: Geräuscherfassung vom 16. Jahrhundert bis heute

Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, Kälte, Wind). Um die Messfehler möglichst gering zu halten, sind daher Festlegungen für diese Einflussfaktoren getroffen worden. Zur Gewinnung von Informationen über die Lärmbelastung eines größeren Gebietes müssen die Messmikrophone an mehreren repräsentativen Stellen platziert werden. Da die Messergebnisse im Zeitverlauf stark schwanken, sich z. B. im Straßenverkehr minütlich ändern, wird ein Mittelungspegel abgeleitet, in dem alle Messergebnisse eines bestimmten Zeitraumes (z. B. tagsüber von 6.00 bis 10.00 Uhr) berücksichtigt werden. Die Berechnung des Mittelungspegels ist allerdings bei wenigen lauten Geräuscheignissen unzuverlässig, da Perioden der Stille mit Perioden lauter Geräusche verrechnet werden. Dies ist, wie auch die Verwendung der logarithmischen Einheit Dezibel, in der Literatur mehrfach kritisiert worden.

Heutzutage wird die Schallenergie nur noch in Einzelfällen gemessen und überwiegend mit Hilfe einer Modellierungssoftware am Computer berechnet, denn die Ergebnisse weisen eine ausreichende Genauigkeit auf und diese Methode ist wesentlich kostengünstiger.

Da der Mensch laute Geräusche als störend empfindet, sind bereits im 16. Jh. erste Maßnahmen zur Lärmbekämpfung ergriffen worden. Zunächst wurden auf Basis der menschlichen Wahrnehmung störende Geräusche zu bestimmten Zeiten verboten, weil der Schalldruck noch nicht gemessen werden konnte. Erst mit der Einführung der Einheit Dezibel zur Messung der Lautstärke von Geräuschen kommt es zur Fest-

legung von quantitativ messbaren Grenzwerten, die zu bestimmten Zeiten eingehalten werden müssen (Abb. 18).

Seit Anfang der 1990er Jahre ist in Deutschland die Lärminderungsplanung gesetzlich verankert. Sie verpflichtet die Gemeinden, für Konfliktgebiete Lärminderungspläne aufzustellen, in denen ausgehend von der aktuellen Lärmsituation, die in Schallimmissionsplänen dargestellt wird, Maßnahmen zu deren Verbesserung aufgeführt werden. Die neuen gesetzlichen Regelungen bringen ein verstärktes öffentliches Interesse an der Lärmbekämpfung im ausgehenden 20. Jh. zum Ausdruck.

Zentraler Bestandteil in der Planungsphase der Lärmbekämpfung ist seit Anfang des 20. Jh. die Lärmkarte oder der Schallimmissionsplan. Sie dient einerseits dem Experten zur räumlichen Darstellung der Lärmsituation und unterstützt ihn bei der Erkennung von Konfliktbereichen, in denen Handlungsbedarf besteht. Andererseits dient er zur Kommunikation dieser Information an den Laien, also primär den betroffenen Bürger. Die kartographische Darstellung der Lärmsituation steht im Mittelpunkt des folgenden Kapitels.

3. Kartographische Darstellung des Phänomens Lärm

3.1 Einleitung

Das zentrale Ausdrucksmittel der Kartographie sind Karten, vereinfacht definiert als symbolisierte Darstellungen der geographischen Realität (Kap. 1.2). Diese können nach dem Karteninhalt in topographische und thematische Karten gruppiert werden (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 17). Während topographische Karten die in der Realität sichtbare geographische Situation wiedergeben, werden thematische Karten zur Veranschaulichung räumlicher Verteilungen einer oder mehrerer geographischer Attribut- oder Sachinformationen verwendet (SLOCUM 1999, S. 2), „d. h. sie machen ein bestimmtes Thema (z. B. Klima, Planung) (...) verständlich“ (HAKE und GRÜNREICH, 1994, S. 17). Die topographischen Karten bilden dabei die Grundlage jeder thematischen Kartierung (IMHOF 1972, S. 17). Thematische Karten dienen allen Wissenschaften und Institutionen als Darstellungsmittel (ARNBERGER 1997, S. 13), wobei sie über die Wiedergabe räumlicher Objektbezüge hinausgehend auch „Erkenntnisse über die dahinter stehenden Strukturen, Kausalitäten und Funktionen“ (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 415) vermitteln.

Dies betrifft auch Lärmkarten, deren Datengrundlagen bedingt durch unterschiedliche Erfassungsmethoden im letzten Jh. einer Veränderung unterworfen waren (Abb. 18). Von entscheidender Bedeutung für die Auswahl der Darstellungsmethoden ist dabei, ob die Erfassung auf Wahrnehmungsgesichtspunkten beruht, also qualitative Aspekte im Vordergrund stehen, oder auf Messungen bzw. Berechnungen, deren Ergebnis Werte, also quantitative Daten sind. Diese grundlegende Diskussion wird in Kapitel 3.3. aufgegriffen, in dem es darum geht, die theoretischen Grundlagen für eine kartographische Darstellung des Phänomen Lärm zu erarbeiten.

Da es, wie ARNBERGER (1997, S. 13) feststellt, „meist nicht nur *eine* methodische Möglichkeit und nur *einen* kartographisch guten oder richtigen Weg gibt“, werden in Kapitel 3.4 verschiedene kartographische Darstellungsmöglichkeiten des Phänomens Lärm vorgestellt, wobei einerseits der Computer als Werkzeug und Darstellungsgerät sowie die Verwendung multimedialer Techniken im Vordergrund stehen. Eine multimediale Karte wird hierbei CARTWRIGHT und PETERSON (1999, S. 4) folgend als echte Alternative zu konventionellen Karten, einschließlich der mit Hilfe eines Computers hergestellten, gesehen. Nach PETERSON (1999, S. 34) ist die wichtigste Absicht der multimedialen Kartographie „a search for better ways to represent the spatial reality, and that search is somehow predicted on the notion that existing methods are inadequate.“ Alte Methoden werden einer kritischen Betrachtung unterzogen und neue Darstellungsmöglichkeiten auf dieser Basis entwickelt.

Zunächst müssen jedoch im folgenden Kapitel 3.2 die bereits angesprochenen technischen Voraussetzungen und deren Auswirkungen auf die Kartographie, die bereits in Kapitel 1.2 angesprochen wurden, vertiefend in Bezug auf die vorliegende Arbeit behandelt werden. Dabei stehen die Definitionen wichtiger Begriffe wie „Multimedia“ und die Auswahl einer geeigneten Software mit deren Vor- und Nachteilen im Vordergrund der Ausführungen. Als zentraler Punkt wird in diesem Kapitel darüber hinaus die Verbindung zwischen Multimedia und GIS eingehender betrachtet.

3.2 Technische und konzeptionelle Voraussetzungen

3.2.1 Grundlagen der Multimedialen Kartographie

„To say that the computer was initially used to do things pretty much as they had always been done, except to do them more rapidly or, by some criteria, more efficiently, is not to distinguish it from other tools. Only rarely, if indeed ever, are a tool and an altogether original job it is to do, invented together.“

(WEIZENBAUM 1984, S. 32)

Das einleitende Zitat verdeutlicht, dass es zwei entscheidende Faktoren für die rechnergestützte Informationsverarbeitung gibt: a) die Technik, b) die Nutzung der Technik. Dabei wird die Nutzung der Technik durch diese determiniert, d. h., die Technik ermöglicht bestimmte Nutzungen und schließt andere aus. Diese Tatsache hat MCLUHAN 1964 (1994, S.7 ff.) in der Aussage „The Medium Is The Message“ zusammengefasst. WEIZENBAUM (1984, S. 32) führt das Beispiel der Dampfmaschine an, um das o. g. Zitat zu verdeutlichen. Erst 100 Jahre nach dem ersten Einsatz einer Dampfmaschine zur Wasserhaltung im Bergbau wird diese auf eine Wagen montiert, der auf Schienen gestellt wird. Die Dampfmaschine wird aus ihrem ursprünglichen Kontext gerissen und in einen neuen Kontext eingebettet, wodurch die Weiterentwicklung der Pferdebahn zur modernen Eisenbahn möglich wird.

Diese Entwicklung ist durchaus mit der des Computers vergleichbar. Aufgabe der ersten Lochkartensysteme in den 1930er und 1940er Jahren war es, eine Vielzahl an Informationen effektiv auswerten zu können, z. B. alle Mitarbeiter einer Firma mit einem bestimmten Wohnort automatisiert auszusortieren und durch diese Spezialisierung die menschliche Leistungsfähigkeit zu übertreffen. Die ersten Computer wurden eingesetzt, um aufwendige Rechenoperationen in Sekunden durchzuführen. Schnelligkeit war dabei der entscheidende Faktor, wie BUSH (S. 6) bereits 1945 voraussieht, wenn er schreibt: „Rapid electrical counting appeared soon after the physicists found it desirable to count cosmic rays. For their own purposes the physicists promptly constructed thermionic-tube equipment capable of counting electrical impulses at the rate of 100,000 a second. The advanced arithmetical machines of the future will be electrical in nature, and they will perform at 100 times present speeds, or more.“

Auch in der Kartographie werden Computer zunächst eingesetzt, um „gewisse kartographische Probleme rascher, umfassender und zuverlässiger zu bewältigen, als es mit bisherigen klassischen Verfahren möglich“ (IMHOF 1972, S. 263) gewesen wäre (siehe hierzu auch Kap. 1.2). Die Nutzung ist in dieser Phase bedingt durch die unzureichende Technik stark eingeschränkt. Vor diesem Hintergrund ist die folgende Aussage IMHOFS (1972, S. 281) verständlich, der selbst der rechnergestützten Kartenproduktion keine Zukunft einräumt: „Nicht wenige Fachleute und Kenner der Materie vertreten die Ansicht, dass in Zukunft die Karten vorwiegend mittels der elektronischen Datenverarbeitung entstehen werden. Wir sind anderer Meinung. Man würde der Kartographie und der elektronischen Datenverarbeitung schlechte Dienste leisten, wenn man der letzteren Ungeeignetes zumutete.“ Dabei sei der Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung durch drei Wesensmerkmale der Karten eingeschränkt:

- zu hoher Programmieraufwand, um die „dichten, feingliedrigen und regellosen Gefüge“ (IMHOF 1972, S. 281) von Karten einzugeben,
- „Blindheit der Maschine“ (IMHOF 1972, S. 282), d. h. der Programmier kann nicht das vollständige graphische Bild gleich dem Zeichner vor Augen haben,
- eine Karte ist keine einfache geometrische Verkleinerung der realen Situation, sondern durch eine vereinfachende Umformung, die Generalisierung, verändert und so individuell an die Papiermaße angepasst.

Bevor diese Kritik an den Nutzungsbeschränkungen für die Kartographie noch einmal aufgegriffen wird, soll noch ein kurzer Blick auf die technische Entwicklung geworfen werden, die entgegen der Annahme IMHOFS rasant verlaufen ist. Abbildung 19 (RIEDL 2000, S. 38) zeigt die Verbesserung der Leistungsmerkmale von Computersystemen von 1980 bis heute.

Entscheidend ist hierbei anzumerken, dass das binäre System (0/1) immer noch grundlegend für alle Rechenoperationen ist. Eine ausführliche Beschreibung der Funktionsweise eines Computers gibt WEIZENBAUM. (1984, S. 73 ff.) Das Funktionsprinzip selber hat sich also seit Jahrzehnten nicht verändert, einzig die von der Leistungsfähigkeit abhängigen Nutzungsmöglichkeiten sind umfangreicher geworden.

Damit sind auch die von IMHOF genannten Unzulänglichkeiten (s. o.) zumindest teilweise obsolet geworden. Allen voran ist die befehlsorientierte Schnittstelle zwischen Benutzer und Computer von einer graphischen Schnittstelle abgelöst worden, die, von der Firma Apple entwickelt, 1983 mit dem PC LISA eingeführt worden ist (LEITENBERGER 2001, S. 2). Weite Verbreitung hat die grafische Benutzeroberfläche durch den ein Jahr später ebenfalls von der Firma Apple vorgestellten Macintosh-PC

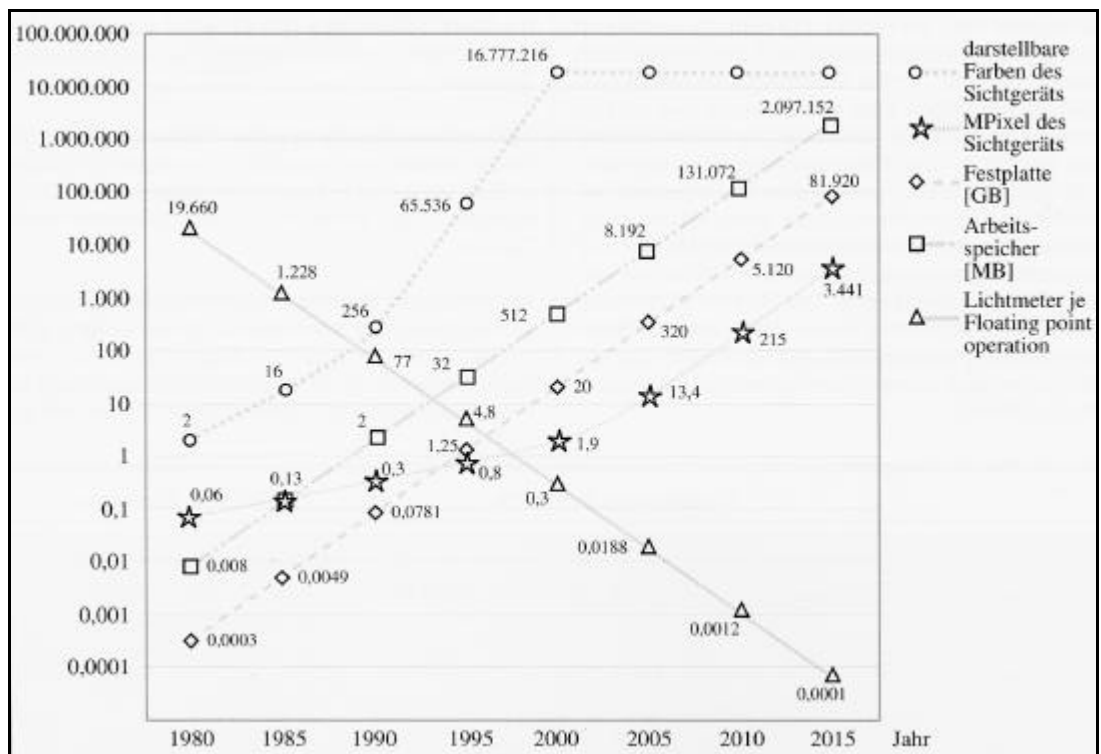


Abb. 19: Typische Leistungsmerkmale eines Computersystems (Quelle: RIEDL 2000, S. 38)

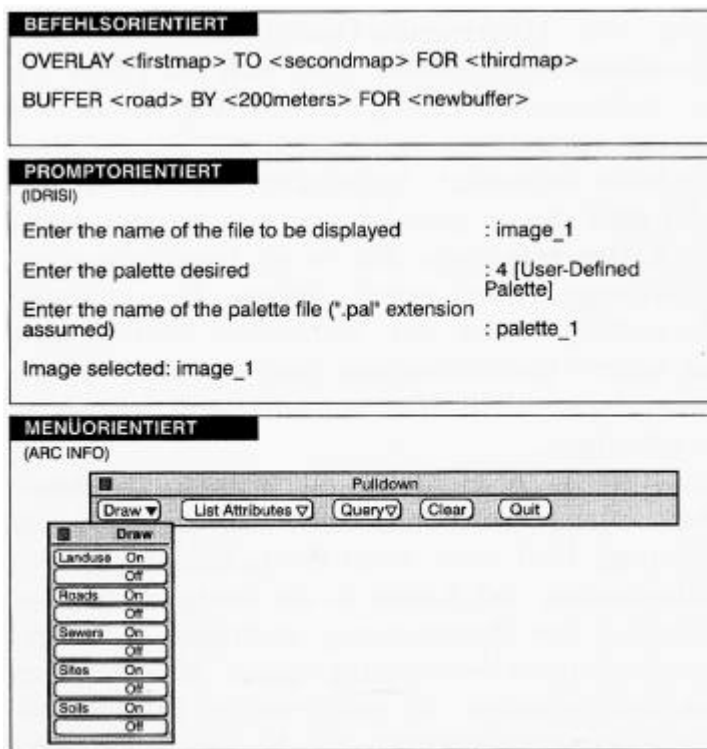


Abb. 20: Typen von Computerschnittstellen (Quelle: MÜLLER 1997, S. 44)



Abb. 21: Grafiktablett (Quelle: <http://www.wacom.com>; Stand: 08.04.02)

gefunden. Heute basieren die Betriebssysteme aller PCs auf einer sog. WIMP (Window-Icon-Menu-Pointer) Schnittstelle (Abb. 20) (MÜLLER 1997, S. 44). Die „Blindheit der Maschine“ (IMHOF 1972, S. 282) ist somit aufgehoben, denn die Dateneingabe kann jetzt über graphische Tablettts, d. h. in gewohnter Weise mit einem Stift, erfolgen (Abb. 21). Als einziger Unterschied entsteht das Kartenbild nicht mehr auf dem Medium Papier als Zeichenträger, sondern auf dem Bildschirm, der allerdings besondere Anforderungen an die Kartengrafik stellt (vgl. BRUNNER 2000; BRUNNER 2001).

Durch erheblich erweiterte Speicherkapazitäten (vgl. Abb. 19) ist es mittlerweile möglich, auch die „dichten, feingliedrigen und regellosen Gefüge“ (IMHOF 1972, S. 281) von Karten computergestützt zu erzeugen und zu speichern. Bei der Vektordigitalisierung ist zwar immer noch die Zahl der gesetzten Stützpunkte für die Rechengeschwindigkeit und die Dateigröße von Bedeutung, aber hier trägt die Bezigon-Funktion, mit Hilfe derer alle Kurven zwischen Stützpunkten mathematisch beschrieben werden können, deutlich zu einer Entlastung bei.

Das von IMHOF angesprochene Problem der rechnergestützten Generalisierung ist hingegen immer noch ungelöst, auch wenn erste Ansätze zur Formalisierung des Generalisierungsprozesses bereits aus den 70er Jahren des 20. Jh. stammen (HAKE und GRÜNREICH 1994, S.116). Ein erster Versuch, die Regeln der Generalisierung in mathematischen Formeln auszudrücken und damit für das binäre System des Computers verständlich zu machen, ist das „Wurzelgesetz“ von TÖPFER (1974), durch das die Objektreduktion im Folgemaßstab bestimmt werden kann. Obwohl es zum Thema rechnergestützte Generalisierung umfangreiche Forschungsarbeiten gibt und Einzelaspekte wie die Kantenreduktion inzwischen durch den Computer bewältigt werden können, ist eine nachträgliche Überarbeitung am Bildschirm immer noch unerlässlich. Zwei aktuelle Aufsätze zu diesem Thema stützen dieses Aussage. So sieht beispielsweise BOBZIEN (2001, S. 28) in seinem Arbeitsgebiet, der Flächenzusammenfassung in der Modellgeneralisierung, noch einen Forschungsbedarf in der automatisierten kartographischen Generalisierung und auch BOBRICH (2001, S. 16) stellt fest, dass die, „für die kartographische Generalisierung wichtige, Verdrängung bzw. Anamorphose (...) derzeit noch nicht umfassend gelöst“ ist.

Diese Aspekte unterstreichen die Stärken des PCs im Hinblick auf die Dateneingabe, Datenverwaltung, Datenspeicherung und Datenausgabe durch dessen gestiegene Leistungsfähigkeit. Dies gilt in gleichem Maße für den Einsatz von Computern zur Modellierung der Schallausbreitung (Kap. 2.3). Die rechnergestützte Berechnung ist kostengünstiger und schneller als die direkten Schallmessungen im Gelände, hat also in erster Linie zu einer Effektivitätssteigerung beigetragen.

Es ist jedoch eine **konzeptionelle Überlegung**, die dazu geführt hat, dass sich der PC neben dem Buch als Informationsmedium etablieren konnte und damit auch die Multimediale Kartographie in ihrer heutigen Form begründet hat (MÜLLER und LAURINI, 1997, S. 91). Sie geht zurück auf das Jahr 1945, als Vannevar BUSH, Direktor des „Office of Scientific Research and Development“ in den USA, in dem Aufsatz „As We May Think“ Überlegungen zu den neuen Aufgaben für die Wissenschaft nach dem 2. Weltkrieg äußert. Er konstatiert, dass es durch die zunehmende Spezialisierung wissenschaftlicher Forschung und die Weitergabe dieses Wissens über Generationen zu einer gewaltigen Menge an Informationen kommt, die der Einzelne nicht mehr auswerten kann: „The investigator is staggered by the findings and conclusions of thousands of other workers – conclusions which he cannot find time to grasp, much less to remember, as they appear“ (BUSH 1945, S. 2). Im weiteren Verlauf des Aufsatzes entwickelt er in einer fiktiven Darstellung Möglichkeiten, die den Stand der Technik nutzen und zu einer verbesserten Datenverarbeitung beitragen könnten. Im sechsten Abschnitt kommt er auf die lineare Speicherung der numerischen und alphabetischen Informationen und die damit verbundenen Probleme bei der Auswertung zu sprechen. Daran anschließend stellt er fest: „The

human mind does not work that way. It operates by association. With one item in its grasp, it snaps instantly to the next that is suggested by the association of thoughts, in accordance with some intricate web of trails carried by the cells of the brain. (...)

Selection by association, rather than by indexing, may yet be mechanized. One cannot hope thus to equal the speed and flexibility with which the mind follows an associative trail, but it should be possible to beat the mind decisively in regard to the permanence and clarity of the items resurrected from storage.” (BUSH 1945, S. 9)

Diese Form der Informationserschließung ist später mit dem Begriff **Hypertext** bezeichnet worden: Eine nicht lineare Strukturierungs- und Präsentationsform textbezogener Daten (KHAZAELI 1998, S. 13). Diesem Konzept folgend hat Apple 1987 die Software Hypercard vorgestellt, die es dem Benutzer ermöglicht, digitale Karteikarten mit Informationen zu füllen und diese über Schlüsselbegriffe miteinander zu verknüpfen (RAPER 1991, S. 922).

Da sich der Wortteil „Hyper“ auf eine „form of communication beyond or over the linear style that is associated with most books“ (LAURINI und THOMPSON 1992, S. 595), also die Konzeption, bezieht, sind auf dieser Grundlage weitere Wörter gebildet worden. So wird in einem Atemzug mit dem Begriff Hypertext immer wieder der Begriff **Hypermedia** genannt, der zum Ausdruck bringt, dass neben Texten auch multimediale Daten (z. B. Ton, Bild, Film) in das Informationssystem eingebunden und durch Hyperlinks vernetzt sind. Nach Lewis (1991, S. 638) ist Interaktivität das Kernstück jeder Hypermedia-Anwendung.

Die Beziehung zwischen Hypermedia und Multimedia (s. u.) ist nicht klar definiert. Einige Autoren sprechen von Hypermedia als einer bestimmten Form von „interactive multimedia“ (PETERSON 1995, S. 127), andere setzen Hypermedia mit „interactive multimedia“ gleich (WIGGINS und SHIFFER, 1990, S. 227). Übergreifend wird Hypermedia als eine konzeptionelle Erweiterung von Multimedia und eine technische Erweiterung von Hypertext (WALLIN 1990, S. 1126) gesehen, da verschiedene Informationskanäle miteinander verknüpft werden (BUTTENFIELD und WEBER 1993, S. 138).

Anfang der 1990er Jahre sind erste Überlegungen darüber angestellt worden, welche Auswirkungen das Hypermedia-Konzept auf die Kartographie hat. Nach WALLIN (1990, S. 1128) kann eine digitale Karte als Ausgangsdokument für den Zugriff auf weitere Informationen verwendet werden (Abb. 22).

Diesem Gedanken folgend definieren LAURINI und THOMPSON (1992, S. 600) wie folgt:

„Let us term hypermap to refer to multimedia hyperdocuments with a geographic coordinate based access via mouse clicking or its equivalent.”

Zwei Eigenschaften grenzen dabei eine solche **Hypermap** von traditionellen Karten ab:

1. „(...) the intense interaction between the user and the hypermedia system”
2. “integration of different kinds of messages and documents, such as texts, graphics, photos, sounds and videos in the same medium” (WALLIN 1990, S. 1128).

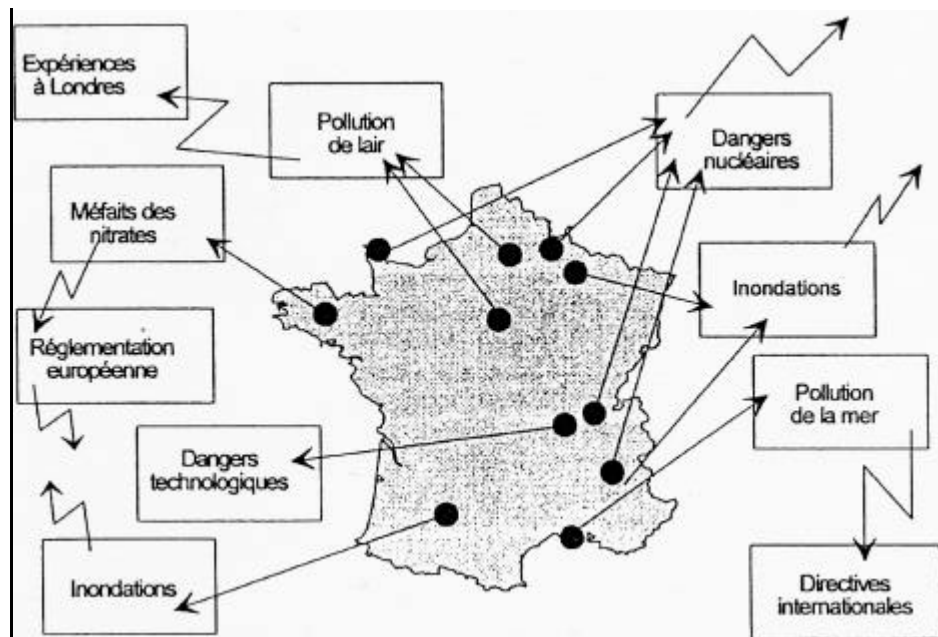


Abb. 22: Informationsverknüpfung in einer Hyperkarte (Quelle: MÜLLER und LAURINI 1997, S. 91)

Mit dem Begriff „Interaktion“ wird ein Kommunikationsprozess bezeichnet, bei dem „die Kommunikationspartner in einer Wechselbeziehung zueinander stehen (...). Die Stelle eines Kommunikationspartners kann auch von einem Computer besetzt werden.“ (BUZIEK 1997a, S. 17) Bei einer interaktiven Karte können sowohl der Karteninhalt als auch die Kartenrandangaben Verknüpfungen zu weiteren Informationen aufweisen (PETERSON 1995, S. 45; HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 108).

Die Begriffe „Hypermap“ und „Hypermedia“ werden jedoch kaum noch verwendet und sind durch den nach Meinung GRÜNREICHS (1996, S. 17) unscharfen Begriff „**Multimedia**“ abgelöst worden. Bereits 1990 hat WALLIN die Meinung vertreten, dass Hypermedia die Entwicklungen besser kennzeichnen würde, „because the word multimedia indicates handling of different kinds of information in parallel, separate from each other.“ In der Tat ist Multimedia ein *technischer Begriff*, der in der Informatik zunächst einmal nur die Integration verschiedener digitaler Medien wie Text, Grafik, Foto, Video und Audio in einem Computer kennzeichnet (KHAZAEI 1998, S. 12).

Außerhalb der Informatik kann auch eine Diaprojektion ergänzt durch vom Band abgespielten Text als Multimedia bezeichnet werden. Deutlich werden sollte an dieser Stelle, dass unterschiedliche Wissenschaftsrichtungen diesen Begriff im Rahmen ihrer Forschung verwenden und mit unterschiedlichen Bedeutungen belegen. Als grundlegend aus Sicht der Informatik kann eine Definition von STEINMETZ (1999, S. 13) angesehen werden, der auch die Zeitabhängigkeit der Medien berücksichtigt: „Ein Multimediasystem ist durch die rechnergestützte, integrierte Erzeugung, Manipulation, Darstellung, Speicherung und Kommunikation von unabhängigen Informationen gekennzeichnet, die in mindestens einem kontinuierlichen (zeitabhängigen) und einem diskreten (zeitunabhängigen) Medium kodiert sind.“

Zunächst ist in der Kartographie auch von „interactive multimedia“ (vgl. CAMARA et al. 1991, S. 175) die Rede gewesen, um so auf die Verknüpfung zwischen Konzeption und Technik hinzuweisen. Seit Mitte der 90er Jahre wird jedoch die Interaktivi-

tät von einigen Autoren als integraler Bestandteil von Multimedia angesehen. CARTWRIGHT (1995, S. 1116) bringt Multimedia mit Interaktion in Zusammenhang, indem er feststellt: „Multimedia offers the user many different ways to interactively interrogate a mapping product, making it much easier to find the most appropriate data and to „see“ that data as visual or aural images.“ MAYER und KRIZ (1996, S. 15/16) definieren Multimedia wie folgt: „Multimedia bedeutet den Einsatz aller Medien in der jeweils bestmöglichen Anwendung und deren Einbeziehung in ein einheitliches interaktives Informationssystem (...).“ CARTWRIGHT und PETERSON (1999, S. 1) gehen noch einen Schritt weiter, indem sie feststellen: „Multimedia is interaction with multiple forms of media supported by the computer.“ Eine aktuelle Definition, in der die vier Eigenschaften hervorgehoben werden, auf denen die Multimediatechnologie basiert, findet sich bei RIEDL (2000, S. 37): „Multimedia ist eine computerbasierte, internet-taugliche, interaktive und medienintegrierte Kommunikationsform.“

Der Begriff „Multimedia“ ist an vielen Stellen definiert worden, doch was kennzeichnet die Multimediale Kartographie, die heute in vieler Munde ist? Eine sehr komplexe und, diese Anmerkung sei erlaubt, unübersichtliche Darstellung findet sich bei CARTWRIGHT und PETERSON (1999, S. 8). Daher soll an dieser Stelle der Versuch einer Definition der Multimedialen Kartographie unternommen werden. Zentrales Ausdrucksmittel der Kartographie sind Karten, mit deren Hilfe Informationen mit einem geographischen Raumbezug kommuniziert werden (Kap. 1.2). Der Definition von RIEDL (2000, S. 37) folgend ist Multimedia eine computerbasierte, interaktive und medienintegrierende Kommunikationsform, wobei die Internettauglichkeit nicht zwingend gegeben sein muss. Daraus abgeleitet ist die **Multimediale Kartographie ein Teilgebiet der Kartographie, das sich der computerbasierten Kommunikation von Informationen mit geographischem Raumbezug in Form von interaktiven und medienintegrierenden Karten widmet.**

3.2.2 GIS, Multimedia und die Kartographie

In Kapitel 1.2 ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die Entwicklung von Geographischen Informationssystemen (GIS) in einem engen Zusammenhang mit der Computerkartographie steht. Kennzeichen eines GIS sind das Datenmanagement (Datenbankanbindung), die Datenanalyse und kartographische Eingabe- und Ausgabemöglichkeiten (vgl. z. B. ARTIMO 1993, S. 1123; BURROUGH 1986 u. PARKER 1988 (zitiert in RHIND 1991, S. 104); GRÜNREICH 1997a, S. 181). Neben diesen funktionalen Kennzeichen eines GIS stützen sich viele Definitionen auch auf die technische Seite, also Hardware, Software, Daten, Benutzer und organisatorischer Rahmen (vgl. z. B. ROBINSON et al. 1995, S. 292; MAGUIRE 1991, S. 17). Daneben finden sich Definitionen, die ein GIS in einen breiteren Kontext stellen, wie beispielsweise SCHARLACH (1998, S. 13) oder LILLESAND und KIEFER (1994, S. 39): „In short, GISs are a computer-based systems that can deal with virtually any type of information about features that can be referenced by geographical location. These systems are capable of handling both locational data and attribute data about such locations.“ Eine noch knappere Definition findet sich bei (ARTIMO 1994, S. 49), der ein GIS als „computer-based system that processes geographic information“

definiert, ein „Informationssystem (also), das Geoinformationen produziert und bereitstellt.“ (HARBECK 1996, S. 30)

Doch wo platziert sich die Kartographie im Umfeld von GIS? Liegt ihre Zuständigkeit allein in einer kartographisch korrekten Datenausgabe oder sollte sie sich auch im Rahmen der konzeptionellen GIS-Entwicklung mit dem Aufbau von Datenbanken und der Datenanalyse beschäftigen? Um eine Abgrenzung zu erreichen, taucht in der Literatur an einigen Stellen der Begriff „Kartographisches Informationssystem“ (KIS) auf. So kann ein KIS nach ARTIMO (1994, S. 50) sowohl als Teil eines GIS zum Einsatz kommen, als auch als eigenständiges System auftreten, das zur Kartenproduktion gedruckter Karten oder Bildschirmkarten dient. KELNHOFER (1996, S. 24) unterstützt zwar die begriffliche Trennung zwischen GIS und KIS, regt aber an, in der täglichen Praxis von KIS zu sprechen, da viele der GIS-Analysetechniken sich oft nur in kartometrischen Bereichen bewegen würden. MAYER und KRIZ (1996, S. 13 ff.) differenzieren zwischen Automatisierten Kartenproduktionssystemen (AMS = Automated Mapping Systems, alternativ DTMS = Desktop Mapping Systems) und Systemen für die elektronische Produktion von Karten (EMS = Electronic Mapping System). Während AMS primär der rechnergestützten Produktion analoger Karten dienen, stehen EMS im Zusammenhang mit der Entwicklung der Multimediatechnologie (s.o) und dienen „der Herstellung und dem Betrieb von elektronischen Karten und Atlanten sowie von Geoinformationsanzeigesystemen“ (MAYER und KRIZ 1996, S. 15). Ein GIS ist in diesem Zusammenhang ein in seiner objektbasierten Datenstruktur erweitertes AMS, das „gleichzeitig verbesserte bzw. zusätzliche Möglichkeiten zur Datenselektion und zu einer weitreichenden Datenanalyse“ (MAYER und KRIZ, 1996, S. 14) aufweist.

In der Trennung zwischen EMS und GIS kommt die Tatsache zum Ausdruck, dass eine Integration zwischen der Multimediatechnologie und GIS zwar bereits seit Jahren als sinnvoll angesehen wird, bis heute aber technisch noch nicht optimal realisiert werden konnte (RAPER 1995, S. 96; KRAAK und ORMELING 1996, S. 189; KOUSSOULAKOU 1999, S. 284; BILL et al. 1999, S. 7), wobei sich die Gebiete jedoch zunehmend durchdringen. Zur Kombination von Multimedia und GIS gibt es zwei unterschiedliche konzeptionelle Ansätze (BILL et al. 1999, S. 2; CRAGLIA und RAPER, 1995):

1. „Multimedia in GIS“: Verbesserung der multimedialen Fähigkeiten existierender GIS-Software, wie MapInfo, ArcView etc.
2. „GIS in Multimedia“: Integration räumlicher Daten und Analysemöglichkeiten in Multimedia-Autorensystemen wie Macromedia Director oder Toolbook.

Um die Bedeutung der Kartographie in diesen Ansätzen stärker hervorzuheben, sprechen BÄR und SIEBER (1999, S. 3) zusätzlich von „GIS und Multimedia-Kartographie“ als einer Variante des „GIS in Multimedia“-Ansatzes.

Auch die Möglichkeiten zur kartographischen Ausgabe von Informationen in einem GIS werden bis heute als nicht optimal angesehen (vgl. z. B. BRÄUNINGER et al. 1995, S. 142; DICKMANN 1996, S. 185; KRAAK und ORMELING 1996, S. 3; DICKMANN und ZEHNER 1999, S. 20; MÜLLER et al. 2001, S. 28). Eine Lösung ist der Datenexport aus einem GIS in ein DTP-Programm, das wesentlich umfangreiche

Möglichkeiten zur (karto)graphischen Weiterbearbeitung hat (KRAAK und ORMELING 1996, S. 174; DICKMANN und ZEHNER 1999, S. 18).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die Entwicklung von GIS bis in die 1990er Jahre auf die Datenanalyse konzentriert hat, während die graphische Komponente vernachlässigt worden ist. Diese Situation wird sich jedoch in naher Zukunft ändern, denn inzwischen bewegen sich die Softwarebereiche GIS und Multimedia aufeinander zu. Dies äußert sich darin, dass einerseits in eine GIS-Anwendung mittlerweile unterschiedliche Medien wie Bild, Ton und Video eingebunden und mit einer Karte verknüpft werden können und andererseits Multimedia-Autorensysteme Rasteroperationen und die Anbindung von Datenbanken erlauben (vgl. Kap. 3.4.4). BILL et al. (1999, S. 2) definieren ein Multimedia-GIS als ein „computer-based system consisting of hardware, software, data and applications allowing for integrated digital capture and editing, storing and organizing, modelling and analysing, presenting and visualizing spatially referenced data of multiple time-dependent and time-independent media.“

Im Hinblick auf die Frage, wo sich die Kartographie im Umfeld von GIS platzieren sollte, finden sich bei Autoren aus dem Umfeld der Kartographie unterschiedliche Positionen (s. o.). Hierdurch wird die Umbruchssituation und die daraus resultierende Unsicherheit deutlich, die in der Kartographie wie auch anderen Wissenschaften durch die technische Entwicklung des Computers und die konzeptionelle des nichtlinearen Informationszugriffs (s.o.) herbeigeführt worden ist. Dennoch soll abschließend versucht werden, auf Grundlage der bisherigen Ausführungen einen Ankerpunkt für die Kartographie zu finden und darüber ihre zukünftigen Aufgaben zu definieren. Dies soll auf der Grundlage des Würfels der Kartennutzung (MACEACHREN 1994) geschehen, dessen Entwicklung im Zusammenhang mit der kartographischen Visualisierung steht.

In einem 1990 veröffentlichten Aufsatz hebt DIBIASE die zunehmende Bedeutung der bildlichen Wahrnehmung für die Informationsvermittlung hervor. Darin unterscheidet er zwischen dem visuellen Denkprozess und der visuellen Kommunikation. Der visuelle Denkprozess umfasst die Entwicklung von Ideen durch die Herstellung, Betrachtung und Auswertung visueller Darstellungen von ursprünglich nicht visuellen Daten. Dagegen bezieht sich die visuelle Kommunikation auf einer effektiven Verbreitung dieser Ideen in visueller Form (DIBIASE 1990, S. 14) (Abb. 23). Diese Gedanken basieren auf einem Bericht der amerikanischen National Science Foundation zur wissenschaftlichen Visualisierung, in dem Visualisierung als „a method for computing ... a tool both for interpreting image data fed into a computer, and for generating images from complex multi-dimensional data sets“ (MCCORMICK et al. 1987; zitiert nach DIBIASE 1990, S. 13) definiert wird.

Der Ansatz wird von MACEACHREN (1994, S. 6) aufgegriffen, der Visualisierung im Rahmen der Kartennutzung definiert und als graphische Darstellung den Würfel der Kartennutzung entwickelt (Abb. 24). Er unterscheidet zwischen zwei Bereichen innerhalb des Würfels: Visualisierung und Kommunikation, vergleichbar mit dem visuellen Denken und der visuellen Kommunikation im Sinne DIBIASES (s.o.). Diese Ideen sind innerhalb der Kartographie vielfach aufgegriffen und zitiert worden. Hier stellt sich folgende Frage: Setzt sich die Kartographie sowohl mit der Visualisierung als auch mit der Kommunikation auseinander?

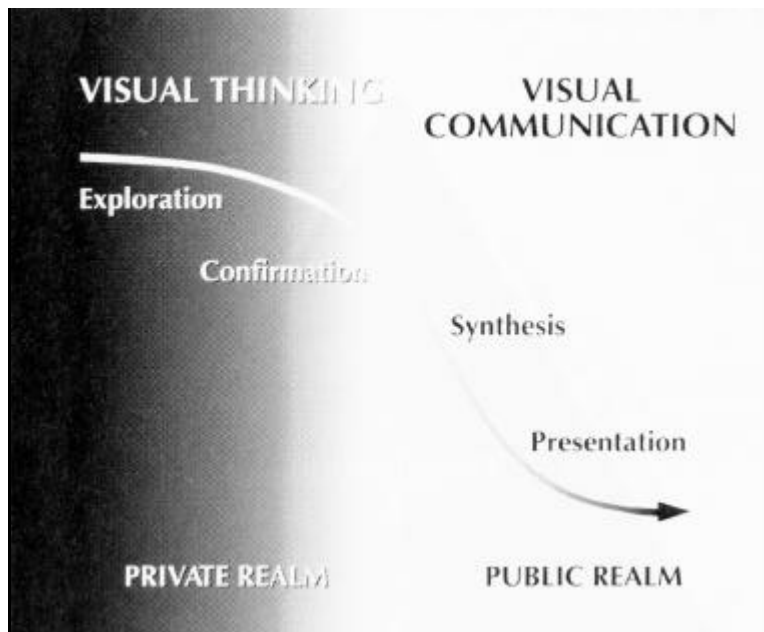


Abb. 23: Visualisierung als wissenschaftliches Werkzeug (Quelle: DIBIASE 1990, S. 14)

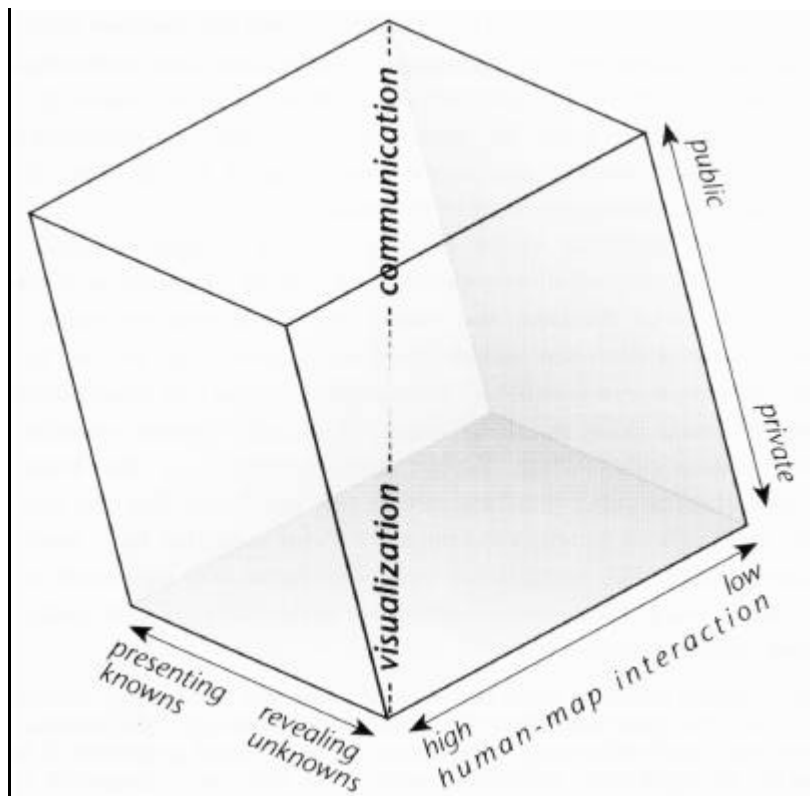


Abb. 24: Würfel der Kartennutzung (Quelle: MACEACHREN 1994, S. 6)

Zurückgehend auf DIBIASE erfolgt das visuelle Denken in einem privatem Rahmen, d. h., der Wissenschaftler möchte seinen Wissensstand z. B. über die Verschneidung von räumlichen Daten oder der Darstellung verschiedener Attribute als Punktwolke in einem dreidimensionalen Raum erweitern. Diese Daten bekommt zunächst einmal niemand außer dem Wissenschaftler oder einer Gruppe eingeweihter Experten zu sehen, die so tief in der Materie stecken, dass eine Erläuterung der visuellen Darstellung des Wissenschaftlers für ein grundlegendes Verständnis ausreichend ist. Zu vergleichen ist dieser Fall mit der Nutzung einer „mental map“, die jeder von uns in

sich trägt und die er, zu Papier gebracht, optimal versteht, obwohl sie für eine andere Person chaotisch aussehen mag.

