

# Qualitätsgesicherte Lärmkartographie – Teil 2: Regeln

Karl-Wilhelm Hirsch<sup>1</sup>, Frank Hammelmann<sup>1</sup>, Berthold Vogelsang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Cervus Consult GmbH, Willich, Germany, consult@cervus.de*

<sup>2</sup> *Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, Hannover, Germany, Berthold.Vogelsang@mu.niedersachsen.de*

## Einleitung

Im Teil 1 [Qualitätsgesicherte Lärmkartographie – Teil 1: Georeferenzierung, DAGA 2013] wird in knapper Form begründet, warum grundsätzlich Lärmkarten im Hinblick auf die Georeferenzierung und der Bestimmung von Abständen und Winkel und bei geometrischen Berechnungen unvermeidbare Unsicherheiten aufweisen müssen. Neben diesen geometrischen Unsicherheiten gibt es bei den folgenden Aufgaben besondere Probleme, wenn qualitätsgesicherte Karten dargestellt werden sollen:

- Beim Aneinanderfügen von Lärmkarten, wenn die beteiligten Lärmkarten in unterschiedlichen Koordinatensystemen vorliegen, z. B. bei der gemeinsamen Darstellung von Lärmkarten für einen Ballungsraum mit unterschiedlichen Projektionen oder Kartendatum.
- Bei der gemeinsamen Darstellung der Gesamtlärmbelastung, wenn die Lärmkarten der beteiligten Geräuschquellenarten in einer anderen Rasterweite oder bezüglich eines anderen verschobenen und/oder gedrehten Rasters berechnet wurden, z. B. der Berechnung und Darstellung von Konfliktkarten.
- Bei Änderung des Maßstabes und/oder Auflösung insbesondere bei der Darstellung auf Bildschirmen, wenn Informationen aus verschiedenen Rasterzellen in einem Bildelement zusammengefasst werden müssen, z. B. bei der Darstellung von ‚Hotspots‘ bei der Lärmkartierung.
- Bei der Verschneidung von Lärmkarten mit Hintergrundkarten bzw. mit Themenkarten, wenn diese in einer anderen Auflösung vorliegen, z. B. bei der Verschneidung von Bevölkerungsdichte und einem Maximalpegel.
- Bei der Darstellung auf Computerbildschirmen, wenn durch Grafikkarten oder durch das Betriebssystem eine optische, auf das menschliche Sehen und Erkennen ausgerichtete Bildaufbereitung stattfindet, z. B. durch Rendering-Prozesse, die durch Einfügen von Farbübergängen das Erkennen gerader Linien unterstützt.

Nach einer kurzen Begründung, warum qualitätsgesicherte Karten Rasterkarten sein sollten, werden im vorliegenden zweiten Teil 6 Regeln aufgestellt und kurz begründet, die dazu führen, dass die oben genannten Aufgaben nachvollziehbar und qualitätsgesichert ausgeführt werden können.

## Ausgabegeräte

Die geometrische Auflösung von Druckern und Bildschirmen wird durch die Anzahl von Bildzellen (häufig auch Bildpunkten oder Pixeln = Kunstwort für ‚Picture Elements‘) pro Bezugsfläche angegeben. Im Folgenden wird angenommen, dass

- diese Bildzellen in Zeilen und Spalten angeordnet die Darstellungsfläche lückenlos und überlappungsfrei abdecken,
- die Bildzellen selbst quadratisch gedacht werden dürfen, dass die Ausgabegeräte also eine gleiche Auflösung in Zeilen- und Spaltenrichtung anbieten,
- die Darstellungsfläche ein Rechteck ist.