Bei einem Rückblick auf die Definitionen von Kartographie zeigt sich, dass diese sich mit der Herstellung von Karten befasst, durch die räumliche Informationen dargestellt und kommuniziert werden. Nach dieser Definition ist die Visualisierung von (räumlichen) Daten im privaten Rahmen keine originäre Aufgabe der Kartographie. Denn jeder Wissenschaftler hat eigene Vorstellungen von seinem Arbeitsgebiet, und so kann er nur neue Informationen gewinnen, wenn er bei deren Erschließung völlige Freiheit in der Darstellung hat, sei dies nun über Karten oder sonstige grafische Darstellungen. Erst wenn dieser Prozess abgeschlossen ist und es um die Weitergabe der Informationen an Personen mit einem anderen Wissensstand geht, ist eine auf kartographischen Regeln basierende Darstellung zwingend notwendig. Dies unterstützen auch FISHER et al. (1993, S. 136), die feststellen: "The emphasis in scientific visualization is on the *development* of ideas, not, as in traditional cartography, the *presentation* of an idea or view."

Mit einem Blick auf die Geomatik oder Geoinformatik (siehe Kap. 1.2) lässt sich aus dieser Argumentation ableiten, dass die Kartographie nicht in der Geomatik aufgehen wird und kann, da beide Wissenschaften unterschiedliche Ansätze verfolgen: Die Geomatik ist im Bereich des visuellen Denkens tätig, während sich die Kartographie auf die Kommunikation konzentriert. Beide sind im Hinblick auf die Verwendung des Computers als Arbeitsmittel von der Informatik abhängig, und beide müssen voneinander lernen, da sie sich an vielen Schnittpunkten gegenseitig durchdringen. Genauso wie die Kartographie ohne Geomatik entscheidend an Bedeutung verliert, gilt dies auch für eine Geomatik ohne Kartographie. Diese Aussage unterstützt MULLER (1991, S. 1), der explizit von GIS und Kartographie spricht, „bearing in mind that research in one area is inseparable from research and development in the other. Maps are essential inputs and outputs from GISs, and may be looked at as the window to GIS." Im Unterschied zur Geomatik ist die Kartographie allerdings nicht zwingend vom Computer mit seinen Möglichkeiten, aber auch Beschränkungen als Medium abhängig, da sie, auch wenn dies antiquiert klingen mag, wie die historische Entwicklung zeigt, auch auf andere Medien (z. B. Papier) zurückgreifen kann. Um trotz ihrer historisch begründeten und gewachsenen Bedeutung dennoch nicht von anderen Wissenschaften verdrängt zu werden, muss die Kartographie allerdings deutlich machen, was ihre Aufgabe ist und diesen Standpunkt vertreten und belegen: **die medienbasierte Kommunikation von Informationen mit geographischem Raumbezug auf der Grundlage von Karten und kartenverwandten Darstellungen.**

3.2.3 Software

Um eine Karte herzustellen, ist der Kartograph / die Kartographin bereits seit Jahrhunderten auf die entsprechenden Werkzeuge angewiesen. Vor dem Hintergrund der technologischen Entwicklung ist die Auswahl eines dieser Werkzeuge heutzutage schwieriger denn je, da es eine Vielzahl von Softwarepaketen mit unterschiedlichen Möglichkeiten und Restriktionen gibt. Die Bedeutung von GIS für die Verarbeitung raumbezogener Informationen ist bereits angesprochen worden, wobei aber auch eine mangelnde graphische und multimediale Leistungsfähigkeit dieser Systeme festge-

stellt werden kann (s. o.). So weist BRUNNER (1995, S. 67) darauf hin, dass die rechnergestützte Kartenbearbeitung bereits traditionelle Verfahrenswege ablöse, schließt aber unmittelbar die Bemerkung an: „Anders liegen die Verhältnisse gegenwärtig noch bei der digitalen Kartographie aus Geo-Informationssystemen. Hier muß noch erhebliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit geleistet werden, um anspruchsvolle Kartengraphik zu erzeugen, wie der Benutzer sie von der kommerziellen Kartenherstellung und seit einigen Jahren vom Desktop Mapping kennt und auch erwartet“ (BRUNNER 1995, S. 67). Zur besseren Vermittlung komplexer Informationen insbesondere an Laien, für die Informationen über Umweltbelastungen wie beispielsweise Lärmkarten nur schwer verständlich sind (SHIFFER 1999, S. 37), kann die kombinierte Verwendung unterschiedlicher Medien beitragen (BILL et al. 1999, S. 7). Inzwischen ist es zwar möglich, Video- und Tonsequenzen in ein GIS zu integrieren, dies beschränkt sich aber auf den Einsatz sog. Hotspots, über die eine Mediendatei aufgerufen und abgespielt werden kann, also einfache „click-and-play-back-Applikationen“. So stellen BILL et al. (1999, S. 7) fest: “MM-GIS that allow a real connection between multimedia and GIS do not exist at present time.”

Dennoch gibt es verschiedene Wege, Daten aus einem GIS in guter kartographischer Qualität aufzubereiten. Eine Möglichkeit ist die Weiterverarbeitung mit einem anderen Produkt des gleichen Herstellers (MÜLLER et al. 2001, S. 28). Auch hier muss man zumeist mit den eingeschränkten Darstellungsmöglichkeiten vorlieb nehmen, auch wenn Produkte wie AutoCad Map 2000 oder ArcView in diese Richtung zielen. Darüber hinaus ist ein Export der Daten in Standard-Grafikbearbeitungsprogramme wie Macromedia Freehand, Corel Draw oder Adobe Illustrator möglich (DICKMANN 1996, S. 185). Hierbei kann zwar keine reibungslose Datenkonversion vorausgesetzt werden, aber auf der anderen Seite stehen natürlich umfassende Gestaltungsmöglichkeiten zur Auswahl, und eine Karte kann für den professionellen Offsetdruck vorbereitet werden.

Auf der anderen Seite steht die graphikorientierte Autorensoftware. Dies sind Programme, die die Entwicklung multimedialer Informationssysteme erleichtern, da der Nutzer keine universelle Programmiersprache (Java, C++) lernen muss, sondern entweder gar keinen Programmiercode benötigt oder auf eine spezielle Programmiersprache, eine sog. Skriptsprache, zurückgreifen kann, die wesentlich einfacher zu erlernen ist (SCREEN BUSINESS ONLINE 1999, S. 91). Im Vordergrund steht die interaktive Verknüpfung unterschiedlicher Medien mit dem Ziel der Kommunikation (CARTWRIGHT 1994, S. 63; PETERSON 1995, S. 137), also die Entwicklung von Hypermedia-Systemen, wobei auch einfacher „Slide-Shows“ ohne Eingriffsmöglichkeiten für den Nutzer erstellt werden können. Nachteil eines Multimedia-Autorensystems ist die eingeschränkte Funktionalität im Hinblick auf die Einbindung georeferenzierter Vektordaten (KOUSSOULAKOU 1999, S. 285; KARENTZ ANDREWS und TILTON, 1993, S. 352) und die Anbindung an eine Datenbank. Daher ist eine umfangreiche Datenanalyse, der Schwerpunkt eines GIS, nur bedingt möglich und im Hinblick auf die Programmierung mit einem großen Arbeitsaufwand verbunden (SCHNEIDER 2001, S. 1). Trotz dieser Nachteile sind erste Versuche hierzu im Rahmen der Erstellung des Atlas der Schweiz durchgeführt worden. Die Ergebnisse stellt SCHNEIDER (1999 und 2001) vor.

Während es eine kaum zu überblickende Anzahl von GIS-Softwarepaketen gibt, stellt sich der Markt von Multimedia-Autorensystemen recht übersichtlich dar. Bisher hat es kein Konkurrenzprodukt von Macromedia Director geschafft, die Oberhand zu gewinnen, sodass diese Software „derzeit (als) unangefochtener Marktführer im Bereich Authoring“ (SCREEN BUSINESS ONLINE 1999, S. 91) gilt. 1995 bezeichnet CARTWRIGHT (S. 1120) Macromedia Director in seiner damaligen Version 4.04 als „pseudo-standard for authoring interactive multimedia packages in Australia“, und bereits zwei Jahre früher heben KARENTZ ANDREWS und TILTON (1993, S. 351) die Kontinuität der Software als eines der „most powerful animation tools available on the desktop“ hervor. Auch in der Kartographie ist Macromedia Director sowohl für kartographische Animationen (WEBER 1994; MÜLLER und GREBE, 2000) als auch zur Erstellung komplexer Multimedia-Anwendungen (SIEBER et al. 2000; FRANCIS 1999) eingesetzt worden.

Erschwert wird die Entscheidung für eine bestimmte Software durch die zunehmende Öffnung der Programmsysteme. In den letzten Jahren haben viele Hersteller erkannt, dass die Nutzer sehr unterschiedliche Ansprüche an ein Programm stellen und oftmals nur einen geringen Prozentsatz der gebotenen Funktionen ausnutzen. Um dem Nutzer eine Anpassung der Software an seine spezifischen Anforderungen zu ermöglichen, sind daher zwei Wege eingeschlagen worden:

1. Modularer Aufbau der Software, d. h., Grundfunktionen werden in einer Basisanwendung angeboten, zu der der Nutzer zusätzliche Module mit speziellen Funktionen hinzufügen kann. Die graphische Benutzeroberfläche bleibt dabei gleich und wird nur um zusätzliche Menüpunkte erweitert. Diesen Weg gehen beispielsweise die Hersteller der Fernerkundungssoftware ERDAS oder des GIS IDRISI.
2. Erweiterung der Software durch Anwendung einer Programmiersprache. Hierbei muß unterschieden werden zwischen der Möglichkeit, Funktionen über eine programminterne Skriptsprache hinzuzufügen oder eine programm-unabhängige Programmiersprache einzusetzen. Der Vorteil einer programm-internen Skriptsprache ist deren leichtere Erlernbarkeit durch eine begrenzte, auf die Basisanwendung zugeschnittene Befehlsbibliothek. Auf beide Möglichkeiten greift die Software Macromedia Director zurück. Zum einen kann die programminterne Skriptsprache Lingo eingesetzt werden, zum anderen können Programmodule in einer unabhängigen Programmiersprache (C++) erstellt und der Basisanwendung hinzugefügt werden. Ein weiteres Beispiel ist die Skriptsprache Avenue, mit der das GIS ESRI ArcView funktional ergänzt werden kann.

Um die Möglichkeiten der einen oder anderen Software im Hinblick auf eine bestimmte zu realisierende Anwendung mit absoluter Sicherheit einschätzen zu können, wäre eine komplette Einarbeitung in jedes System notwendig, da sich erst dann die Grenzen und Möglichkeiten zeigen. Dies ist auf Grund der Komplexität heutiger Programme allerdings nicht zu leisten. Trotzdem ist die Entscheidung für eine Software auf Grund zweier Tatsachen unumgänglich:

- die vollständige Programmierung in einer universellen Programmiersprache erfordert deren umfassende Kenntnis. Diese kann nicht theoretisch innerhalb kurzer Zeit erworben werden, sondern entwickelt sich durch jahrelange

Anwendung. Dazu kommt, dass die Stärke von Programmiersprachen wie Basic nicht gerade im Bereich Multimedia liegt.

- wie bereits mehrfach erwähnt, gibt es z. Zt. keine Software, die allen Ansprüchen (Datenanalyse, Datenverwaltung und Datenpräsentation) auf hohem Niveau gerecht wird.

In Tabelle 3 sind die Vor- und Nachteile ausgewählter Funktionen eines GIS und einer Multimedia-Autorensoftware noch einmal zusammenfassend dargestellt, wobei es zwischen einzelnen Softwarepaketen erhebliche Unterschiede gibt. Daher erfolgte die Bewertung auf Basis der Software ESRI ArcInfo, ArcView und Macromedia Director.

Ziel dieser Arbeit ist es, neue kartographische Darstellungsmöglichkeiten im Rahmen der multimedialen Kartographie für das Phänomen Lärm zu entwickeln. Ziel ist die Kommunikation von Informationen mit begrenzten Interaktionsmöglichkeiten und gezieltem Medieneinsatz. Grundlage hierfür ist das Hypermap-Konzept, d. h.,

- eine *Bildschirmkarte* als Grundlagendokument,
- *Interaktion* zwischen dem Nutzer und der Karte,
- *Integration unterschiedlicher Medien* zur besseren Informationsvermittlung.

Da gerade unerfahrene Nutzer von der Verwendung unterschiedlicher Medien zur Informationserschließung profitieren (DRANSCH 1997a, S. 30), soll die Integration dieser Darstellungsmethoden in eine eigenständige Anwendung unabhängig von einem GIS möglich sein. Folgende Faktoren sind hierbei von Bedeutung:

- Flexibilität des Informationszugriffs (Kiosk-Systeme, WWW oder CD-ROM),
- Gestaltung der graphischen Benutzeroberfläche und der Karten unabhängig von einem GIS (SCHNEIDER 2001, S. 1),

Funktionen	GIS	Multimedia-Autorensystem
Datenbankanbindung	+	++
Georeferenzierung	+	-
Vektordaten	+	+-
Topologie	+	-
Integration multimedialer Daten	++	+
Systemunabhängiger Informationszugriff	++	+
Einfluss auf die graphische Benutzerschnittstelle	++	+
Datenanalyse	+	+-
Rasterdaten	+-	+
Graphische Fähigkeiten	+-	+

Tab. 3: Vergleich der Funktionalität eines GIS mit der eines Multimedia-Autorensystems

- Individuelle Anpassung der kartographischen und GIS-Funktionen an die Bedürfnisse des Nutzers (SCHNEIDER 2001, S. 1).

Auch wenn die Bedeutung der Datenanalyse im Hinblick auf die Lärminderungsplanung (siehe Kap. 2.4) unzweifelhaft feststeht, bildet diese nicht den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit, wird aber in Kapitel 3.4.4 dem „GIS in Multimedia“-Ansatz folgend ergänzend angesprochen.

Vergleicht man die getroffenen Aussagen zum Ziel der Arbeit mit der Tabelle 3, ergibt sich daraus, dass der Einsatz eines Multimedia-Autorensystems sinnvoll ist, da eine solche Software die besten Voraussetzungen im Hinblick auf die Integration multimedialer Daten, einen systemunabhängigen Informationszugriff und die Anpassung der graphischen Oberfläche bzw. der Funktionalität an Nutzerbedürfnisse hat. Da die Software Macromedia Director als Standardwerkzeug zur Entwicklung multimedialer Anwendungen bezeichnet werden kann (s. o.) und darüber hinaus durch die integrierte Skriptsprache Lingo die Erweiterung eines Systems durch zusätzliche Funktionen ermöglicht, ist dieses Programm ausgewählt worden.

Die Hauptaufgabe eines Multimedia-Autorensystems liegt allerdings in der Verknüpfung unterschiedlicher Medien (s. o.). Daraus folgt als Konsequenz, dass diese Medien zunächst erstellt werden müssen. Hierzu muss auf weitere Softwareprodukte zurückgegriffen werden, die ihre Stärke in der Datenmodellierung, Datenanalyse und der Bearbeitung unterschiedlicher Medien haben. Macromedia Director kommt erst zum Einsatz, wenn es um „das Erzeugen von Interaktivität und das Gestalten des Interfacedesigns geht“ (Khazeli 1998, S. 21). Die Bearbeitungswege digitaler kartographischer Produkte sind von GREBE et al. (2000) für die Aufbereitung thematischer Karten für das WWW und von BÄR und SIEBER (1999) im Rahmen des „GIS und Multimedia-Kartographie“-Ansatzes schematisch dargestellt worden. Auch für die vorliegende Arbeit soll eine schematische Darstellung dieser Art dem Leser ermöglichen, sich den Bearbeitungsweg vor Augen zu führen (Abb. 25).



Abb. 25: Arbeitsablauf für der Erstellung multimedialer Lärmkarten

3.3 Klassifizierung von Geräuscheignissen nach kartographischen Gesichtspunkten

“If every object and event in the world were taken as distinct and unique – a thing in itself unrelated to anything else – our perception of the world would disintegrate into complete meaninglessness. The purpose of classification is to give order to the things we experience” (ABLER et al. 1971, S. 149).

Obwohl die im einleitenden Zitat angesprochene Bedeutung der Klassifizierung für das Verstehen unserer Umwelt unumstritten ist und in Wissenschaften wie der Botanik die Erarbeitung eines Klassifizierungsschemas weitgehend abgeschlossen ist, herrscht über diesen Aspekt in anderen Wissenschaften noch keine Einigkeit. Auch für die Kartographie ist die Klassifizierung von grundlegender Bedeutung, denn „a map without categorization would be more cumbersome than using the environment as its own map“ (MACEACHREN 1995, S. 151).

Allerdings gibt es beispielsweise in der Thematischen Kartographie keine allgemeingültige Klassifizierungsmethode, sondern verschiedene Ansätze, wie z. B. der von HAKE und GRÜNREICH (1994), in dem alle darzustellenden Objekte grundsätzlich nach ihren Objektmerkmalen in Diskreta und Kontinua unterschieden werden. Weitergehend dienen die Begriffe qualitativ / quantitativ und punkthaft / linienhaft / flächenhaft zu einer weiteren Differenzierung. Amerikanische Autoren wie SLOCUM (1999) oder DENT (1999) legen das Schwergewicht der Klassifizierung dagegen auf die visuellen Variablen nach BERTIN (1974) in Kombination mit Merkmalen der räumlichen Dimension (Punkt, Linie, Fläche, 2-1/2 D, 3-D). Letztere messen den graphischen Aspekten der Karte eine größere Bedeutung zu, während erstere den Stellenwert des realen Objektes hervorheben.

Bevor eine Klassifizierung für das Phänomen Schall entwickelt wird, muss deren Ziel definiert werden, denn jede gute Klassifizierung erfolgt nicht nur um ihrer selbst willen (ABLER et al. 1971, S. 151). Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Lärmkarten, also der räumlichen Darstellung des Phänomens Lärm in Karten. Definitive Abgrenzungen der Begriffe Karte und Lärm sind bereits in vorhergehenden Kapiteln (vgl. Kap. 1.2 u. 2.1) erfolgt. Ebenfalls ist die Bedeutung von Karten für die Lärmbekämpfung hervorgehoben worden (Kap. 2.4), da sie einen räumlichen Überblick über die Lärmsituation geben und somit für die Planung von Maßnahmen zur Lärmreduzierung herangezogen werden können. Wichtige Stichworte in diesem Zusammenhang sind *Lärmsituation* oder wertfrei *Geräuschumgebung* (s. Kap. 2.3) und *Planung*.

Um Abschätzungen und Entscheidungen treffen zu können, die eine zukünftige Situation betreffen, ist *Planung* notwendig. Planbar ist nur das, was vorhersagbar ist, d. h., nicht vorhersagbare Ereignisse können in der Planung höchstens als Eventualität berücksichtigt, aber nicht mit absoluter Sicherheit beeinflusst oder vermieden werden. Um als Grundlage für die Lärmreduzierungsplanung dienen zu können, muss die Lärmkarte die charakteristische Geräuschumgebung eines Gebietes zum jetzigen Zeitpunkt erfassen, um daraus bestehende Konflikte ableiten zu können, die in Zukunft durch planerische Maßnahmen vermieden werden können. Wichtig ist dabei, dass die Lärmkarte nicht einen Augenblickszustand gleich einem Foto wiedergibt, sondern sich auf die Darstellung der kennzeichnenden Geräusche und deren Intensi-

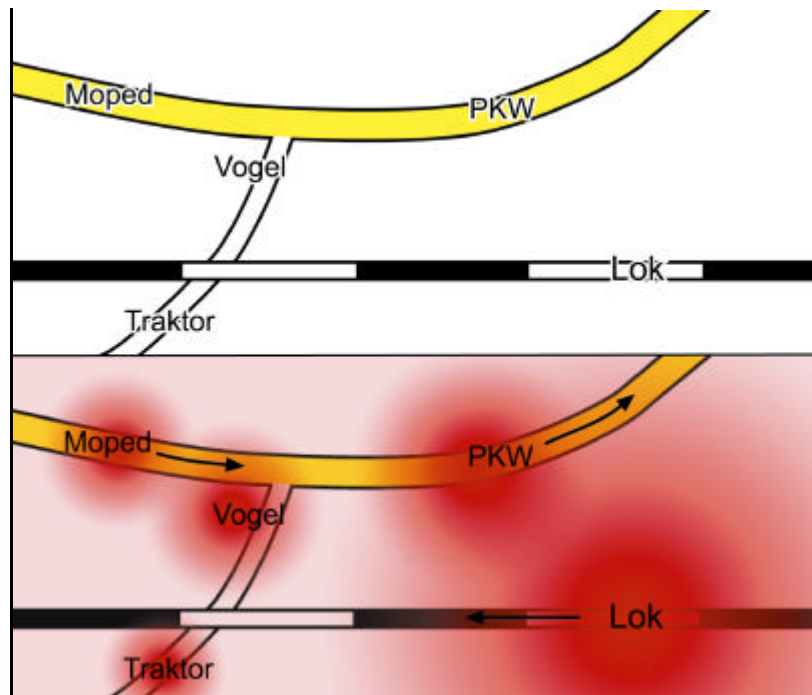


Abb. 26: Beispiel für eine Geräuschumgebung

tät beschränkt, wodurch der Modellcharakter zum Ausdruck kommt. Denn „a map or a computer representation of it is a model of the “real world“, excluding those elements of the latter believed irrelevant to the purposes of the model’s creator. The included elements are also simplified in a way which does not invalidate the initial purpose of data collection.“ (RHIND 1993, S. 5)

Um dies zu erreichen, ist eine Klassifizierung der in der Umwelt vorkommenden Geräusche nach bestimmten Gesichtspunkten notwendig. Bevor diese im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen, sollen ein paar allgemeine Überlegungen zum Phänomen Schall angestellt werden.

Schall tritt zunächst einmal räumlich unbegrenzt auf, d. h., er ist an jedem Ort der Erde hörbar und als Schalldruck messbar. Damit erfüllt Schall die Bedingung eines Kontinuums, dessen „Wertefeld durch die Lage von Zahlenwerten beschrieben (wird), die sich von Ort zu Ort stetig ändern.“ (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 438). Insofern ist Schall mit den Phänomenen Temperatur, Niederschlag oder Luftdruck vergleichbar.

Schall ist allerdings kein primär natürliches Phänomen (mehr), sondern wird gerade in Ballungsräumen überwiegend anthropogen verursacht. Hier bietet sich ein Vergleich mit der Temperatur an, die sich ebenfalls in dichtbesiedelten Räumen anthropogen bedingt im Unterschied zum Umland verändert. Zur Bezeichnung dieses Phänomens findet sich in der Literatur die Bezeichnung „städtische Wärmeinsel“ (FRANKENBERG 1992, S. 117). Ebenfalls vergleichbar mit Phänomenen wie der Temperatur lässt sich der Schalldruck an jedem Ort messtechnisch ermitteln.

In einem Punkt jedoch unterscheidet sich das Phänomen Schall grundsätzlich von anderen Kontinua: Der an einem Punkt zu einem bestimmten Zeitpunkt eintreffende Schall setzt sich aus Geräuschen zusammen, die unterschiedlichen beweglichen oder statischen Quellen entstammen, die einzeln wahrnehmbar sind und unterschieden werden können (Abb. 26). Beispielsweise kann sich ein Geräuscheindruck folgen-

dermaßen zusammensetzen: PKW-Motor, Hupe, Schritte auf Asphalt, Vogelgezwitscher, Kreissäge. Die Schallquellen können sich dabei im Raum bewegen oder an einen Ort gebunden sein.

Eine genaue Kenntnis der Eigenschaften der *Schallquellen* ist also unumgänglich, will man die *Geräuschumgebung* an einem bestimmten Ort erfassen und kartographisch darstellen.

Da Schallquellen zur Gruppe der Objekte gezählt werden können und sich alle kartographischen Objekte durch einen räumlichen, sachlichen und zeitlichen Bezug voneinander unterscheiden (FREITAG 1992/1966, S. 121; HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 7), soll im folgenden die Eingrenzung der kartographisch darstellbaren Lärmquellen auf dieser Basis erfolgen.

1. räumlich

Geräuschquellen lassen „sich nach allen Seiten hin gegen andere Objekte abgrenzen“ und können somit nach HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 9) räumlich als „Diskreta“ bezeichnet werden, obwohl es sich bei der Geräuschumgebung um ein „Kontinuum“ handelt. Entscheidend ist in diesem Zusammenhang die Beweglichkeit der Geräuschquellen in Raum und Zeit, die erhebliche Auswirkungen auf das Kontinuum hat. Sicher gibt es unter den Geräuschquellen auch „statische Diskreta“, wie Geräusche von Industrieanlagen oder aus einem Fußballstadion, aber da Verkehrsmittel gerade durch ihre Beweglichkeit für den überwiegenden Teil der Geräusche verantwortlich sind, überwiegt der Anteil an „dynamischen Diskreta“.

Allerdings bewegt sich der größte Teil der Geräuschquellen nicht willkürlich im Raum, sondern beschränkt sich auf die Bewegung entlang von Linien oder auf abzugrenzende Flächen. D. h. das Auftreten eines bestimmten Typs von Geräuschen (z. B. Motorengeräusch) kann räumlich eingegrenzt werden. Die an diesem Ort auftretenden Geräusche beeinflussen die direkte Geräuschumgebung erheblich und sind größtenteils für diese kennzeichnend. In Tabelle 4 sind einige Beispiele zusammengestellt, die dazu dienen sollen, diese Überlegungen zu verdeutlichen:

Geräuschquelle	Linienhaftes oder flächenhaftes Objekt, an das das Geräusch gebunden ist	Art und Abgrenzung des Vorkommens
Eisenbahn	Schiene	linear
PKW	Straße	linear
Flugzeug	Flugrouten	linear
Schritte/Gespräche	Fußgängerzone	linear
Vogelgezwitscher/ Blätterrauschen	Park	punkthaft/flächenhaft
Kinder	Kindergarten/Schule	punkthaft/flächenhaft
Hundegebell	Tierheim	punkthaft/flächenhaft
Gewehr	Schießplatz	punkthaft/flächenhaft
Besucher	Biergarten	punkthaft/flächenhaft
PKW	Parkplatz	punkthaft/flächenhaft

Tab. 4: Ausgewählte Geräusche und deren räumliche Lokalisierung

Hierzu muss angemerkt werden, dass die genannten Geräuschquellen nicht ausschließlich an den angegebenen Orten vorkommen. So kann z. B. Hundegebell auch auf der Straße oder im Park oder Gespräche auf einem Parkplatz zu hören sein. Entscheidend ist einerseits das gehäufte Auftreten von bestimmten Geräuschen an bestimmten Orten und andererseits deren Vorhersagbarkeit. Wechselnde Anflugrichtungen auf Grund veränderter Windverhältnisse erschweren z. B. die Erfassung und Darstellung des Fluglärms. Obwohl die Überflugzeiten feststehen, sind sie räumlich nur bedingt vorhersagbar.

Kartographisch relevant in räumlicher Hinsicht sind Geräusche, die vorhersagbar an bestimmten Orten auftreten oder sich entlang festgelegter Wege im Raum bewegen.

2. sachlich

Beim zweiten Kriterium müssen die Kriterien Qualität und Quantität getrennt betrachtet werden. Hierbei meint Qualität als *wertfreier Begriff* (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 11) den Geräuschtyp (z. B. PKW, Hundegebell), während Quantität die *Intensität* der Schallenergie bezeichnet, also einen *Wert* wiedergibt. Bedeutsam für diese Sichtweise ist die Definition von Lärm (Kap. 2.1), die sowohl auf quantitativen als auch qualitativen Gesichtspunkten beruhen kann.

Grundsätzlich sollten qualitativ alle Geräuschquellen Berücksichtigung finden, ob sie gemeinhin als Lärmquellen angesehen werden (z. B. Straßenverkehr) oder nicht (z. B. natürliche Geräuschquellen in einem Park wie Vogelgezwitscher, Blätterrauschen). Denn auch natürliche Geräusche können situativ bedingt als Lärm wahrgenommen werden, während klassische Lärmquellen wie PKW-Verkehr bei geringem Schalldruck durchaus als nicht negativ bewertet werden müssen.

Um jedoch wahrgenommen werden zu können, muss ein Geräusch einen gewissen Schalldruckpegel aufweisen, mit dem es sich vom allgemeinen Hintergrundrauschen abhebt. Ist dies nicht der Fall, wie z. B. beim Geräusch einer Klimaanlage an einer stark befahrenen Straße, muss die Geräuschquelle nicht dargestellt werden. Gerade in einer Stadt müssen somit viele Geräusche nicht berücksichtigt werden, die aber auf dem Land mit einer allgemein leiseren Geräuschumgebung sehr wohl berücksichtigt werden müssen, wie die angesprochene Klimaanlage in einer ruhigen Dorfstraße.

Zusammengefasst ist die Qualität eines Geräusches kein Auswahlkriterium, während quantitativ nur Geräusche dargestellt werden sollten, die sich deutlich vom Hintergrundrauschen abheben.

3. zeitlich

„But a river may vary seasonally in width, depth and rate of flow, all of which are aspects of the particular river. A river may be contained within banks, but at other times spread over a flood plain. For some periods it may not flow at all. A map user looking at a topographic map, and trying to anticipate the character of the landscape, may have to make allowances for seasonal variations and other aspects which cannot be simply represented by one map symbol.” (KEATES, 1996, S. 101)

Streng genommen sind HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 11) folgend alle Objekte in zeitlicher Hinsicht dynamisch, d. h., sie verändern sich innerhalb eines kleineren oder größeren Zeitraumes. Unterschiedliche Objekte sind dabei unterschiedlich starken

Veränderungen pro Zeiteinheit unterworfen. So beträgt der Flächenabtrag in Flachlands- und Mittelgebirgsreliefs des humiden Klimas durchschnittlich 3 cm pro 1000 Jahre, was eine Beschreibung der Situation als weitgehende Abtragungsruhe rechtfertigt. (BLUME 1994, S. 3/4). In einer Karte würde in diesem Fall das Beharrende, also der statische Charakter des Objektes betont werden (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 11). Möglich ist aber auch bei diesem Beispiel eine Hervorhebung des sich Ändernden oder der dynamischen Komponente. Allerdings muss in diesem Fall der Betrachtungszeitraum auf mehrere Tausend Jahre ausgedehnt werden.

Ganz im Gegensatz hierzu verändert sich die Geräuschumgebung an einem Ort im Sekunden- oder Minutenbereich. Dies gilt umso mehr für die Orte, an denen eine Vielzahl von hörbaren Aktivitäten stattfindet, also insbesondere Ballungsräume. Ein Aspekt ist in zeitlicher Hinsicht für die Erfassung von Geräuschen und damit auch deren kartographische Darstellung bedeutsam: Die *Periodizität*. Kehrt ein Geräusch regelmäßig wieder, kann es *vorhergesagt* und damit durch Messung erfasst werden. Ist dies nicht der Fall, kann ein solches aperiodisches Geräusch das Messergebnis verfälschen, da es einen Zustand wiedergibt, der möglicherweise so nicht wieder auftreten wird. Daher muss der Verkehrslärm in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte über einen längeren oder kürzeren Zeitraum gemessen werden. Ist der Zeitraum für einen Nebenstraße zu kurz gewählt, wird möglicherweise der halbstündlich vorbeikommende Linienbus nicht erfasst. Das Auftreten eines Geräusches muss also vorhersagbar sein, um kartographisch dargestellt werden zu können.

Ein Objekt, das das Kriterium Vorhersagbarkeit nur z. T. erfüllt, ist beispielsweise eine Baustelle, die über einen kurzen Zeitraum besteht und innerhalb dieses Zeitraumes erhebliche Geräusche verursacht. Größere Baustellen können zwar bis zu einem gewissen Grad zeitlich vorhergesagt werden (z. B. an Autobahnen), kleinere hingegen werden oft spontan eingerichtet, z. B. im Fall eines Rohrbruchs.

Grundsätzlich gilt: Je regelmäßiger ein Geräusch auftritt und je kürzer der Zeitraum zwischen den einzelnen Schallereignissen ist, umso charakteristischer ist es für eine Geräuschumgebung.

Auf Basis dieser Auswahlkriterien müssen zur Erfassung einer charakteristischen Geräuschumgebung herangezogen werden:

1. räumliche Vorhersagbarkeit,
2. Lautstärke im Verhältnis zur Geräuschumgebung,
3. zeitliche Vorhersagbarkeit.

Die drei genannten Eigenschaften können jeweils zwei extreme Ausprägungen annehmen, zwischen denen jedes Geräusch eingeordnet werden kann. So ist beispielsweise das Geräusch eines vorbeifahrenden Zuges räumlich gut vorhersagbar (an Schienen gebunden), die Lautstärke im Vergleich zur Geräuschumgebung hoch und die zeitliche Vorhersagbarkeit von der Existenz eines Fahrplans abhängig. Ist ein solcher vorhanden, kann von einem periodischen Auftreten ausgegangen werden. Damit ist das Objekt/die Schallquelle für eine Geräuschumgebung kennzeichnend und muss in eine Lärmkarte aufgenommen werden.

Anders verhält es sich mit einer Baustelle. Deren räumliches und zeitliches Auftreten ist in den meisten Fällen nicht vorhersagbar, aber die Lautstärke im Verhältnis zur Geräuschumgebung ist überwiegend sehr hoch. Daher können Baustellen nur in

Lärmkarten eingetragen werden, soweit sie im voraus bekannt sind, was nur bei einer geringen Anzahl der Fall ist.

In eine Lärmkarte müssen dagegen Objekte aufgenommen werden, die zwar nicht unmittelbar Geräusche verursachen, aber für die Entstehung von Geräuschen verantwortlich sind. Hierzu gehört beispielsweise eine Trinkhalle, an der sich sonntags Leute aus der Nachbarschaft treffen oder eine Pizzeria, die an Wochenenden abends stark frequentiert wird. Auch wenn sich diese Geräusche nicht zeitlich präzise vorhersagen lassen, können sie räumlich festgelegt werden und können in einer Karte durch entsprechende Signaturen dargestellt werden.

Nicht in eine Lärmkarte aufgenommen werden kann dagegen das dröhnende Koffer- oder Autoradio. Obwohl dessen Lautstärke die Geräuschumgebung übertönen kann (aber nicht muss), ist es nicht möglich, das Auftreten dieses Geräusches sowohl räumlich als auch zeitlich vorherzusagen. Deutlich wird an diesem Beispiel, dass sich gewisse Geräusche, auch wenn sie als Lärm bezeichnet werden können, sich der Berücksichtigung in einer Lärmkarte durch ihre mangelnde Vorhersagbarkeit entziehen.

Die klassische Bildung von Kategorien war insofern restriktiv, als dass Objekte zwingend in eine Klasse eingeordnet werden mussten (MACEACHREN 1995, S. 152).

Eine Alternative zu dieser Klassifizierungsmethode ist in den letzten Jahrzehnten entwickelt worden und wird als „prototype theory“ (MACEACHREN 1995, S. 153) bezeichnet. Die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Kategorie wird dabei nicht durch die Übereinstimmung festgesetzter Eigenschaften bestimmt, sondern durch die Ähnlichkeit zu einem Prototyp als typisches Objekt in einer Kategorie. Diese Klassifizierungsmethode bietet auf der Grundlage der bisherigen Überlegungen an, da jedes Geräusch auf Grund der drei genannten Eigenschaften mehr oder weniger charakteristisch für eine Geräuschumgebung ist. Die endgültige Einordnung eines Geräusches als charakteristisch oder nicht charakteristisch ist nicht möglich.

Bei Anwendung dieser Klassifizierungsmethode kann zwischen zwei Extremfällen unterschieden werden, den sog. *Prototypen*. Sind alle drei Eigenschaften positiv, kann das Geräusch als *kennzeichnend* für eine Geräuschumgebung bezeichnet werden, d. h., es ist sowohl räumlich als auch zeitlich vorhersagbar und hebt sich von der Geräuschumgebung deutlich ab. Kennzeichnende Geräusche können in Lärmkarten dargestellt werden. Hiervon unterscheiden sich Geräusche, deren zeitliches und räumliches Auftreten nicht vorhergesagt werden kann und die sich nicht deutlich von der Geräuschumgebung abheben. Diese *flüchtigen* Geräusche lassen sich in einer Lärmkarte nicht darstellen, auch wenn sie als Lärm bezeichnet werden.

Bilden die drei Eigenschaften mit ihren extremen Ausprägungen drei Kanten eines Würfels, können alle Geräusche innerhalb des Würfels angeordnet werden, wobei zwischen zwei nicht exakt abgrenzbaren Bereichen unterschieden wird, nämlich dem der *kennzeichnenden* und dem der *flüchtigen* Geräusche (Abb. 27).

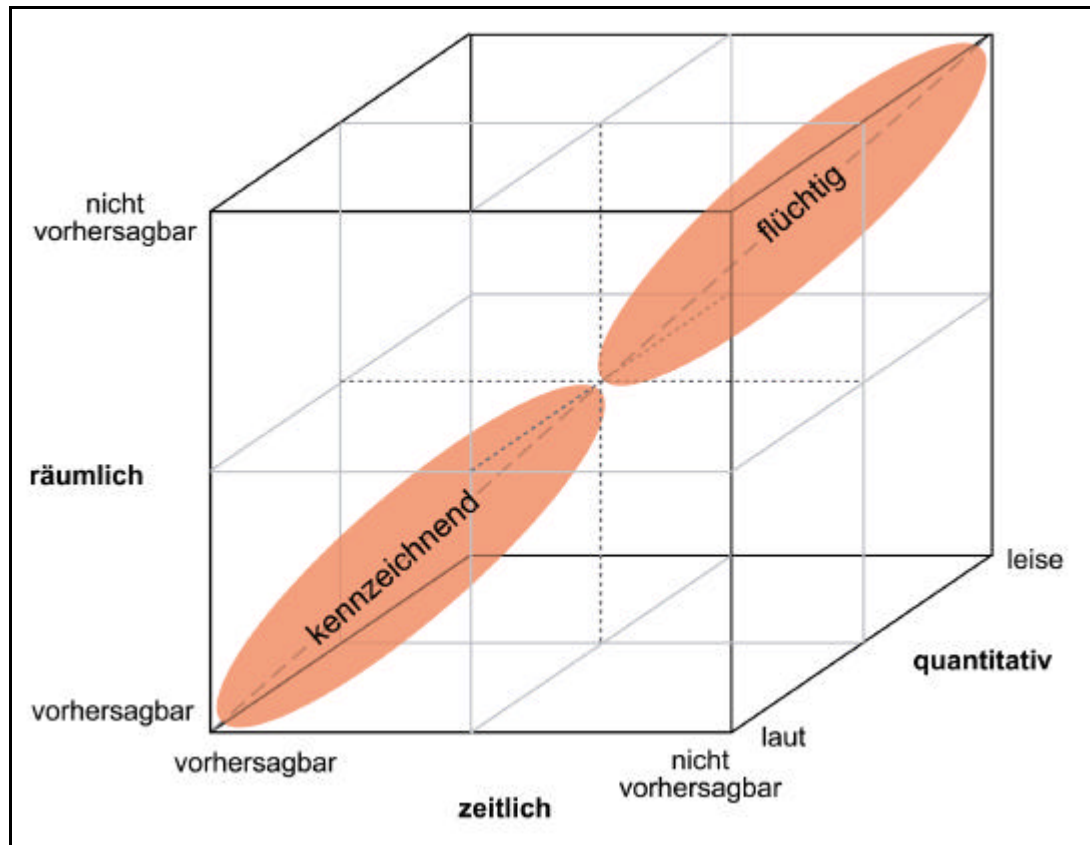


Abb. 27: Klassifizierung von Geräuschen für die kartographische Darstellung

3.4 Kartographische Darstellung

3.4.1. Einleitung

„The design of maps is largely concerned with making choices: choice of mapping method, and choice of the graphic variables (...) to be used.”

(KRAAK und ORMELING 1996, S. 49)

Im vorangehenden Kapitel ist auf die Bedeutung der Eigenschaften von Geräuschen für deren kartographische Darstellbarkeit hingewiesen worden. Dabei ist zwischen flüchtigen Geräuschen, die nicht in einer Karte dargestellt werden können, und kennzeichnenden Geräuschen, die in eine Karte aufgenommen werden können, unterschieden worden. Doch mit welchen Methoden können kennzeichnende Geräusche in Karten dargestellt werden? Diese Fragestellung steht im Mittelpunkt dieses Kapitels, das den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit bildet und auf die bisherigen Kapitel als Grundlage zurückgreift.

Obwohl Karten auf der Basis unterschiedlicher Gesichtspunkte gruppiert werden können, findet sich in der Literatur (ARNBERGER 1997; WILHELMY 1990) häufig eine Unterscheidung zwischen Thematischen und Topographischen Karten. Diese Zweiteilung nach dem Karteninhalt liegt auch dem grundlegenden deutschsprachigen Werk zur Kartographie gleichnamigen Titels von HAKE und GRÜNREICH (1994) zugrunde. Während *Topographische Karten* vorwiegend die „Form, Gliederung und Bedeckung“ (IMHOF 1972, S. 12) der Erdoberfläche wiedergeben, wird in Thematischen Karten „the spatial distribution of one or more geographic attributes or variables“ (SLOCUM 1999, S. 2) wiedergegeben, „d. h., sie machen ein bestimmtes Thema (z. B. Klima, Planung) durch das Medium „Karte“ verständlich“ (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 17). Nach HAKE und GRÜNREICH ist auch die Topographie strenggenommen ein Thema, allerdings habe die Topographie eine besondere Stellung durch ihre „Basisfunktion als notwendiger Kartengrund aller thematischen Karten“ (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 17), was ihre Ausgliederung rechtfertige. Im angelsächsischen Sprachraum wird anstelle Topographischer Karten auch der Begriff „general reference maps“ verwendet (SLOCUM 1999, S. 2). Diesen Ausführungen folgend sind Lärmkarten eindeutig den Thematischen Karten zuzurechnen, denn Lärm ist ein räumliches Phänomen, das nicht direkt sichtbar ist und daher einer Topographischen Grundlage zur räumlichen Einordnung bedarf.

Obwohl es Thematische Karten bereits seit langer Zeit gibt (z. B. Isogonenkarte von E. HALLEY 1701 o. Isothermenkarte von Alexander VON HUMBOLDT 1817) (WILHELMY 1990, S. 196), ist deren Verbreitung erst im 20. Jh. sprunghaft angestiegen. Diese Entwicklung steht in einem engen Zusammenhang mit der Entwicklung des Computers als technisches Hilfsmittel für die Datenerfassung, -verwaltung und -darstellung. Wurden Karten noch bis in das 20. Jh. für einen längeren Verwendungszeitraum hergestellt, kann der überwiegende Teil heutiger Karten als Kurzzeitkarten bezeichnet werden, d. h., die Aufmerksamkeitsdauer des Kartennutzers liegt im Minuten- oder gar Sekundenbereich, wie dies bei vielen Medienkarten (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 414) der Fall ist. Das Darstellungsmedium Bildschirm erlaubt es sogar Karten nur herzustellen, um daraus kurzfristig Erkenntnisse abzuleiten und

die Karte sofort zu löschen, wenn der Nutzer die entsprechenden Informationen entnommen hat.

Diese Möglichkeiten sind grundlegend für die kartographische Visualisierung (DI BIASE 1990; MACEACHREN 1994), deren Ziel die Erkenntnisgewinnung durch die Betrachtung von Zusammenhängen aus mehreren Blickwinkeln ist. Der Computer ermöglicht hierbei die Darstellung „of movement and change, multiple views of the same data, user interaction with maps, realism through three-dimensional stereo views and other techniques), false realism (through fractal generation of landscapes), and the mixing of maps with other graphics, text, and sound” (MACEACHREN und MONMONIER 1992, S. 197) (s. Kap. 3.2).

3.4.2 Visuelle Darstellung

Mit der gestiegenen Bedeutung thematischer Karten im 20. Jh. geht auch der Ausbau von Methodik und Methodologie in der kartographischen Wissenschaft einher. Grundlegende deutschsprachige Abhandlungen im Hinblick auf die Thematische Kartographie entstanden in den 60er und 70er Jahren (WITT 1970; ARNBERGER 1977, SCHWEIBTHAL 1967, IMHOF 1972), wobei es keine allgemein akzeptierte methodische Vorgehensweise gab und bis heute auch nicht gibt. Jeder Autor hat seine Überlegungen auf ein eigenes Fundament gestellt, wobei diese zwar durchaus vergleichbare Elemente aufweisen, aber dennoch als eigenständig angesehen werden müssen. Während HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 419 ff.) ihre Ausführungen nach den Objektmerkmalen (Diskreta, Kontinua; punkthaft, linienhaft, flächenhaft; qualitativ, quantitativ) gliedern, sind für ARNBERGER (1977) die vier Grundprinzipien der kartographischen Gestaltung (Lageprinzip oder topographisches Prinzip, Diagrammprinzip, bildstatistisches Prinzip und bildhaftes Prinzip) grundlegend. IMHOF (1972) baut seine Überlegungen auf den Kartographischen Ausdrucksformen als Grundgerüst auf, wohingegen SCHWEISSTHAL (1967) von unterschiedlichen Methoden (Isolinienmethode, Flächenkartogramm, etc.) ausgeht.

Im angelsächsischen Raum hingegen üben die Ausführungen BERTINS (1974) einen wesentlich größeren Einfluss aus. Dort beruht die Methodik zur Thematischen Kartographie auf drei grundlegenden Einflussfaktoren: a) räumliche Ausprägung, b) Skalierung der Messwerte und c) visuelle Variablen (Abb. 28 a und b) (BERTIN 1974, S. 50; SLOCUM 1999, S. 18 ff.; KRAAK und ORMELING 1996, S. 4 ff.).

Obwohl die Argumentation bisher den Überlegungen HAKE und GRÜNREICHS (1994) im Hinblick auf die Objektorientierung gefolgt ist, hat dieses Ordnungsprinzip im Hinblick auf die kartographische Darstellung des Phänomens Lärm auch seine Schwächen. Lärm ist zwar ein Kontinuum, aber je nach Datenaufnahme (Immissionsmessung, Emissionsmessung, qualitative Datenerfassung) ergibt sich ein breites Spektrum unterschiedlicher Darstellungsmethoden. Neben den Darstellungsmethoden für Kontinua wie Messpunkte, Isolinien oder Isolinien mit Flächenfüllung können auch Methoden eingesetzt werden, die eigentlich zur Darstellung von lokalen, linearen oder flächenhaften Diskreta verwendet werden (z. B. linienhafte Darstellung von Lärmemissionen entlang eines Straßennetzes). Auf Grund dieser Eigenschaft des darzustellenden Themas wird das Kapitel 3.4.2 an den graphischen Grundformen Punkt, Linie, Fläche und 2-1/2 bzw 3-dimensionalen Darstellungsmöglichkeiten

(SLOCUM 1999, S. 23) orientiert. In jeder dieser Kategorien wird anhand von Beispielen diskutiert, inwieweit sich diese graphischen Darstellungsmöglichkeiten für Lärmkarten eignen.

Anmerkung: Da die verwendeten kartographischen Gestaltungsmittel im Vordergrund stehen, handelt es sich bei den Beispielen nicht um vollständige Karten, sondern meistens nur um Ausschnitte aus dem Kartenbild. Kartenrandangaben werden nur dargestellt, wenn sie für die Diskussion von Bedeutung sind.

	Point	Linear	Areal	2½-D	3-D
Spacing					
Size					
Perspective height					None possible
Orientation				None recommended	
Shape				None recommended	
Arrangement				None recommended	
Lightness					

Abb. 28a: Visuelle Variablen für schwarz/weiße Karten (Quelle: SLOCUM 1999, S. 23)










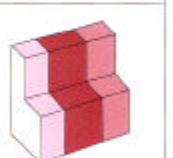




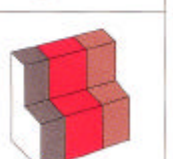
	Point	Linear	Areal	2½-D	3-D
Hue					
Lightness					
Saturation					

Abb. 28b: Visuelle Variablen für farbige Karten (Quelle: SLOCUM 1999, Color Plate 4)

Lärmkarten können auf Grund des Verarbeitungsgrades der Thematik zu den „analytischen“ (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 418) Karten gerechnet werden, da ein Thema in seiner räumlichen Ausdehnung dargestellt wird, wie dies bei vielen Planungskarten der Fall ist. Hervorzuheben ist allerdings die besondere Bedeutung der Basiskarte, um kleinräumliche Aussagen über die Lärmbelastung zu ermöglichen. Da sich jedes dreidimensionale Objekt direkt auf die Lärmausbreitung auswirkt, d. h. für diese in gewisser Weise verantwortlich ist, müssen diese Objekte auch in der Basiskarte dargestellt sein. Außerdem gibt es eine Vielzahl weiterer Themen, die a) direkt mit der Lärmausbreitung in Verbindung stehen oder b) für die weitere Erkenntnisgewinnung von Bedeutung sind.

Daher können Lärmkarten nach ARNBERGER (1997, S. 17) im Gegensatz zur „einschichtigen“ Karte auch als „mehrschichtig“ bezeichnet werden, da „durch Überlagerung von Signaturenschichten für Areale und Orte qualitativ und quantitativ verschiedene Aussagen geboten“ werden, „wobei es dem Betrachter überlassen bleibt, in einem Denkprozess die Aussagen der einzelnen Schichten zu summieren“ (ARNBERGER 1997, S. 17). Da eine Lärmkarte je nach der spezifischen Aufgabenstellung mit anderen Themen kombiniert werden kann (z. B. Freizeiteinrichtungen, Bildungseinrichtungen, Einwohnerdichte), werden die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten, deren Umfang durch den Einsatz des Computers deutlich zugenommen hat, im Kapitel 3.4.4 behandelt. Im Vordergrund der Ausführungen steht jedoch zunächst die monothematische kartographische Darstellung des Themas Lärm auf Basis einer räumlichen Grundlage. Dies erscheint auch vor dem Hintergrund sinnvoll, dass die Ergebnisse auf möglichst viele Anwendungen übertragbar sein sollten.

Die Analyse analoger Karten kann auch für eine digitale Darstellung herangezogen werden, denn „computer-based interactive software contributes no more to the quality of graphics than word processors do to the quality of literature.“ (DIBIASE 1990, S. 17)

a) Punkthafte Darstellung

Punktsymbole werden überwiegend zur Darstellung qualitativer und quantitativer lokaler Diskreta verwendet (HAKE und GRÜNREICH, S. 419), deren Lage im Raum durch Koordinaten genau definiert ist (SLOCUM 1999, S. 19). Ein solches punkthafte Objekt kann im Hinblick auf die Lärmerfassung eine Messstelle sein, wobei sowohl ein quantitativer Wert (Schallenergie in Dezibel) als auch qualitative Eigenschaften (Typ der Lärmquelle, Lärmbelastung) aufgenommen werden können. Darüber hinaus kann die Messstelle direkt an der Lärmquelle (Lärmemission) oder in einigem Abstand von dieser (Lärmimmission) liegen.

Die Punktdarstellung ist lange Zeit für Lärmkarten verwendet worden, insbesondere als es noch nicht möglich war, die Lärmausbreitung unter Einbeziehung der Geländesituation zu berechnen. Denn zur Erstellung einer Isolinenkarte, die dem Kontinuum Lärm eher entsprechen würde, können keine einfachen Interpolationsmethoden angewendet werden, wie dies bei anderen natürlichen Phänomenen wie Regen, Temperatur, Geländehöhe möglich ist. Mit Hilfe komplexer Formeln muss der Weg der Schallwellen von der Quelle in alle Richtungen berechnet werden, wobei alle dreidimensionalen Objekte mit ihren spezifischen Reflexions- und Absorptionseigenschaften Berücksichtigung finden müssen.

Beispiel 1: Flug-Lärmkarte Berlin (1968/1969)

Ein Beispiel für die Verwendung von Punkten zur Darstellung von gemessenen Daten ist die Flug-Lärmkarte Berlin aus den Jahren 1968/1969 (GLÜCK 1973, S. 44 ff.). Im Rahmen einer umfassenderen Untersuchung verschiedener Lärmquellen wurden die Fluglärmmissionen im Umfeld (An- und Abflugschneisen) des zur damaligen Zeit am stärksten frequentierten Flughafens Berlin Tempelhof gemessen. Hierfür wurden 161 Messpunkte eingerichtet. Festgehalten wurde der Spitzenpegel, getrennt nach verschiedenen Flugzeugtypen. Obwohl sich der Gesamtpegel z. T. auf Grund durch die Reflexion der Schallwellen an Häuserfassaden erhöhte, gibt er nach GLÜCK (1973, S. 49) die Lärmbelastung der Einwohner korrekt wieder.

Neben Messprotokollen und Tabellen sind die Ergebnisse auch in einer Karte dargestellt worden (Abb. 29). Die Lage der Messstellen wird durch punkthafte Signaturen wiedergegeben, wobei der Lärmpegel durch die Verwendung von Farbe verdeutlicht wird. Darüber hinaus werden qualitative Informationen zu den Flugzeugtypen durch eine leichte Modifikation der Signaturenform dargestellt (Abb. 30).

Obwohl die Verwendung von Farbe zur Darstellung der Quantität durchaus sinnvoll ist, kann der Kartennutzer die Bereiche hoher, bzw. niedriger Lärmbelastung in der Karte nicht mit einem Blick erfassen, da die Farben nicht geordnet sind. Rottöne, die zudem nicht sonderlich gut zu unterscheiden sind, werden beispielsweise zur Kennzeichnung der Bereiche 75-79 dB(A), 95-99 dB(A) und 105-109 dB(A) verwendet. Hierdurch ergibt sich ein diffuses Kartenbild, das die Erkennung von Mustern verhindert. Folglich sollte eine geordnete Verwendung von Farben angestrebt werden, die auch SLOCUM (1999, S. 31, Fig. 2.10) für die Darstellung ordinal und numerisch skalierten Werte unterstützt.

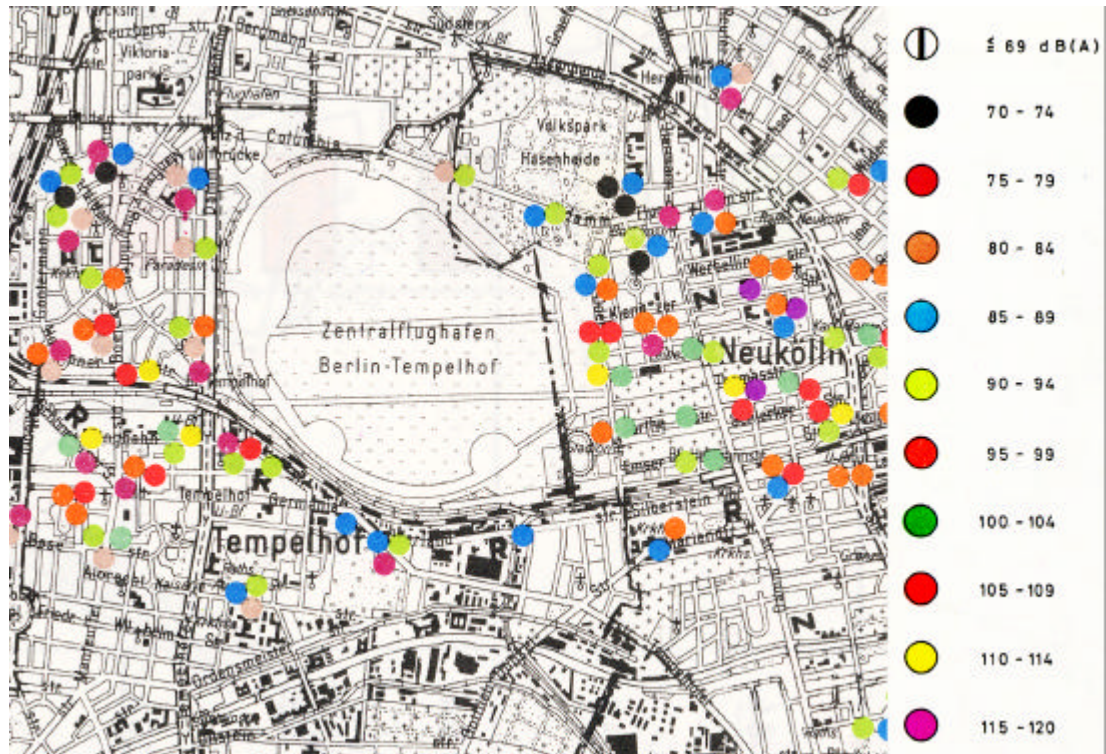


Abb. 29: Fluglärmkarte von Berlin (1968/1969) (Quelle: GLÜCK 1973, S. 203)

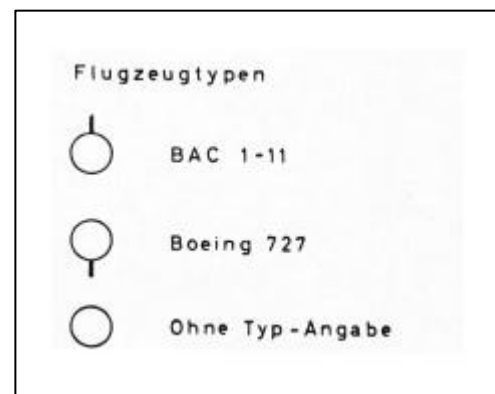


Abb. 30: Symbolisierung der Flugzeugtypen in der Fluglärmkarte von Berlin (1968/1969) (Quelle: GLÜCK 1973, S. 204)

HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 422) schlagen zur Darstellung quantitativer lokaler Diskreta eine Veränderung der Symbolgröße vor. Dies ist sicher in den meisten Fällen sinnvoll, für Lärmkarten allerdings kaum anwendbar, da durch größere Signaturen die für die Kartenauswertung bedeutsame Basiskarte (s. o.) verdeckt wird. Einzig die Anwendung eines Transparenzeffektes (Beispiel 10, Lärmkarte von Mannheim) könnte Abhilfe schaffen.

Die Qualität von Objekten lässt sich nach HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 419), ARNBERGER (1997, S. 95) und IMHOF (1971, S. 71) durch die „graphische Variation nach Form oder Farbe der Signatur“ angeben. Da im vorliegenden Beispiel die Farbe bereits zur Darstellung der Quantität verwendet worden ist, blieb zur Darstellung der Qualität nur die Veränderung der Form übrig (Abb. 31). Allerdings ist die Veränderung der Form so gering ausgefallen, dass die Unterschiede zwischen den Signaturen zumal auf der sehr feingliedrigen Basiskarte nur sehr schwer zu erkennen sind. Deutlicher würden die qualitativen Unterschiede durch eine Veränderung der Form und deren Richtung (z. B. Kreise, Dreiecke und Quadrate).

Beispiel 2: Messpunkt-Diagramm London (1961/1963)

Die im Rahmen des „London Noise Survey“ durchgeführten Messungen erstrecken sich auf die zentralen Stadtbezirke links und rechts der Themse (GLÜCK 1973, S. 119 ff.). Die Messpunkte wurden dabei in einem gleichmäßigen Raster angelegt, um eine Repräsentanz der Ergebnisse zu gewährleisten. Diese Untersuchung ist insofern interessant, als dass alle auftretenden Schallereignisse auch durch Tonaufnahmen festgehalten wurden und im Nachhinein zwischen 16 Gruppen von Lärmverursachern unterschieden werden konnte (z. B. Flugzeuge, spielende Kinder, Fabriken, Vogelstimmen, Eisenbahn). Allerdings muss angemerkt werden, dass sich die Untersuchung von der ersten Messung im Jahre 1961 bis zum Abschlussbericht im Jahr 1968 über sieben Jahre hingezogen hat. Die Ergebnisse wurden in Tabellenform, einer Karte und einem Messpunktdiagramm dargestellt. Im folgenden soll das Messpunktdiagramm näher betrachtet werden, in dem nur die unmittelbare Umgebung der Messstelle zusammen mit dem jeweiligen Diagramm dargestellt wird (Abb. 31).

Durch die punkthafte Darstellung mit der Verwendung von Farbe zur Darstellung der Quantität wie in der Flug-Lärmkarte Berlin (Beispiel 1) kann nur ein Wert wiedergegeben werden. Da sich der Lärm je nach Tageszeit aber deutlich ändert, kann auf diese Weise entweder nur der Messwert zu einem bestimmten Zeitpunkt oder ein über einen bestimmten Zeitraum gemittelter Wert wiedergegeben werden. Dagegen kann der Tagesgang der Lärmbelastung beispielsweise durch ein Kurvendiagramm (HAKE und GRÜNREICH, 1994, S. 426) veranschaulicht werden. Diagramme haben grundsätzlich den Vorteil, dass sie „eine bessere und genauere Information über absolute und relative Wertgrößen als Signaturen bieten“ (ARNBERGER 1997, S. 34). Darüber hinaus kann man Zahlenbilder mit einem Blick erfassen, d. h., weitere Vorteile sind deren Übersichtlichkeit und Anschaulichkeit (IMHOF 1971, S. 72). Ein entscheidender Nachteil kann allerdings bei komplexen Diagrammen deren Platzbedarf sein (IMHOF 1971, S. 72), und nach ARNBERGER (1997, S. 35) muss die topographische Grundlage bei der Anwendung des Diagrammprinzips stärker generalisiert werden, was im Hinblick auf eine Lärmkarte nicht möglich ist (s. o.).

Daher wird im Messpunkt-Diagramm zur Lärmkarte Londons nur die unmittelbare Umgebung eines Messpunktes dargestellt. Die Lage des Messpunktes wird durch eine

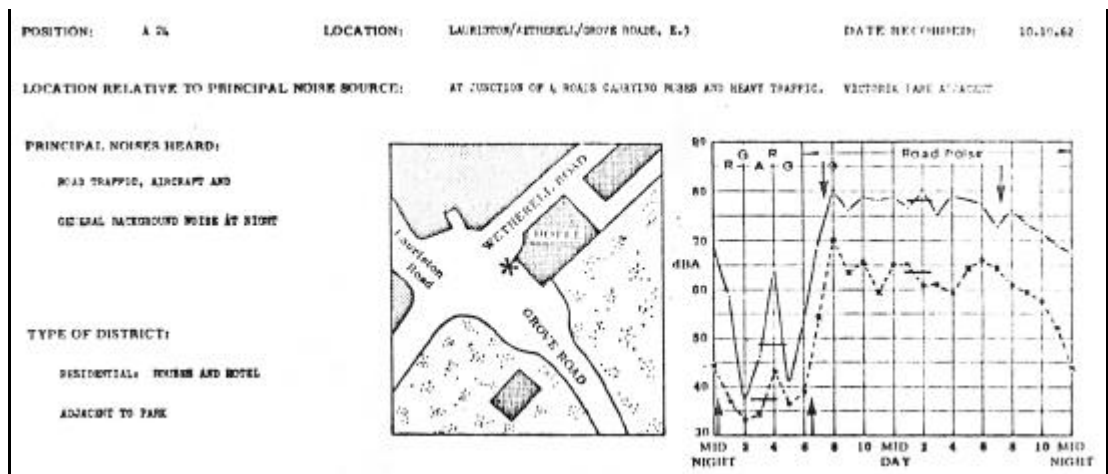


Abb. 31: Messpunkt-Diagramm der Lärmkarte von London (1961/1963)

(Quelle: GLÜCK 1973, S. 217)

Ortssignatur wiedergegeben. Genauere Informationen zu den Lärmquellen und dem Tagesgang der Lärmbelastung kann der Betrachter aus dem nebenstehenden Diagramm entnehmen. Nachteilig ist in jedem Fall, dass die räumliche Übersicht über die Gesamtuntersuchung verloren geht.

Beispiel 3: Lärmkarte „Tinummer Str./Trift, Westerland/Sylt“ (2000)

Im Rahmen einer Diplomarbeit am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum sind die Visualisierungsmöglichkeiten für Lärmkarten mit Hilfe der GIS-Software ArcView untersucht worden (JÄGER 2000b). Hierfür wurden Daten aus unterschiedlichen Quellen integriert und können vom Nutzer analysiert werden. Bei dem Planungsgebiet handelt es sich um einen kleinräumlichen Bereich der Stadt Westerland/Sylt, in dem eine neue Straßenanbindung realisiert werden soll. Die verwendeten Daten zur Lärmbelastung wurden mit Hilfe der Software „Soundplan“ in einem Planungsbüro berechnet und von diesem als dxf-Daten zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um die Ergebnisse eines Lärmgutachtens, das von der Stadt in Auftrag gegeben wurde, da sich Konflikte mit betroffenen Bewohnern ergaben.

Die Informationen in ArcView sind nach dem Layerprinzip organisiert, so dass der Nutzer die Möglichkeit hat, verschiedene Informationsebenen miteinander zu kombinieren. In der Beispielkarte ist die örtliche Situation (Bebauung, Straßen, Grundstücksgrenzen) mit Informationen zu punkthaften simulierten Lärmimmissionen kombiniert worden (Abb. 32).

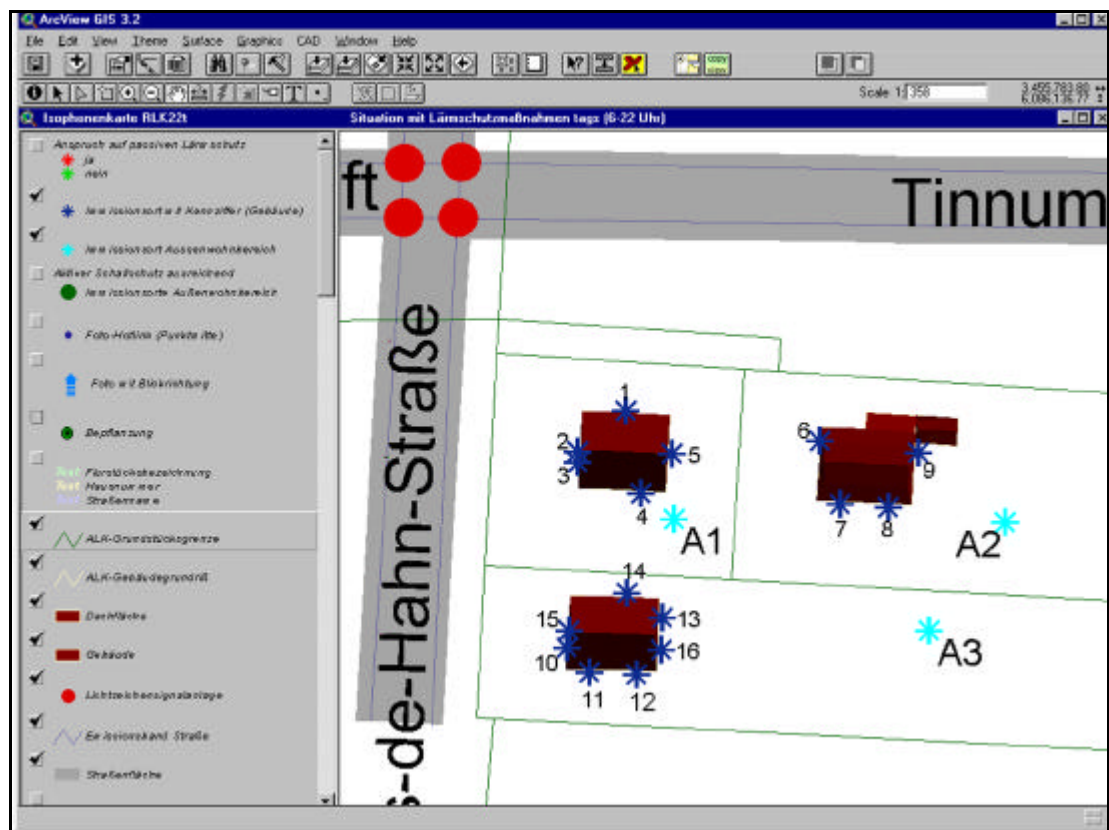


Abb. 32: Punkthafte Darstellung von Immissionsorten im Innen- und Außenbereich

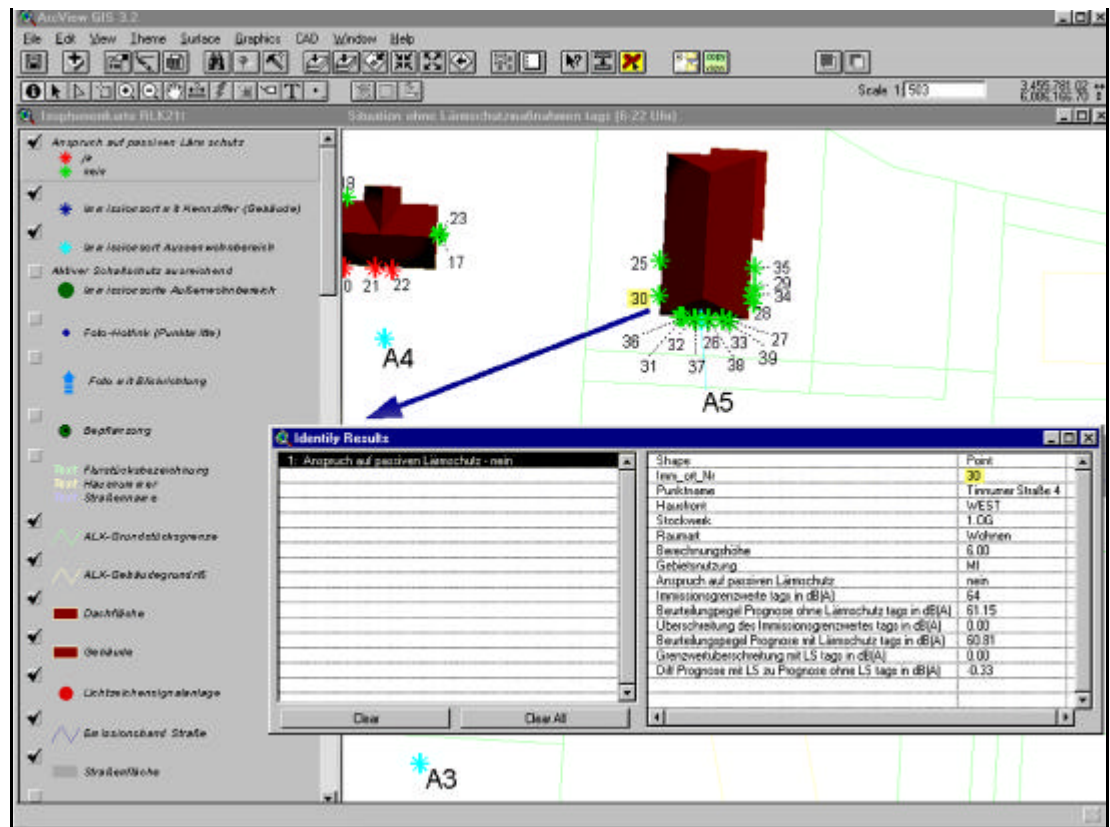


Abb. 33: Datenbankabfrage zu den Immissionsorten im Projektgebiet Westerland/Sylt

Wie in den bereits besprochenen Beispielen werden auch hier die Messstellen (simuliert) durch punkthafte Signaturen wiedergegeben. Dabei gibt es die Möglichkeit, zwei unterschiedliche Informationsebenen einzublenden: a) Lage der Immissionsorte im Innen- und Außenbereich und b) ob am einem Immissionsort ein Anspruch auf passiven Lärmschutz besteht. Die sternförmigen Signaturen sind in diesem kleinräumlichen Beispiel am Bildschirm gut zu erkennen. Fraglich ist allerdings, ob dies auch bei einem großräumlichen Beispiel auf Grund der spezifischen Darstellungseigenschaften des Bildschirms (siehe z. B. BRUNNER 2001, RÄBER und JENNY 2001) der Fall ist. Die Verwendung quadratischer Signaturen kann hier zu einer besseren Erkennbarkeit beitragen.

Ein großer Vorteil des Computereinsatzes ist die Möglichkeit, die Karte mit weiteren Informationen zu verknüpfen, die der Nutzer interaktiv abfragen kann (SERVIGNE et al. 1999, S. 7) (zum Begriff der „Hyperkarte“ siehe Kap. 3.2). Damit wird das Problem vermieden, dass durch detailliertere Informationen im Kartenbild, z. B. in Form von Diagrammen, ein großer Teil der Basiskarte verdeckt und damit unlesbar wird (vgl. Beispiel 2, Messpunkt-Diagramm London). In Abbildung 33 wird diese Möglichkeit der Abfrage von detaillierten Informationen zu einem Immissionspunkt dargestellt.

Beispiel 4: Lärmkarte Lyon (Vorschlag, 1999)

Der Prototyp für ein Informationssystem zur Darstellung der urbanen Geräuschumgebung wird zur Zeit im „Laboratory for Information System Engineering“ (INSA/UCBL) an der Universität von Lyon entwickelt (SERVIGNE et al. 1999). Im Rahmen dieses Projektes ist auch die Visualisierung der Geräuschumgebung

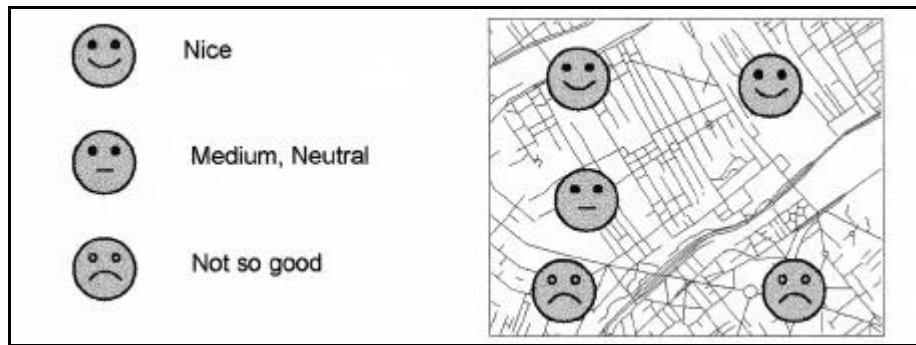


Abb. 34: Bildhafte Symbole zur Beschreibung einer Geräuschumgebung (Quelle: SERVIGNE et al. 1999, o. S.)

betrachtet und auf eine graphische Semiologie speziell für Lärmkarten hingewiesen worden. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 34 dargestellt. Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Beispielen, in denen ausschließlich geometrische Signaturen verwendet wurden, werden hier bildhafte Signaturen eingesetzt, um ordinal skalierte qualitative Aussagen über die Geräuschumgebung wiederzugeben.

Durch die Verwendung von „Smileys“ kann der Kartennutzer sehr schnell erfassen, wo die Lärmbelastung hoch bzw. niedrig ist. Darüber hinaus kann die Größe der Punkte so gering gehalten werden, dass nicht zu große Teile der Basiskarte verdeckt werden, auch wenn die Verringerung der Größe natürlich nicht zu einer Beeinträchtigung der Lesbarkeit am Bildschirm führen sollte. Dieser Nachteil bildhafter Signaturen wird auch von ARNBERGER (1997, S. 53) und IMHOF (1971, S. 65) gesehen, wobei letzterer generell vor „zu weit gehenden Spielereien“ im Hinblick auf die graphische Gestaltung warnt. Darüber hinaus kann die Verwendung „allgemeingültiger“ bildhafter Signaturen MACEACHREN (1994, S. 323) folgend dazu führen, dass Kartographen auf die Erklärung bildhafter Signaturen in der Zeichenerklärung verzichten oder diese, falls vorhanden, von den Kartennutzern ignoriert wird.

Ein weiteres Problem sind die geringen graphischen Variationsmöglichkeiten, die zwar, wie im Beispiel gezeigt, für drei Klassen ausreichend sind, darüber hinaus aber kaum Spielraum bieten. Diese begrenzten Möglichkeiten bemängelt auch ARNBERGER (1997, S. 53).

Letztendlich muss darüber hinaus die thematische Aussage kritisiert werden, auch wenn es sich hier nur um ein Beispiel handelt, denn auf welcher Grundlage kann eine Klassifizierung in eine schöne, neutrale oder nicht so gute Geräuschumgebung erfolgen, d. h., wessen Empfinden wird als Maßstab angesetzt? Hierzu sind auch nach Meinung von SERVIGNE et al. (1999, S. 6) umfassende Forschungen notwendig.

Zusammenfassung

Die punkthafte Darstellung der Lärmbelastung in Karten ist sinnvoll, wenn an einem Ort gemessene / berechnete Immissionswerte oder Emissionswerte wiedergegeben werden sollen. Die Signaturen sollten möglichst klein sein, damit nicht zu große Teile der Basiskarte verdeckt werden. Daraus ergeben sich zwei weitere Konsequenzen:

- a) Auf eine Größenveränderung der Signaturen zur Wiedergabe von Quantitäten sollte zugunsten des Farb- bzw. Graustufeneinsatzes verzichtet werden.

b) Geometrische Signaturen sollten gegenüber bildhaften Signaturen bevorzugt eingesetzt werden, um die Lesbarkeit auch bei kleiner Größe zu gewährleisten.

Im Hinblick auf die Bildschirmdarstellung ist anzumerken, dass die Signaturenform auf Grund der spezifischen Darstellungseigenschaften des Bildschirms horizontal bzw. vertikal ausgerichtete Kanten aufweisen sollte. Daher sind quadratische Signaturen punktförmigen vorzuziehen.

Da Farbabstufungen, gerade bei kleinen Signaturen, nicht unbedingt gut den entsprechenden Farben in der Legende zugeordnet werden können, sollte bei der Gestaltung einer interaktiven Lärmkarte von der Möglichkeit Gebrauch gemacht werden, zusätzliche Informationen für jeden Messpunkt direkt im Kartenbild oder als Teil der Kartenrandangaben anzuzeigen. Das heißt, die Lage des Messpunktes wird durch eine Standortsignatur angegeben und weitere Informationen können auf Mausclick abgerufen werden. Ein Nachteil dieser Darstellungsweise ist allerdings, dass der Nutzer keinen Überblick über die Lärmsituation erhält, da er nur die Lage der Messpunkte angezeigt bekommt. Eine Kombination zwischen dem Einsatz von quantitativen geometrischen Signaturen und zusätzlich abrufbaren Informationen, z. B. Tagesverlauf der Messung oder Werte unterschiedlicher Lärmquellen in Diagrammform, kann als optimal angesehen werden.

b) Linienhafte Darstellung

Liniensignaturen können sowohl zur Abgrenzung flächenhafter Diskreta als auch zur Wiedergabe linienhafter Erscheinungen verwendet werden (ARNBERGER 1997, S. 56). Differenziert wird hierbei meist nach qualitativen, quantitativen oder zeitlichen Eigenschaften (IMHOF 1972, S. 110). Das Lagemerkmal reicht nach HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 427) „von der Grundrissähnlichkeit bei Begrenzungslinien bis zur Lagetreue bei fiktiven Mittellinien“.

Da sich ein großer Teil der Geräuschquellen entlang von Linien bewegt (s. Kap. 3.3), wird dieses graphische Element in Lärmkarten zur Darstellung der Geräuschemissionen eingesetzt. Vorwiegend findet sich diese Darstellungsmethode in Lärmkarten mit der Lärmquelle Straßenverkehr wieder. Wie bereits in der Einführung zur punkthafte Darstellung (s. o.) erwähnt, wurde auch diese Methode primär eingesetzt, als man die flächenhafte Lärmausbreitung noch nicht computergestützt berechnen konnte. Außerdem ist eine Darstellung der Schallemissionen durch Liniensignaturen im innerstädtischen Bereich ausreichend, um Informationen über den Grad der Lärmbelastung der Anwohner wiederzugeben, denn die Häuserfronten grenzen zumeist unmittelbar an die Straßen, d. h., der Lärm verringert sich nur unerheblich von der Quelle zum Empfänger.

Beispiel 5: Lautstärken-Karte eines Berliner Stadtbezirkes (1938)

Die 1938 erstellte Lautstärken-Karte eines Berliner Stadtbezirkes ist eines der ersten Beispiele für eine Lärmkarte überhaupt. Drei Monate lang wurden die Phon-Werte an Wochentagen und samstags an 260 Messpunkten aufgenommen. Zwei Lärmkarten wurden zur Präsentation der Ergebnisse erstellt, eine für den internen Gebrauch mit farbiger Darstellung und eine für die Veröffentlichung mit einer schwarzweißen Schraffurdarstellung (GLÜCK 1973, S. 32 ff.). Als Beispiel wird im folgenden die Schraffurdarstellung diskutiert (Abb. 35).

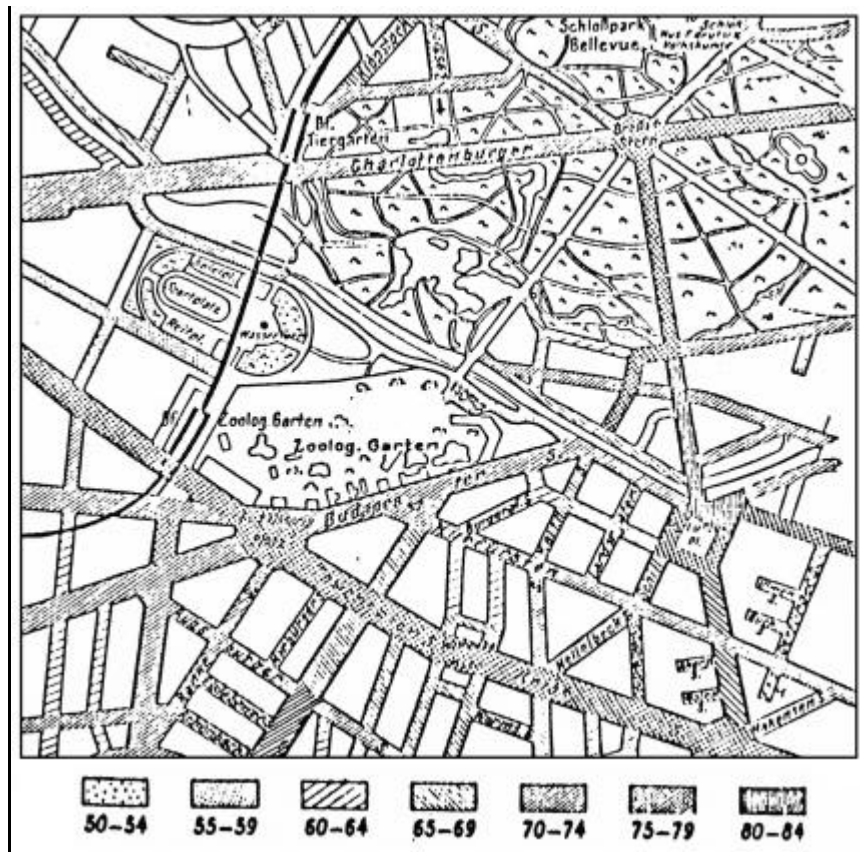


Abb. 35: Lärmkarte eines Berliner Stadtbezirkes (1938) (Quelle: GLÜCK 1973, S. 199)

Insgesamt sieben Klassen werden durch entsprechende Schraffuren repräsentiert, wobei die Form/Dichte nach dem Helligkeitsprinzip variiert worden ist, um die Quantitäten zum Ausdruck zu bringen. Wie schon bei der punkthaften Darstellung muss auch hier angemerkt werden, dass eine Wiedergabe der Quantitäten über die Linienbreite grundsätzlich empfohlen, ja oftmals sogar als einzige Möglichkeit angesehen wird (vgl. HAKE und GRÜNREICH, 1994, S. 427).

Als Beispiele werden immer wieder Verkehrsstärkekarten genannt, in denen die Höhe des Verkehrsaufkommens über eine Veränderung der Linienstärke wiedergegeben wird (siehe z. B. WITT 1970, S. 413). Ein Beispiel (Abb. 36) soll an dieser Stelle verdeutlichen, dass auf diese Weise zwar Quantitäten zum Ausdruck gebracht werden können, die Basiskarte allerdings größtenteils verdeckt wird.

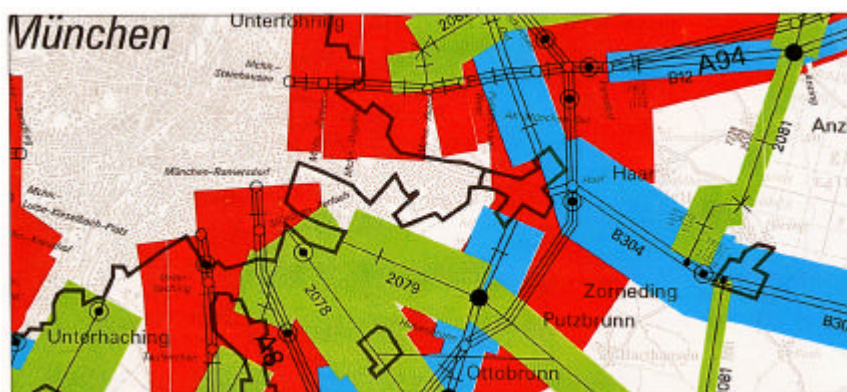


Abb. 36: Bayern, Verkehrsmengenkarte (1990) (Quelle: KERN und MORHARD 1995, Beilage 1, Abb. 5)

Außerdem ist besonders in Innenstädten, dem Bereich also, für den ein Grossteil der Lärmkarten erstellt wird, das Straßennetz sehr dicht, wodurch sich Darstellungsprobleme aus der Überlagerung mehrerer Bänder ergeben können (zu dieser Problematik bei Verkehrsstärkekarten siehe WITT 1970, S. 414). Daher lässt sich festhalten, dass die Darstellung der Quantität in Lärmkarten über die Veränderung der Linienbreite besonders im Innenstadtbereich keine adäquate Lösung ist.

Auch die Verwendung von Schraffuren stellt sicherlich keine optimale Lösung dar, wobei noch einmal darauf hingewiesen werden muss, dass für den internen Gebrauch auch eine farbige Ausgabe angefertigt worden ist, die allerdings für diese Arbeit nicht zur Verfügung stand (für eine farbige Lösung siehe Beispiel 6, Lärmkarte Dortmund). Als weiterer Grund, der für den Einsatz von Schraffuren spricht, sind sicher auch die Anfang des 20. Jh. begrenzten drucktechnischen Möglichkeiten zu nennen, die nur eine schwarzweiße Darstellung ohne gerasterte Halbtöne erlaubt haben.

Gegen die Wiedergabe von Quantitäten mittels Schraffuren spricht die mangelnde Übersichtlichkeit der Karte. Obwohl es möglich ist, an einer bestimmten Stelle die notwendigen Informationen zu entnehmen, erschließen sich Bereiche hoher und niedriger Lärmbelästigung nicht auf einen Blick. Auch die Verwendung von unterschiedlichen Signaturen (Punkt, Linie) in Kombination mit unterschiedlichen Richtungen kann nicht als glücklich bezeichnet werden. Hinzu kommt, dass die Schraffuren auf die Straßenfläche begrenzt sind, wodurch auf Grund der unterschiedlichen Breite und dem wechselnden Verlauf der Straßen besonders bei Liniensignaturen optische Täuschungen entstehen können (Abb. 35), was eine Zuordnung der Signaturen zu bestimmten Klassen erschwert.

Um einen Gesamtüberblick über die Lärmsituation zu ermöglichen, könnten beispielsweise die einzelnen Klassen allein über eine Variation des Abstandes der Schraffurlinien wiedergegeben werden (SLOCUM 1999, S. 23). Diese Möglichkeit ist für eine Lärmkarte von Düsseldorf aus dem Jahr 1952 angewendet worden (Abb. 37). Einziger Kritikpunkt ist das zu deutliche Hervortreten der Klasse über 84 phon durch die schwarze Flächenfüllung.

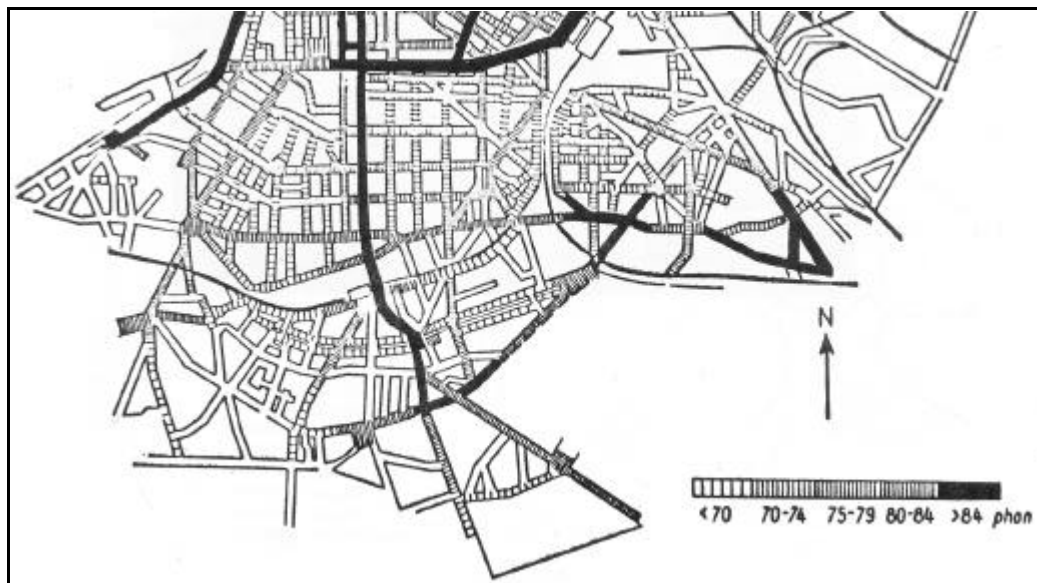


Abb. 37: Ausschnitt Lärmkarte Düsseldorf (1952) (Quelle: GLÜCK 1973, S. 207)

Beispiel 6: Lärmkarte Dortmund (1973)

Ein Beispiel für die Verwendung von farbigen Liniensignaturen zur Darstellung von Quantitäten ist die Lärmkarte von Dortmund aus dem Jahr 1972 (Abb. 38). Die angewendete Farbskala setzt sich aus einer Abstufung von grün über gelb nach rot zusammen, die auch als Ampel-Skala bezeichnet wird, wobei die Farbe rot große und die Farbe grün niedrige Dezibelwerte anzeigt. Diese Farbgebung wird für den überwiegenden Teil aller Lärmkarten angewendet und zeichnet sich durch eine gute Übersichtlichkeit aus, d. h., der Nutzer kann mit einem Blick erfassen, wo die Lärmbelastung besonders hoch ist.