Eine qualitätsgesicherte Darstellung von Plänen erfordert deshalb grundsätzlich die Kontrolle der Darstellung von Information in jeder dieser Bildzellen. Aus Sicht der Qualitätssicherung ist es also sachgerecht, auch die (qualitätsgesicherten) Informationen in Karten und Plänen grundsätzlich in Rasterzellen aufzubereiten. Die Kontrolle jeder Bildzelle der Ausgabegeräte bedeutet den Verzicht auf den Einsatz von schnellen Prozeduren moderner Programmierumgebungen, Betriebssysteme bzw. Grafikkarten, z. B. Linien auf solchen Raster-Ausgabegeräten für die Betrachtung zu rendern, also z. B. Farbübergänge zu berechnen und damit eine signifikant ‚schönere‘ Abbildung zu produzieren. Ziel der folgenden Regeln ist deshalb die Sicherstellung der Nachvollziehbarkeit und Eindeutigkeit der Abbildung.

So genannte Rasterlärmkarten – also Karten, die auf eine Berechnung eines Lärmindex für einen gegebenen Kartenbereich in einem gleichmäßigen, quadratischen Rechenraster abstellen – sind direkt geeignet, auf diesen Ausgabegeräten wiedergegeben zu werden. Dabei wird unterstellt, dass der Rasterwert einer Lärmkarte der Wert des Lärmindex (oder jeder anderen Information) ist, der für die jeweilige Rasterzelle repräsentativ ist. Das kann der für den geometrischen Mittelpunkt berechnete Lärmindex sein, oder der Wert an einem maßgeblichen Immissionsort innerhalb der Rasterzelle. Die Weite des Rechenrasters gibt also die Auflösung der Rasterlärmkarte an.

Innerhalb dieser Rasterwerte bei der Darstellung der Rasterlärmkarte zu interpolieren ist unter dem Gesichtspunkt der Qualitätssicherung nicht ohne genaue Angabe der Interpolationsregeln erlaubt. Das gilt für berechnete Farbverläufe genauso wie für automatisch z. B. durch Grafikkarten durchgeführte Ausgleichverfahren (Rendering).

**1. Regel** (Bezugssystem, Bezugsgitter)

Alle geometrischen Berechnungen erfolgen ausnahmslos im UTM-Gitter des Kartendatums ETRS89; für Deutschland also entweder in 32U oder 33U.

In Deutschland hat die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) im Jahre 1991 das ETRS89 und das entsprechende UTM Gitter als einheitliches amtliches Lagebezugssystem für ganz Deutschland eingeführt. ETRS89/UTM ist auch das amtliche gesamteuropäische Bezugssystem. Es ist deshalb folgerichtig, dieses System auch für qualitätsgesicherte Lärmkarten vorzugeben, um zunächst grundsätzlich amtliche Karten ohne Unsicherheiten nutzen zu können und Lärmkarten mit amtlichen Karten verschneiden zu können. Die Regel hat aber auch die Konsequenz, dass Punkte aus anderen Projektionen und Plänen in dieses Gitterkoordinatensystem zu transformieren sind und erst danach Abstände und Winkel zu bestimmen sind.

**2. Regel** (Ursprung des Rechenrasters)

Der Ursprung aller Rechenraster fällt mit der linken unteren Ecke eines 1 km x 1 km-Quadrates im ETRS89/UTM Gitter zusammen.

Diese Regel beschränkt die freie Wahl des Rechenrasters für Rasterlärmkarten, um eine qualitätsgesicherte Verschneidung von Themenkarten vorzubereiten. Das 100-km-Quadrat ist die natürliche Flächenteilung des UTM-Gitters. Das 1 km-Quadrat eine einfache Ableitung daraus; häufig wird dieser Gitter der 1 km-Raster auf Projektionen aufgedruckt. Aus dieser Sicht ist die Setzung sachgerecht. Erst in Verbindung mit Regel 3 wird die Tragweite deutlich.

**3. Regel** (Weite des Rechenrasters)

Die Rasterweite des Rechenrasters folgt mit vorgebarerer Auflösung aus der Beziehung

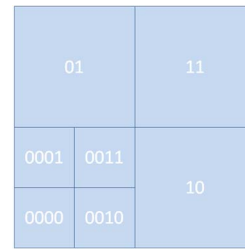
$$w = 2^p \cdot 1 \text{ km}$$

mit  $-16 \leq p \leq 0$  (oder  $ca. 15 \text{ cm} \leq w \leq 1 \text{ km}$ ).