Trotz der vordergründig betrachteten guten Anschaulichkeit solcher farbigen Lärmkarten gibt es auch einige Kritikpunkte. So weist MACEACHREN (1995, S. 126) auf die mangelnde Unterscheidbarkeit von Farben hin und zitiert TRAVIS, der angibt, dass 8 % aller Menschen farbenfehlsichtig sind und z. B. Rottöne nicht von Grüntönen unterscheiden können. Ein weiterer Nachteil noch in der Mitte des 20. Jh., der inzwischen auf Grund der besseren drucktechnischen Möglichkeiten nicht mehr ganz so erheblich ist, ergab sich aus den mangelnden Vervielfältigungsmöglichkeiten. So wurde die vorliegende Lärmkarte von Dortmund im Druckoriginal mit einem 10/12-Farben-Offsetdruck hergestellt: ein nicht zu unterschätzender Kostenfaktor. Dass insbesondere für Liniensignaturen der Einsatz von Farbe als kritisch anzusehen ist, stellt WITT (1970, S. 416) fest, denn „während man bei Flächenfarben durch Rasterkombination von drei oder vier Grundfarben eine sehr große Anzahl von Farb-abstufungen erzielen kann, ist man bei den Farblinien auf die reinen und kräftigeren Grundfarben beschränkt; (...)“

Als großen Vorteil der Verwendung von Farben spricht BERTIN (1974, S. 99) deren „starke psychologische Anziehungskraft“ an. Dies resultiert nach BERTIN (ebd.) in einer Erregung der Aufmerksamkeit und einer besseren Speicherung der Informationen im Gedächtnis. Allerdings muss angemerkt werden, dass die zunehmenden

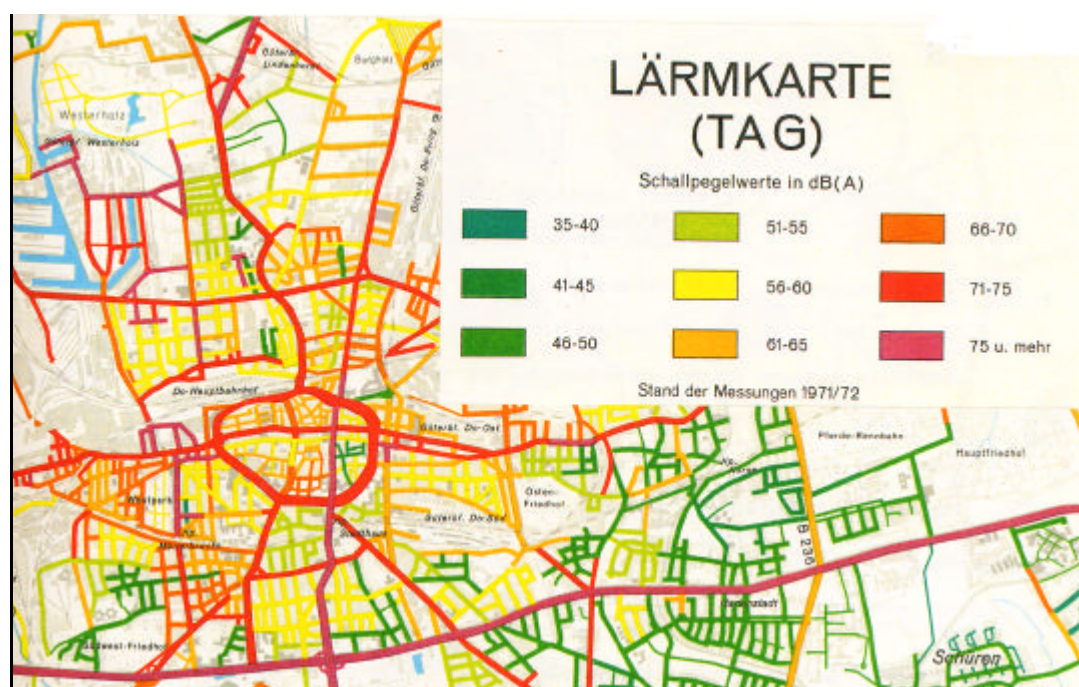


Abb. 38: Lärmkarte Dortmund (1973) (Quelle: LEIBBRAND 1984, Bd. II, Beilage 410-59)

Möglichkeiten für den Einsatz von Farbe (SLOCUM 1999, S. 83) nicht immer auch eine bessere Informationsvermittlung zur Folge haben (MONMONIER 1996, S. 227 f.). So weist GREEN (1991, S. 871) auf die von Kartographen festgestellte steigende Zahl ineffektiver Farbkarten hin, die mit GIS-Software hergestellt werden. Generelle Richtlinien für den Einsatz von Farben seien zwar entwickelt worden, aber diese könnten nicht unverändert auf Farbbildschirme oder Drucker übertragen werden (GREEN 1991, S. 872).

Immer noch nicht an Gültigkeit verloren hat hingegen die ebenfalls von BERTIN (1974, S. 98) angesprochene Symbolik der Farben. Jeder Mensch verknüpft mit einer Farbe bestimmte Assoziationen, wobei einige weltweit gültig sind, der überwiegende Teil aber kulturell geprägt ist (KEATES 1996, S. 231). Aus diesen kulturellen Unterschieden ergeben sich nach MACEACHREN (1994, S. 160) Probleme „in trying to select colors for maps used in cross-cultural contexts or default colors in mapping systems for a multinational market.“ Gleiches gilt nach Peterson auch für Computersoftware, denn jedes Programm „is very much a reflection of the author’s culture“ (PETERSON 1993, S. 870).

Obwohl für Planungszwecke erstellte Lärmkarten zunächst einmal in einem Land, bzw. in einer Stadt verwendet werden, müssen die Farbassoziationen beachtet werden, denn rot bedeutet beispielsweise „Gefahr“, und eine Lärmkarte, die überwiegend rot ist, deutet damit auf eine hohe Lärmbelastung hin. Dagegen ist die Farbe grün eher mit den Bedeutungen „Ruhe“ oder „Natur“ verknüpft und impliziert somit in einer Lärmkarte eine niedrige Lautstärke. Dieser Einsatz von Farben entspricht der Auffassung BERTINS (1974, S. 98), auffällige Farb-Assoziationen zu vermeiden, „die mit dem universellen Wesen des darzustellenden Begriffs unvereinbar sind“.

Dennoch muss auf die Möglichkeit der Beeinflussung des Kartennutzers durch die Farbauswahl für Lärmkarten explizit hingewiesen werden, denn durch eine geschickte Wahl der Farbskala lässt sich die Kartenaussage erheblich beeinflussen, z. B. indem für ein hochbelastetes Gebiet nur Grüntöne verwendet werden (Abb. 46, S. 96). Um solchen Manipulationen entgegenzuwirken ist bei der Erstellung von Lärmkarten für Planungszwecke die DIN 18005 anzuwenden, in der die Farbtöne für die einzelnen Klassen genau festgelegt sind. Eine kritische Diskussion dieser Farbskala findet sich bei ENGNATH und KOCH (2001, S. 102 ff.), wobei die Autoren auch zwei neu entwickelte Farbskalen vorstellen. In jedem Fall gilt, dass die Farben in der Skala nicht willkürlich, sondern gestuft verwendet werden sollten (siehe Beispiel 1, Flug-Lärmkarte Berlin), da Quantitäten wiedergegeben werden.

Zusammenfassung

Liniensignaturen eignen sich besonders zur Darstellung der Verkehrslärmemissionen, da sich die Fahrzeuge / Lärmquellen entlang von Straßen / Linien bewegen. Aus diesen Lärmkarten lässt sich die Belastung der Bevölkerung ermitteln, auch wenn keine flächenhafte Berechnung der Lärmausbreitung vorgenommen wird, denn im dicht besiedelten Raum grenzen die Häuserfronten meistens unmittelbar an die Straßen.

Da zur Vervielfältigung von Lärmkarten vor der breiten Anwendung des Offset-Druckverfahrens eine zweifarbige (schwarzweiße) Darstellung notwendig und kostengünstiger war, sind bis in die 60er Jahre des 20. Jh. Schraffuren zur Wieder-

gabe der Quantitäten eingesetzt worden. Problematisch ist bei dieser Art der Darstellung die mangelnde Übersichtlichkeit, d. h., dass es für den Kartennutzer mitunter schwierig ist, die Bereiche hoher bzw. niedriger Messwerte mit einem Blick zu erfassen. Um die Stetigkeit der Werte zum Ausdruck zu bringen, kann zwar der Linienabstand variiert werden, wobei allerdings bei einer größeren Anzahl von Klassen die Zuordnung der Schraffur zu einer bestimmten Klasse schwer fällt. Außerdem muss auf optische Täuschungen hingewiesen werden, die sich bei der Verwendung von Liniensignaturen aus der unterschiedlichen Straßenbreite und deren wechselndem Verlauf ergeben können.

An kartographischen Gestaltungsmitteln werden heute überwiegend farbige Linien eingesetzt, wobei jede Farbe einer bestimmten Wertklasse zugeordnet wird. Auch wenn die Verwendung von Farbe eine gute Übersichtlichkeit gewährleistet, sollte sie zweckmäßig eingesetzt werden. So ist es sinnvoll, eine gestufte Farbskala zu verwenden, um die Stetigkeit der gemessenen Werte zum Ausdruck zu bringen, z. B. von grün über gelb nach rot. Außerdem muss die Zuordnung der Farbwerte zu den einzelnen Klassen bedacht werden, da der Kartennutzer auf Grund der assoziativen Farbwirkung schnell zu Fehlurteilen über die tatsächliche Lärmsituation verleitet werden kann. Ein Beispiel hierfür wäre ein hoher Rotanteil, der Gefahr signalisiert, in einem ruhigen Wohngebiet.

c) Flächenhafte Darstellung

Auch wenn die Darstellung von Kontinua in den Lehrbüchern zur Thematischen Kartographie überwiegend in einem gesonderten Kapitel behandelt wird (vgl. ARNBERGER 1997; IMHOF 1972), erfolgt in der vorliegenden Arbeit deren Diskussion im Kapitel „Flächenhafte Darstellung“. Dies hat folgende Gründe: 1. Bei dem Phänomen Lärm handelt es sich, wie bereits in der Einleitung zu Kapitel 3.4 festgestellt worden ist, um ein Kontinuum. Allerdings basiert die gewählte Gliederung nicht auf den Eigenschaften des Phänomens, sondern auf den Methoden, mit denen dieses Phänomen in Karten dargestellt werden kann. 2. Sowohl die Darstellungsmethoden für Kontinua wie auch für flächenhafte Diskreta können insofern als flächenhaft bezeichnet werden, als dass die Ausdehnung der Phänomene flächenhaft (z. B. Landnutzung und Temperatur) ist. Als Abgrenzungskriterium für Kontinua wird in der Literatur auf die stetige Änderung des Wertefeldes hingewiesen (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 438).

Der Übergang zwischen linien- und flächenhafter Darstellung ist fließend und hängt besonders vom gewählten Maßstab ab. HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 419) illustrieren dies für die Einordnung von Objekten als lokal oder flächenhaft an einem Beispiel: „Eine Fabrik lässt sich in sehr großem Maßstab noch in ihrem Grundriss, also flächenhaft darstellen; mit kleiner werdendem Maßstab entsteht daraus eine lokale Signatur.“ Gleiches gilt auch für das Straßennetz. Betrachtet man das gesamte Stadtgebiet, werden die Straßen auf Grund des kleinen Maßstabs als Linien wiedergegeben. Wird dagegen nur ein Stadtteil oder einige Straßenzüge in einem großen Maßstab dargestellt, weisen die Straßen eine unterschiedliche Breite auf, und Plätze werden flächenhaft wiedergegeben. Da dieser flächenhafte Charakter in der Lärmkarte von Nantes deutlich wird, erfolgt die Besprechung der Karte in diesem Kapitel (s. u.).

Beispiel 7: Lärmkarte Nantes (1999)

Einen Sonderfall der Darstellung des Phänomens Lärm stellt die Lärmkarte für einen Stadtteil von Nantes (Abb. 39) dar. Zum einen kann die Darstellung nicht eindeutig als linien- oder flächenhaft bezeichnet werden und zum anderen werden keine Messwerte, sondern Qualitäten der Geräuschumgebung wiedergegeben. Die Datenaufnahme erfolgte über zahlreiche Tonaufzeichnungen an verschiedenen Punkten eines Stadtteils von Nantes. Diese wurden im Labor analysiert und in unterschiedliche Klassen eingeteilt, von denen jede eine spezifische Geräuschumgebung kennzeichnet. Auf diese Weise war es möglich, bestimmte Lokalitäten auf Grund der kennzeichnenden Geräusche einer Klasse zuzuordnen, z. B. überwiegend Fußgängergeräusche. Die Bildung der Klassen erfolgte mit Hilfe eines sog. Dreiecksdiagramms (ARNBERGER 1997, S. 93; IMHOF 1992, S. 93; WITT 1970, S. 170 ff.).

Als Gestaltungsmittel für die unterschiedlichen Klassen werden Farbtöne eingesetzt, wobei unterschiedliche Klassen in der Karte exakt voneinander abgegrenzt werden. Obwohl die Verwendung unterschiedlicher Farbtöne sicher eine gute gestalterische Lösung ist, stellt sich die Frage, ob eine exakte räumliche Abgrenzung der Klassen der kontinuierlichen Veränderung der Geräuschumgebung nicht widerspricht. Es ist eher davon auszugehen, dass sich die verschiedenen Geräuschklassen an ihren Grenzen gegenseitig durchdringen. Um dies zum Ausdruck zu bringen, könnte nach HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 429 f.) eine Verzahnung oder Überlappung eingesetzt werden. ARNBERGER (1997, S. 135) schlägt zur Darstellung von Übergangs- und Durchmischungsgebieten gestufte Farbübergänge vor, die mit den heutigen technischen Möglichkeiten mittels eines Computers einfach zu realisieren sind. Eine weitere gestalterische Möglichkeit zur Wiedergabe einer nicht exakt abgrenzbaren Objektverteilung ist nach HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 430) die Darstellung

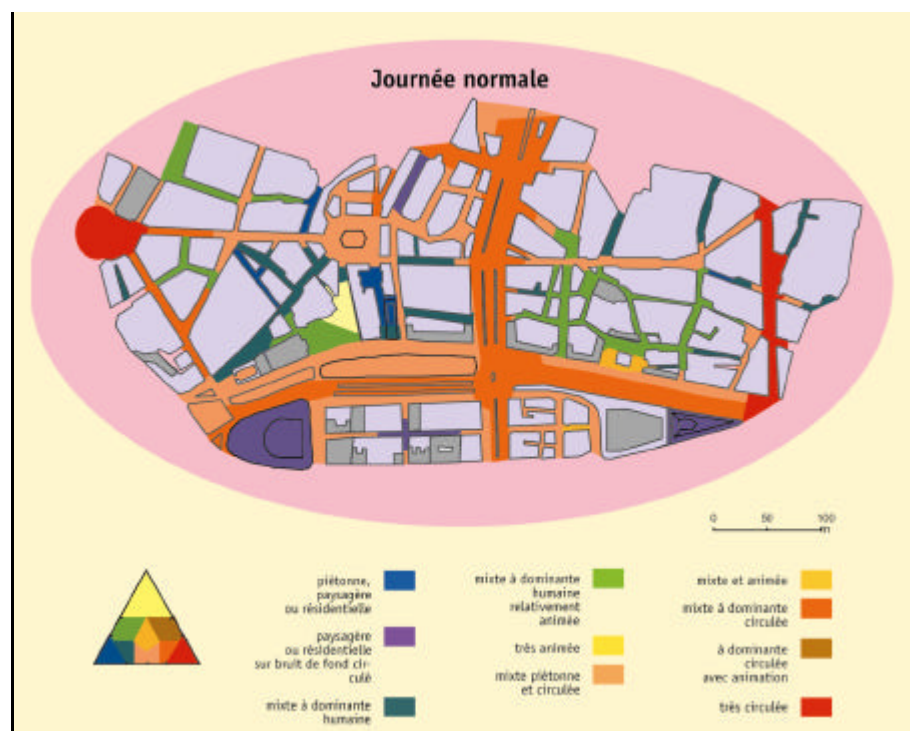


Abb. 39: Qualitative Darstellung einer Geräuschumgebung
(Quelle: LÉOBON 2001, o. S.)

durch bildhafte Flächensignaturen (vgl. Beispiel 4, Lärmkarte Lyon) oder Schrift. Hierdurch kann der Eindruck einer „parzellenscharfen“ Festlegung vermieden werden (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 430).

Beispiel 8: Lärmkarte zur geplanten Eisenbahnstrecke Niederlande-BRD (2000)

In einem Bericht des niederländischen „Ministerie van Verkeer en Waterstaat“ werden die zu erwartenden Auswirkungen einer geplanten Eisenbahnstrecke Niederlande-BRD vorgestellt (MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT 2000). Neben einem Textteil sind für jedes Teilstück Karten angefertigt worden, in denen die projektieren Auswirkungen räumlich dargestellt werden. Abbildung 40 zeigt eine Karte der zu erwartenden Lärmbelastung im Teilgebiet 1 (Vechten-Bunnik - Driebergen-Zeist [Kromme Rijn]). Die Lärmbelastung wird durch Isolinien wiedergegeben, wobei Linien mit einem unterschiedlichen Dezibelwert farblich voneinander unterschieden werden.

Isolinien als kartographisches Mittel zur Wiedergabe räumlich kontinuierlicher Phänomene werden in der Fachliteratur zur Thematischen Kartographie durchweg als bedeutend und am häufigsten vorkommend angesehen (siehe z. B. HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 439; WITT 1970, S. 322). Isobathen (Linien gleicher Tiefe unter einer Bezugsfläche) sind bereits im 16./17. Jh. verwendet worden und gelten als „eine der ältesten, bekanntesten und eigenständigsten Darstellungsformen (WITT 1970, S. 319). Einen Überblick zur Geschichte der Isolinien geben WITT (1970, S. 319 ff.) und DENT (1999, S. 192 f.).

Neben dem Begriff der „Isolinie“ findet sich in der deutschsprachigen Literatur auch der Begriff „Isarithmen“ (WITT 1970, S. 322), während in der englischsprachigen Literatur die entsprechenden Begriffe „isarithmic map“ (DENT 1999, S. 189) bzw. „isoline“ (DENT 1999, S. 203) verwendet werden. SLOCUM (1999, S. 154) spricht dagegen von „contour lines“. ARNBERGER stellt im Hinblick auf diese Begriffsunsi-

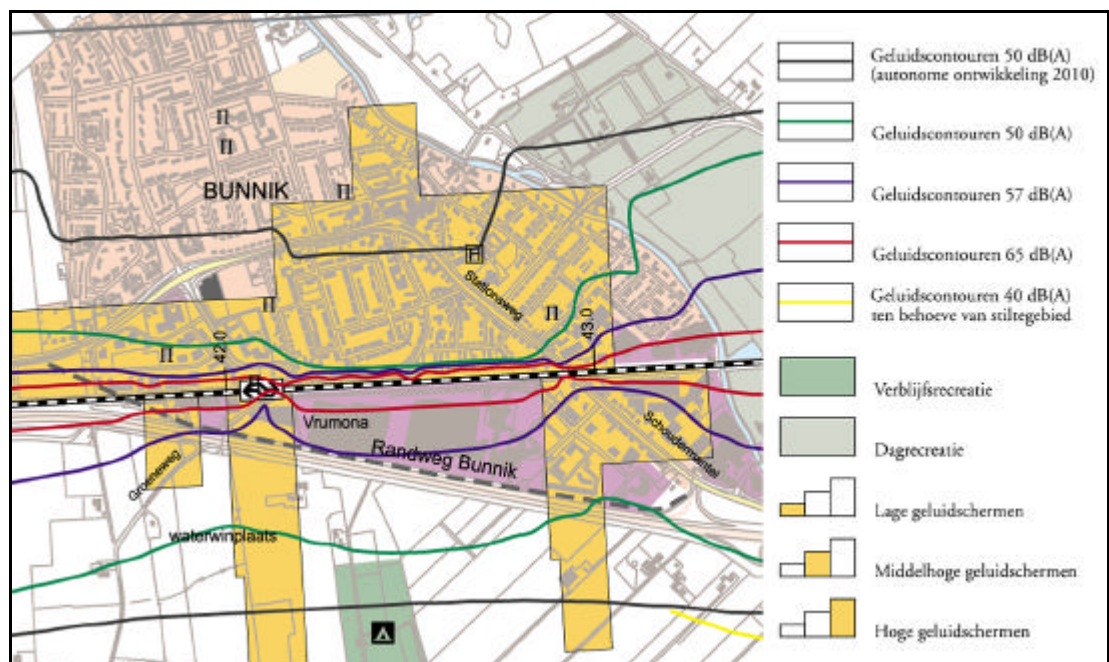


Abb. 40: Lärmkarte Eisenbahnstrecke Niederlande-BRD (2000) (Quelle: MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT 2000)

cherheit fest, dass seit der Frühzeit der Isolinienverwendung bereits 166 verschiedene Isolinienbegriffe entstanden sind und sieht es daher nicht als sinnvoll an, „von dem nicht nur in der Geographie und der Kartographie alteingeführten Oberbegriff „Isolinie“ abzugehen“ (ARNBERGER 1997, S. 128). Dieser Argumentation folgend wird hier der Begriff „Isolinie“ verwendet.

Neben den Informationen zur zukünftigen Lärmbelastung enthält die Karte Angaben über die Höhe der geplanten Lärmschutzmaßnahmen. Hierfür werden von der Eisenbahnlinie ausgehend unterschiedlich hohe Rechtecke verwendet, die mit einem transparenten Orangeton gefüllt sind. Auf diese Weise kann der Nutzer mit einem Blick die Länge und Höhe der Lärmschutzmaßnahmen entnehmen. In der Basiskarte finden sich topographische Grundinformationen. Farblich hervorgehoben wird die Nutzung verschiedener Gebiete wie Industrie- und Gewerbeflächen, Wohngebiete und Erholungsgebiete.

Trotz des umfangreichen Farbeinsatzes bleibt die Karte gut lesbar, was zu einem großen Teil auf die Verwendung von Isolinien ohne Schraffur bzw. Flächenfüllung (siehe Beispiel 9, Lärmkarte des Hansaviertels Berlin und Beispiel 10, Lärmkarte der Stadt Mannheim) zurückzuführen ist. Die für die Basiskarte und die Lärmschutzmaßnahmen eingesetzten hellen Farbtöne treten vor den kräftigen Farben der Isolinien in den Hintergrund, so dass sich das Thema deutlich von der Basiskarte abhebt, diese aber dennoch gut lesbar bleibt. Einziger Nachteil dieser Darstellung ist die fehlende Übersichtlichkeit, d. h., der Nutzer kann die Bereiche niedriger und hoher Lärmbelastung nicht mit einem Blick identifizieren, sondern muss sich erst in die Karte einlesen. Allerdings muss hierzu angemerkt werden, dass die Lesbarkeit der Karte nicht zuletzt durch die geringe Komplexität der Schallausbreitung, die sich an beiden Seiten entlang der Eisenbahnlinie erstreckt, deutlich verbessert wird. Für die Darstellung der flächenhaften Lärmwirkungen von Straßenverkehr in einem innerstädtischen Gebiet (siehe z. B. Beispiel 10) scheint mir diese Methode nicht geeignet zu sein. Möglicherweise lässt sich die Lesbarkeit durch die Verwendung gestufter Farben für die Isolinien (z. B. von rot nach gelb) verbessern, anstatt Farben zu nehmen, die beim Betrachter nicht den Eindruck einer kontinuierlichen Wertstufung hervorrufen (rot, blau, grün, gelb).

Beispiel 9: Lärmkarte des Hansaviertels Berlin (1959)

In einer Untersuchung zur Lärmbelastung des Berliner Hansaviertels aus dem Jahr 1959 wurde der Versuch unternommen, das Gebiet mit einer möglichst geringen Anzahl von Punkten flächenmäßig möglichst genau zu erfassen. Ausgehend von Messungen an 22 Punkten wurde im Rahmen der Auswertung der Schallpegel an 60 bis 80 weiteren Punkten berechnet. Nach Aussage des Projektleiters wurde der größte Teil der insgesamt sechs Monate dauernden Untersuchung für diese aufwendigen Berechnungen und die Abfassung des Abschlussberichtes benötigt (GLÜCK 1973, S. 37/38). Die Ergebnisse sind in drei Karten festgehalten worden, wobei der Schallpegel durch unterschiedliche Schraffuren dargestellt wird. Abbildung 41 zeigt eine dieser Karten, in der die mittleren Lautstärken-Spitzenwerte der S-Bahn wiedergegeben werden.

Auffällig ist zunächst einmal die Zweifarbigkeit (schwarz und weiß) der Karte. Wie schon bei der Lautstärken-Karte eines Berliner Stadtbezirkes (Beispiel 5) erläutert,

ist dies möglicherweise auf die begrenzten drucktechnischen Möglichkeiten zur Vervielfältigung zurückzuführen. Auf Grund der gewählten Darstellungsmethode (flächenhafte Schraffuren) kommt es im Kartenbild zu Konflikten zwischen der Basiskarte und der thematischen Darstellung. Die Gebäude treten als schwarze Flächen gut hervor, aber sämtliche linienhaften Elemente wie Straßen können nicht in gewohnter Weise (Doppellinie) wiedergegeben werden, da der Kartennutzer ansonsten nicht mehr zwischen Basiskarte und thematischer Ebene differenzieren könnte. Dem ist im vorliegenden Beispiel durch die Verwendung einer Liniensignatur, die sich aus aneinander gereihten Punkten zusammensetzt, Rechnung getragen worden.

Die Stetigkeit der DIN-phon-Werte wird durch die Veränderung des Linienabstandes und der daraus resultierenden gestuften Helligkeitsveränderung gut zum Ausdruck gebracht. Einziger Kritikpunkt ist die Anwendung eines Liniennasters für den Bereich 70-73 DIN-phon. In der Karte entsteht im Vergleich mit der nächsthöheren Klasse 74-76 DIN-phon der Eindruck eines lautereren Gebietes, was darauf zurückgeführt werden kann, dass ein Liniennaster auch für die Darstellung der höchsten Klasse ≥ 77 DIN-phon verwendet worden ist. Allerdings wird der Eindruck durch die schlechte Reproduktion noch verstärkt.

Zusammenfassend kann zu dieser Karte festgehalten werden, dass unter der Prämisse der Zweifarbigkeit (schwarz/weiß) ein sehr gutes Ergebnis erzielt worden ist. Trotz des Konfliktes zwischen Basiskarte und thematischer Ebene kann zwischen beiden Informationsschichten gut differenziert werden und der Kartennutzer kann die Lärmsituation mit einem Blick erfassen.

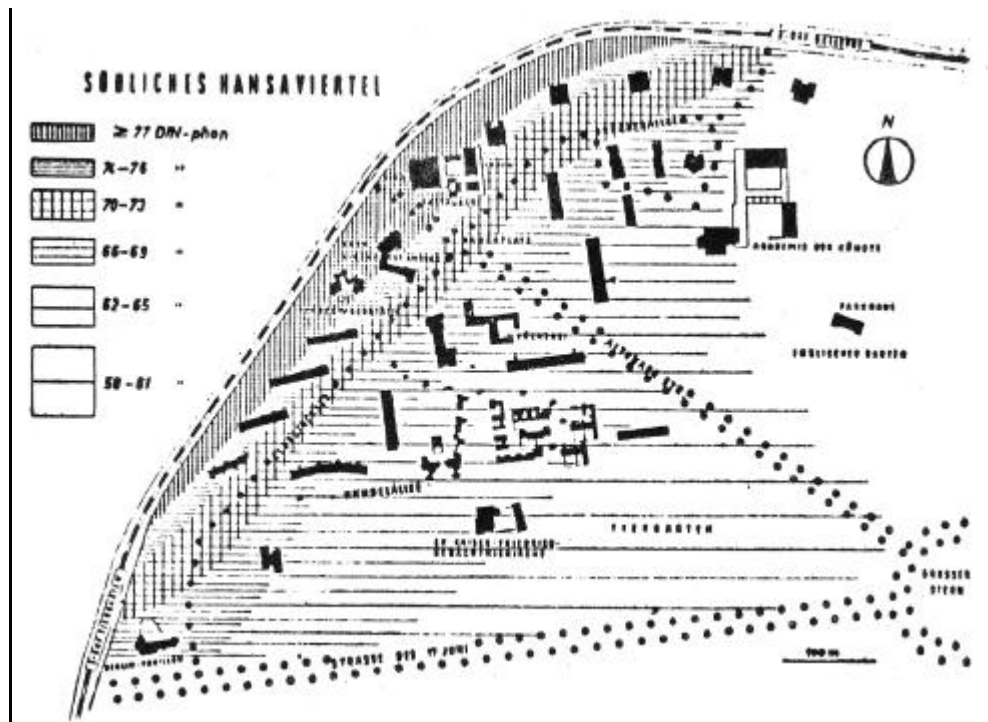


Abb. 41: Lärmkarte des Hansaviertels Berlin (1959) (Quelle: GLÜCK 1973, S. 200)

Beispiel 10: Lärmkarte Mannheim (1974)

Für die Lärmkarte von Mannheim (Abb. 42) wurde von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, das kontinuierliche Phänomen Lärm mit Hilfe von Isolinien und farbigen Wertstufen darzustellen. Diese Darstellungsmethode wird heute für den überwiegenden Teil der Lärmkarten angewendet. Im vorliegenden Beispiel sind die Lärmzonen gemäß DIN 18005 bestimmt worden. Gedruckt wurde die Karte mit sieben Farben auf einer Farbskala von rot bis gelb, die die darunter liegende Basiskarte, eine Topographische Karte im Maßstab 1:25 000, transparent überdecken. Die Isolinien treten auf Grund der gewählten Linienbreite deutlich hervor und markieren so die Wertgrenzen zwischen den einzelnen Bereichen.

Die aus einer flächenhaften Darstellung entstehenden Probleme im Hinblick auf die Differenzierung zwischen thematischer Ebene und der Basiskarte sind im vorhergehenden Beispiel bereits angesprochen worden. Dieser Aspekt ist in der vorliegenden Lärmkarte berücksichtigt worden, indem transparente Farben verwendet wurden. Allerdings wird die Erkennbarkeit der Basiskarte durch die Helligkeit des Farbtones entscheidend beeinflusst, was besonders in den roten Bereichen zu einer schlechteren Lesbarkeit der Basiskarte führt. Vorteilhaft wäre es daher für den Kartennutzer, wenn er den Transparenzgrad der thematischen Darstellung verändern und auf diese Weise Konflikte temporär beseitigen könnte.

Während Isolinien als ein geeignetes kartographisches Mittel zur Wiedergabe räumlich kontinuierlicher Phänomene angesehen werden, gehen die Meinungen zur Verwendung von farbigen Wertstufen oder Flächenschraffuren in der Fachliteratur weit auseinander.

IMHOF (1972, S. 144) hebt die positiven Aspekte von Flächenfarbtönen hervor, denn „sie fassen zusammen, erleichtern die Übersicht, charakterisieren oder symbolisieren das Thema und heben bei guter Farbwahl die Schönheit der Karte.“ Nach

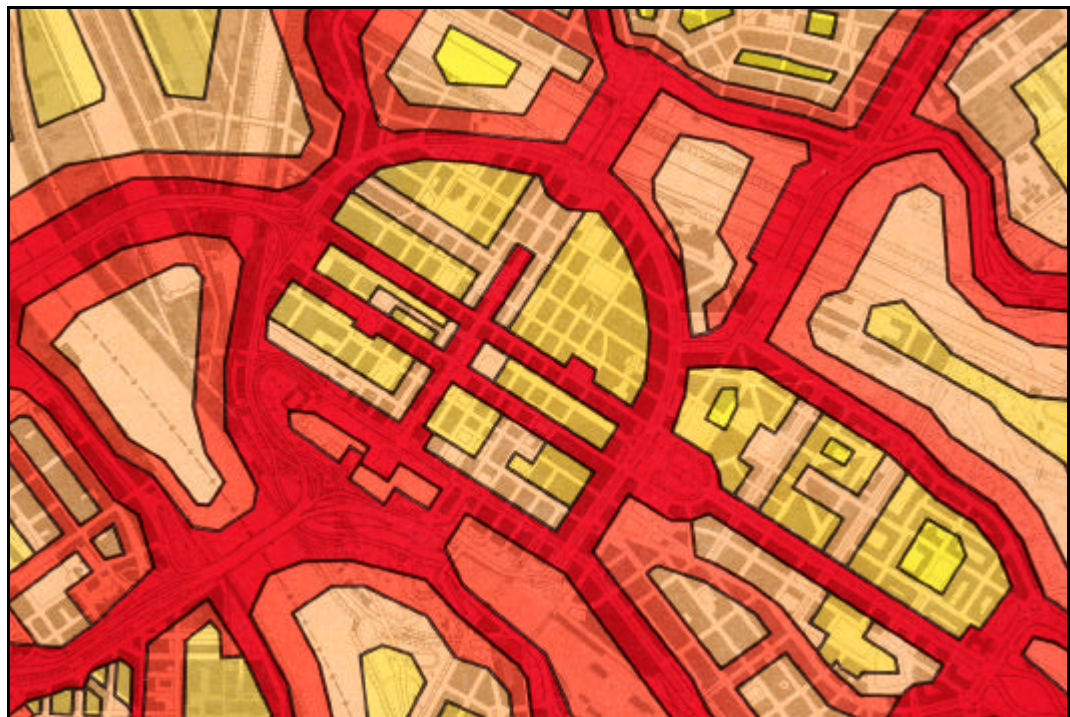


Abb. 42: Lärmkarte Mannheim (1974) (Quelle: LEIBBRAND 1984, Bd. II, Beilage 410-58)

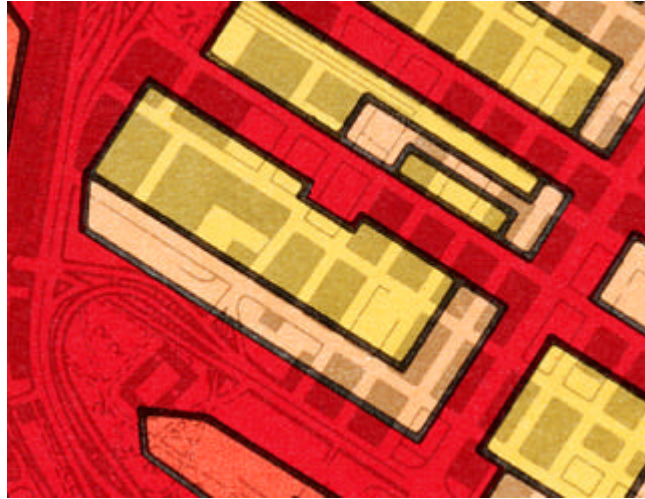


Abb. 43: Vergrößerter Ausschnitt aus der Lärmkarte Mannheim (Abb. 42)

ARNBERGER (1997, S. 121) kann die Verwendung von Flächenfarbtönen zu einer „leichteren und rascheren Vorstellung des Wertreliefs“ führen. Hierzu bemerkt WITT (1970, S. 341) einschränkend, dass Flächenfarben zurücktreten sollten, „damit der Liniencharakter der Isarithmen bevorzugt in Erscheinung tritt“, denn „dass die Isarithmen nur zu Trennungslinien zwischen verschiedenen Farbflächen herabgewürdigt werden, ist ihrem Wesen nicht gemäß.“ Dent lehnt die Verwendung von Flächenfarben oder Schraffuren zwischen Isolinien sogar ganz ab, da sie dem Stetigkeitsprinzip des Phänomens gänzlich widersprechen würden: „By placing uniform areal colors between the isolines, the reader can get the impression of a stepped surface, which it is not“ (DENT 1999, S. 203). Auch andere Autoren wie HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 440) oder IMHOF (1972, S. 145) weisen darauf hin, dass die Farbstufen der Stetigkeit der Wertveränderungen nicht entsprechen und es sich bei der Verwendung von Flächenfarben nur um einen Kompromiss handeln würde.

Gerade im Hinblick auf das Phänomen Schall ist die Kritik meiner Meinung nach angebracht, da es beim Kontinuum Schall keine scharfen Grenzen gibt und durch die Verwendung von Isolinien und Farbfüllungen ein falscher Eindruck entstehen kann. Steht ein Gebäude (Abb. 43) auf einer Grenze zwischen zwei Wertstufen, neigt man schnell dazu, die Gebäudevorderseite und die –rückseite in unterschiedliche Klassen einzuordnen, obwohl es sich um einen Übergangsbereich handelt. Dies wird auch von anderen Autoren, die sich mit Lärmkarten auseinandergesetzt haben, bestätigt. So weist BRÜCKLER (1996, S. 6) darauf hin, „dass für das Phänomen Lärm als Kontinuum eine kartographische Darstellung in Form von rasterbasierten Lärmzonen weitaus geeigneter ist als eine Isophonendarstellung, die scharfe Grenzen der Lärmemissionen „vortäuscht“. RIEDEMANN (1998, S. 5) sieht es als fraglich an, ob eine Vernachlässigung von Übergangszonen problemgerecht sei, und FITZKE (1996, S. 3/4) führt die Mängel von Lärmkarten darauf zurück, dass es die durch Isolinien vorgegebenen scharfen Grenzen in der Realität nicht gebe.

Beispiel 11: Lärmkarte „Tinnumer Str./Trift, Westerland/Sylt“ (2000)

Das im letzten Abschnitt geschilderte Problem der Verwendung von farbigen Wertstufen kann nach SLOCUM (1999, S. 154) durch die Verwendung einer kontinuierlichen Farbskala, wie sie auch bei unklassifizierten Choropletenkarten zum Einsatz

kommt, gelöst werden. Diese Stetigkeit der Wertveränderungen hatten auch Kartographen wie Petermann Mitte des 19. Jh. im Auge, als sie handkolorierte kontinuierlich gestufte Thematische Karten anfertigten, z. B. zur Bevölkerungsdichte. Problematisch war allerdings die Vervielfältigung dieser Karten. So hat IMHOF (1972, S. 145) darauf hingewiesen, dass aus kartenleserischen und reproduktionstechnischen Gründen „Farbabstufungen in der Regel *nicht fließend* ineinander übergehen, obwohl dies der Stetigkeit der Wertveränderungen entspräche.“ ROBINSON et al. stellen 1995 fest, dass diese klassenlosen Choropletenkarten heute wieder vermehrt hergestellt werden, „because computer-controlled output devices can produce the necessary tonal gradations“ (ROBINSON et al. 1995, S. 517).

Als Pionier der computergestützten klassenlosen Choropletenkarten kann TOBLER angesehen werden, der bereits 1973 feststellt: „It is now technologically feasible to produce virtually continuous shades of grey by using automatic map drawing equipment. It is therefore no longer necessary for the cartographers to “quantize” data by combining values into class intervalls“ (TOBLER 1973, S. 362). Seit diesen ersten Versuchen zur Herstellung unklassifizierter Choropletenkarten hat sich die wissenschaftliche Forschung darauf konzentriert, wie effektiv unklassifizierte Karten im Vergleich mit klassifizierten Karten sind, d. h., welche Vorteile die Verwendung einer kontinuierlichen Farbskala bietet. Eine umfassende Untersuchung hierzu haben KUMLER und GROUP (1990) durchgeführt. 67 Studenten der Humangeographie wurden herkömmliche Isolinienkarten, ein Blockdiagramm und kontinuierliche Darstellungen vorgelegt. Mit Hilfe unterschiedlicher Aufgaben zum Kartenlesen (Position des höchsten Wertes etc.) sollte festgestellt werden, durch welche Karten die Informationen am effektivsten vermittelt werden können. Die besten Ergebnisse wurden bei einer Kombination von Isolinien und der kontinuierlichen Darstellung erzielt (KUMLER und GROUP 1990, S. 288).

Dennoch ist die Effektivität von klassenlosen Choroplethenkarten im Gegensatz zu herkömmlichen Choroplethenkarten ROBINSON et al. (1995, S. 517) folgend noch nicht bewiesen. Sie schlagen die Verwendung klassenloser Choroplethenkarten vor, um die Komplexität eines Phänomens besser zum Ausdruck zu bringen. Dieser Aussage folgend kann eine kontinuierliche Darstellung für Lärmkarten als sinnvoll angesehen werden.

Einen Versuch zur kontinuierlichen Darstellung der Schallausbreitung in einer Lärmkarte haben MÜLLER et al. (2001) unternommen. Die ursprünglich in AutoCAD (dxf)-Format vorliegenden Isoliniendaten wurden zunächst in ArcView importiert und mit Hilfe der programmeeigenen Oberflächenfunktionen in ein TIN konvertiert (vgl. KRAAK und ORMELING 1996, S. 103/104). Diesem TIN wurde eine kontinuierliche Farbskala von rot (hohe Dezibelwerte) über gelb nach grün (niedrige Dezibelwerte) zugewiesen. Die in Abbildung 44 gezeigte Lärmkarte wurde für einen kleineren Teil des Projektgebietes erstellt.

Dargestellt sind neben der Lärmausbreitung die Straßen (vorhanden und geplant), die Bebauung und die Grundstücksgrenzen. Die Basiskarte liegt dabei über der eigentlichen Lärmkarte, da keine wichtigen thematischen Informationen verloren gehen. Außerdem ist es mit Hilfe der Software ArcView möglich, einzelne Informationsebenen (Gebäude, Straße) ein- bzw. auszublenden, so dass der Kartennutzer auch in

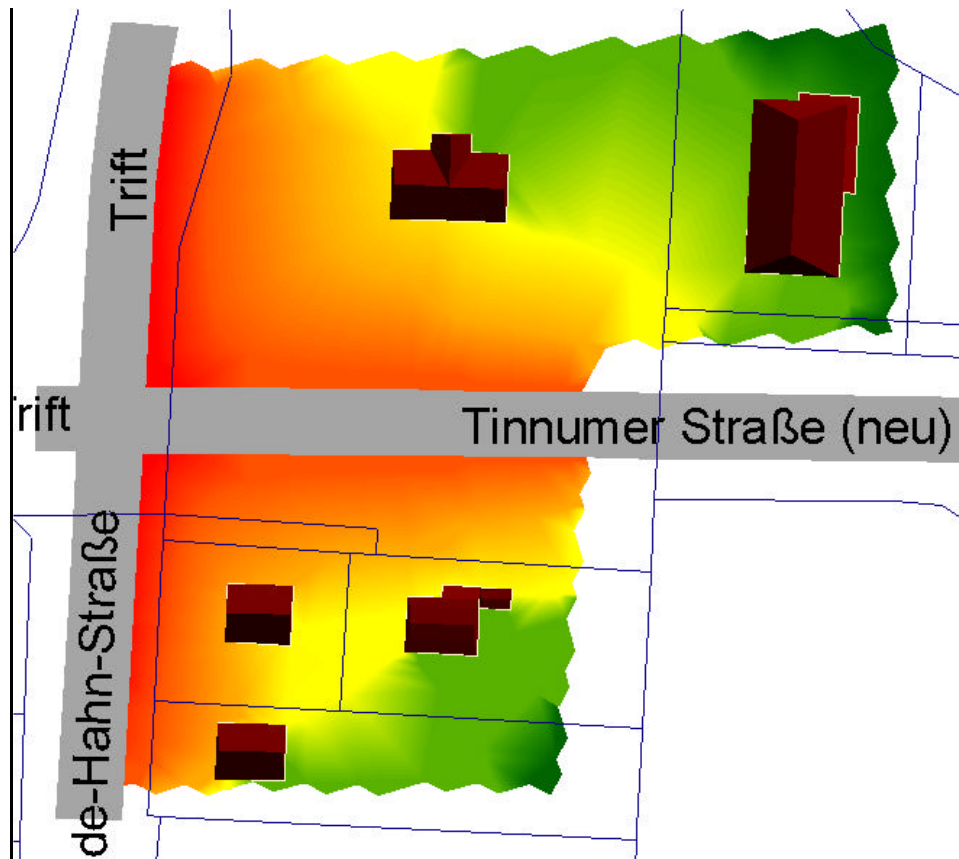


Abb. 44: Lärmkarte des Projektgebietes in Westerland/Sylt

der Abbildung nicht sichtbare Informationen der Schallausbreitung interaktiv sichtbar machen kann.

Die Probleme der assoziativen Farbwirkung sind bereits im Beispiel 6 (Lärmkarte Dortmund) diskutiert worden. Auch wenn der für dieses Beispiel gewählte Farbverlauf an die DIN 18005 angelehnt ist und Bereiche geringer und hoher Lautstärke auf einen Blick voneinander unterschieden werden können, stellt sich die Frage, ob die Farben angemessen eingesetzt worden sind. In diesem Zusammenhang muss in besonderem Maße auf den grünen Bereich hingewiesen werden, in dem immer noch Werte von < 54 dB(A) vorherrschen, der also bei weitem nicht so ruhig ist, wie es dem Grünton nach scheint. Deutlicher wird diese Möglichkeit der Beeinflussung der Kartenaussage, wenn man die Farbskala in zwei Farbskalen aufteilt, und zwar von rot nach gelb (Abb. 45) und von gelb nach grün (Abb. 46) und diese einzeln auf dieselbe Karte anwendet.

Während bei der Betrachtung der ersten Karte der Eindruck einer lauten Geräuschumgebung entsteht, scheint die Lärmbelastung auf der zweiten Karte sehr gering zu sein. Der Farbeindruck der ersten Karte signalisiert dem Laien Handlungsbedarf, während die Situation auf der zweiten Karte anscheinend keiner Verbesserung bedarf, und dies, obwohl die gleiche Lärmbelastung dargestellt wird. Aus diesem Beispiel lässt sich ableiten, dass die Manipulation des thematisch Unkundigen allein über die Farbwahl möglich ist und bei der Herstellung von Lärmkarten unbedingt bedacht werden sollte!

BREWER (1994) betont, dass Farbe gerade bei interaktiven und animierten Karten sehr überlegt eingesetzt werden sollte, da der Kartennutzer von der Legende, wenn überhaupt vorhanden, durch die Interaktivität bzw. Animationen abgelenkt wird.

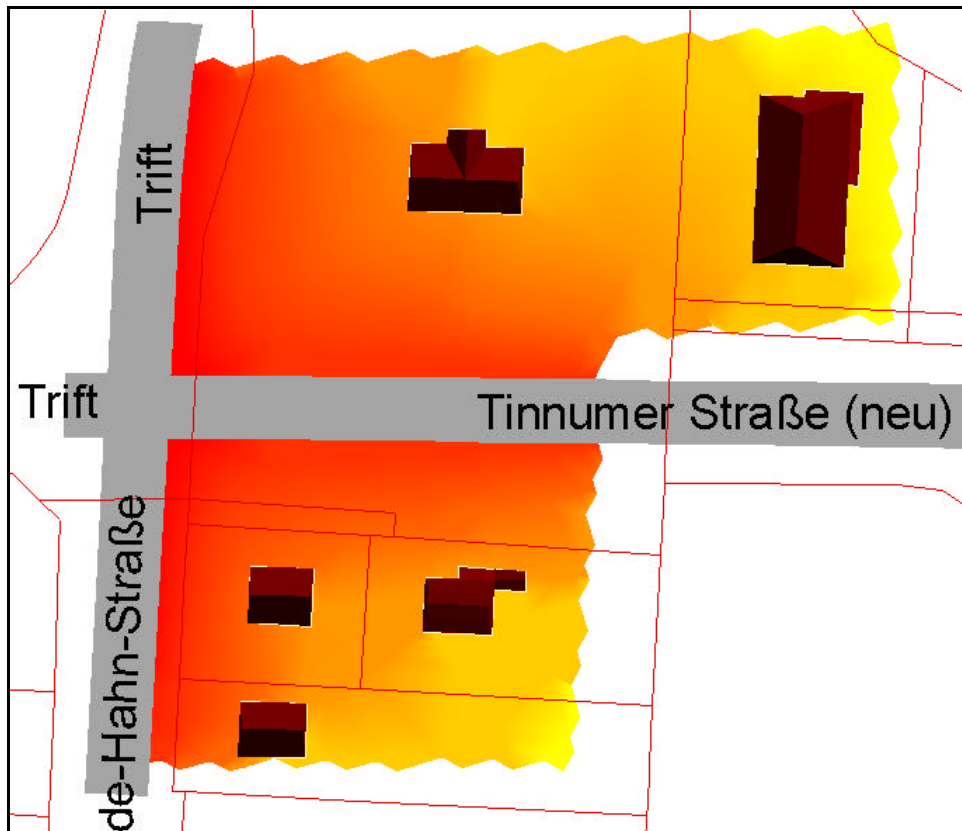


Abb. 45: Lärmkarte des Projektgebietes Westerland/Sylt – rot/gelbe Farbgebung

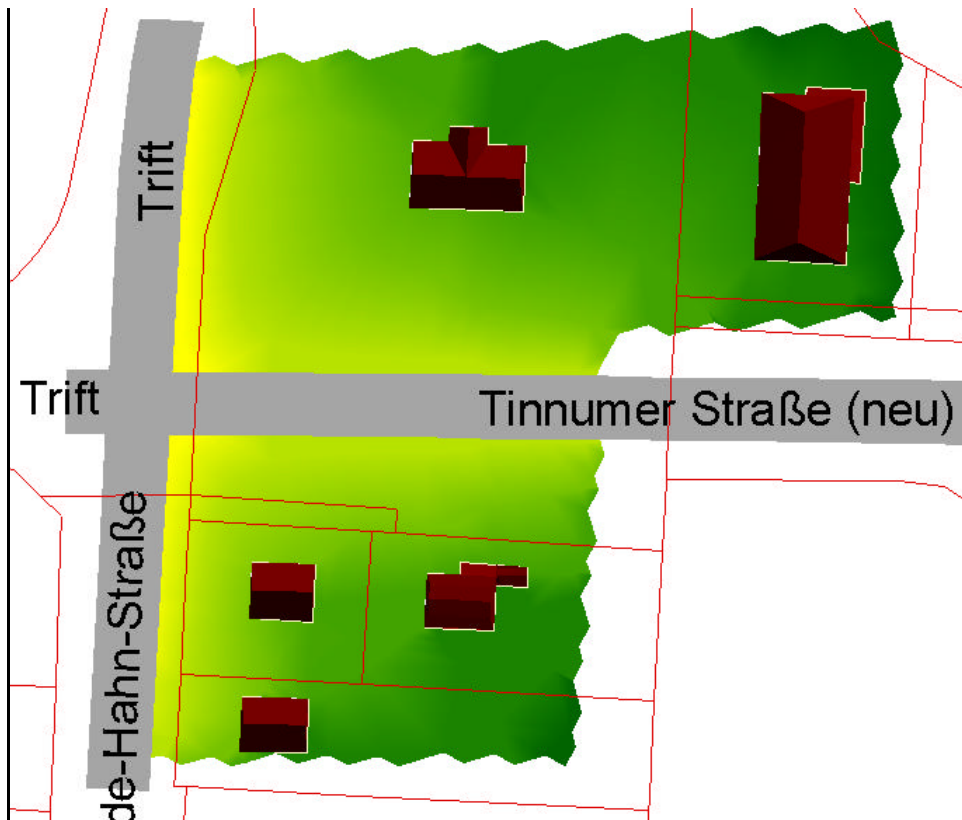


Abb. 46: Lärmkarte des Projektgebietes Westerland/Sylt – gelb/grüne Farbgebung

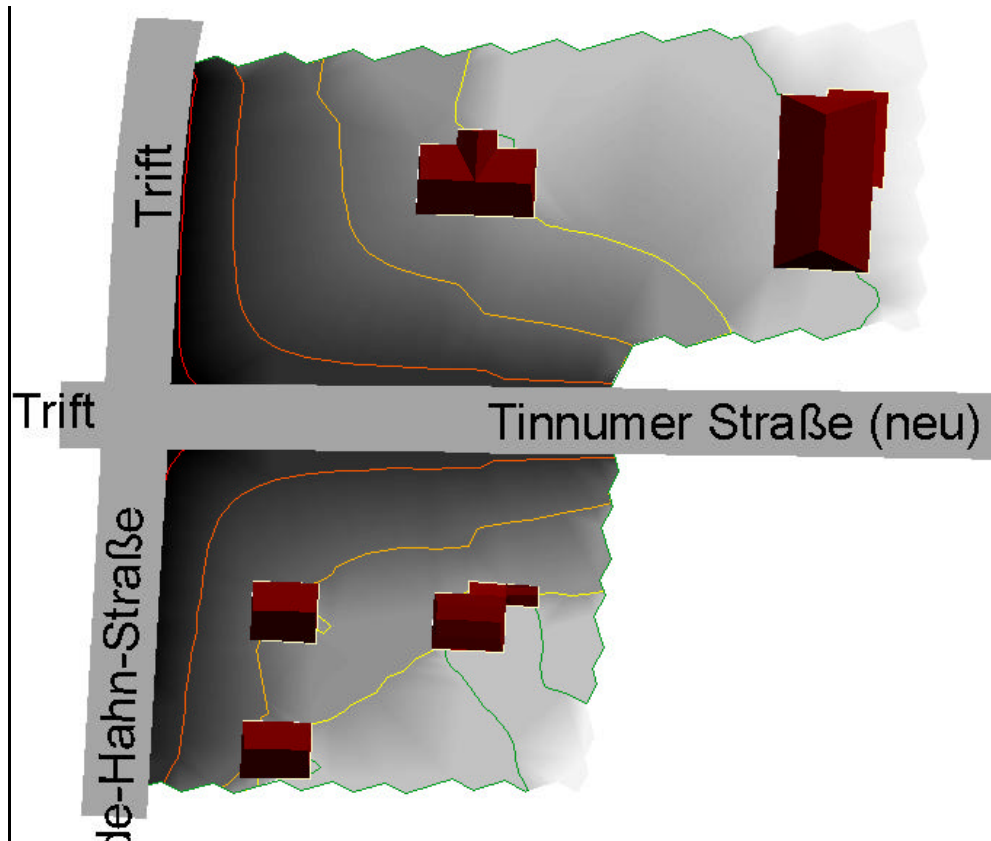


Abb. 47: Lärmkarte des Projektgebietes Westerland/Sylt – s/w Farbgebung und Isolinien

Um eine assoziative Farbwirkung zu vermeiden und nur den kontinuierlichen Werteverlauf zu vermitteln, eignet sich nach meiner Meinung ein Farbverlauf von schwarz nach weiß. Dieser ist in Abbildung 47 auf die Beispielkarte angewendet worden. Auch wenn die durch den Farbeinsatz hervorgerufene „psychologische Anziehungskraft“ (BERTIN 1974, S. 99) entfällt, erhält der Kartennutzer einen guten Eindruck der Wertverteilung.

Nach KUMLER und GROUP (1990, S. 288) ist die Kombination einer kontinuierlichen Darstellung mit Isolinien für den Kartennutzer optimal (s. o.). Diesem Vorschlag folgend ist die kontinuierliche Schwarzweiß-Darstellung mit farbig abgestuften Isolinien überlagert worden. Die Verteilung der Dezibelwerte kann auf diese Weise besser eingeschätzt werden, wobei trotzdem die kontinuierliche Schallausbreitung deutlich wird. Auch wenn diese Darstellung im Fall der Beispielkarte meiner Meinung nach das beste Ergebnis liefert, ist noch zu untersuchen, inwieweit ein schwarzweißer Farbverlauf bei einer kleinmaßstäbigeren Karte mit einer darunter liegenden Basiskarte in Einklang gebracht werden kann.

Zusammenfassung

Eine flächenhafte Darstellung der Lärmausbreitung ist einerseits problematisch, da Konflikte mit der Basiskarte unvermeidbar sind, andererseits jedoch optimal, da sie dem räumlich kontinuierlichen Phänomen am besten gerecht wird. Als Gestaltungsmittel zur Wiedergabe räumlicher Kontinua werden am häufigsten Isolinien eingesetzt. Diese sind meistens einfarbig und mit der entsprechenden Wertangabe beziffert. Um eine bessere Übersichtlichkeit zu erreichen, werden die Bereiche zwischen den Isolinien oftmals mit Flächenfarben bzw. Schraffuren gefüllt. Bekanntestes

Beispiel hierfür ist die Höhenschichtendarstellung in Atlanten. Auch wenn diese Darstellungsform dem Kartennutzer einen schnellen Überblick über die Wertverteilung ermöglicht, widersprechen einfarbige Bereiche der Stetigkeit des Kontinuums, d. h., die zugrunde liegenden Werte ändern sich in der Realität, obwohl die Flächenfarbe gleich bleibt.

Als Lösung für dieses Problem wird die Verwendung kontinuierlicher Farbübergänge vorgeschlagen. Diese Möglichkeit ist beim heutigen technischen Entwicklungsstand im Hinblick auf die Herstellung und Reproduktion ohne Schwierigkeiten einsetzbar. Bei der Anwendung dieses Verfahrens für die Herstellung einer Lärmkarte muss jedoch unbedingt die zu verwendende Farbskala bewusst ausgewählt werden, da eine assoziative Farbwirkung leicht zu einem falschen Urteil des Kartennutzers führen kann. Folglich ist die Verwendung einer Grauskala zu empfehlen. Um dem Benutzer eine bessere Orientierung im Hinblick auf die Wertverteilung zu ermöglichen, können als zusätzliches Gestaltungsmittel farblich abgestufte Isolinien eingesetzt werden.

d) Dreidimensionale Darstellung

Blockbilder werden in ihrer analogen Form bereits seit langer Zeit eingesetzt, um Oberflächenformen darzustellen, d. h. die Raumwirklichkeit zu veranschaulichen (WILHELMY 1990, S. 25). Ihr besonderer Vorteil liegt nach HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 488) darin, dass in den vertikalen Schnittebenen Informationen, z. B. zum geologischen Aufbau, wiedergegeben werden können. Probleme dieser Darstellungsform ergeben sich daraus, dass niedrigere Bereiche der Oberfläche im Bildhintergrund von davor liegenden höheren Bereichen verdeckt werden können. Außerdem kann oftmals eine Nordausrichtung nicht eingehalten werden, so dass dem Kartennutzer die Orientierung schwer fällt (SLOCUM 1999, S. 154).

Da es sich auch beim Schall um eine kontinuierliche Oberfläche handelt, ist im Rahmen dieses Forschungsprojektes (MÜLLER et al. 2001, S. 36; JÄGER 2000b) der Versuch unternommen worden, aus dem in ESRI ArcView erzeugten TIN mit Hilfe der Software ESRI 3D-Analyst eine Oberfläche abzuleiten. Das Ergebnis dieses Versuchs zeigt Abbildung 48. Im Fall einer dreidimensionalen Darstellung ist der Einsatz einer langen Farbskala sinnvoll, um die unterschiedlichen Wertebereiche besser hervortreten zu lassen. Zusätzlich wird die Oberflächenstruktur durch eine Schummerung betont. Die Verwendung einer digitalen Generierung des Blockbildes im ESRI 3D-Analyst hat gegenüber der analogen Darstellung den Vorteil, dass der Kartennutzer das Blockbild frei drehen und vergrößern bzw. verkleinern kann. Damit kann er sich auch Bereiche ansehen, die aus einem Blickwinkel verdeckt sind.

Allerdings kann diese Darstellungsform den Nutzer auch verwirren, da es sich beim Phänomen Lärm nicht um eine echte Oberfläche handelt, die an jeder x/y Position genau einen z-Wert hat. Je nach Höhe des gemessenen bzw. simulierten Punktes nimmt dieser einen anderen Wert an, d. h., die Werte der Oberfläche in Abbildung 48 sind konstant in einer Höhe gemessen worden. Kombiniert man die dreidimensionale Darstellung mit einer Karte, kann schnell der Eindruck entstehen, dass die Oberfläche nicht durch Dezibelwerte, sondern durch die Höhe der gemessenen Punkte gebildet wird. Daher kann diese Form der Darstellung zur Vermittlung der Lärmbelastung an Laien nicht empfohlen werden.

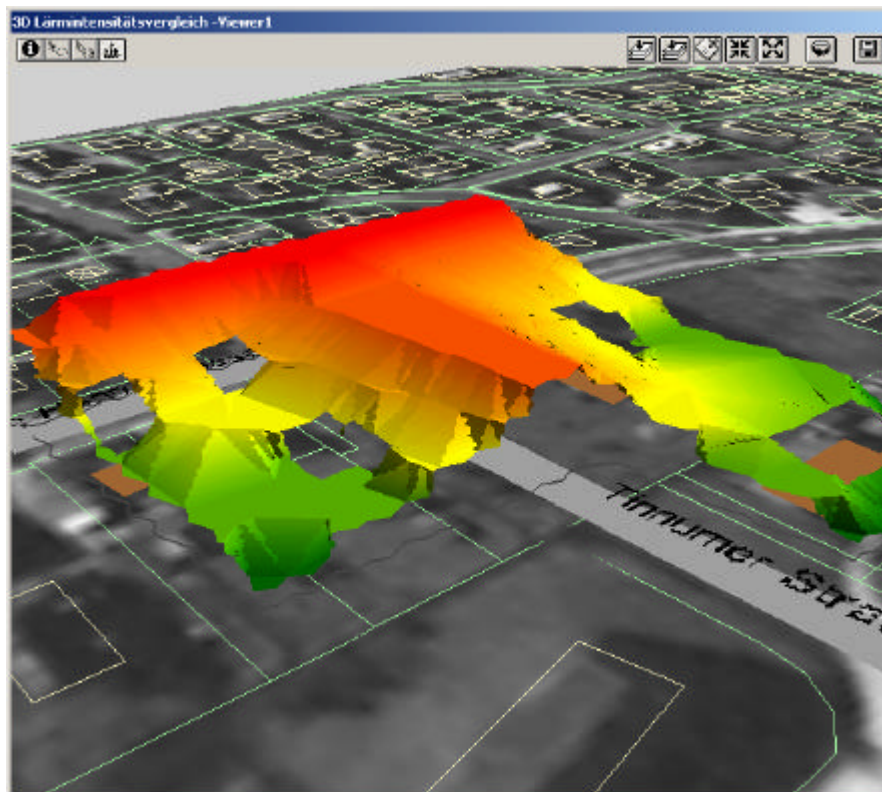


Abb. 48: Dreidimensionale Schalloberfläche Projektgebiet Westerland/Sylt

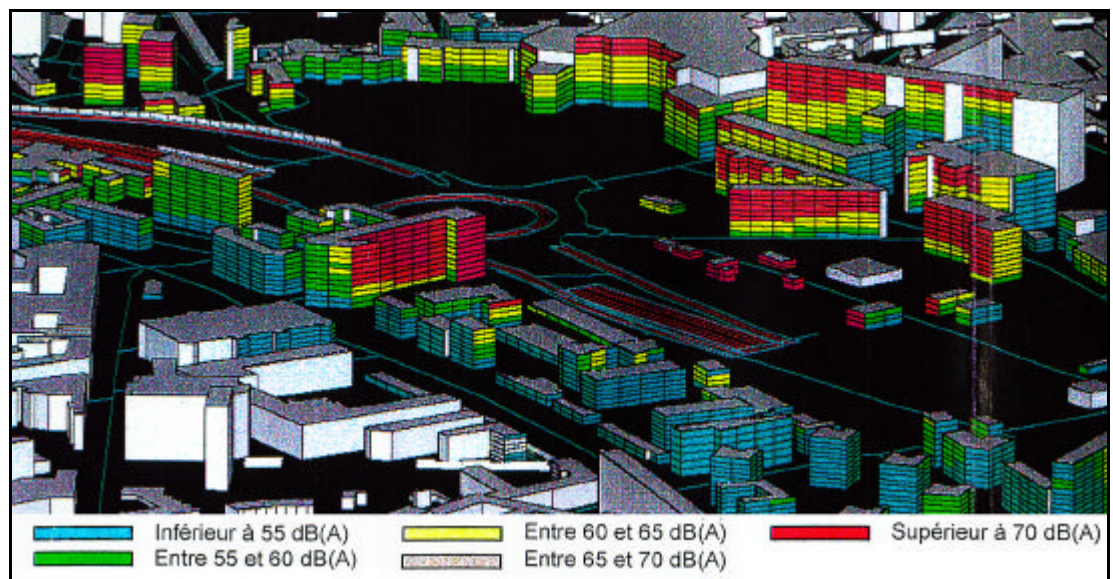


Abb. 49: Dreidimensionale Darstellung der Lärmbelastung für einen Schnellstraßenbau in Paris (Quelle: DIRECTION RÉGIONALE DE L'ÉQUIPEMENT (Hrsg.) 2000)

Eine bessere Form der Darstellung ist im Rahmen einer Lärmuntersuchung zu einem Schnellstraßenbau in Paris hergestellt worden (Abb. 49). Hier wird den einzelnen Hochhausetagen ein Farbwert zugeordnet, der die Lärmbelastung wiedergibt.

Auch für das Planungsgebiet „Tinnumer Str./Trift, Westerland/Sylt“ ist eine solche dreidimensionale Darstellung abgeleitet worden (Abb. 50). Von dem zuständigen Ingenieurbüro ist die zu erwartende Lärmbelastung für die einzelnen Räume der betroffenen Gebäude simuliert worden. Stellt man die Gebäude mit Hilfe der Software ESRI 3D-Analyst dreidimensional dar, lassen sich diese Punkte entsprechend



Abb. 50: Dreidimensionale Ansicht der Schallimmissionspunkte des Projektgebietes Westerland/Sylt

ihrer Lage x/y /Geschosshöhe eintragen und unterschiedlich symbolisieren (grüner Rand: Lärmschutz nicht notwendig; roter Rand: Lärmschutz notwendig), je nachdem ob ein Anspruch auf passive Lärmschutzmaßnahmen besteht.

e) Gestaltung der Legende

Die *Legende* (z. B. WITT 1970, S. 250; IMHOF 1972, S. 21), in Deutschen auch als *Zeichenerklärung* (WILHELMY 1990, S. 245; HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 393) bezeichnet, gehört nach HAKE und GRÜNREICH (1994, S. 393) zu den Kartenrandangaben. Sie unterstützt den Kartennutzer im Dekodierungsprozess, da jede Signatur erläutert wird, die nicht selbsterklärend ist (ROBINSON et al. 1995, S. 336). Obwohl die Legende nach BUZIEK (1997b, S. 1) von besonderer Bedeutung für den kartographischen Kommunikationsprozess ist, wird sie in Lehrbüchern zur Thematischen Kartographie nur randlich behandelt (z. B. WITT 1970; SLOCUM 1999). Einzig DENT (1999) diskutiert die Legendengestaltung für verschiedene Darstellungsmethoden. Eine umfangreiche Diskussion zur Anordnung von Kartenfeld und Kartenrandangaben und deren graphischer Gestaltung nimmt IMHOF (1972, S. 245 ff.) vor. Weitere grundlegende Ausführungen zu diesem Thema finden sich bei FREITAG (1987). Einen Überblick über die wissenschaftlichen Arbeiten zur Legendengestaltung bis 1985 gibt HERZOG (1986, S. 30)

Allen diesen Darstellungen ist gemeinsam, dass sie sich mit der Legendengestaltung statischer analoger Karten beschäftigen. Ganz andere Anforderungen stellt hingegen die Gestaltung einer Legende für eine Bildschirmkarte. Hervorzuheben ist einerseits die geringe Größe des Bildschirms (ARLETH 1999, S. 1) und andererseits die bereits

angesprochenen Interaktionsmöglichkeiten einer *Hypermap* (s.o.). Die Legende muss nicht mehr zwingend statisch sein und im Kartenrand plaziert werden, sondern kann sich dynamisch verändern, d. h. an die im Kartenbild dargestellten Elemente anpassen (z. B. beim Vergrößern) oder nur bei Bedarf durch den Kartennutzer eingeblendet werden. Darüber hinaus ist es nicht mehr zwingend notwendig, die ganze Legende einzublenden, sondern nur die Erläuterungen einzelner Signaturen auf Mausklick zur Verfügung zu stellen, die sowohl visueller als auch auditiver Natur sein können. Einige Vorschläge zur Legendengestaltung von Bildschirmkarten macht LUTTERBACH (1997, S. 82 ff.).

Verschiedene Möglichkeiten der Legendengestaltung sind in der vorliegenden Arbeit für die flächenhafte kontinuierliche Lärmkarte umgesetzt worden, da es für den Kartennutzer u. U. schwierig ist, einzelne in der Legende farblich dargestellte Werte dem Farbübergang in der Karte zuzuordnen. Zwei dieser Möglichkeiten (Beispiele auf der beiliegenden CD-ROM) sollen im folgenden vorgestellt werden:

- a) Dynamische Legende im Kartenrand und
- b) Dynamische Legende im Kartenfeld.

Der Nutzer wird in beiden Fällen kontinuierlich über die Dezibelwerte an der jeweiligen Mausposition informiert, d. h., Möglichkeiten einer auf Mausklick angezeigten Legende werden nicht behandelt.

Beispiel 1: Veränderliche Legende im Kartenrand

Die veränderliche Legende im Kartenrand (Abb. 51) erfüllt zweierlei Aufgaben. Erstens gibt sie dem Kartennutzer den exakten Dezibelwert an der Mausposition in Form eines Zahlenwertes wieder. Hierzu muss die Karte mit dem Mauszeiger überfahren werden, d. h., der Blick auf eine bestimmte Stelle reicht nicht aus, sondern der Mauszeiger muss an die entsprechende Stelle bewegt werden.

Eine zweite Aufgabe der veränderlichen Legende besteht darin, dem Kartennutzer einen direkten Vergleich des Farbwertes zu ermöglichen und ihm die Einschätzung zu erleichtern, wo er sich an der jeweiligen Mausposition auf der Werteskala befindet. Dies kann durch eine Säule erreicht werden, von der nur das Spektrum unterhalb des aktuellen Wertes angezeigt wird, deren Höhe sich also dynamisch der Mausposition anpasst. Diese erste Gestaltungsmöglichkeit hat zwei entscheidende Nachteile:

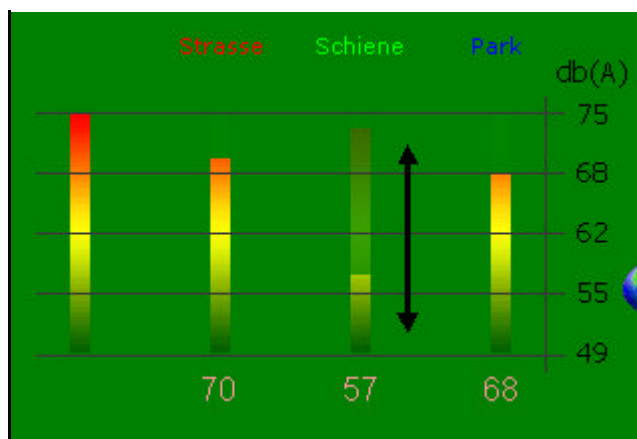


Abb. 51: Dynamische Legende im Kartenrand

1. Hoher Platzbedarf: Durch die Platzierung im Kartenrand neben der Karte geht wertvolle Darstellungsfläche verloren.
2. Auswertungsdauer: Der Kartennutzer muss zunächst den Mauszeiger im Kartenbild an eine Position bewegen und dann den Blick auf die Legende richten, da sich diese in den meisten Fällen nicht in seinem Blickfeld befindet.

Beispiel 2: Dynamische Legende im Kartenfeld

Die zwei oben angesprochenen Nachteile können überwunden werden, indem die Legende aus ihrer statischen Position im Kartenrand gelöst und mit dem Mauszeiger über die Karte bewegt wird (Abb. 52). Hierdurch entfällt der zusätzliche Platzbedarf, und die Legende befindet sich immer im Blickfeld des Kartennutzers. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass eine Farbe der Farbskala direkt mit einer Farbe an einer Position auf der Karte verglichen und auf ihre Übereinstimmung überprüft werden kann. Außerdem hat der Nutzer ständig das gesamte Wertespektrum im Blick.

In diesem Beispiel bewegt sich die Säule auf und ab, wobei der exakte Dezibelwert an der Spitze des Mauszeigers abgelesen werden kann. Bei der Gestaltung einer beweglichen Legende muss allerdings darauf geachtet werden, dass es nicht zu einer Beeinträchtigung der Lesbarkeit durch einen Farbkonflikt zwischen Legende und Kartenbild kommt.

Ein grundlegender Unterschied zur herkömmlichen Legende besteht darin, dass der Nutzer die Karte nicht mit einem Blick erfassen und die nötigen Informationen der Legende entnehmen kann, sondern nur die Informationen an der Position des Mauszeigers wiedergegeben werden, d. h., der Kartennutzer muss die Karte interaktiv „erforschen“. Dies muss nach BUZIEK (1997, S. 13) nicht von Nachteil sein, „da die Interaktionsmöglichkeit aktives und entdeckendes Lernen fördert und gleichzeitig zur graphischen Entlastung beiträgt, da Legenden- und Zusatzinformationen nur temporär wahrnehmbar sind.“

Insgesamt bieten sich in einem computergestützten interaktiven Umfeld eine ganze Reihe neuer Gestaltungsmöglichkeiten für Legenden an, die in der Kartographie bisher erst ansatzweise untersucht worden sind. Dies ist insofern zu bedauern, als dass sich hieraus, wie die o. g. Beispiele zeigen, Potenziale für eine bessere kartographische Informationsvermittlung am Bildschirm ergeben können.

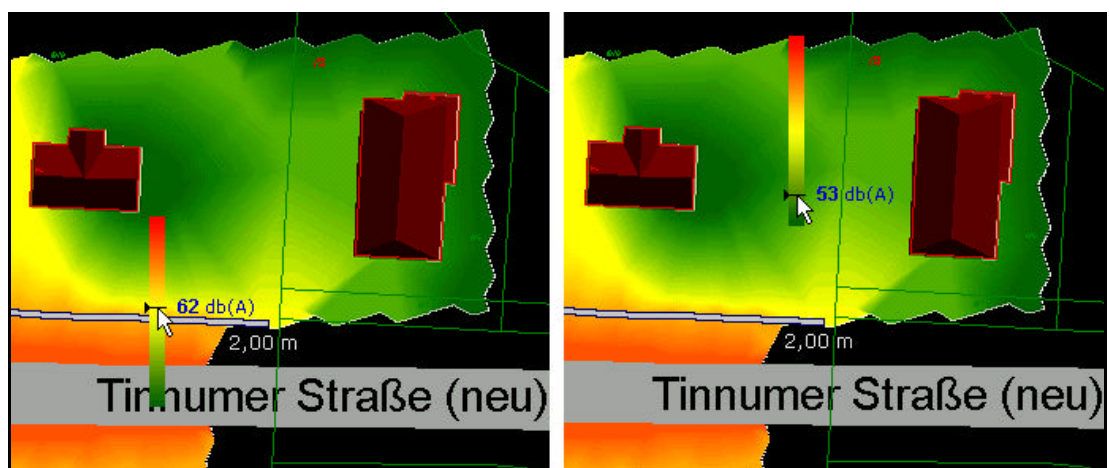


Abb. 52: Dynamische Legende im Kartenfeld

3.4.3 Audiovisuelle Darstellung

„Sound, in other words, provides us with more choices for representing ideas and phenomena and thus more ways in which to explore and understand the complex physical and human world we inhabit“ (KRYGIER 1994, S. 163).

Zur kombinierten Verwendung von Ton und Lärmkarten gibt es bisher nur einzelne Beispiele (MÜLLER et al. 1999; MÜLLER et al. 2001), obwohl diese Möglichkeit der Informationsvermittlung von vielen Autoren vorgeschlagen worden ist (s. Kap. 1.2). LYNCH (1984, S. 64) sieht zum Beispiel keinen Grund dafür, „that a site plan might not deal with audial quality as well as with visual quality“. Eine noch radikalere Ansicht vertritt SCHAFER (1988, S. 192), der vor der stummen Projektion einer Geräuschumgebung warnt und in diesem Fall Misstrauen für angebracht hält (SCHAFER 1988, S. 173). Daneben wird auf die Vorteile der Verwendung von Ton, z. B. durch die Entlastung des graphischen Kartenbildes (KRYGIER 1994, S. 162), hingewiesen. Neben der Symbolisierung einer Geräuschumgebung ist nach RAPER (2000, S. 177) auch deren direkte Tonwiedergabe empfehlenswert. Allerdings weisen FISHER et al. (1993, S. 139) darauf hin, dass Ton nur in einer computerbasierten Umgebung sinnvoll eingesetzt werden kann.

In diesem Kapitel wird versucht, Möglichkeiten des Einsatzes von Ton zur Darstellung des Phänomens Lärm als Ergänzung der visuellen Darstellung aufzuzeigen und beispielhaft umzusetzen. Da ich hierzu keine existierenden Beispiele finden konnte, mussten diese neu erarbeitet werden, weswegen sich dieses Kapitel im Aufbau von dem vorhergehenden unterscheidet. Zunächst werden einige technische Aspekte zur Verwendung digitalen Tons erläutert. Im Anschluss daran werden die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Ton in Verbindung mit digitalen Karten vorgestellt. Hierzu gehören die Funktionen unterschiedlicher Arten von Geräuschen und deren Realismusgrad. Beispiele hörbarer Lärmkarten werden auf der beiliegenden CD-ROM vorgestellt und im Text beschrieben. Abgeschlossen wird das Kapitel mit einigen kritischen Bemerkungen zur Verwendung von Ton und Karten.

a) Technische Aspekte

Eine analoge Schallwelle (siehe Abb. 5, S. 15) kann auf Grund ihrer stetigen Form nicht unverändert in ein digitales Format überführt werden. Zwei Vorgänge spielen bei der Umwandlung eine entscheidende Rolle: a) die Abtastrate (Sampling-Rate) und b) die Quantisierung (STEINMETZ 1999, S. 29/30). Diese werden im folgenden kurz erläutert.

Abtastrate (Sampling-Rate)

Bei der Transformation einer Schallwelle in ein digitales Audiosystem wird diese mit einer bestimmten Rate abgetastet, die man auch Abtast- oder Samplingrate nennt (STEINMETZ 1999, S. 29), d. h., die Form der Welle wird in einer Reihe von Schnappschüssen festgehalten. Obwohl die Welle hierdurch vereinfacht wird, gehen bei einer entsprechend hohen Samplingrate keine Informationen des Ursprungssignals verloren, so dass die Intervalle zwischen den Schnappschüssen sinnvoll für andere Zwecke, z. B. mehrkanalige Audiosysteme, eingesetzt werden können (KIRK und HUNT, 1999, S. 66). Abbildung 53 zeigt den Ablauf des Sampling-Prozesses.

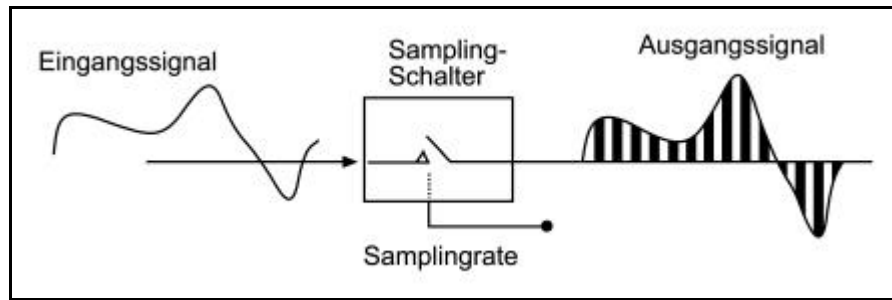


Abb. 53: Ablauf des Sampling-Prozesses (Quelle: KIRK und HUNT 1999, S. 67)

Typische Abtastraten sind 11,025 kHz, 22,05 kHz und 44,1 kHz, wobei die Tonqualität mit einer höheren Abtastrate zunimmt. Die Qualität einzelner Abtastraten lässt sich wie folgt einordnen:

Abtastrate (in kHz)	Qualität
5,5125	Tonqualität eines Telefons
11,025	Fernsehton (ohne Surround-Sound)
22,050	UKW-Radioübertragung (gute Qualität)
44,100	CD-Qualität
48,000	digitale Tonbandaufzeichnung (DAT)

Tab. 5: Tonqualität einzelner Abtastraten (nach ROBERTS und GROSS 2000, S. 425)

Obwohl von Macromedia generell die Verwendung einer Abtastrate von 22,050 kHz empfohlen wird, kann auch eine niedrigere Abtastrate z. B. 11,025 kHz ausreichend sein, wenn es sich z. B. um gesprochenen Text handelt. Entscheidend für die Wahl der Samplingrate ist der Frequenzumfang des Ausgangsgeräusches und die gewünschte Wiedergabequalität.

Quantisierung

Sind die einzelnen Abtastwerte aufgenommen, stellt sich die Frage, welche Werte diese umfassen können. Je größer das Spektrum ist, umso besser kann die Form der Welle repräsentiert werden. Bei einer 3-bit-Quantisierung (2^3) können die Werte beispielsweise nur 8 Ausprägungen annehmen: 0,75, 0,5, 0,25, 0, -0,25, -0,5, -0,75, -1. Wie aus Abbildung 54 ersichtlich, kann die stetige Form der Welle bei einer so niedrigen Abtastrate nicht mehr korrekt repräsentiert werden: Die Welle wird eckig (STEINMETZ 1999, S. 30). Eine 8-Bit-Quantisierung (256 mögliche Werte) würde bereits zu einem wesentlich besseren Ergebnis führen, wohingegen bei einer 16-Bit-Quantisierung (65.536 mögliche Werte) CD-Qualität erreicht wird. 16-Bit werden von Macromedia für die Quantisierung empfohlen, und ROBERTS und GROSS (2000) weisen darauf hin, dass Shockwave-komprimierte Sounds automatisch in die 16-Bit-Tiefe konvertiert werden.

Abtastrate und Quantisierung haben nicht nur einen entscheidenden Einfluss auf die Tonqualität, sondern auch auf die Dateigröße. Diese spielt gerade bei Anwendungen, die über das Internet verbreitet werden, eine wichtige Rolle (WOLTER 2000, S. 162), darf aber auch bei CD-Rom-Projekten nicht vernachlässigt werden, da bereits wenige Sekunden einer Audio-Datei in guter Qualität über ein MB an Speicherplatz einneh-

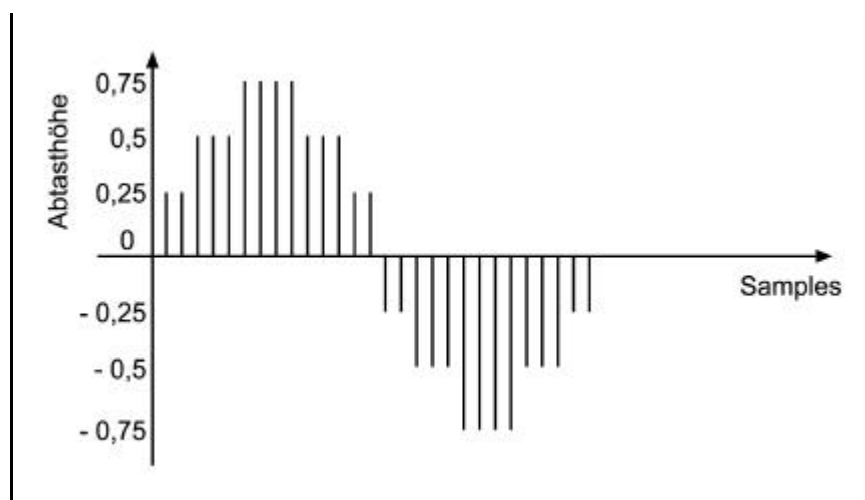


Abb. 54: 3-bit Quantisierung (Quelle: STEINMETZ 1999, S. 29)

men können (ROBERTS und GROSS 2000). Um die Dateigröße im Voraus zu ermitteln, kann man folgende Formel (LESKE et al. 2000, S. 508) anwenden:

Abtastrate x Kanäle x Bytes x Länge in Sek.

Für eine Sound-Datei mit 15 Sekunden Länge und einer Abtastrate von 22,050 kHz in 16-Bit-Mono ergibt sich damit:

$$22050 \times 1 \times 2 \times 15 = 661500 \text{ Bytes}$$

Um zu große Sounddateien, gerade bei einer Verbreitung über das Internet, zu vermeiden, sind verschiedene Kompressionsverfahren entwickelt worden, die an dieser Stelle nicht ausführlich besprochen werden können. In Macromedia Director können Dateien im Shockwave-Audio und MPEG3-Format importiert werden. Beide können nach LESKE et al. (2000, S. 511) bis auf zu vernachlässigende Unterschiede im Informationsteil der Datei als ein Dateiformat angesehen werden. Die Kompressionsrate der Dateiformate liegt bei fast 11:1, wobei „es zu keinerlei subjektiv wahrnehmbaren Klangeinbußen im Audiomaterial“ (LESKE et al. 2000, S. 511) kommt. Für eine Konvertierung in das Shockwave-Audio-Format können in Director verschiedene Einstellungen vorgenommen werden (z. B. gewünschte Qualität).

Die digitale Verarbeitung von Ton in einer Computerumgebung wird von einer Soundkarte übernommen, die entweder separat in einen PCI-Steckplatz eingebaut werden kann oder, was heute zunehmend der Fall ist, direkt an das Motherboard gekoppelt ist. Seit der zweiten Hälfte der 1990er Jahre kann davon ausgegangen werden, dass nahezu jeder verkaufte PC eine Soundkarte besitzt. Allerdings unterscheiden sich Soundkarten sowohl hinsichtlich ihrer Ein- und Ausgabemöglichkeiten (digital/analog) als auch ihrer Leistungsmerkmale (32-bit, 16-bit Soundverarbeitung, Dolby Surround Sound). Dies wirkt sich u.a. auf die maximal erreichbare Aufnahmequalität aus, d. h., der Entwickler sollte in jedem Fall eine leistungsfähige Soundkarte zur Verfügung haben, um eine optimale Tonqualität zu erreichen.

Neben der Soundkarte wirkt sich nach meinen Erfahrungen auch das vorhandene Betriebssystem auf die Tonwiedergabe aus. So werden beispielsweise Tondateien mit einer niedrigen Sampling- und Quantisierungsrate bei der Verwendung eines Betriebssystems (Windows 2000) exakt wiedergegeben, während es beispielsweise bei einem anderen Betriebssystem (Windows NT) zu Fehlern in der Wiedergabe kommen kann. Diese Situation konterkariert Bemühungen, die Dateigröße durch eine

niedrige Sampling- bzw. Quantisierungsrate möglichst gering zu halten, da die Tondatei bei Nutzern mit einem anderen Betriebssystem möglicherweise nicht korrekt wiedergegeben werden kann. Insbesondere muss hier auf die mangelnden multimedialen Fähigkeiten des Betriebssystems Windows NT hingewiesen werden, das jedoch inzwischen durch Windows 2000 bzw. XP Professional ersetzt worden ist. Die Nachfolgesysteme sind im Hinblick auf die Tonverarbeitung deutlich verbessert worden, so dass davon auszugehen ist, dass die geschilderten Probleme in Zukunft der Vergangenheit angehören werden. Dennoch sollte die Anwendung mit der Tonausgabe auf unterschiedlichen Betriebssystemen mit unterschiedlichen Soundkarten getestet werden, um nachträgliche Überraschungen zu vermeiden.

Ein vom Entwickler nicht direkt kontrollierbarer Faktor ist die Lautstärke bzw. Tiefe / Höhe des Tons. Diese Eigenschaften kann der Nutzer entweder über das Betriebssystem oder die angeschlossenen Lautsprecher nachträglich verändern. Das heißt, Lautstärkeunterschiede zwischen Tönen sind zwar von jedem Nutzer wahrnehmbar, aber die absolute Lautstärke ist von den jeweiligen Einstellungen des Computers, auf dem die Anwendung läuft, abhängig. Diese Überlegung ist vor dem Hintergrund wichtig, eine Laut- bzw. Lärmumgebung möglichst exakt wiedergeben zu wollen (s. u.). Bereits an dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass dies im Hinblick auf die absolute Lautstärke gar nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich ist.

b) Ton in der Kartographie

„Several researchers have suggested sound as a possible cartographic variable, but it is one which can only meaningfully be used in a computer environment.“

(FISHER et al. 1993, S. 139)

Dieses einleitende Zitat bringt zwei grundlegende Aspekte zum Ausdruck:

1. Die Verwendung von Ton in Kombination mit Karten ist erst durch die Entwicklung des Computers und dessen multimedialer Funktionalität in den 90er Jahren des 20. Jh. ermöglicht worden.
2. Bereits seit Anfang der 1990er Jahre ist von vielen Autoren aus dem Bereich der Multimedialen Kartographie auf die Möglichkeiten des Einsatzes von Ton und dessen Potenziale hingewiesen worden. Allerdings ist es größtenteils bei theoretischen Überlegungen geblieben: Praktische Anwendungen sind bis heute die Ausnahme (vgl. Kap. 1.2)

Bevor die praktische Anwendung im Vordergrund der Betrachtungen stehen wird, möchte ich diese jedoch auf ein Fundament stellen, das sich auf die folgenden theoretischen Überlegungen gründet.

Das Medium Ton unterscheidet sich vom Bild / von der Grafik insbesondere durch seine Wahrnehmungseigenschaften. So kann der Betrachter eine analoge Karte mit Blicken erforschen und dabei den Betrachtungszeitraum selber bestimmen, d. h., die Informationsaufnahme ist nicht zeitgebunden. Dagegen sind „alle für das Ohr bestimmten Systeme (...) linear und zeitverbunden“ (BERTIN 1974, S. 11) Sehr anschaulich beschreibt SAERBERG (2000, S. 43) diesen Sachverhalt im Zusammenhang mit der Verwendung von Ton in Ausstellungen: „Das herkömmliche Ausstellungsstück ist weiterhin bleibend – schließt man die Augen und öffnet sie dann

wieder, so steht es immer noch an seiner alten Stelle. Ein Wort dagegen ist in einer Sekunde verklungen, der Ruf eines Tieres, der Gesang eines Vogels dauert nur kurz und kann bleibend nur in der Wiederholung sein.“

Insofern gleicht das Medium Ton dem Medium Text, das ebenfalls sequenziell wahrgenommen wird. Eine Routenbeschreibung kann beispielsweise auf Papier geschrieben werden oder mündlich weitergegeben werden. Der Vorteil des Papiers besteht darin, dass dem Benutzer eine bleibende Referenz zur Verfügung steht, die er im Zweifelsfall mehrfach konsultieren kann. Auch Ton kann auf einem Speichermedium aufgezeichnet werden. Allerdings ist es, gerade wenn es sich um einen längeren Text handelt, ungleich schwieriger, eine bestimmte Stelle in einer Tonaufnahme zu finden, als dies bei einem geschriebenen Text der Fall ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass wir beim Aufnehmen graphischer Informationen zusätzlich eine Lageinformation haben. So kann die bewusst / unbewusst aufgenommene Information „Dieses Wort stand links unten auf einer Seite“ unsere Suche verkürzen. Die zwei Dimensionen der Ebene stehen beim Ton nicht zur Verfügung (Abb. 55).

Räumliche Informationen können folglich zwar rein auditiv wie auch textlich, übermittelt werden, was allerdings auf Grund der genannten Einschränkungen erhebliche Nachteile hat. Die spezifischen Vorteile des graphischen Mediums werden in keinem Fall erreicht bzw. überboten.

Da sich Sehen und Hören gegenseitig ergänzen (LYNCH 1984, S. 61), bleibt die Kombination auditiver und visueller Medien zur Vermittlung räumlicher Informatio-

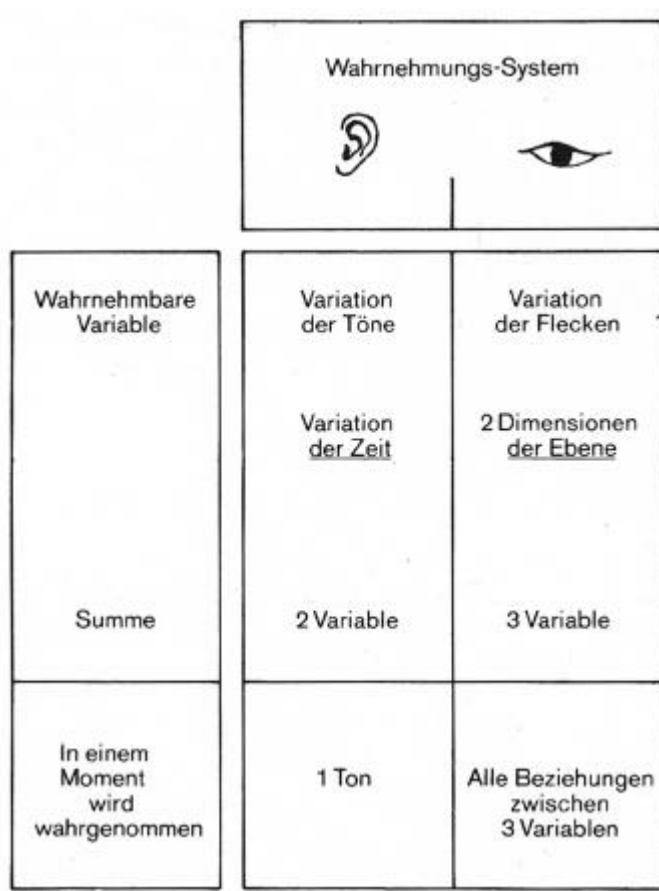


Abb. 55: Eigenarten der Wahrnehmbarkeit bei linearen und bei räumlichen Systemen
(Quelle: BERTIN 1974, S. 11)

nen. Hier kann Ton gleich anderen Medien verschiedene Funktionen übernehmen, die ursprünglich in wissenschaftlichen Arbeiten der Medienpsychologie zusammengestellt (s. HASEBROOK 1995) und von DRANSCH (1997a und 1997b) auf die multimediale Kartographie übertragen worden sind. Unterschieden wird zwischen der *Zeigefunktion/Ersatzfunktion*, der *Situierungsfunktion*, der *Konstruktionsfunktion* und der *Motivationsfunktion* (DRANSCH 1997a, S. 29/30). Die Zeigefunktion soll es dem Nutzer ermöglichen, einen Sachverhalt möglichst zutreffend zu erfassen. Hierbei kann ein Foto, aber auch ein realistisches Geräusch eingesetzt werden (DRANSCH 1997a, S. 30). Zur Einordnung der dargebotenen Informationen in einen größeren Kontext dient die Situierungsfunktion. Medien mit Konstruktionsfunktion sollen die Bildung mentaler Modell fördern. So helfen z. B. Animationen dabei, „Strukturen und ihre Veränderungen in Raum und Zeit zu erfassen“ (DRANSCH 1997b, S. 6). Neben diesen kognitiven Funktionen gibt es die Motivationsfunktion, durch die das Interesse eines Benutzers und seine Neugier geweckt werden sollen.

Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass die Motivationsfunktion von Medien in einem engen Zusammenhang mit der allgemeinen gesellschaftlichen und technischen Entwicklung steht. So plädiert BERTIN (1974, S. 99) für die Verwendung von Farben, da sie eine „starke psychologische Anziehungskraft“ ausüben würden. Weiter heißt es: „Im Vergleich zum Schwarz ist ihr System geistiger Reizwirkungen reichhaltiger, und in vielen Fällen, in denen die Verwendung von Farben als Luxus erscheint, macht sich dieser Luxus dennoch bezahlt: die Aufmerksamkeit wird erregt, die Zahl der Leser vervielfacht, eine bessere Speicherung der Informationen im Gedächtnis gesichert, die Bedeutung der Mitteilung betont“ (BERTIN 1974, S. 99). Heute müssten diese Wirkungen der Verwendung von Farbe sicherlich neu bewertet werden, da selbst Tageszeitungen mittlerweile über das „Bildzeitungsrot“ hinausgehend farbige Abbildungen verwenden und diese in Illustrierten, im Fernsehen und Kino längst zum festen Bestandteil geworden sind. Aufmerksamkeit wird nicht mehr allein durch die Verwendung von Farbe, sondern die Verwendung von Signalfarben erreicht. Ein Beispiel hierfür ist die Änderung der Lackierung von Feuerwehrfahrzeugen vom ehemaligen Feuerrot zum heutigen Neonrot. Gleiches gilt auch für die Verwendung von Ton. Nach der Zeit der Stummfilme haben hörbare Filme für große Aufmerksamkeit gesorgt, während der Ton im Kino heute als gegeben vorausgesetzt wird. Aufmerksamkeit würde heute durch fehlenden Ton hervorgerufen.

Neben dem erläuterten medienpsychologischen Ansatz haben verschiedene Autoren versucht, die Verwendung von Ton in Verbindung mit Karten näher zu beschreiben und zu kategorisieren. Auf der jeweiligen Betrachtungsweise basierend gibt es dabei zwei grundlegende Ansätze, die im Folgenden kurz vorgestellt werden:

1. Differenzierung nach den Einsatzmöglichkeiten von Ton
2. Unterscheidung von Geräuschtypen

Im Hinblick auf den ersten Ansatz unterscheidet PETERSON (1995, S. 134) zwischen der Verwendung von Ton als *Hintergrundgeräusch*, vergleichbar mit der Hintergrundmusik in einem Fahrstuhl, und zur *Vermittlung von Informationen*. Dieser Einteilung folgend kann Ton in Multimedia-Anwendungen nach RIEDL (2000, S. 57) entweder als *Informationsquelle* oder zur *Unterhaltung* eingesetzt werden. Weitergehend differenziert RIEDEL zwischen der Informationsquelle Ton „in sprachlicher als

auch attributbezogener Hinsicht, sei es zur Hilfestellung (z. B. Klickgeräusch beim Durchführen oder Abschließen einer Interaktion; Warngeräusche) oder Erläuterung (wie in Autonavigationssystemen; Online Tutorials) bzw. zur Wiedergabe eines akustischen Sachverhalts (wie bei Lärmbelastungskarten)“ (RIEDL 2000, S. 57).

In einer sehr frühen Arbeit aus dem Jahr 1993 nehmen CASSETTARI und PARSONS (S. 196) eine Aufteilung von Geräuschen in zwei Gruppen vor:

1. Geräusche als Teil der Benutzerschnittstelle (Warngeräusche etc.),
2. Geräusche als eigener Datentyp, der als inhärenter Bestandteil einer Datenbank manipuliert werden kann.

Die zweite Gruppe wird von den Autoren weiter untergliedert in die Nutzung von Geräuschen als Attributinformationen und die Verwendung von Geräuschen als eigenständige räumliche Objekte.

BIDOSHI et al. (1999) unterscheiden zwischen vier verschiedenen Möglichkeiten, Ton mit Karten zu kombinieren:

1. Darstellung von Attributinformationen: Einsatz von Ton zur Erläuterung von Objekten,
2. verbesserte Darstellung von realen Phänomenen: Verwendung von realistischen Geräuschen, wie Donnergrollen oder Regen, für Planungskarten,
3. Indikator für Datenqualität: Verschiedene Töne korrespondieren mit der Genauigkeit der verwendeten Daten,
4. Lokalisierung von Geräuschen: Wahrnehmung eines Flusses in einer virtuellen Realität, ohne den Fluss optisch wahrnehmen zu müssen.

Diese Einteilungen basieren auf unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten von Ton in Kombination mit Karten/GIS, die von verschiedenen Autoren vorgeschlagen, bzw. beispielhaft umgesetzt worden sind. In Tabelle 6 wird versucht, auf der Literaturrecherche basierend einen Überblick über bisherige Arbeiten bzw. Vorschläge im Bereich Kartographie / GIS zu geben.

Neben einer Differenzierung zwischen den unterschiedlichen Funktionen, die das Medium Ton in Kombination mit Karten übernehmen kann, gibt es auch die Möglichkeit, eine Gliederung ausgehend von den verschiedenen Geräuschtypen vorzunehmen. So unterscheidet KRYGIER (1994) zwischen realistischen und abstrakten Geräuschen, wobei er in der erstgenannten Gruppe Stimmen und „mimetic sound icons“ (das Geräusch zerknüllenden Papiers, wenn eine Datei im Betriebssystem Macintosh in den Papierkorb geworfen wird) zusammenfasst. Ein abstraktes Geräusch dagegen entspricht physikalisch betrachtet einem Ton, also der mathematisch einfachsten Form einer Schallwelle (Sinuston). Dieser kann durch Variablen, die sich an die graphischen Variablen von Bertin anlehnen, verändert bzw. mit anderen Tönen kombiniert werden (Abb. 56).

DRANSCH (1997, S. 27) hingegen unterscheidet bei den auditiven Medien zwischen *tonal* und *verbal*, wobei tonale Medien einen Einzelton oder eine Tonfolge umfassen können, während sich der Begriff *verbal* auf die Verwendung von Sprache bezieht. Hierzu ist anzumerken, dass „tonal“ laut Duden (22. Aufl.) eigentlich auf einen

Jahr	Autor	vorgeschlagene/realisierte Anwendung
1993	WOOD	Integration von realistischen Geräuschen in Topographische Karten als Bestandteil unserer Umwelt
1993	BUTTENFIELD und WEBER	Ton zur Navigationsunterstützung in Hypermedia-Systemen
1993	SHIFFER	Geräuscheindruck zur Vermittlung der Verkehrsstärke in einem interaktiven Planungssystem
1994a/ 1994b	FISHER	Verwendung eines abstrakten Geräusches zur Darstellung der Klassifizierungsgenauigkeit von Luft- bzw. Satellitenbildern.
1993	KRYGIER	Geräusche von Feuer und Wind in einer Animation zur Waldbedeckung. (nach Slocum, 1999, S. 248)
1993	CASSETTARI und PARSONS	Verwendung von realistischen Flugzeuggeräuschen in Kombination mit Fluglärmkarten in einem GIS
1994	KRYGIER	Verknüpfung der Lautstärke von Tönen mit den dargestellten Wertebereichen in einer Choroplethenkarte
1995	KRZYWICKA-BLUM	Einsatz von Ton zur Verbesserung der Informationsvermittlung in Blindenkarten
1997	DRANSCH	Darstellung des Geräuschpegels entlang einer Straße mit Hilfe von Ton
1997	NUTZ	Ergänzung einer Karte über Kulturdenkmale mit dem Klang eines Glockenspiels
1999	SERVIGNE et al.	Aufbau einer Geräuschdatenbank zur Unterstützung von digitalen innerstädtischen Lärmkarten
1999, 2001	MÜLLER et al.	Verwendung kontinuierlicher realistischer Geräusche in Kombination mit Lärmkarten
2001	MORRISON und Ramirez	Ton zur Unterstützung von Datenbankabfragen und zur Darstellung von geographischen Namen in digitalen Karten

Tab. 6: Vorschläge/Anwendungen zur Verwendung von Ton in der digitalen Kartographie

Grundton bezogene Musik meint und der Begriff zur Charakterisierung aller Töne und Geräusche abgesehen von der Sprache somit etwas unglücklich gewählt ist.

Beide vorgestellten Gliederungsmöglichkeiten haben sicher ihre Berechtigung, weisen aber auch Schwachstellen auf. So stellt sich die Frage, ob gesprochener Text zu den realistischen Geräuschen gerechnet werden kann. Mit Hilfe der Sprache geben wir gezielt Informationen über einen Sachverhalt weiter, und wenn unser Gegenüber uns versteht, können die vermittelten Informationen sehr komplex sein. Ein realistisches Geräusch hingegen hat nur einen Bezug zu dem verursachenden visuellen Objekt, d. h. hören wir ein Straßengeräusch, können wir uns als visuelles Objekt nur eine befahrene Straße vorstellen. Außerdem benötigt man zur Übermittlung von Informationen durch Sprache einen längeren Zeitraum als dies bei vielen realistischen Geräuschen der Fall ist. Beispielsweise benötigen wir länger den Satz „Von links kommt jetzt ein Rettungswagen“ zu verstehen, als wenn wir das Sirenen-geräusch hören.

An dieser Stelle möchte ich auf einen weiteren Aspekt eingehen, nämlich die Bedeutung, die Sprache und Geräusche vermitteln. Während sich die Bedeutung

		Nominal Data	Ordinal Data
LOCATION The location of a sound in a two or three dimensional space		Possibly Effective	Effective
LOUDNESS The magnitude of a sound A A A A A	Not Effective	Effective
PITCH The highness or lowness (frequency) of a sound	C D E F G A B C	Not Effective	Effective
REGISTER The relative location of a pitch in a given range of pitches	C D E F G A B C C D E F G A B C	Not Effective	Effective
TIMBRE The general prevailing quality or characteristic of a sound	A A A	Effective	Not Effective
DURATION The length of time a sound is (or isn't) heard	A [] A []	Not Effective	Effective
RATE OF CHANGE The relation between the durations of sound and silence over time	A A A A A A A A A	Not Effective	Effective
ORDER The sequence of sounds over time	A B C D C A D B	Not Effective	Effective
ATTACK/DECAY The time it takes a sound to reach its maximum/minimum		Not Effective	Effective

Abb. 56: Tonvariablen für abstrakte Geräusche (Quelle: KRYGIER 1994, S. 153)

eines gesprochenen Textes erst aus der Aneinanderreihung von Wörtern ergibt, ist die Bedeutung eines Geräusches unmittelbar mit diesem verknüpft. Somit können realistische Geräusche durchaus mit Piktogrammen in der Kartographie verglichen werden, die auch eine unmittelbare Bedeutung haben, die nur eben visuell und nicht akustisch verschlüsselt ist.

Einen besonderen Stellenwert hat in diesem Zusammenhang die Musik, auf die weder KRYGIER (1994) noch DRANSCH (1997) ausführlich eingehen, da sie emotional auf den Hörer wirkt und bei diesem zu sehr unterschiedlichen Interpretationen führen kann. Harmonische Orchestermusik kann den Hörer beispielsweise dazu veranlassen, sich ein einsames Haus in Norwegen oder einen ruhigen Park in einer Großstadt vorzustellen. Daneben gibt es natürlich noch unzählige weitere Vorstellungsmöglichkeiten. Außerdem können Musikpräferenzen sehr unterschiedlich sein und die Wahrnehmung entscheidend beeinflussen. Die Verwendung von Karnevalsmusik zur Untermalung einer multimedialen Präsentation ist sicherlich nicht jedermanns Sache und führt dazu, dass ein Großteil der Nutzer die Anwendung schnell beendet oder den Ton abstellt, es sei denn - und hier kommt wieder die Bedeutung ins Spiel - bei der Anwendung handelt es sich um ein Informationssystem über die Geschichte von Karnevalsvereinen. Eine inhaltlicher Bezug zwischen verwendeter Musik und dem Informationssystem muss in jedem Fall gewährleistet sein.

Auf Basis der vorausgehenden Diskussion wird im Hinblick auf die kombinierte Verwendung von Ton und Karten folgende Unterscheidung favorisiert:

Sprache

Sprache kann die Funktion übernehmen, eine gesamte Karte / kartographische Animation oder einzelne Objekte des Karteninhalts zu erläutern. Insofern steht sie mit einem engen Zusammenhang mit dem Medium Text (BORCHERT 2000, S. 49). Ein positiver Aspekt der Verwendung von Sprache liegt darin, dass das graphische Bild nicht belastet wird. Allerdings ist die Informationsvermittlung zeitabhängig, wobei die Einflussmöglichkeiten des Nutzers im Gegensatz zu einem sichtbaren Text, den er auch „überfliegen“ kann, um die wichtigsten Informationen aufzunehmen, gering sind.

Musik

Musik wird im Rahmen multimedialer Informationssysteme überwiegend verwendet, um a) ein Intro abwechslungsreich zu gestalten und die Dynamik der graphischen Animationen durch die Abstimmung von Inhalt und Musik zu betonen oder b) den Nutzer auf statischen Informationsseiten zu unterhalten und ihm dadurch die Informationsaufnahme zu erleichtern. Beide Nutzungsmöglichkeiten lassen sich auch auf die Kartographie übertragen. Zum Einen kann die dramatische Entwicklung eines räumlichen Sachverhalts in einer Animation durch eine dramatische Phase in einem Musikstück unterstützt werden. Hierdurch kann die Aufmerksamkeit des Nutzers gezielt auf einen Zeitpunkt in der Animation gelenkt werden. Zum Anderen kann Musik auch als Hintergrundgeräusch eingesetzt werden, um den Nutzer zu einer längeren Betrachtung einer statischen Karte zu animieren. Dabei muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Musik den Nutzer nicht von der kartographischen Darstellung ablenkt.

Geräusche

Werden Geräusche in eine multimediale Darstellung eingebunden, stellt sich zunächst einmal die Frage nach deren Abstraktheit. Bestimmte natürliche und anthropogen bedingte Geräusche können unmittelbar einem Objekt in der Natur zugeordnet werden (z. B. Vogelgezwitscher, Straßenverkehr), während dies bei anderen kaum möglich (arbeitende Laborgeräte) bzw. unmöglich ist, wenn es sich um ein abstraktes Geräusch handelt, das technisch erzeugt worden ist. Wichtig ist hierbei der Bezug des Geräusches zu einem in der Realität vorkommenden Objekt und unser Wissen über dieses Geräusch, der Wiedererkennungswert. MACEACHREN (1995, S. 262) hat die Abstraktheit („iconicity“) von bildhaften, assoziativen und geometrischen Punktsymbolen in einer graphischen Übersicht dargestellt, wobei er die fließenden Übergänge zwischen den einzelnen Kategorien herausstellt (Abb. 57). In ähnlicher Weise definiert BODUM (1999, S. 28) vier unterschiedliche Abstraktionsebenen für virtuelle Realitäten: „near reality, enhanced reality, enhanced virtuality, virtuality“.

Diese Erkenntnisse lassen sich mit leichten Modifikationen auch auf die Abstraktheit von Geräuschen übertragen. Dabei kann ebenfalls zwischen drei Gruppen unterschieden werden:

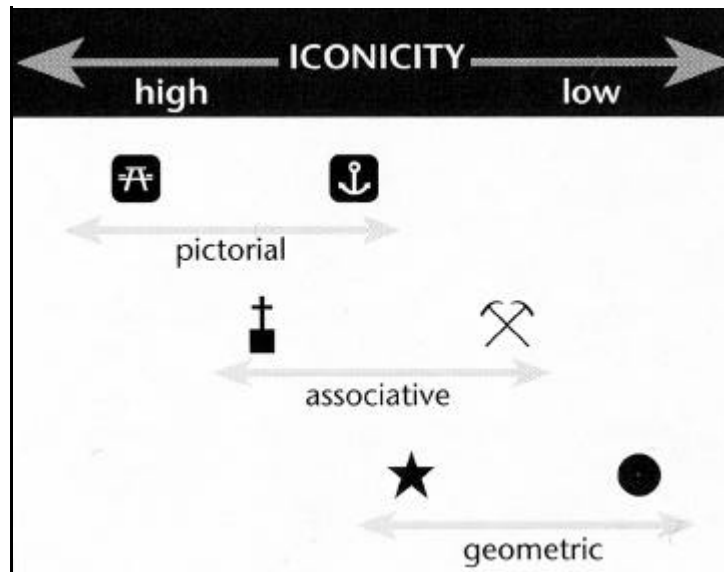


Abb. 57: Abstraktheit bildhafter, assoziativer und geometrischer Signaturen
(Quelle: MACEACHREN 1995, S. 262)

- a) Ein aus vielen Geräuschen zusammengesetztes Geräusch, das an einem bestimmten Ort aufgenommen wird und für diesen charakteristisch ist.
- b) Ein Einzelgeräusch, das mit einem Objekt in Verbindung steht, aber auch mit anderen Objekten gleicher Art assoziiert wird (z. B. Geräusch: Glockengeläut → Objekt: Kirche).
- c) Abstrakte Geräusche, denen eine Bedeutung für den Anwendungsfall zugewiesen wird.

Für jede dieser Gruppen von Geräuschen gibt es in der Kartographie Anwendungsmöglichkeiten, wobei die erste Gruppe in das Umfeld der Virtuellen Realität eingeordnet werden kann, die über die eigentliche Visualisierung hinausgeht. PETERSON (1999, S. 32) stellt hierzu die entscheidende und viel diskutierte Frage: „Indeed, what is the purpose of cartography if it is not to make abstractions of the world that are more useful than looking at reality itself?“

Töne

Töne unterscheiden sich von Geräuschen insofern, als dass es sich bei einem Ton um die mathematisch einfachste Form einer Schallwelle (Sinuston) handelt. Da es zwischen realistischen und abstrakten Geräuschen einen fließenden Übergang gibt (s.o.), stellt sich die Frage, ob es nicht sinnvoll ist, Töne in die Gruppe der abstrakten Geräusche als deren extremste Form einzuordnen. Dem muss ich jedoch widersprechen, da es zwischen abstrakten Geräuschen und Tönen einen entscheidenden Unterschied gibt: Auf einen Ton können alle von KRYGIER (1994, S. 153) vorgeschlagenen Variablen angewendet werden, während dies bei Geräuschen nur eingeschränkt möglich ist. So kann z. B. die Frequenz eines Tons verändert werden. Ein Geräusch hingegen setzt sich schon aus mehreren Frequenzen zusammen, so dass diese Variable nur bedingt einsetzbar ist. Töne sollten daher verwendet werden, wenn ein großes Spektrum der Geräuschvariablen eingesetzt werden soll, d. h., es sich um die Darstellung eines oder mehrerer komplexer räumlicher Phänomene handelt oder Wert auf den Einsatz einer bestimmte Variable (Frequenz) gelegt wird.

c) Beispiele audiovisueller Lärmkarten

Die im Rahmen dieses Kapitels verwendete Datengrundlage ist auch für visuelle Darstellungsbeispiele verwendet worden (s. Kap. 3.4.2, Beispiele 3 und 11, Lärmkarte „Tinner Str./Trift, Westerland/Sylt“). Da an den genannten Textstellen bereits auf die Datenaufbereitung eingegangen wird, soll an dieser Stelle auf eine ausführliche Darstellung verzichtet werden. Entscheidend ist, dass es sich bei der visuellen Grundlage um eine Lärmkarte in kontinuierlicher Farbdarstellung handelt. Prinzipiell lassen sich die folgenden Ausführungen auf dieser Grundlage basierend auch auf andere Lärmkarten übertragen. Die Umsetzung der Beispiele erfolgte unter Zuhilfenahme der Autorensoftware Macromedia Director 8 und der Skriptsprache Lingo (zur Begründung siehe Kap. 3.2). Eine ausführliche Darstellung über die Verwendung der Skriptsprache Lingo für kartographische Animationen findet sich bei MÜLLER und GREBE (2000).

Beispiel 1: Kontinuierliche Tonoberfläche (Einzelgeräusch)

Grundsätzlich wird in Lärmkarten, so es sich nicht um Konfliktkarten handelt, die Schallausbreitung *einer* Geräuschquelle dargestellt. Dabei kann es sich um Straßenverkehr, Schienenverkehr etc. handeln (vgl. Kap. 2.4). Diese in der Planungspraxis zum Einsatz kommenden Karten haben, ob analog oder digital, jedoch den entscheidenden Nachteil, dass sie „stumm“ sind und keine qualitativen Informationen über das Geräusch enthalten. Ob die Schallausbreitung des Straßenverkehrs oder Schienenverkehrs dargestellt wird, kann der Nutzer nur dem Kartentitel und nicht dem Kartenbild entnehmen. Da Geräusche jedoch das eigentliche Thema bilden, bietet es sich geradezu an, im digitalen Umfeld auch mit Geräuschen zu arbeiten. Wird die visuelle Lärmkarte mit einem hierzu in Beziehung stehenden Geräusch verknüpft, ergibt sich aus medienpsychologischer Sicht für den Nutzer der Vorteil der doppelten Enkodierung, d. h. „dass Informationen, die sowohl textlich als auch bildlich darzustellen sind, im Gedächtnis doppelt enkodiert und in beiden Speichern abgelegt werden“ (DRANSCH 1997, S. 27). Gleiches gilt auch für die Verknüpfung von visuellen und auditiven Medien, wobei darauf zu achten ist, „dass sich beide Informationen eindeutig aufeinander beziehen und ergänzen“ (DRANSCH 1997, S. 28). Diese Aussage stützt auch eine empirische Untersuchung von GRINSTEIN et al. (zitiert nach MACEACHREN 1995, S. 421) zur Klassifizierung von sichtbaren und hörbaren Objekten. Bei der audiovisuellen Darstellung wurden die signifikant besten Ergebnisse erzielt (MACEACHREN 1995, S. 422).

Im vorliegenden Beispiel (s. beiliegende CD-ROM) wird dies erreicht, indem ein realistisches Geräusch (Straßenverkehr) abgespielt wird, während der Nutzer den Mauszeiger über die Karte bewegt. Die Lautstärke des Geräusches ist mit der Lärmkarte, also der visuellen Darstellung, gekoppelt und wird kontinuierlich an die Position des Mauszeigers über der Lärmkarte angepasst. Hierdurch kann der Nutzer laute und leise Bereiche erfassen und wird angeregt, die Karte zu „erforschen“, indem er den Mauszeiger über diese bewegt. Auf diese Weise wird die Aufmerksamkeit des Nutzers auf die Karte gelenkt und für den Zeitraum der Interaktion aufrechterhalten.

Für die Umsetzung sind in einem ersten Schritt zwei Lärmkarten als Grafikdateien in Macromedia Director importiert worden. Dabei handelt es sich a) um eine farbige Lärmkarte, die in der Anwendung sichtbar ist und b) eine schwarzweiße Lärmkarte,

aus der die Graustufenwerte entnommen und in Lautstärkewerte umgerechnet werden.

Die frei verfügbare und verwendbare Geräuschdatei „Straßenverkehr“ wurde von einer Internetseite (www.partnersinrhyme.com [Stand: 17.04.02]) heruntergeladen und ebenfalls in Macromedia Director importiert.

Einen Überblick über das in einem zweiten Schritt erstellte Lingskript gibt Abbildung 58. Beim Starten des Films wird das Straßengeräusch im ersten Tonkanal abgespielt und diesem die Lautstärke 0 (stumm) zugewiesen. Befindet sich der Mauszeiger über der Karte, wird dessen Position auf der Bühne erfasst und in die entsprechende Bildposition umgerechnet. Anhand dieser Bildposition wird ein Graustufenwert aus der nicht sichtbaren schwarzweißen Lärmkarte entnommen. Dieser Wert wird in einen Lautstärkewert umgerechnet, der auf das im ersten Tonkanal abgespielte Geräusch angewendet wird. Dieses Skript wird in einer Schleife ausgeführt, so lange sich der Mauszeiger über der Lärmkarte befindet. Verlässt der Mauszeiger die Lärmkarte, wird die Lautstärke des ersten Kanals wieder auf 0 gesetzt.

Beispiel 2: Kontinuierliche Tonoberfläche (Geräuschumgebung)

Ein weiterer Nachteil von herkömmlichen Lärmkarten ist die alleinige Berücksichtigung einer Geräuschquelle, wie z. B. Schienenverkehr. In der Realität sieht die Situation jedoch oftmals ganz anders aus, da auf einen Ort Geräusche aus unterschiedlichen Quellen einwirken, wobei sich diese gegenseitig überlagern bzw. ergänzen.

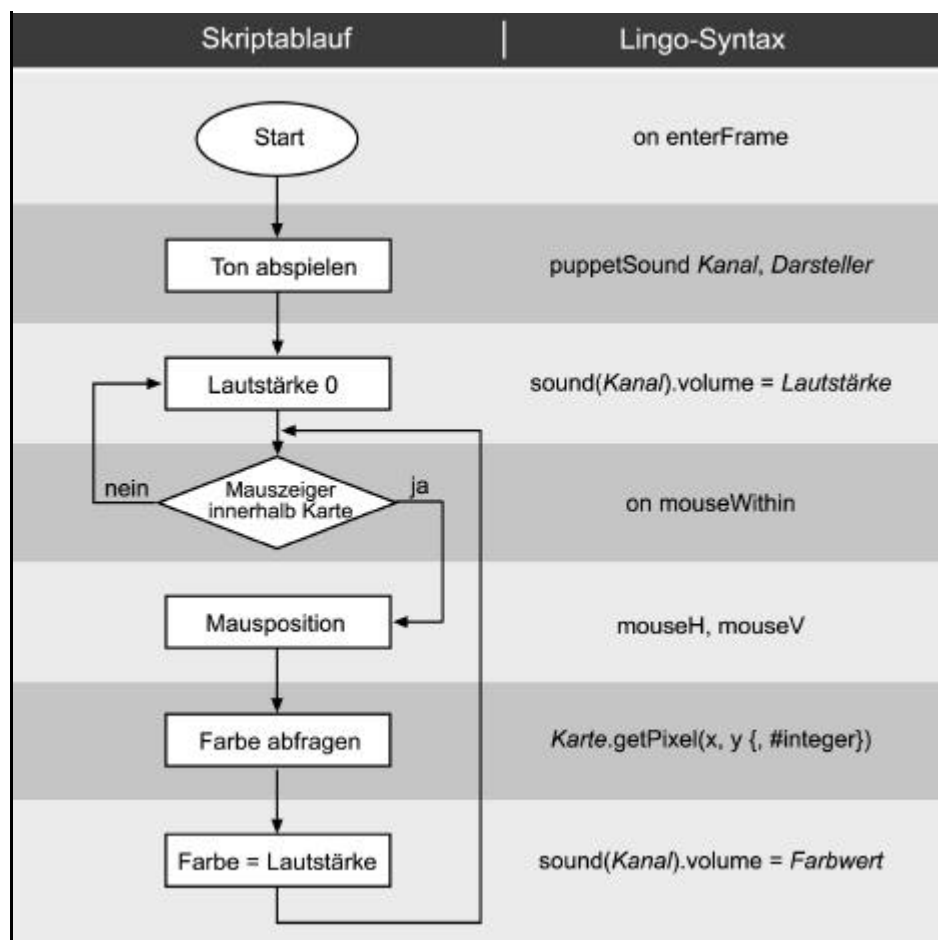


Abb. 58: Ablaufdiagramm und Lingo-Befehle: kontinuierliche Tonoberfläche

Beispielsweise kann die aus einer Lärmkarte für Schienenverkehr entnommene Belastung an einem Ort durch Verkehrslärm übertroffen und damit übertönt werden, der in einer anderen Lärmkarte dargestellt wird. Obwohl aus den Lärmkarten verschiedener Quellen in der Lärminderungsplanung eine Konfliktkarte abgeleitet wird, ist die Darstellung von Geräuschen einer Quelle in unabhängigen Karten nicht korrekt, da eine fiktive und nicht die reale Situation wiedergegeben wird.

Daher ist in der vorliegenden Arbeit der Versuch unternommen worden, Geräusche aus verschiedenen Lärmkarten miteinander zu kombinieren, um dem Nutzer einen Eindruck der Geräuschumgebung, an einem Ort zu geben. Als räumliche Grundlage dient in diesem Beispiel ein Luftbild, das der Nutzer mit dem Mauszeiger überfahren kann. An jeder Position hört er ein Geräusch, das sich aus den in ihrer jeweiligen Lautstärke kombinierten Einzelgeräuschen zusammensetzt. Die Informationen zu den Dezibelwerten der einzelnen Geräusche kann der Nutzer aus der Legende im Kartenrand entnehmen. Anzumerken ist, dass als räumliche Grundlage durchaus auch eine Konfliktkarte Verwendung finden könnte, die für die bearbeiteten Beispieldaten allerdings nicht vorgelegen hat.

Um dieses Beispiel zu realisieren, sind zunächst das Luftbild und drei schwarzweiße Lärmkarten (Straßenverkehr, Schienenverkehr, Park) als Grafikdateien in Macromedia Director importiert worden. Während die Lärmkarte zum Straßenverkehr mit einer Lärmsimulationssoftware berechnet worden ist, sind die zwei anderen Lärm- oder im Fall des Parks besser: Schallkarten mit der Grafikbearbeitungssoftware Adobe Photoshop unter Anwendung eines kontinuierlichen Farbverlaufs erstellt worden, um die Funktionalität demonstrieren zu können. Die Schallausbreitung ist also nicht mit einer Schallmodellierungssoftware berechnet worden. Hieraus ergeben sich für die beispielhafte Umsetzung keinerlei Nachteile und die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Anwendungsfälle bleibt gewährleistet. Wie schon beim letzten Beispiel sind auch hier drei Geräusche (Straßenverkehr, Schienenverkehr, Park) aus dem Internet heruntergeladen und eingebunden worden.

Das für das erste Beispiel erläuterte Skript bleibt nahezu unverändert. Allerdings werden beim Filmstart die drei verschiedenen Geräusche in drei Tonkanälen abgespielt. Überfährt der Nutzer das Luftbild mit dem Mauszeiger, werden an jeder Position drei Farbwerte aus den drei Lärmkarten entnommen, denen ein Lautstärkewert zugeordnet wird. Danach wird die Lautstärke der drei entsprechenden Tonkanäle (und damit Geräusche) angepasst. D. h., es gibt Gebiete, in denen das eine oder andere Geräusch überwiegt, wobei aber alle Geräusche präsent bleiben. Eine Übersicht über die Funktionsweise gibt Abbildung 59.

Hinzuzufügen ist, dass die Mischung der Geräusche vom Macromedia-eigenen Soundmixer MacroMix (LESKE et al. 2000, S. 519) vorgenommen wird, der bis zu acht Tonkanäle mischen kann und das fertig gemischte Geräusch an das Betriebssystem weitergibt. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass das Betriebssystem Windows (95, NT, prinzipiell auch 98 und 2000) immer nur einen Sound auf einmal abspielen kann (GILLMAIER und GOLA 2000, S. 277). Seit der Director-Version 7 stehen als weitere Ausgabegeräte der Mixer des Quicktime 3.0-Paketes und „Directsound“, das die DirectSound-Treiber von Microsoft verwendet, zur Verfügung.

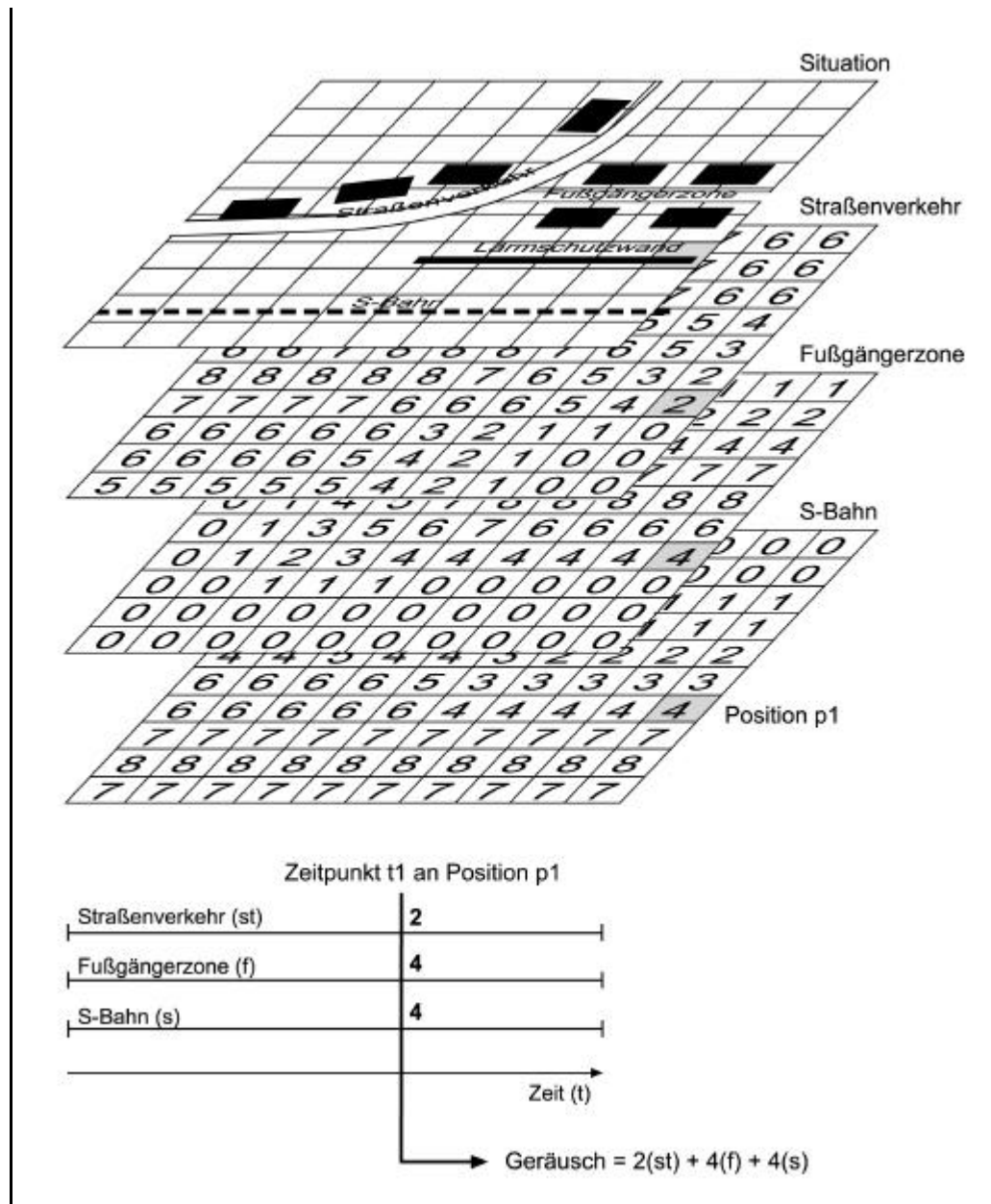


Abb. 59: Funktionsweise einer maussensitiven Rastertonkarte

d) Diskussion

Obwohl die beiden vorgestellten neuen Darstellungsmöglichkeiten auf den ersten Blick „attraktiv“ erscheinen mögen, sind sie hinsichtlich ihrer Aufgaben, nämlich der Vermittlung von Lärminformationen, kritisch zu hinterfragen. Zwei Problembereiche müssen an dieser Stelle angesprochen werden: 1. die zeitliche Dimension und 2. der Bezug zur realen Situation.

Zeitliche Dimension

Schallereignisse sind in zeitlicher Hinsicht dynamisch, d. h., die Lautumgebung an einem Ort ändert sich im Sekundenbereich, auch wenn bestimmte Geräusche regelmäßig wiederkehren (s. Kap. 3.3). Das Geräusch einer vorbeifahrenden S-Bahn dauert länger als eine Minute und tritt in einer bestimmten Häufigkeit pro Zeiteinheit (z. B. tagsüber von 6 – 22 Uhr) auf. In einer Lärmkarte nach DIN-Normen werden diese Geräuschereignisse für einen Zeitraum (Tag/Nacht) gemittelt und in einer

einzigsten Lärmkarte dargestellt. Folglich wird die in der Lärmkarte wiedergegebene gemittelte Lärmbelastung umso geringer sein, je weniger häufig Lautereignisse mit gleicher Lautstärke auftreten.

Wird die Lärmbelastung des Schienenverkehrs mit dem sich wiederholenden Geräusch eines vorbeifahrenden Zuges symbolisiert, wie im obigen Beispiel geschehen, könnte der Nutzer daraus ableiten, dass der Zug mit der Häufigkeit der abgespielten Geräuschereignisse vorbeifährt. Dies ist jedoch nicht der Fall, da es sich um ein Geräusch handelt, das in einer Schleife abgespielt wird, unabhängig von der tatsächlichen Taktfrequenz des Zuges. Abhilfe schaffen kann hier nur eine zusätzliche visuelle Darstellung der Taktfrequenz beispielsweise durch eine Bandsignatur, deren Breite der Taktfrequenz entspricht. Hierzu lagen für das Beispielgebiet keine Angaben vor.

Eine weitere Möglichkeit ist die Berechnung von Schallkarten für kleinere Zeiträume und die Trickfilmanimation dieser Karten. Eine zur Zeit im Rahmen des Schallprojektes entstehende Diplomarbeit zeigt, dass Veränderungen der Lärmbelastung im Tagesverlauf (Berufsverkehr) sehr anschaulich dargestellt werden können. Eine Kombination mit hörbaren Geräuschen ist hierfür jedoch auf Grund der schnellen Kartenabfolge nicht möglich. Einzelne dieser Lärmkarten könnten dafür sehr wohl mit Geräuschen kombiniert werden.

Bezug zur realen Situation

SCHAFER (1971, S. 51) folgend ist keine Aufnahme „eine exakte Reproduktion des lebendigen Klangs. Sowohl bei der Produktion als auch bei der Wiedergabe treten Verzerrungen auf. Selbst das einfachste Heimgerät hat Vorrichtungen zur Modifikation des Klangs.“ Dies gilt auch für die oben vorgestellten Anwendungsbeispiele. Auch wenn die Lautstärke der Geräusche in der Anwendung, und somit für den Nutzer nicht veränderbar, modifiziert wird, kann dieser über Lautstärkereglern an den Boxen bzw. Einstellungen im Betriebssystem die absolute Lautstärke seinen Bedürfnissen anpassen. Hieraus folgt, dass die Geräuschumgebung „vor Ort“ nicht exakt wiedergegeben werden kann und dies im vorliegenden Anwendungsbeispiel auch nicht angestrebt wurde. Letztendlich stellen sowohl Karte als auch die akustische Ergänzung eine Abstraktion der Realität dar, nach PETERSON (1999, S. 8) bezogen auf die Kartographie „a useful and necessary form of lying“. Auf diese Tatsache muss der Nutzer allerdings explizit hingewiesen werden, um Missverständnissen vorzubeugen.

Wiedergegeben werden können hingegen Lautstärkeunterschiede sowohl zwischen Geräuschen aus unterschiedlichen Quellen als auch an unterschiedlichen Positionen im Raum. Hieraus ergibt sich der Vorteil, dass der Nutzer nicht mehr allein auf die oftmals „mehrdeutige“ Farbdarstellung angewiesen ist (siehe Kap. 3.4, Beispiel 6), sondern die Lautstärkeänderung des Geräusches als akustische Variable (KRYGIER 1994, S. 154) direkt in Bezug zur Änderung der Lärmbelastung setzen kann.

3.4.4. Datenanalyse

Obwohl die Computerkartographie seit ihren Anfängen eng mit der Entwicklung Geographischer Informationssysteme (GIS) verbunden ist (s. Kap. 1.2), gibt es auch eine Reihe trennender Faktoren. So hat das mit einem GIS erzeugte graphische Kartenbild immer kritische Bemerkungen von Seiten der Kartographie hervorgerufen, während es einer graphisch ansprechenden Karte meist an den Analyse-möglichkeiten bzw. der Datenbankanbindung mangelt. In Kapitel 3.2 ist dieser Umstand im Hinblick auf die Integration von GIS und Multimedia ausführlich diskutiert und der für die vorliegende Arbeit gewählte Ansatz begründet worden.

Doch die Darstellung der Lärmbelastung in einer Karte allein ist heutzutage für eine Vielzahl von Anwendungen, insbesondere in der Stadtplanung, nicht mehr ausreichend, da die Lärmausbreitung in einem direkten Zusammenhang mit anderen räumlichen Daten steht. Demzufolge wird nach FITZKE (1997, S. 60) ein SchallGIS „üblicherweise über die (lose) Kopplung von Spezial-Software zur Schallimmissionsberechnung an ein Geographisches Informationssystem realisiert“, in dem auch andere räumliche Daten verwaltet werden. Auf diese Weise kann die in der Lärmminde-rungsplanung zentrale Aufgabe, nämlich die Bewertung von Schallinformationen im Hinblick auf mögliche Umweltbeeinträchtigungen, bearbeitet werden. Hierzu gehört beispielsweise die Verschneidung der Lärminformationen mit Daten zur Bevölkerungsdichte (RIEDEMANN, 1998, S. 5) oder der Flächennutzung (FITZKE, 1997, S. 64).

Letztendlich ist die Integration der Lärmdaten in ein GIS in der kommunalen Planung auch von zentraler Bedeutung, da die durchgeführten Analysen „in die kommunale Umweltberichterstattung oder das digitale Informationssystem der Stadt“ eingehen (VOGT, 1997, S. 570). Eine Software, die die genannten Aufgaben zentral übernehmen könnte, existiert noch nicht, so dass der Datenaustausch über geeignete Schnittstellenformate unerlässlich ist (FITZKE, 1997, S. 63). Allerdings gibt es mit dem an der ETH-Zürich entwickelten Programm „Regiolärm“ nach BRÜCKLER (1996, S. 5) einen vielversprechenden Ansatz, da die Software in die System-umgebung von ArcInfo, also ein GIS, eingebettet ist. Schallausbreitungsberechnung und Datenanalyse können somit eng gekoppelt durchgeführt werden. Allen Ansätzen im Bereich Integration GIS/Schallausbreitungssoftware ist jedoch gemeinsam, dass multimediale Darstellungsmöglichkeiten nicht thematisiert werden, auch wenn beispielsweise FITZKE (1996, S. 4) vorschlägt, Schallinformationen in einem interaktiv-visuellen System zur Verfügung zu stellen.

JÄGER (2000b) unternimmt in seiner Diplomarbeit den ersten Versuch, ein solches interaktiv-visuelles System zu entwickeln. Die Benutzeroberfläche für diese Anwendung ist mit der Autorensoftware Macromedia Director entwickelt worden, während die Datenanalyse der mit einer Schallsimulationssoftware berechneten Schallkarten mit dem GIS ArcView erfolgt (JÄGER 2000a, S. 34). Folglich handelt es sich hierbei um eine lose Kopplung zwischen GIS und multimedialem Autorensystem, wobei der Nutzer von den multimedialen Fähigkeiten der Rahmenanwendung insofern profitiert, als dass er sich auf einer Übersichtskarte das gewünschte Projekt auswählen und zusätzliche Informationen wie Gesetzestexte, Lärmgutachten etc. abrufen kann. Die Datenvisualisierung respektive Datenanalyse erfolgt weiterhin im

GIS, das allerdings mit der entsprechenden Projektdatei unmittelbar aus der Rahmenanwendung aufgerufen werden muss.

Durch die zunehmende Erweiterung der Skriptsprache Lingo in den Director-Versionen 7 und 8 stellt sich mittlerweile die Frage, inwieweit GIS-Funktionen direkt in das Multimediale Informationssystem eingebunden werden sollten. Der Vorteil ist darin zu sehen, dass die mit einem Multimedia-Autorensystem erstellte Anwendung unabhängig von weiterer kommerzieller Software auf jedem Computer mit dem Betriebssystem Windows, bzw. MacOS, lauffähig wäre. Dies ist beim von JÄGER (2000b) entwickelten Informationssystem SchallGIS nicht der Fall: Auf dem Rechner des Nutzers muss die GIS-Software ArcView installiert sein, um Datenanalyse und -visualisierung durchführen zu können.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Nutzeroberfläche in einem multimedialen Informationssystem auf die spezifischen Bedürfnisse des Nutzers zugeschnitten werden kann, während dies bei einer GIS-Software nur eingeschränkt möglich ist. Hier steht dem Anwender eine so große Anzahl von Funktionen zur Verfügung, dass eine umfangreiche Einarbeitung unumgänglich ist, um Anwendungsfehler, die zu falschen Ergebnissen führen können, zu vermeiden. Gerade für den Laien ist eine auf seine Bedürfnisse abgestimmte Funktionalität von großer Bedeutung, da dies die Einarbeitungszeit auf ein Minimum beschränkt.

Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit eine GIS-Analysemöglichkeit beispielhaft umgesetzt, um die Möglichkeiten der Skriptsprache Lingo zu demonstrieren. Thema ist hierbei die Verschneidung von zwei Lärmkarten, von denen die eine die Lärmbelastung ohne Lärmschutzmaßnahmen und die andere die prognostizierte Lärmbelastung nach Umsetzung der Lärmschutzmaßnahmen darstellt. Mit Hilfe von Lingo soll eine Karte berechnet und visualisiert werden, aus der für den Anwender ersichtlich ist, welche Auswirkungen die Lärmschutzmaßnahme auf die Lärmreduktion hat, also eine in der Lärmschutzplanung durchaus alltägliche Aufgabe.

Diese Entwicklung nutzt den in der Director Version 8 erweiterten Funktionsumfang der Skriptsprache Lingo, das sog. *Imaging Lingo*. Mit Hilfe dieser neuen Lingo-Befehle ist es möglich, auf die Rendering-Engine der Software zuzugreifen und Rasterbilder pixelweise abzufragen bzw. zu verändern. Ursprünglich sind die neuen Möglichkeiten der Bildmanipulation zur Erweiterung der graphischen Funktionalität (Maskenerstellung, Verläufe etc.) zur Verfügung gestellt worden, doch es hat sich herausgestellt, dass diese sich auch hervorragend zur Umsetzung von Funktionen eines Raster-GIS, wie z. B. Ebenenverschneidung (Chrisman 1997, S. 109), eignen.

Der Ablauf der Verschneidungsoperation wird im Folgenden kurz vorgestellt. Das Beispiel findet sich auf der beiliegenden CD-ROM, der Skriptablauf kann Abbildung 60 entnommen werden. Als Grundlage dienen zwei mit einer Lärmsimulationssoftware berechnete Lärmkarten, in denen die Lärmbelastung mit bzw. ohne Lärmschutz dargestellt ist. Wird die Berechnung vom Nutzer über einen Mausclick initiiert, werden die Farbwerte des ersten Pixels in der linken oberen Ecke beider Lärmkarten ausgelesen und die Differenz berechnet. Dieser Differenz wird ein Farbwert zugeordnet (rot: Lärmzunahme; blau: Lärmreduktion; Helligkeit: Größe der Abnahme/Reduktion), der in eine neue Grafik geschrieben wird. Eine Schleife sorgt dafür, dass dieser Schritt für alle Pixel durchgeführt wird. Die neu erstellte Rasterkarte wird in einer Besetzung abgelegt und kann entweder direkt oder zu einem spä-

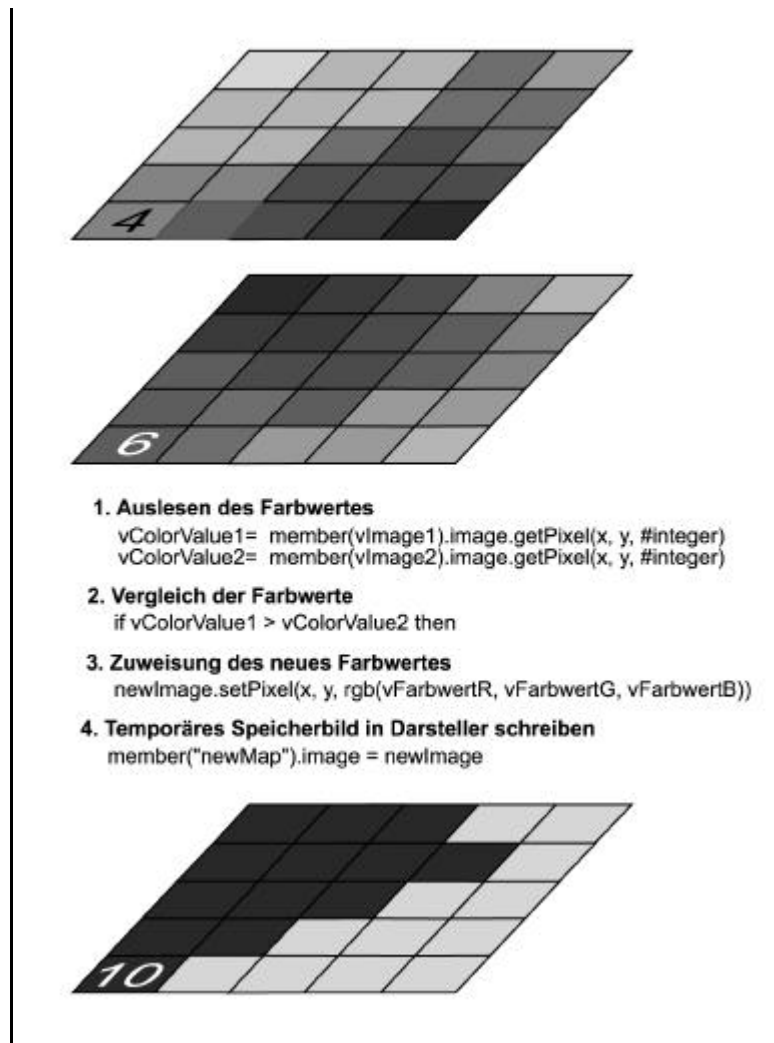


Abb. 60: Durchführung einer Rasterverschneidung mit der Skriptsprache Lingo

teren Zeitpunkt auf der Bühne angezeigt werden. Das heißt, sie steht dem Nutzer auch weiterhin zur Verfügung, z. B. für Rechenoperationen.

Natürlich ist auch eine Verschneidung mit anderen räumlichen Informationen, wie einer Karte zur Bevölkerungsdichte oder mit Lärmkarten anderer Lärmquellen denkbar, um eine Konfliktkarte ableiten zu können. Hierzu müssten für die einzelnen Informationsebenen Gewichtungsfaktoren bestimmt werden, die in die Berechnung eingehen und den Farbwert jedes Pixels der Konfliktkarte beeinflussen.

Anzustreben ist letztendlich die Anbindung einer Datenbank an das Multimediale Informationssystem. Dies hätte zur Folge, dass die Lärmkarten nicht erst in einem GIS bearbeitet werden müssten, um in einem nächsten Schritt in das Autorensystem importiert zu werden, sondern direkt aus der Schallsimulationssoftware als ASCII-Datei ausgelesen werden und die Werte dem Autorensystem über eine Datenbankschnittstelle zugänglich gemacht werden könnten. Diese Möglichkeit wird zur Zeit im Rahmen des SchallGIS-Projektes am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum umgesetzt. Die Datenbankanbindung Valentina für Director ermöglicht es, in dem multimedialen Informationssystem rasterbasierte SQL-Abfragen durchzuführen. Auf diese Weise wird es dem Nutzer ermöglicht, sich besonders hoch belastete Bereiche über einem bestimmten Dezibelwert anzeigen zu lassen bzw. Gebiete zu bestimmen, in denen sich die Lärmbelastung besonders stark ändert.

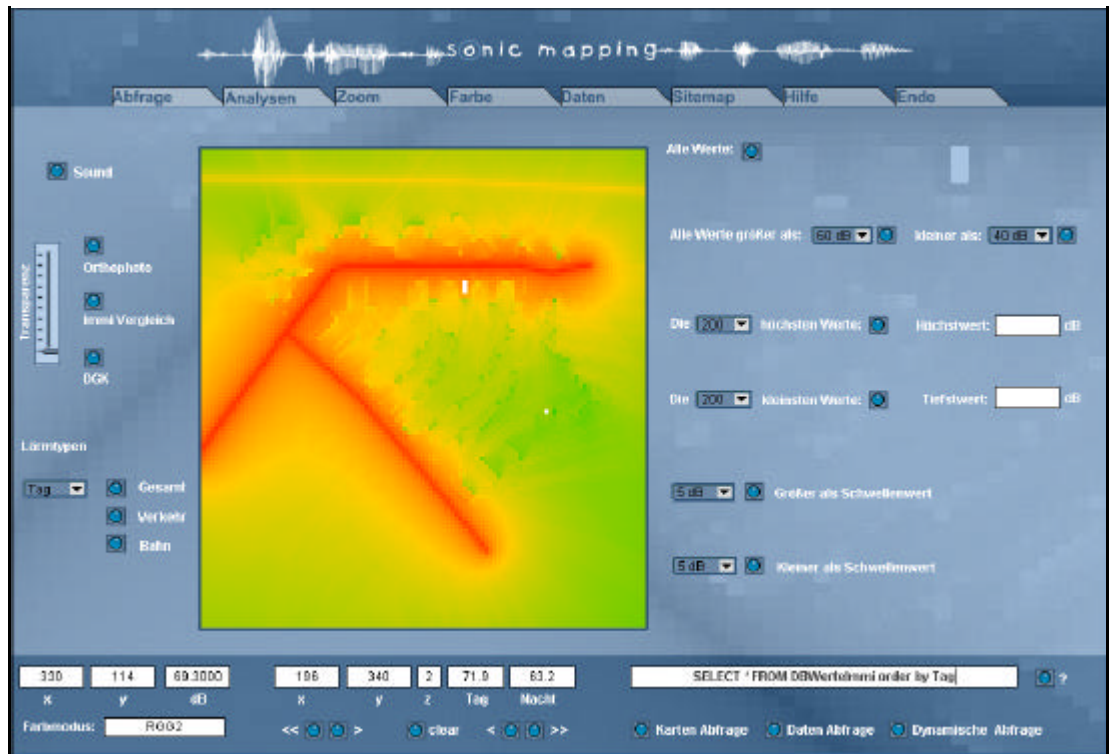


Abb. 61: Lärmkarte mit SQL-Datenbankverknüpfung und Abfragemöglichkeiten

Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, berechnete Schallkarten für einen späteren Zugriff in der Datenbank abzulegen und verschiedene Farbskalen anzuwenden. Der im Rahmen einer Diplomarbeit von WISCHMANN im Rahmen des SchallGIS-Projektes erstellte erste Prototyp dieser Anwendung ist bereits voll funktionsfähig (Abb. 61).

Auch wenn sich die vorliegende Arbeit auf die (audio)visuelle Darstellung konzentriert hat und die GIS-Funktionalität nur randlich behandelt worden ist, wird auf Grund der besprochenen Beispiele ein großes Potential deutlich, das sich aus der gesteigerten Leistungsfähigkeit Multimedialer Autorensysteme ergibt. CARTWRIGHT und PETERSON (1999, S. 3) stellen fest, dass es zahlreiche Kommentare zur notwendigen Weiterentwicklung heutiger GIS-Werkzeuge „into one that will offer the required components for the next generation of user interaction“ gebe, „and it is suggested that this product should move from the „technical elite“ to the „everyday user“. Die in diesem Kapitel aufgezeigten Entwicklungen sind erste Ansätze, um diesem Ziel ein Stück näher zu kommen.

4. Schlussbemerkungen

Die Darstellung des räumlich komplexen Phänomens Schall bzw. Lärm mit Hilfe von Karten hat, wie die Beispiele des vorangehenden Kapitels verdeutlicht haben, gegenüber anderen Darstellungsformen (Tabelle mit Messwerten, Text) einen entscheidenden Vorteil. Dieser liegt in der unmittelbaren Anschaulichkeit der räumlichen Zusammenhänge (HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 15; OLBRICH et al. 1996, S. 2 ff.). Aus diesem Grund werden Lärmkarten seit dem Bedeutungsgewinn von Lärminformationen für die Stadtplanung im frühen 20. Jh. eingesetzt. Die Verwendung des Computers hat die Darstellungsmöglichkeiten im Vergleich mit dem analogen Medium Papier um die Interaktion und die Einbindung multimedialer Elemente erweitert.

Zur Herstellung von Lärmkarten steht ein breites Repertoire an kartographischen Darstellungsmethoden zur Verfügung, deren Einsatz jedoch von folgenden Faktoren abhängig ist:

1. Eigenschaften des Phänomens (dynamische Schallausbreitung in Raum und Zeit),
2. Eigenschaften der Lärmquellen (z. B. statisch, dynamisch),
3. Datenerfassung (Messung, computergestützte Modellierung, Klassifizierung auf Grund qualitativer Kriterien),
4. Technische Regelwerke (z. B. Berechnung des Mittelungspegels nach DIN 45641).

Deutlich wird, dass bereits die Bildung eines *Primärmodells* (vgl. HAKE und GRÜNREICH 1994, S. 14) der Umwelt in diesem Fall äußerst komplex ist und dies deutliche Auswirkungen auf das kartographische *Sekundärmodell* „Karte“ (KELNHOFER 2000, S. 2) hat. Im folgenden sind die aus dieser Komplexität resultierenden unterschiedlichen kartographischen Darstellungsmethoden noch einmal stichpunktartig aufgeführt:

punkthaft: Schallemission, Schallimmission; Messung oder Berechnung an/ für einem ausgewählten/ kennzeichnenden Ort (x, y, [z]),

linienhaft: Schallemission; Messung oder Berechnung entlang einer Verkehrsachse → Einsetzbarkeit hängt von den Eigenschaften (Beweglichkeit) der Schallquelle ab

flächenhaft: Schallimmission; flächenhafte Modellierung auf Grund von Einzelmessungen bzw. Quellenparametern, Klassifizierung der Geräuschumgebung

Neben den durch das Primärmodell geschaffenen Voraussetzungen spielt der angestrebte Verwendungszweck im Hinblick auf die Bildung des Sekundärmodells eine entscheidende Rolle. So ist bereits in Kapitel 2.4 der umfassende Einsatz von Lärmkarten im Rahmen der Lärminderungsplanung angesprochen worden. Planungskarten haben allgemein betrachtet die Aufgabe „to eliminate misunderstandings in the communication of the planning proposals and to visualize the different alternatives in a planning situation. Communication in the form of a visualization of the message is the most important issue“ (BODUM 1999, S. 31). HERZOG (1986) betont die Bedeutung der Karte im Planungsprozess, „denn keine anderen Kommunikationsmittel als die kartographischen Darstellungen sind in der Lage, thematisch ausgewählte, bereits Abstraktionsprozessen unterzogene Sachverhalte in ihrem räumlichen Nebeneinander und in ihrer inhaltlichen Verknüpfung wiederzugeben“

(HERZOG 1986, S. 1). CUMMERWIE folgend (1989, S. 132) können Planungskarten als „ein hervorragendes Medium für die Vermittlung raumbezogener Informationen und ihrer Beziehungen untereinander“ bezeichnet werden.

Bereits Anfang der 1990er Jahre haben WIGGINS und SHIFFER (1990) die Bedeutung des computergestützten Einsatzes unterschiedlicher Medien zur Informationsvermittlung im Planungsprozess sowohl für den Stadtplaner als auch den Bürger erkannt. Besondere Vorteile liegen in der Veranschaulichung räumlicher Beziehungen, wodurch es dem Nutzer ermöglicht wird, Informationen aus unterschiedlichen Blickwinkeln und in unterschiedlichen Zusammenhängen zu betrachten (WIGGINS und SHIFFER 1990, S. 227). Diese ersten Ideen sind von SHIFFER zu einem Collaborative Planning System (CPS) weiterentwickelt worden, das während einer Bürgerversammlung raumbezogene multimediale Informationen zur Verfügung stellt, wobei die Teilnehmer direkt mit dem System interagieren können (SHIFFER 1993, S. 368; SHIFFER 1998, S. 89). Der Autor betont, dass die Aufgabe eines solchen Systems darin liegt, „to make analytical tools and their outputs easy to understand and manipulate as well as appealing, so that the information that would normally be meaningless and intimidating is accessible even to the lay person“ (Shiffer 1998, S. 90). JUNIUS (1993, S. 95) geht noch einen Schritt weiter, indem er feststellt, dass der Einsatz von GIS für Planungsbeteiligungskarten die Darstellung komplexer Informationen nicht nur erleichtert, sondern in einigen Fällen sogar erst ermöglicht. Davon abgesehen kann die Verwendung multimedialer Planungsinformationssysteme dazu beitragen, die Planungsbeteiligten auf einen einheitlichen Wissensstand zu bringen. Hieraus ergeben sich deutliche Vorteile für die Diskussion von Planungsalternativen respektive die Entscheidungsfindung und deren allgemeine Akzeptanz bei den Bürgern.

An dieser Stelle schließt sich unmittelbar die Frage an, wer eigentlich Lärmkarten nutzt und wer also von den neuen Darstellungsmethoden profitieren könnte. Obwohl die Gruppe der *Planungsbeteiligten*, wie z. B. Politiker, Stadtplaner, Architekten, Verkehrsingenieure, Bürger, mit ihren unterschiedlichen Funktionen und Ansprüchen sehr heterogen ist (SERVIGNE et al. 1999, S. 52) kann diese nach ihrem Wissens- und Kenntnisstand in zwei Gruppen unterteilt werden: *Experten* und *Laien* (MCGUINNESS et al. 1991; LUTTERBACH 1998, S. 52). Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass diese Unterscheidung im Folgenden auf der Grundlage des unterschiedlichen Wissensstandes zum Thema „Lärm“ erfolgt. Werden einer solchen Klassifizierung dagegen die Computerkenntnisse zugrunde gelegt, sieht die Zusammensetzung der Gruppen bereits anders aus. Wie BUZIEK (2000, S. 74) richtig bemerkt, verbietet sich bei Versuchspersonen eine einfache Unterscheidung in Experten und Laien. Auch MCGUINNESS (1994, S. 187) sieht Wissensunterschiede zwischen den beiden Gruppen eher als ein Kontinuum an fordert eine genaue Festlegung der Klassifizierungskriterien.

Zu den **Experten** gehören alle direkt mit der Planung beauftragten Personen. Nach LUTTERBACH (1998, S. 52) verfügen sie „über Fähigkeiten sowie Übung im Umgang mit komplexen Karten und haben die notwendigen Kenntnisse, um Karteninhalte zu interpretieren und zu bewerten.“ Die Gruppe der **Laien** wird dagegen von den Planungsbetroffenen gebildet, wobei dieser Kreis meiner Meinung nach noch um die Gruppe der Entscheidungsträger, also der Politiker, erweitert werden muss. Ihre

Kenntnisse in Bezug auf das Thema Lärm im Speziellen und die Besonderheiten kartographischer Darstellungen im Allgemeinen können als eher gering angesehen werden (LUTTERBACH 1998, S. 53). HERZOG (1986, S. 19 f.) weist darauf hin, dass „nicht allein der fachkundige Bürger mit gehobenem Bildungsstand und hoher Motivation für den Beteiligungsprozeß vorausgesetzt werden darf.“ Entsprechende Berücksichtigung sollten auch Bevölkerungsgruppen finden, bei denen keine Grundkenntnisse vorausgesetzt werden können. Weiter heißt es: „Mangels oft sogar elementarer fachlicher Kenntnisse ist dieser Personenkreis in der Beteiligungssituation häufig überfordert“ (HERZOG 1986, S. 19/20).

Um diese Nutzergruppe von Planungskarten gezielt zu informieren, sind Geographische Informationssysteme jedoch nur mit Einschränkungen geeignet, da ihre Benutzeroberfläche sehr komplex ist und ihre umfassende Funktionalität lange Einarbeitungszeiten erfordert (LUTTERBACH 1998, S. 57). Außerdem ist die multimediale Komponente dieser Systeme zur Zeit nur sehr rudimentär implementiert (s. Kap. 3.2). Angepasste graphische Benutzeroberflächen und speziell auf einen Nutzerkreis abgestimmte Informationssysteme (vgl. KELNHOFER 2000, S. 10; LUTTERBACH 1997b, S. 50) können dagegen zu einer verbesserten Informationsvermittlung beitragen, da sie sich nicht in das starre Korsett eines GIS-Softwarepaketes zwängen müssen (DRANSCH 2000, S. 202).

Im Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit sind einige kartographische Darstellungsmöglichkeiten vorgestellt worden, wobei insbesondere der Computer zur Unterstützung der Präsentation und Datenanalyse eingesetzt worden ist. Über die möglichen Vorteile, die diese Möglichkeiten im Hinblick auf die Informationsvermittlung bieten, sind zwar Überlegungen angestellt worden, die jedoch einer umfangreichen Absicherung durch empirische Arbeiten bedürfen, bevor endgültige Aussagen über deren Einsetzbarkeit getroffen werden können. Es kann zwar beispielsweise abgeleitet werden, dass auf der Grundlage medienpsychologischer Untersuchungen die doppelte Encodierung, d. h. die kombinierte Verwendung von Ton und Grafik, das Behalten und die Vermittlung von Informationen unterstützt (DRANSCH 1997a, S. 27), aber im Hinblick auf audiovisuelle Lärmkarten gibt es hierzu noch keine gesicherten Forschungsergebnisse.

Weiterhin muss drauf hingewiesen werden, dass ein unzweckmäßiger Einsatz der neuen multimedialen Darstellungsmöglichkeiten schnell zu einer Täuschung des Nutzers führen kann. Diese kann beispielsweise auf einer bewusst falschen Anwendung von Farben (s. Kap. 3.4.2) beruhen. Zur Akzeptanz beim Nutzer führt eine solche falsche Darstellung durch dessen mangelnde Fachkenntnis und die Überzeugungskraft „bunter realistischer Bilder“, die unreflektiert als „wahr“ angesehen werden. Insbesondere Karten als graphische Darstellungen überzeugen den Nutzer, dass sie genau sind, dass die zugrunde liegenden Werte korrekt erhoben und modelliert worden sind, dass die Darstellung eindeutig ist und die Gebietszuweisungen rechtlich abgesichert sind (MACEACHREN 1995, S. 348). Auch SHIFFER (1993, S. 374) thematisiert die Überzeugungskraft multimedialer Präsentationstechniken im Hinblick auf das von ihm entwickelte Collaborative Planning System (CPS) und stellt hierzu fest: „Just as these tools have the capacity to provide rich and compelling representations of environmental conditions, they have

the capacity to provide rich and compelling misrepresentations” (SHIFFER 1993, S. 375).

Aus diesen Gründen muss diese Arbeit meiner Meinung nach als ein Baustein auf dem Weg zu einer umfassenden „Lärmkartographie“ verstanden werden. Es sind ausbauend auf einem theoretischen Fundament Vorschläge für neue Gestaltungsmöglichkeiten, die auf neuen Darstellungstechniken basieren, gemacht worden. Dabei ist gezeigt worden, dass digitale Karten nicht nur die Tradition analoger Lärmkarten fortsetzen können, sondern im Hinblick auf die Funktionalität und den Medieneinsatz grundlegend neue Darstellungsformen ermöglichen.

Allerdings muss hingewiesen werden, dass ein Sekundärmodell immer von den Möglichkeiten und Einschränkungen des Primärmodells abhängig ist. Das heißt, wenn in den technischen Regelwerken vom Dezibel als alleiniges Maß für die Lärmbelastung ausgegangen wird, ist es schwierig, in eine Lärmkarte Geräusche zur Berücksichtigung der Lärmqualität zu integrieren und nicht mit dem Primärmodell in Konflikt zu kommen.

Es ist auch ein Ergebnis dieser Arbeit, dass ergänzende Änderungen im Primärmodell zwingend notwendig sind, um von den neuen Darstellungsmöglichkeiten des Sekundärmodells profitieren bzw. diese auf eine sichere Grundlage stellen zu können. Wie in Kapitel 3.3 aufgezeigt, sollte aus kartographischer Sicht zwischen *flüchtigen* und *kennzeichnenden* Geräuschen auf Grund *räumlicher*, *sachlicher* und *zeitlicher* Kriterien unterschieden werden. Nach meiner Meinung kann eine solche Klassifizierung zukünftig gleichberechtigt neben Dezibelwerten in der Stadtplanung verwendet werden, um Karten zur *Geräuschumgebung* herzustellen, aus denen auch Informationen zur Lärmbelastung entnommen werden können.

Daneben stellt sich die Frage, ob sich neue Darstellungstechniken auf gesetzliche Normen wie die Mittelwertberechnung insofern auswirken können, als dass sich in dynamischen Karten die Möglichkeit bietet, auch Einzelschallereignisse verständlich darzustellen. So findet bei Fluglärm in England und der Schweiz der Noise-and-Numer-Index (NNI) Verwendung, in dem ein Ereignis nur zählt, wenn es 68 dB(A) übersteigt (SCHEUCH und JANSEN 2002, S. 12). Einen Überblick über weitere Herangehensweisen zur Berücksichtigung von Pegel und Häufigkeit von Einzelschallereignissen geben SCHEUCH und JANSEN (2002, S. 12). Um eine bessere Kopplung zwischen Primär- und Sekundärmodell zu erreichen, ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Kartographen und Akustikern in Zukunft unabdingbar.

5. Zusammenfassung

Die Lärmbelastung, insbesondere der städtischen Bevölkerung, hat im letzten Jahrhundert stark zugenommen. Verantwortlich hierfür sind primär anthropogene Geräuschquellen, wie Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr oder die industrielle Produktion. Auch wenn bereits seit Jahrhunderten eine hohe Lärmbelastung in urbanen Räumen festgestellt werden kann und Erfolge bei der Reduktion der Spitzenbelastungen aufgewiesen werden können, ist die heutige Situation insofern kritisch, als dass es kaum noch Ruhezeiten gibt. Der nächtliche Geräuschpegel gleicht sich immer mehr dem Tagespegel an.

Seit Anfang des 20. Jh. bemühen sich daher private und wenig später auch staatliche Initiativen um eine Lärmreduktion durch aktive, an der Geräuschquelle ansetzende und passive, auf dem Weg von der Geräuschquelle zum Hörer ansetzende Schallschutzmaßnahmen. Um die Notwendigkeit dieser Maßnahmen beurteilen zu können und sich dabei nicht allein auf das subjektive menschliche Urteil verlassen zu müssen, wird seit dem 19. Jh. von Wissenschaftlern erforscht, wie man Lärm objektiv messen kann. Ergebnis dieser Bemühungen ist die Festlegung des Dezibels als logarithmisches Maß für die von einer Quelle abgestrahlte (Emission) oder an einem Punkt eintreffende (Immission) Schallenergie.

Die Ergebnisse der Schallmessungen können mit einer Lageangabe der Messstelle in Tabellen aufgeführt werden. Ein entscheidender Nachteil dieser Darstellungsmethode ist die mangelnde räumliche Übersichtlichkeit, d. h., die unmittelbare Erkennbarkeit von Bereichen mit niedriger bzw. hoher Lärmbelastung. Daher werden seit den 1930er Jahren Lärmkarten eingesetzt, in denen die topographische Situation mit den Ergebnissen der Lärmmessungen bzw. -ausbreitungsmodellierungen kombiniert wird. Lärmkarten unterstützen den Stadtplaner bei der Entscheidungsfindung im Hinblick auf die Festlegung von Konfliktgebieten und der Auswahl effektiver Lärmbekämpfungsmaßnahmen. Daneben werden sie auch zur Information des betroffenen Bürgers eingesetzt.

Bisher zum Einsatz kommende analoge Lärmkarten sind im Verlauf des 20. Jh. optimiert worden, nicht zuletzt durch den Einsatz des Computers zur Modellierung der Schallausbreitung. Dennoch fehlt es bisher einerseits an einer theoretischen Grundlage für die Gestaltung von Lärmkarten und andererseits an der Entwicklung von Lärmkarten, in denen die neuen Darstellungsmöglichkeiten des Computers, insbesondere Interaktion und Multimedia, verwendet werden. An diesen beiden Punkten setzt die vorliegende Arbeit an und versucht sowohl die theoretischen Grundlagen im Hinblick auf das darzustellende Thema „Lärm“ aufzuarbeiten, als auch die eingesetzten kartographischen Darstellungsmethoden an Beispielen zu diskutieren und Anwendungsbeispiele für den Einsatz multimedialer Techniken zu entwickeln.

Eine allgemeingültige Definition von Lärm existiert insofern nicht, als dass unterschiedliche Wissenschaften grundsätzlich unterschiedliche Auffassungen vertreten. Während aus psychologischer Sicht jedes als störend empfundene Geräusch unter bestimmten Voraussetzungen als Lärm bezeichnet werden kann wird Lärm ingenieurwissenschaftlich über die Lautstärke, also physikalisch messbare Schallenergie, definiert. Hieraus resultieren auch unterschiedliche Ansätze zur

Datengewinnung. Qualitativ wird ausgehend von der visuellen und akustischen menschlichen Wahrnehmung zwischen Verursachern/Geräuschquellen oder Geräuschumgebungen differenziert. Quantitativ lassen sich dagegen die messbaren Eigenschaften des Schalls (z. B. Schallenergie, Frequenzspektrien, Dauer, Häufigkeit) erfassen.

Seit Ende des 20. Jh. gehen die Lärmmessungen zur Schaffung einer Datengrundlage für Lärmkarten zurück und werden nur noch in strittigen Fällen durchgeführt, da deren Durchführung sehr aufwendig ist und damit hohe Kosten verursacht. Außerdem kann die Schallausbreitung heute mit leistungsfähigen PCs berechnet werden. Grundlage hierfür sind Daten zur dreidimensionalen topographischen Situation und zu den Lärmquellen. Ergebnis ist eine Raster- bzw. Isolinienkarte, in der die Lärmimmissionen für das berechnete Gebiet dargestellt sind. Die Kritik an der ingenieurwissenschaftlichen Datenerfassung und Modellierung konzentriert sich primär auf die Berechnung eines Mittelungspegels für einen bestimmten Zeitraum (Tag/Nacht), da Einzelschallereignisse wie die Vorbeifahrt eines Zuges sehr wohl störend sein können, aber in dem gemittelten Dezibelwert nicht ausreichend berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Lärminderungsplanung in Deutschland (§ 47a Bundesimmissionsschutzgesetz; BImSchG) wird die aktuelle Lärmbelastung getrennt nach Verursachern in Lärmkarten, sog. Schallimmissionsplänen, dargestellt, auf deren Grundlage in einem folgenden Schritt Konfliktkarten abgeleitet werden. Die in diesen Konfliktkarten dargestellten Ergebnisse unterstützen die Planungsbeauftragten bei der Auswahl lärmbelasteter Gebiete, in denen von Gesetzes wegen Handlungsbedarf besteht. Lärmkarten werden außerdem für Einzelplanungen (z. B. Straßenneubau) erstellt, wenn eine die Grenzwerte überschreitende Lärmbelastung absehbar ist. Diese Karten basieren auf Prognosen und bilden die Grundlage für die Entscheidung über gesetzlich erforderliche passive Schallschutzmaßnahmen (z. B. Schallschutzfenster).

Lärmkarten gehören zur Gruppe der thematischen Karten, deren Bedeutung im Verlauf des 20. Jh. insbesondere als Medien- bzw. Kurzzeitkarten deutlich zugenommen hat. Thematische Karten zeigen die räumliche Verteilungen einer oder mehrerer geographischer Attribut- oder Sachinformationen auf der Basis einer topographischen Grundlage, der sog. Basiskarte.

Grundlegend für eine Weiterentwicklung der kartographischen Darstellungsmöglichkeiten ist die eingesetzte digitale Technologie (Computer) sowohl was die Medienintegration (Multimedia) als auch den Informationszugriff (Interaktion) angeht. Seit den 1970er/1980er Jahren werden Geographische Informationssysteme (GIS), an deren Entwicklung die Kartographie maßgeblich beteiligt gewesen ist, zur Eingabe, Verwaltung, Analyse und Ausgabe raumbezogener Daten verwendet. Diese Systeme weisen heute eine umfangreiche und hochspezialisierte Funktionalität auf und dienen dem Experten als wichtiges Werkzeug im Prozess der Wissensakquisition und Entscheidungsfindung (Visualisierung).

Hiervon unterscheidet sich die originäre Aufgabe der Kartographie, raumbezogene Informationen an die Gruppe der Kartennutzer (häufig Laien), in einer verständlichen Form zu vermitteln. Unterstützt werden kann der Kommunikationsprozess durch den Einsatz unterschiedlicher Medien und eine sich an den Bedürfnissen des Nutzers

orientierende Aufbereitung der raumbezogenen Daten in einem Informationssystem. Zur Bewältigung dieser Aufgaben eignen sich Multimediale Autorensysteme wie Macromedia Director, da sie eine freie Gestaltung der Benutzerschnittstelle ermöglichen und darüber hinaus über den Einsatz von Scriptsprachen die Realisierung von Analysemöglichkeiten erlauben.

Unterschiedliche kartographische Methoden können zur Herstellung von Lärmkarten verwendet werden. Einschränkungen ergeben sich beispielsweise durch die zwingend notwendige Erkennbarkeit der Basiskarte, da die Lärmausbreitung in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der topographischen Situation steht. Daher ist z. B. eine Größenänderung von Symbolen bei der punkthaften und linienhaften Darstellung zur Wiedergabe von Quantitäten als kritisch anzusehen. Abhelfen kann die Verwendung einer Transparenz bzw. die Verwendung von Ebenen in einem digitalen Informationssystem.

In dieser Weise werden elf unterschiedliche für die einzelnen Darstellungsmethoden repräsentative Beispiele besprochen. Als Ergänzung wird auch auf dreidimensionale Darstellungsmöglichkeiten und neue Gestaltungsmöglichkeiten für die Kartenlegende im digitalen Umfeld eingegangen.

Einen Schwerpunkt bildet die Vorstellung und Diskussion akustischer Ergänzungsmöglichkeiten der visuellen Darstellung. Technisch betrachtet ist die Einbindung von Ton in eine Multimedia-Anwendung heute unproblematisch, da die digitale Leistungsfähigkeit von Soundkarten in den letzten Jahren deutlich erweitert worden ist und externe bzw. interne Lautsprecher mittlerweile zur Standardausstattung von PCs gehören. Dennoch ist Ton als ergänzendes Medium zu kartographischen Darstellungen bisher nur vereinzelt verwendet worden und es liegen keinerlei Untersuchungen zur Nutzung audiovisueller Karten vor.

Grundsätzlich kann zwischen Sprache, Musik, Geräuschen und Tönen unterschieden werden, wobei jede Gruppe ihre spezifischen Eigenschaften im Hinblick auf die Vermittlung von Informationen hat. Bei der Verwendung von realistischen Geräuschen spielt beispielsweise deren Abstraktheit eine wichtige Rolle, d. h. ob sie mit einem realen Objekt oder einer Gruppe von realen Objekten in Verbindung gebracht werden können.

Realistische Geräusche sind in zwei Anwendungsbeispielen mit einer Lärmkarte verknüpft worden, wobei die Lautstärke als Variable in direktem Zusammenhang mit dem Dezibelwert an der jeweiligen Position des Mauszeigers steht. Die Kombination einer Lärmkarte mit einem kontinuierlich seine Lautstärke ändernden Geräusch (z. B. Straßenverkehr) verdeutlicht dem Nutzer unmittelbar laute und leise Bereiche in der visuellen Karte. Darüber hinaus werden in einem zweiten Beispiel mehrere Geräusche integriert, die dem Nutzer auf der visuellen Grundlage eines Luftbildes einen Eindruck der Geräuschumgebung an der jeweiligen Mausposition vermitteln. Durch die Einbindung realistischer Geräusche werden die quantitativen Informationen (Lautstärke) durch qualitative Informationen (Geräuschtyp) ergänzt.

Die umgesetzten Beispiele zeigen, dass interaktive audiovisuelle Lärmkarten mit Hilfe eines multimedialen Autorensystems technisch realisierbar sind. Sie können einen Beitrag dazu leisten, insbesondere Laien das komplexe Phänomen Lärm zu vermitteln und dazu anregen, sich mit der Lärmkarte interaktiv auseinander zu

setzen, d. h. die Informationen aktiv aufzunehmen und nicht nur passiv zu betrachten. Trotz des absehbaren Potentials für audiovisuelle Karten im allgemeinen und audiovisuelle Lärmkarten im speziellen sind weitere Forschungsarbeiten notwendig, um eine solide wissenschaftliche Basis für zukünftige Entwicklungen zu schaffen. Hierzu gehört insbesondere die Frage, ob und wie audiovisuelle Karten zu einer besseren Informationsvermittlung beitragen können. In diesem Zusammenhang ist eine empirische Untersuchung zur Kartennutzung auf Basis der in dieser Arbeit entwickelten Beispiele unbedingt notwendig. Darüber hinaus muss eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern aus den Bereichen Akustik, Lärmpsychologie und Kartographie angestrebt werden, um die Datengewinnung / Datenmodellierung (Primärmodell) enger an das Sekundärmodell (Karte) koppeln und dadurch den verbesserten Visualisierungsmöglichkeiten Rechnung tragen zu können.

6. Literatur

Anmerkungen:

Bei Quellentexten, die aus dem Internet gespeichert worden sind, ist neben der URL-Adresse das Datum des letzten Aufrufes angegeben, da sich Internetadressen kurzfristig ändern können und ich keine Gewähr für deren Fortbestand übernehmen kann. Wird ein aus dem Internet gespeicherter Text in der Arbeit zitiert, bezieht sich die Seitenangabe auf die ausgedruckte Textversion. Daher weise ich darauf hin, dass es bei der Verwendung anderer Drucker bzw. Schriftgrößen zu Textverschiebungen kommen kann.

Ebenso verhält es sich mit Tagungsbeiträgen / Proceedings, die auf CD-ROM veröffentlicht worden sind und bei denen eine analoge Fassung nicht zugänglich war. Auch hier beziehen sich die Seitenangaben auf den ausgedruckten Aufsatz und nicht den gesamten Tagungsband. Trotz dieser Unsicherheit habe ich die Seitenangaben eingefügt, um dem Leser eine grobe Orientierung in den Quellentexten zu ermöglichen.

Abler, Ronald; Adams, John S. und Peter Gould (1971): Spatial Organization. The Geographer's View of the World. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Arleth, Mette (1999): Problems in Screen Map Design. In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, 14. – 21. August 1999, Ottawa, Kanada, CD-ROM.

Arnberger, Erik (1977): Thematische Kartographie: mit einer Kurzeinführung über Automation in der thematischen Kartographie. 1. Aufl. In: Das Geographische Seminar, Westermann, Braunschweig.

Arnberger, Erik (1997): Thematische Kartographie. 4. Aufl.. In: Leser, Hartmut und Klaus Rother (Hrsg.): Das Geographische Seminar, Westermann, Braunschweig.

Artimo, Kirsi (1993): Concepts, Definitions and Theory in Modern Cartography. In: Proceedings of the 16th International Cartographic Conference, 3.5. – 9.5. Mai 1993, Köln, Bd. 2, S. 1121-1127.

Artimo, Kirsi (1994): The Bridge Between Cartographic and Geographic Information Systems. In: MacEachren, Alan M. u. D.R. Fraser Taylor (Hrsg.): Visualization in Modern Cartography. Pergamon, Elsevier Science, Oxford, New York, S. 45-61.

Bär, Hans Rudolf und René Sieber (1997): Atlas of Switzerland – Multimedia Version. Concepts, Functionality and Interactive Techniques. In: Proceedings of the 18th International Cartographic Conference, Stockholm, Sweden. URL: ftp://ftp.karto.ethz.ch/pub/pub_pdf/proc_sieber_baer_stockholm_1997.pdf (Stand: 08.04.02).

Bär, Hans Rudolf und René Sieber (1999): Towards High Standard Interactive Atlases. The „GIS and Multimedia Cartography” Approach. In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, 14. – 21. August 1999, Ottawa, Kanada, CD-ROM.

Berglund, Birgitta; Lindvall, Thomas und Dietrich H. Schwela (1999): Guidelines for Community Noise. World Health Organization, Geneva.

Bertin, Jacques (1974): Graphische Semiologie. Diagramme, Netze, Karten. Übers. und bearb. nach der 2. franz. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin, New York.

- Bidoshi, Kosta; Ramirez, J. Raul und Terrence Caelli (1999):** Multimedia Visualization for Maps of the Future. In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, 14. – 21. August 1999, Ottawa, Kanada, CD-ROM.
- Bill, Ralf; Dransch, Doris und Carmen Voigt (1999):** Multimedia GIS: Concepts, Cognitive Aspects and Applications in an Urban Environment. In: Camara, Antonio S. und Jonathan Raper (Hrsg.): Spatial Multimedia and Virtual Reality. Taylor & Francis, London, S. 1-10.
- Bischoff, Hubert (1997):** Digitale Kartographie – Geschichten aus 1001 Anwendungen. In: AK Praktische Kartographie der DGfK und B. Horst (Hrsg.): Digitale Kartentechnologie. 21. Arbeitskurs Niederdollendorf vom 29. September bis 2. Oktober 1997 in Königslutter am Elm, Kartographische Schriften, Bd. 3, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 112-114.
- Blume, Helmut (1994):** Das Relief der Erde. Ein Bildatlas. 2. durchges. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Bobrich, Joachim (2001):** Zur Integration von ALK-Gebäudedaten in ATKIS-Datenbestände. In: Arbeitsgruppe Automation in der Kartographie (Hrsg.): Tagung 2000. Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Bd. 20, Frankfurt am Main, S. 7-18.
- Bobzien, Matthias (2001):** Flächenzusammenfassung in der Modellgeneralisierung. In: Arbeitsgruppe Automation in der Kartographie (Hrsg.): Tagung 2000. Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Bd. 20, Frankfurt am Main, S. 19-29.
- Bodum, Lars (1999):** Future Directions for Hypermedia in Urban Planning. In: Camara, Antonio S. und Jonathan Raper (Hrsg.): Spatial multimedia and Virtual Reality. Taylor & Francis, London, S. 21-34.
- Borchert, Axel (2000):** Theoretische Aspekte der Kombination von Karten mit audiovisueller Sprache. In: Kelnhofer, Fritz und Mirjanka Lechthaler (Hrsg.): Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia -Applikationen. Geowissenschaftliche Mitteilungen der Technischen Universität Wien, Heft 53, S. 48-52.
- Bräuninger, Till; Bollmann, Jürgen und Ulrich Streit (1995):** Karten als Basis für die Verarbeitung und Übermittlung von Umweltinformationen? Podiumsdiskussion zum 43. Deutschen Kartographentag 1994. In: Kartographische Nachrichten, 45. Jahrgang, Heft 4, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 141-145.
- Brewer, Cynthia A. (1994):** Color Use Guidelines for Mapping and Visualization. In: MacEachren, Alan M. u. D.R. Fraser Taylor (Hrsg.): Visualization in Modern Cartography. Pergamon, Elsevier Science, Oxford, New York, S. 123-147.
- Brückler, Manuela (1996):** GIS-gestützte Verkehrslärmanalysen für Raumplanungszwecke. In: Tagungsband des Symposiums Computergestützte Raumplanung – CORP'96, Februar 1996 in Wien. URL: <http://corp.at/html/brueckler96.html> (Stand: 08.04.02).
- Brunner, Kurt (1995):** Digitale Kartographie an Arbeitsplatzrechnern. In: Kartographische Nachrichten, 45. Jahrgang, Heft 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 63-68.
- Brunner, Kurt (2000):** Neue Gestaltungs- und Modellierungsaufgaben für den Kartographen – Ein Plädoyer für eine attraktive Kartographie zur Bildschirmvisualisierung. In: Kelnhofer, Fritz und Mirjanka Lechthaler (Hrsg.): Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia -Applikationen. Geowissenschaftliche Mitteilungen der Technischen Universität Wien, Heft 53, S. 53-62.

- Brunner, Kurt (2001):** Kartengraphik am Bildschirm – Einschränkungen und Probleme. In: Kartographische Nachrichten, 51. Jahrgang, Heft 5, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 233-239.
- Burrough, P. A. (1986):** Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press, Oxford.
- Bush, Vannevar (1945):** As We May Think. In: The Atlantik Monthly, 7/1945. Mit Genehmigung veröffentlicht unter URL: <http://www.ps.uni-sb.de/~duchier/pub/vbush/vbush-all.shtml> (Stand: 08.04.02)
- Buttenfield, Barbara P. und Christopher R. Weber (1993):** Visualization and Hypermedia in Geographical Information Systems. In: Medyckyj-Scott, D. H. Hearnshaw (Hrsg.): Human Factors in GIS. S. 136-147.
- Buziek, Gerd (1997a):** Das Potential moderner Informations- und Kommunikationstechnologien aus Sicht der Kartographie. In: AK GIS und Kartographie, Grünreich, D. (Hrsg.): GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld. Grundlagen, Anwendungen und Entwicklungstendenzen. Kartographische Schriften, Bd. 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 17-25.
- Buziek, Gerd (1997b):** Überlegungen und Beispiele zur Gestaltung von Legenden für kartographische Animationen. In: Geoinformatik Online, Ausg. 3/97, URL: http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg3_97/buziek/geovisc3.html (Stand: 08.04.02).
- Buziek, Gerd (1999):** Dynamic Elements of Multimedia Cartography. In: Cartwright, William; Peterson, Michael P. und Georg Gartner (Hrsg.): Multimedia Cartography. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S. 231-244.
- Buziek, Gerd (2000):** Zur Untersuchung moderner kartographischer Darstellungsformen und Ableitung von Gestaltungsprinzipien. In: Kelnhofer, Fritz und Mirjanka Lechthaler (Hrsg.): Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia - Applikationen. Geowissenschaftliche Mitteilungen der Technischen Universität Wien, Heft 53, S. 63-76.
- Camara, A.; Gomes, A.L.; Fonseca, A. et al. (1991):** Hypersnige: A Navigation System for Geographic Information. In: Harts, J., Ottens, H.F.L. und Henk J. Scholten (Hrsg.): EGIS '91. Proceedings of the Second European Conference on Geographical Information Systems, Brüssel, April 2-5, S. 175-179.
- Cassettari, Seppe und Ed Parsons (1993):** Sound as a Data Type in a Spatial Information System. In: Proceedings of the European Geographical Information System Conference, EGIS '93, S. 194-202.
- Cartwright, William (1994):** Interactive Multimedia for Mapping. In: MachEachren, Alan M. und D.R.F. Taylor (Hrsg.): Visualization in Modern Cartography. Pergamon Press, Elsevier Science, S. 63-89.
- Cartwright, William (1995):** Multimedia and Mapping: Using Multimedia Design and Authoring Techniques to Assemble Interactive Map and Atlas Products. In: Proceedings of the 17th International Cartographic Conference, Bd. 1, 3. - 9. September 1995, Barcelona, Spain, S. 1116-1127.
- Cartwright, William und Michael P. Peterson (1999):** Multimedia Cartography. In: Cartwright, William; Peterson, Michael P. und Georg Gartner (Hrsg.): Multimedia Cartography. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S. 1-10.

- Cartwright, William; Peterson, Michael P. und Georg Gartner (1999):** Multimedia Cartography Approaches to the Presentation of Geographical Information. In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, 14.– 21. August 1999, Ottawa, Kanada, CD-ROM.
- Chrisman, Nicholas (1997):** Exploring Geographic Information Systems. John Wiley & Sons, New York.
- Clarke, Keith C. (2001):** Cartography in a Mobile Internet Age. In: Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, 6. – 10. August 2001, Beijing, China, CD-ROM.
- Cook, Perry R. (Hrsg.) (2001):** Music, Cognition and Computerized Sound. An Introduction to Psychoacoustics. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Coppock, J. T. und D. W. Rhind (1991):** The History of GIS. In: Maguire, David; Goodchild, Michael F. und David W. Rhind (Hrsg.): Geographical Information Systems. Bd. 1, Longman Scientific & Technical, New York, S. 21-43.
- Craglia, Max und Jonathan Raper (1995) :** GIS and Multimedia. Guest Editorial. In: Environment and Planning B: Planning and Design, 22, S. 634-636.
- Cummerwie, Heinz-Günter (1989):** Mit MERKIS auf dem Wege zur individuellen Stadtkarte. In: Kartographische Nachrichten, 39. Jahrgang, Heft 4, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 131-139.
- Dent, Borden D. (1999):** Cartography. Thematic Map Design. 5. Aufl., WCB/McGraw-Hill.
- DiBiase, David (1990):** Visualization in the Earth Sciences. In: Earth and Mineral Science, Vol. 59, Nr. 2, S. 13-18.
- DiBiase, David; MacEachren, Alan M. und John Krygier (1991):** Animated Cartographic Visualization in Earth System Science. In: Proceedings of the 15th International Cartographic Conference, 23. September – 1. Oktober 1991, Bournemouth, England, Bd. 1, S. 223-232.
- Dickmann, Frank (1996):** Graphikprogramme unter Windows – Die *low cost*-Alternative in der rechnergestützten Kartographie? In: Kartographische Nachrichten, 46. Jahrgang, Heft 5, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 179-185.
- Dickmann, Frank und Klaus Zehner (1999):** Computerkartographie und GIS. 1. Aufl., Westermann Schulbuchverlag, Braunschweig.
- Direction Régionale de l'Équipement (Hrsg.) (2000) :** Boulevard Périphérique de Paris. Projet de couverture a la porte des Lias.
- Dransch, Doris (1997a):** Medienpsychologische Aspekte beim Einsatz von Multimedia in GIS. In: AK GIS und Kartographie, Grünreich, D. (Hrsg.): GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld. Grundlagen, Anwendungen und Entwicklungstendenzen. Kartographische Schriften, Bd. 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 26-30.
- Dransch, Doris (1997b):** Funktionen der Medien bei der Visualisierung georäumlicher Daten. In: Geoinformatik Online, Ausg. 3/97, URL: http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg3_97/dransch/dransch.htm (Stand: 08.04.02).
- Dransch, Doris (1997c):** Computer-Animation in der Kartographie. Theorie und Praxis. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

- Dransch, Doris (1999):** Theoretical Issues in Multimedia Cartography. In: Cartwright, William; Peterson, Michael P. und Georg Gartner (Hrsg.): *Multimedia Cartography*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S. 41-50.
- Dransch, Doris (2000):** Anforderungen an die Mensch-Computer-Interaktion in interaktiven kartographischen Visualisierungs- und Informationssystemen. In: *Kartographische Nachrichten*, 50. Jahrgang, Heft 5, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 197-203.
- Engnath, Viktoria und Wolf Günther Koch (2001):** Lärmkarten. In: Braun, Gabriele; Buzin, Rainer und Theodor Wintges (Hrsg.): *GIS und Kartographie im Umweltbereich*. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.
- European Commission (Hrsg., 1996):** Green Paper on Future Noise Policy. Brüssel 1996, URL: <http://www.nonoise.org/library/eunoise/greenpr.htm> (Stand: 08.04.02).
- Fairbairn, David (1995):** Cartography and GIS. In: Shand, Peter J. and Ireland, Peter J. (Hrsg.): *The 1995 European GIS Yearbook*. S. 42-44.
- Fisher, P., Dykes, J. und J. Wood (1993):** Map Design and Visualization. In: *The Cartographic Journal*, Vol. 30, S. 136-142.
- Fisher, P. (1994a):** Animation and Sound for the Visualization of Uncertain Spatial Information. In: Hearnshaw, Hilary M. und David J. Unwin (Hrsg.): *Visualization in Geographical Information Systems*. John Wiley & Sons, Chichester. S. 181-185.
- Fisher, P. (1994b):** Hearing the Reliability in Classified Remotely Sensed Images. In: *Cartography and Geographic Information Systems*, Bd. 21, Nr. 1. S. 31-36.
- Fitzke, Jens (1996):** GIS-gestützte Berechnung von Schallimmissionen. In: Veröffentlichungen zur Tagung „Beherrschung von Informationssystemen – Weichenstellung für die Zukunft“ vom 25. - 27. September 1996 in Klagenfurt. URL: <http://www.uni-klu.ac.at/groups/geo/gismosim/paper/fitzke/fitzke.htm> (Stand: 08.04.02).
- Fitzke, Jens (1997):** Entwicklung eines GIS-Prototyps zur Quantifizierung von Straßenlärmbelastung auf der Grundlage von Schallimmissions- und Einwohnerstrukturdaten. In: *Salzburger Geographische Materialien*, H. 26, Selbstverlag des Instituts für Geographie der Universität Salzburg, S. 59-66.
- Francis, Ken (1999):** Wula Na Lnuwe'kati: A Digital Multimedia Atlas. In: Cartwright, William; Peterson, Michael P. und Georg Gartner (Hrsg.): *Multimedia Cartography*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S. 141-148.
- Frankenberg, Peter (1992):** Moderne Klimakunde. Grundwissen von Advektion bis Treibhausklima. Westermann, Braunschweig.
- Freitag, Ulrich (1987):** Die Kartenlegende – nur eine Randangabe? *Kartographische Nachrichten*, 37. Jahrgang, Heft 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 42-49.
- Freitag, Ulrich (1992):** Do We Need a New Cartography? (Nachdruck des gleichnamigen Aufsatzes aus dem Jahr 1987) Erstmalig erschienen in: *Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen*, Frankfurt am Main (Institut für Angewandte Geodäsie), Series II, No. 46, Seite 51-59. Nachdruck in: Freitag, Ulrich (1992): *Kartographische Konzeptionen. Beiträge zur theoretischen und praktischen Kartographie 1961-1991*. Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe C, Kartographie, Bd. 13, S. 67-74.
- Freitag, Ulrich (1992):** Die Eigenschaften der kartographischen Darstellungsformen. (Nachdruck des gleichnamigen Aufsatzes aus dem Jahr 1966) Erstmalig erschienen in: *Verkehrsarten. Systematik und Methodik der kartographischen Darstellungen des*

Verkehrs mit Beispielen zur Verkehrsgeographie des mittleren Hessen. Gießen (Wilhelm Schmitz Verlag), Gießener Geographische Schriften, Heft 8, Seite 9-22. Nachdruck in: Freitag, Ulrich (1992): Kartographische Konzeptionen. Beiträge zur theoretischen und praktischen Kartographie 1961-1991. Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe C, Kartographie, Bd. 13, S. 115-131.

Gillmaier, Gerd und Joachim Gola (2000): Director 8 Workshop. Professionelle Multimedia-Produktion für CD-ROM und Internet. Addison-Wesley, München.

Glück, K. (1973): Möglichkeiten zur Erstellung und Verwendung von Lärmkarten als Hilfsmittel für die Stadtplanung. Erarbeitet unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Eva Schmitz, Dipl.-Volkswirt Harald Braun und Assessor Heinz Grünleitner, Forschungsauftrag Bundesministers für Raumordnung Bauwesen und Städtebau, In: Schriftenreihe „Städtebauliche Forschung“, 03.013, Bonn-Bad Godesberg.

Grebe, Ulrich (1998): Zur aktuellen Situation des Ausbildungsberufs Kartograph/Kartographin. In: Kartographische Nachrichten, 48. Jahrgang, Heft 4, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 146-154.

Grebe, Ulrich; Scharlach, Holger und Jean-Claude Müller (2000): WebKartographie – Optimierung Thematischer Karten für das Internet. In: Kartographische Nachrichten, 50. Jahrgang, Heft 4, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 162-168.

Green, David R. (1991): Colour Ad Infinitum! – Creating Expensive Wallpaper of Functional Maps from GIS, Remote Sensing and Cartographic Systems? In: Proceedings of the 15th International Cartographic Conference, 23. September – 1. Oktober 1991, Bournemouth, England, Bd. 2, S. 871-875.

Grünreich, Dietmar (1996): Der Standort der Kartographie im multimedialen Umfeld. In: Mayer, F. und Kriz, K. (Hrsg.): Kartographie im multimedialen Umfeld. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Bd. 8, Wien, S. 17-28.

Grünreich, Dietmar (1997a): Kartographie 2000 – Perspektiven der Kartographie in der Informationsgesellschaft. In: Kartographische Nachrichten 5/97. Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 180-187.

Grünreich, Dietmar (1997b): Überblick über die aktuellen Entwicklungen der Digitalkartographie. In: AK GIS und Kartographie, Grünreich, D. (Hrsg.): GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld. Grundlagen, Anwendungen und Entwicklungstendenzen. Kartographische Schriften, Bd. 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 10-16.

Guski, Rainer (1987): Lärm. Wirkungen unerwünschter Geräusche. Verlag Hans Huber, Bern.

Hake, Günter und Dietmar Grünreich (1994): Kartographie. 7. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin, New York.

Handel, Stephen (1989): Listening. An Introduction to the Perception of Auditory Events. The MIT Press, London, Cambridge.

Harbeck, Rolf (1996): Anspruch und Stellung der Kartographie in der GIS-Welt. In: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien. Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken '96. S. 27-34.

Harnapp, Vern R. und Allen G. Noble (1987): Noise Pollution. In: GeoJournal, 14, Heft 2, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, S. 217-226.

- Hasebrook, Joachim (1995):** Multimedia-Psychologie: eine neue Perspektive menschlicher Kommunikation. Spektrum - Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Herzog, Werner (1986):** Kartographie und Bürgerbeteiligung im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung. Empirische Untersuchungen zur kartographischen Kommunikation. In: Bochumer Geographische Arbeiten, Heft 46.
- Hillen, Richard (1993):** Schallimmissionspläne, Basis von Lärminderungsplänen. In: LIS-Berichte, Nr. 108, Herausgegeben von der Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen.
- Hillen, Richard und Peter Neutz (2000):** Landesweites Geräuschscreening NRW: Aufstellung eines Immissions- und Konfliktrasters. In: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Jahresbericht 99', S. 73-89.
- Hoeg, Peter (1997):** Fräulein Smillas Gespür für Schnee. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg.
- Imhof, Eduard (1972):** Thematische Kartographie. In: Obst, Erich und Josef Schmithüsen (Hrsg.): Lehrbuch der allgemeinen Geographie, Bd. 10, Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- Jäger, Matthias (2000a):** Ein multimediales 3D-Schallkataster für kommunale GIS. In: Waluga, S.; Held, T. und J. Herget (Hrsg.): Forum Angewandte Geographie: "GIS in der Praxis". Tagungsband zum Forum Angewandte Geographie „Geographische Informationssysteme in der Praxis“ am 4.4.2000 an der Ruhr-Universität Bochum, Materialien zur Raumordnung, Bd. 57, S. 32-40.
- Jäger, Matthias (2000b):** Multimediales 3D-Schallkataster für kommunale GIS – ein Informationssystem für Planung und Präsentation am Fallbeispiel Tinnumer Str., Westerland/Sylt. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum (unveröffentlicht).
- Junius, Hartwig (1993):** Planungsbeteiligungskarten - ihre Stellung im System der Planungskarten und ihre Bearbeitung mit einem Geoinformationssystem. In: Kartographische Nachrichten, 43. Jahrgang, Heft 3, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 93-102.
- Karentz Andrews, Sona und David W. Tilton (1993):** How Multimedia and Hypermaps are Changing the Look of Maps. In: AUTOCARTO 11, Proceedings of the eleventh International Symposium on Computer-Assisted Cartography, 30. Oktober - 1. November 1993, Minneapolis, Minnesota, S. 348-366.
- Keates, J. S. (1996):** Understanding Maps. 2. Aufl., Addison Wesley Longman, Harlow.
- Khazaeli, Cyrus Dominik (1998):** Multimedia mit Director. Projektplanung und Interfacedesign. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg.
- Kelnhofer, Fritz (1996):** Geographische und/oder Kartographische Informationssysteme. In: Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 1996, 12. - 18. Mai, S. 9-26.
- Kelnhofer, Fritz und Mirjanka Lechthaler (Hrsg.) (2000):** Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia-Applikationen. Geowissenschaftliche Mitteilungen der Technischen Universität Wien, Heft 53.
- Kelnhofer, Fritz (2000):** Interaktive Kartographie und Multimedia-Applikationen im Spannungsfeld von Kartographen und Kartennutzern. In: Kelnhofer, Fritz und Mirjanka Lechthaler (Hrsg.): Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia-

Applikationen. Geowissenschaftliche Mitteilungen der Technischen Universität Wien, Heft 53, S. 1-13.

Kelnhofer, Fritz; Lechthaler, Mirjanka und Kurt Brunner (Hrsg.) (2002):

Telekartographie & Location Based Services. Geowissenschaftliche Mitteilungen der Technischen Universität Wien, Heft 58.

Kelnhofer, Fritz (2002): Kartographie und Tele-Kommunikation. In: Kelnhofer, Fritz;

Lechthaler, Mirjanka und Kurt Brunner (Hrsg.): Telekartographie und Location Based Services. Geowissenschaftliche Mitteilungen der Technischen Universität Wien, Heft 58, S. 3-22.

Kern, Hans F. und Heinz Morhard (1995): Verkehrsstärkenkarten in der Bundesrepublik

Deutschland. In: Kartographische Nachrichten, 45. Jahrgang, Heft 1, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 9-16.

Kirk, Ross und Andy Hunt (1999): Digital Sound Processing for Music and Multimedia.

Focal Press, Oxford.

Koussoulakou, Alexandra (1999): Geographical Reference in Multimedia Cartography. In:

Cartwright, William; Peterson, Michael P. und Georg Gartner (Hrsg.): Multimedia Cartography. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S. 281-290.

Kraak, Menno-Jan u. Ferjan Ormeling (1996): Cartography. Visualization of Spatial

Data. Addison Wesley Longman Limited, Harlow (England).

Krygier, John B. (1994): Sound and Geographic Visualization. In: MacEachren, Alan M. u.

D.R. Fraser Taylor (Hrsg.): Visualization in Modern Cartography. Pergamon, Elsevier Science, Oxford, New York, S. 149-166.

Krzywicka-Blum, Eva (1995): Sound as a Way to Topological Recognition of Reality for

the Blind. In: Proceedings of the 17th International Cartographic Conference, Bd. 1, 3.9. bis 9.9.1995, Barcelona, Spain, S. 2527-2529.

Kumler, Mark P. und Richard E. Groop (1990): Continuous-Tone Mapping of Smooth

Surfaces. In: Cartography and Geographic Information Systems, Bd. 17, Nr. 4, S. 279-289.

Kunert, Franz-Josef (1999): Alte und neue Probleme beim Lärmschutz. In: Natur und

Recht, Heft 8, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, S. 430-434.

Laurini, Robert und Derek Thompson (1992): Fundamentals of Spatial Information

Systems. Academic Press, London.

Leibbrand, Walter (Hrsg.) (1984): Kartographie der Gegenwart in der Bundesrepublik

Deutschland '84. Herausgegeben im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Kartographie. Bd. II: Beilagen von 300-1 bis 610-7. Bielefeld.

Leitenberger, Bernd (2001) : Chronologie der PC-Geschichte. URL: [http://www.bernd-](http://www.bernd-leitenberger.de/pc-timeline.html)

[leitenberger.de/pc-timeline.html](http://www.bernd-leitenberger.de/pc-timeline.html) (Stand: 08.04.02).

Léobon, Alain (2000): Analyse qualitative de l'environnement sonore – methodologie.

(Arbeitsfassung). URL: <http://www.paysage-sonore.net> (Stand: 08.04.02).

Leske, Christophe; Biedorf, Thomas und Regina Müller (2000): Director 8 für Profis.

Innovative Arbeitshilfen für Ihre Projekte. Galileo Press, Bonn.

Lewis, Simon (1991): Hypermedia Geographical Information Systems. In: Harts, J., Ottens,

H.F.L. und Henk J. Scholten (Hrsg.): EGIS '91. Proceedings of the Second European Conference on Geographical Information Systems, Brüssel, April 2-5, S. 637-645.

- Lillesand, Thomas L. und Ralph W. Kiefer (1994):** Remote Sensing And Image Interpretation. John Wiley & Sons, Inc.
- Losert, Ralf; Masur, Heinz; Theine, Walter et al. (1994):** Handbuch Lärminderungspläne. Modellhafte Lärmvorsorge und –sanierung in ausgewählten Städten und Gemeinden. Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Lutterbach, Dorothea (1997a):** Auswirkungen der Bildschirm-Visualisierung auf die kartographische Darstellung der raumbezogenen Planung. In: Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 24.
- Lutterbach, Dorothea (1997b):** Die Bildschirmkarte in der raumbezogenen Planung. Die Bedeutung moderner Visualisierungstechniken für die Weiterentwicklung kartographischer Darstellung. In: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen. Zusammengestellt und herausgegeben vom Institut für Angewandte Geodäsie, Heft 177, Frankfurt am Main, S. 47 – 57.
- Lutterbach, Dorothea (1998):** Auswirkungen moderner Visualisierungstechniken auf die kartographische Kommunikation in Planungsverfahren. In: Kartographische Nachrichten, 48. Jahrgang, Heft 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 52-58.
- Lynch, Kevin (1984):** Site Planning. 3. Aufl., MIT Press, Cambridge (Massachusetts), London (England).
- MacEachren, Alan M. u. Mark Monmonier (1992):** Introduction. In: Cartography and Geographic Information Systems. Special Issue on Geographic Visualization. Vol. 19, No. 4, S. 197-200.
- MacEachren, Alan M. u. D.R. Fraser Taylor (Hrsg.) (1994):** Visualization in Modern Cartography. Pergamon, Elsevier Science, Oxford, New York.
- MacEachren, Alan M. (1994):** Visualization in Modern Cartography: Setting the Agenda. In: MacEachren, Alan M. u. D.R. Fraser Taylor (Hrsg.): Visualization in Modern Cartography. Pergamon, Elsevier Science, Oxford, New York, S. 1-12.
- MacEachren, Alan M. (1995):** How Maps Work. Representation, Visualization, and Design. The Guilford Press, New York, London.
- MacEachren, Alan M.; Kraak, Menno-Jan und Edward Verbree (1999):** Cartographic Issues in the Design and Application of Geospatial Virtual Environments. In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, 14. – 21. August 1999, Ottawa, Kanada, CD-ROM.
- Maguire, D. J. (1991):** An Overview and Definition of GIS. In: Maguire, D. J.; Goodchild, M. F. und D. W. Rhind (Hrsg.): Geographical Information Systems, Vol. I, Longman Scientific & Technical, New York, S. 9-20.
- Marks, Stephan (1999):** Es ist zu laut! Ein Sachbuch über Lärm und Stille. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main.
- Mathews, Max (2001):** The Ear and How It Works. In: Cook, Perry R. (Hrsg.): Music, Cognition and Computerized Sound. An Introduction to Psychoacoustics. The MIT Press, Cambridge (Massachusetts), London (England), S. 1-10.
- Mayer, Ferdinand und Karel Kriz (1996):** Themenbereiche des 5. Wiener Symposiums. In: Mayer, F. und Kriz, K. (Hrsg.): Kartographie im multimedialen Umfeld. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Bd. 8, Wien, S. 13-16.

- McGuinness, Carol; van Wersch, Anneke und Peter Stinger (1991):** Map Design and Map Use: Experts and Novices in a GIS Environment. In: Proceedings of the 15th International Cartographic Conference, 23. September – 1. Oktober 1991, Bournemouth, England, Bd. 2, S. 610-614.
- McGuinness, Carol (1994):** Expert/Novice Use of Visualization Tools. In: MacEachren, Alan M. u. D.R. Fraser Taylor (Hrsg.): Visualization in Modern Cartography. Pergamon, Elsevier Science, Oxford, New York, S. 185-199.
- McLuhan, Marshall (1994):** Understanding Media. The Extensions of Man. Nachdruck der Originalausgabe von 1964, The MIT Press, Cambridge (Massachusetts), London (England).
- Meurer, Manfred (1997):** Stadtökologie. Eine historische, aktuelle und zukünftige Perspektive. In: Geographische Rundschau, Bd. 49, Heft 10, Westermann, Braunschweig, S. 548-555.
- Miller, Suzette (1999):** Design of Multimedia Mapping Products. In: Cartwright, William; Peterson, Michael P. und Georg Gartner (Hrsg.): Multimedia Cartography. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S. 51-63.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Hrsg.) (2000):** De spoorlijn Utrecht – Arnhem – Duitse Grens; Deelgebiedrapport 1: Vechten-Bunnik - Driebergen-Zeist (Kromme Rijn), Trajectnota / Milieu-Effectdrapport.
- Minnesota Pollution Control Agency (Hrsg.) (1983):** An Introduction to Sound Basics. Properties, Measurement, Analysis, Regulation. URL: <http://www.nonoise.org/library/sndbasic/sndbasic.htm> (Stand: 08.04.02)
- Monmonier, Mark (1996):** Eins zu einer Million. Die Tricks und Lügen der Kartographen. Übersetzung des amerik. Originals „How to Lie with Maps“. Birkhäuser, Basel.
- Morrison, Joel L. und J. Raul Ramirez (2001):** Integrating Audio and User-Controlled Text to Query Digital Databases and to Present Geographic Names on Digital Maps and Images. In: Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, 6. – 10. August 2001, Beijing, China, CD-ROM.
- Muller, Jean-Claude (1989):** Challenges Ahead for the Mapping Profession. In: AUTOCARTO 9, Proceedings of the Ninth International Symposium on Computer-Assisted Cartography, Baltimore, Maryland, 2. – 7. April 1989, S. 675-683.
- Muller, Jean-Claude (1991):** Prospects For and Impediments Against a New Cartography in the 1990s. In: Muller, Jean-Claude (Hrsg.): Advances in Cartography. ICA und Elsevier Applied Sciences, London und New York, S. 1-13.
- Müller, Jean-Claude (1997):** GIS, Multimedia und die Zukunft der Kartographie. In: Kartographische Nachrichten, 47. Jahrgang, Heft 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 41-51.
- Müller, Jean-Claude und Robert Laurini (1997):** La cartographie de l'an 2000. In: Revue internationale de géomatique. Vol. 7, Nr. 1, Edition Hermès, Paris, S. 87-106.
- Müller, Jean-Claude; Scharlach, Holger und Matthias Jäger (1999):** Noise in Urban Environment: Problems of Representation and Communication. In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, 14. – 21. August 1999, Ottawa, Kanada, CD-ROM.
- Müller, Jean-Claude und Ulrich Grebe (2000):** Lingo, eine Skriptsprache für kartographische Animationen und Interaktivität. In: Buziek, Gerd; Dransch, Doris und

Wolf-Dieter Rase (Hrsg.): Dynamische Visualisierung. Grundlagen und Anwendungsbeispiele für Kartographische Animationen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 97-117.

Müller, Jean-Claude; Scharlach, Holger und Matthias Jäger (2001): Der Weg zu einer akustischen Kartographie. In: Kartographische Nachrichten, 51. Jahrgang, Heft 1, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 26-40.

Müller, Jean-Claude und Holger Scharlach (2001):Noise Abatement Planning – Using Animated Maps and Sound to Visualise Traffic Flows and Noise Pollution. In: Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, 6. – 10. August 2001, Beijing, China, Bd.1, S. 375-385.

Nutz, Manfred (1997): Die Karte im Zeitalter von Multimedia und virtuellen Welten. In: Geospektrum, Ausg. 1/97, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, S. 16-20.

Ogrissek, Rudi (Hrsg., 1983): ABC Kartenkunde. Edition Leipzig.

Ogrissek, Rudi (1987): Theoretische Kartographie. VEB Hermann Haak, Geographisch-Kartographische Anstalt, Gotha.

Olbrich, Gerold; Quick, Michael und Jürgen Schweikart (1996): Computerkartographie. Eine Einführung in das Desktop Mapping am PC. 2. überarb. und erw. Aufl., Springer-Verlag.

Parks, Don (1995): Access to Complex Environments for Blind People: Multi-Media Maps, Plans and Virtual Travel. In: Proceedings of the 17th International Cartographic Conference, Bd. 1, 3. - 9. September 1995, Barcelona, Spain, S. 2449-2460.

Peterson, Michael P. (1993): Improving the international user interface in computer cartography. In: Proceedings of the 16th International Cartographic Conference, 3. – 9. Mai 1993, Köln, Bd. 2, S. 870-880.

Peterson, Michael P. (1994): Cognitive Issues in Cartographic Visualization. In: MacEachren, Alan M. u. D.R. Fraser Taylor (Hrsg.): Visualization in Modern Cartography. Pergamon, Elsevier Science, Oxford, New York, S. 27-43.

Peterson, Michael P. (1995): Interactive and Animated Cartography. Prentice Hall, New Jersey.

Peterson, Michael P. (1999): Elements of Multimedia Cartography. In: Cartwright, William; Peterson, Michael P. und Georg Gartner (Hrsg.): Multimedia Cartography. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S. 31-40.

Pierce, John (2001a): Sound Waves and Sine Waves. In: Cook, Perry R. (Hrsg.): Music, Cognition and Computerized Sound. An Introduction to Psychoacoustics. The MIT Press, Cambridge (Massachusetts), London (England), S. 37-56.

Pierce, John (2001b): Hearing in Time and Space. In: Cook, Perry R. (Hrsg.): Music, Cognition and Computerized Sound. An Introduction to Psychoacoustics. The MIT Press, Cambridge (Massachusetts), London (England), S. 89-103.

Räber, Stefan und Bernhard Jenny (2001): Attraktive Webkarten – ein Plädoyer für gute Kartengraphik. In: Veröffentlichungen zum Symposium Web.mapping 2001, Karlsruhe, den 15. und 16. November 2001, S. III.1 – III.25.

Raper, Jonathan (1991): Spatial Data Exploration Using Hypertext Techniques. In: Harts, J., Ottens, H.F.L. und Henk J. Scholten (Hrsg.): EGIS '91. Proceedings of the Second

European Conference on Geographical Information Systems, Brüssel, April 2-5, S. 920-928.

Raper, Jonathan (1995): Multimedia GIS: From Concept to (Virtual) Reality. In: Shand, Peter J. und Peter J. Ireland (Hrsg.): The 1995 European GIS Yearbook. S. 94-97.

Raper, Jonathan (2000): Multidimensional Geographic Information Science. Taylor & Francis, London, New York.

Reischenbacher, Tumasch (2001): The World in Your Pocket – Towards a Mobile Cartography. In: Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, 6. – 10. August 2001, Beijing, China, CD-ROM.

Rhind, David (1991): Future Developments in GIS and their Relationships to Cartography. In: Mayer, F. und Kainz, W. (Hrsg.): GIS und Kartographie – Theoretische Grundlagen und Zukunftsaspekte. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Bd. 6, Wien, S. 104-111.

Rhind, David (1993): Mapping for the New Millenium. In: Proceedings of the 16 th International Cartographic Conference, 3. – 9. Mai 1993, Köln, Bd. 1, S. 3-14.

Riedemann (1998): Einsatzmöglichkeiten eines Geoinformationssystems bei der Lärminderungsplanung. In: geoinformatik online, Nr. 1/98. URL: http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg98_1/riede/riedeman.htm (Stand: 08.04.02)

Riedl, Andreas (2000): Virtuelle Globen in der Geovisualisierung. In: Kretschmar, Ingrid und Karel Kriz (Hrsg.): Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Bd. 13.

Roberts, Jason und Phil Gross (2000): Director 8. Official Guide zu Director 8 Shockwave Studio. Addison-Wesley ,München.

Robinson, Athur H.; Morrison, Joel L.; Muehrcke, Phillip C. et al. (1995): Elements of Cartography. 6. Aufl., John Wiley & Sons, New York.

Roes, Michael (1998): Leeres Viertel Rub' Al-Khali. btb Taschenbuch, Goldmann Verlag.

Saerberg, Siegfried (2000): Klangraum Ruhrgebiet. In: Stottrop, Ulrike (Hrsg.): Unten und oben: die Naturkultur des Ruhrgebiets. Begleitbuch zur gleichnamigen Ausstellung vom 14. Mai bis 15. Oktober 2000 im Ruhrlandmuseum Essen, Pomp, Essen, Bottrop.

Schafer, R. Murray (1971): Die Schallwelt in der wir leben. The New Soundscape. In: Blasl, Franz (Hrsg.): Rote Reihe, Bd. 30, Universal Edition A.G., Wien.

Schafer, R. Murray (1973): The Music of the Environment. In: Schafer, R. Murray (Hrsg.): Occasional Journal Devoted to Soundscape Studies, No. 1, Universal Edition A.G., Wien.

Schafer, R. Murray (1988): Klang und Krach. Eine Kulturgeschichte des Hörens. (Titel der amerik. Originalausgabe: „The Tuning of the World“, erschienen 1977) Athenäum Verlag, Frankfurt am Main.

Scharlach, Holger (1998): Geographische Informationssysteme in der Stadtplanung: Entwicklung eines Leitfadens zu ihrem Aufbau aus Sicht der Kartographie. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum (unveröffentlicht).

Scheuch, Klaus und Gerd Jansen (2002): Präventivmedizinische Überlegungen zu Fluglärm-Orientierungswerten für Einzelschallereignisse am Tag. In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 49. Jahrgang, Heft 1, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 7-12.

- Schick, August (1990):** Schallbewertung. Grundlagen der Lärmforschung. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Schick, August (1992):** Die Behandlung der Psychoakustik aus der Sicht eines lärmbekämpfenden Psychologen. In: UVP-Report, 3/92, S. 153-157.
- Schneider, Barbara (1999):** Integration of Analytical GIS-Functions in Multimedia Atlas Information Systems. In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, 14. – 21. August 1999, Ottawa, Kanada, CD-ROM.
- Schneider, Barbara (2001):** GIS Functionality in Multimedia Atlases: Spatial Analysis for Everyone. In: Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, 6. – 10. August 2001, Beijing, China, CD-ROM.
- Schwarz-v. Raumer, Hans-Georg (1999):** GIS in der Stadtentwicklung: Stadtgeschichte und Stadtplanung als Kontext. In: Kilchenmann, André und Hans-Georg Schwarz-von Raumer (Hrsg.): GIS in der Stadtentwicklung: Methodik und Fallbeispiele, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 1-11.
- Schweißthal, Rudolf (1967):** Methoden der thematischen Kartographie. In: Kartographische Nachrichten, 17. Jahrgang, Heft 1, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 6-17.
- Screen Business Online (1999):** Klappe gehalten. Fünf Jahre lang hat Macromedia klammheimlich an eine komplett neuen Version seines Authoring-Flagschiffs gearbeitet. Heraus kam jetzt Director 7 Shockwave Internet Studio. Ausg. 2, MA Cup-Verlag, S. 90-92.
- Sekuler, Robert und Randolph Blake (1994):** Perception. 3. Aufl., McGraw-Hill, New York.
- Servigné, S., Laurini R., Kang M.-A., Balay et al. (1999):** A Prototype of a System for Urban Soundscape. Proceedings of the 21st Urban Data Symposium, Venedig, Italien.
- Shepard, Roger (2001):** Cognitive Psychology and Music. In: Cook, Perry R. (Hrsg.): Music, Cognition and Computerized Sound. An Introduction to Psychoacoustics. The MIT Press, Cambridge (Massachusetts), London (England), S. 21-35.
- Shiffer, Michael J. (1993):** Augmenting Geographic Information with Collaborative Multimedia Technologies. In: AUTOCARTO 11, Proceedings of the 11th International Symposium on Computer-Assisted Cartography, 30. Oktober -1. November 1993, Minneapolis, Minnesota, S. 367-376.
- Shiffer, Michael J. (1995):** Interactive Multimedia Planning Support: Moving from Stand-alone Systems to the World Wide Web. In: Environment and Planning B: Planning and Design, Vol. 22, Seite 649-664.
- Shiffer, Michael J. (1998):** Multimedia GIS for Planning Support and Public Discourse. In: Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 25, No. 2, S. 89-94.
- Shiffer, Michael J. (1999):** Augmenting Transportation-related Environmental Review Activities Using Distributed Multimedia. In: Camara, Antonio S. und Jonathan Raper (Hrsg.): Spatial Multimedia and Virtual Reality. Taylor & Francis, London, S. 35-45.
- Sieber, René; Oberholzer, Clemens und Andrea Terribilini (2000):** Animationen im interaktiven Atlas der Schweiz. In: Buziek, Gerd; Dransch, Doris und Wolf-Dieter Rase (Hrsg.): Dynamische Visualisierung. Grundlagen und Anwendungsbeispiele für Kartographische Animationen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 141-157.

- Slocum, Terry A. (1999):** Thematic Cartography and Visualization. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Steinmetz, Ralf (1999):** Multimedia-Technologie. Grundlagen, Komponenten und Systeme. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Taylor, D.R.F. (1999):** Future Directions for Multimedia Cartography. In: Cartwright, William; Peterson, Michael P. und Georg Gartner (Hrsg.): Multimedia Cartography. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S. 315-326.
- Tobler, W. R. (1973) :** Choropleth Maps Without Class Intervals? In: Geographical Analysis 5, no. 3, S.262-265.
- Töpfer, F. (1974):** Kartographische Generalisierung. Gotha-Leipzig.
- Ullrich, Siegfried (1998):** Lärmbelastung durch den Straßenverkehr. Folgerungen aus der Bundesverkehrszählung 1995. In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Bd. 45, Nr. 1, S. 22-26.
- Verlag C.H. Beck (Hrsg.) (1992):** Umweltrecht. Wichtige Gesetze und Verordnungen zum Schutz der Umwelt, 7. neubearbeitete und erweiterte Aufl., München.
- Vogt, Joachim (1997):** Schallpegelanalysen in Städten. In: Geographische Rundschau, Bd. 49, Heft 10, Westermann, Braunschweig, S. 548-555.
- Wallin, Erik (1990):** The Map as Hypertext. On Knowledge Support Sytems for the Territorial Concern. In: Harts, J., Ottens, H.F.L. und Henk J. Scholten (Hrsg.): EGIS '90. Proceedings of the First European Conference on Geographical Information Systems, Amsterdam, 10. - 13. April, S. 1125-1134.
- Weber, Christopher R. (1994):** Multimedia Authoring in Director. In: MacEachren, Alan M. u. D.R. Fraser Taylor (Hrsg.): Visualization in Modern Cartography. Pergamon, Elsevier Science, Oxford, New York, S. 97-101.
- Weinberger, Marius (1992):** Gesamtwirtschaftliche Kosten des Lärms in der Bundesrepublik Deutschland. In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 39, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 91-99.
- Weizenbaum, Joseph (1984):** Computer Power and Human Reason. Penguin Books, London.
- Wiggins, Lyna L. und Michael J. Shiffer (1990):** Planning with Hypermedia. Combining Text, Graphics, Sound, and Video. In: Journal of the American Planning Association, Vol. 56, S. 226-235.
- Wilhelmy, Herbert (1990):** Kartographie in Stichworten. 5., überarbeitete Aufl. von Armin Hüttermann und Peter Schröder. Verlag Ferdinand Hirt, Unterägeri.
- Witt, Werner (1970):** Thematische Kartographie. Methoden und Probleme, Tendenzen und Aufgaben. 2. Aufl., in: Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Bd. 49, Hannover, Gebrüder Jänecke Verlag.
- Wood, Denis (1993):** The Power of Maps. The Guilford Press, New York.
- Zwicker, Eberhard und Hugo Fastl (1999):** Psychoacoustics. Facts and Models. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Lebenslauf

Vor- und Zuname	Holger Scharlach
Adresse	Florastr. 1 45131 Essen
Geburtsdatum	20.06.1973
Geburtsort	Langenfeld (Rhld.)
Familienstand	ledig
Schulausbildung	1979-1983 Grundschule Zehntenweg (Langenfeld) 1983-1992 Konrad-Adenauer-Gymnasium (Langenfeld)
Schulabschluss	Juli 1992 (Abitur)
Studium	1992 - 1998 Diplomstudiengang Geographie an der Ruhr- Universität Bochum
Auslandsstudium	1995-1996 an der Universität Sheffield im Rahmen des ERASMUS-Programms
Studentische Hilfskraft	am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum: Frühling/Sommer 94 (Prof. Dr. Müller/Kartographie) Herbst/Winter 94/95 (Dr. Herzog/Bochumer Geographische Arbeiten) Frühling/Sommer 95 (Tutorenprogramm Geographie) Sommer 96 bis Frühjahr 98 (Kartographie) Frühjahr 98 (Tutorenprogramm Kartographie)
Studienabschluss	April 1998 (Dipl.-Geogr.)
Wissenschaftliche Hilfskraft	Juni 1998 – Juni 1999 am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum. <u>Projekt</u> : Entwicklung von CD-ROM-gestützten Multimedia-Anwendungen für die Gewerbeflächenver- marktung von Bergwerksbrachflächen seit Juli 1999 am Geographischen Institut der Ruhr- Universität Bochum, Nebenfach Kartographie, Prof. Dr. Jean-Claude Müller.