Der Exponent p wird hier als PEANO-Präzision bezeichnet.

Nach dieser Regel sind also nur Rasterweiten zulässig, die sich durch mehrfache Halbierungen aus dem 1 km-Quadrat ergeben. Eine entscheidende Konsequenz aus dieser Regel - und damit auch ihr großer Vorteil - ist, dass der Wechsel von Auflösungen, die stets präzise Aufgabe bei der Darstellung von qualitätsgesicherten Karten, zu einem selbstähnlichen Problem wird. Es reicht also grundsätzlich aus, den Wechsel von p nach p + 1 und von p nach p - 1 festzulegen.

Zur Kennzeichnung der Selbstähnlichkeit wird hier (nicht als Bestandteil einer Regel) der so genannte PEANO-Code eingeführt. In diesem Code wird eine Zelle durch das Anfügen von 2 Bits in die vier Teilquadrate unterteilt, siehe **Abbildung 1**.



**Abbildung 1** Bezeichnung der Rasterzellen (PEANO-Codierung)

**4. Regel** (Wechsel der Auflösung: p nach p - 1)

Der Wechsel der Auflösung wird in Tabelle 1 in Abhängigkeit von einer Fallunterscheidung a bis e formuliert. Die Fälle unterscheiden sich in ihrer Bildungsregel für den darzustellenden Wert. Diese Bildungsregel hat einen entscheidenden Einfluss beim Wechsel der Auflösung. Im Rahmen des Wechsels von p nach p - 1 tritt dies nur bei der Summenbildung hervor.

In den Gleichungen wird der Inhalt (Wert) der Rasterzelle mit R gekennzeichnet. Die Indizes n, m, p, q kennzeichnen die Bits der Zellen nach **Abbildung 1**.

a	Mittelwertbildung (z. B. $L_{ASEL}$ ) $R_{nmpq} = R_{nm}$
b	Maximalwertbildung (z. B. $L_{AFmax}$ ) $R_{nmpq} = R_{nm}$
c	Minimalwertbildung (z. B. Richtwert) $R_{nmpq} = R_{nm}$
d	Summenbildung (z. B. Einwohner) $R_{nmpq} = R_{nm}/4$
e	Binärinformation (z. B. Wald) $R_{nmpq} = R_{nm}$

**Tabelle 1:** Berechnung des Zellewertes bei p nach p - 1

**5. Regel** (Wechsel der Auflösung: p nach p + 1)

Beim Wechsel von p nach p + 1 hat die Bildungsregel einen massiven Einfluss. Es ist klar, dass bei einem Mittelwert nach Fall a der Wert für die größere Zelle aus dem Mittelwert der Teilzellen zu bilden ist. Bei der Maximalwertbildung wird aber der größte Wert der Teilzellen den Wert der größeren Zelle kennzeichnen, sonst würden Informationen verfälscht.

Binäre Themenkarten sind ein Sonderfall. Man kann mindestens vier Fälle grundsätzlich unterscheiden, die hier als ‚absolut-dominant‘, ‚majorisierend-dominant‘ bzw. ‚absolut-rezessiv‘, ‚majorisierend-rezessiv‘ bezeichnet werden. **Tabelle 3** markiert, unter welchen Voraussetzungen sich eine Information durchsetzt.

a	Mittelwertbildung (z. B. $L_{ASEL}$ ) $R_{nm} = \text{avg}(R_{nm00}, R_{nm01}, R_{nm10}, R_{nm11})$
b	Maximalwertbildung (z. B. $L_{AFmax}$ ) $R_{nm} = \max(R_{nm00}, R_{nm01}, R_{nm10}, R_{nm11})$
c	Minimalwertbildung (z. B. Richtwert) $R_{nm} = \min(R_{nm00}, R_{nm01}, R_{nm10}, R_{nm11})$
d	Summenbildung (z. B. Einwohner) $R_{nm} = R_{nm00} + R_{nm01} + R_{nm10} + R_{nm11}$
e	Binärinformation (z. B. Wald) siehe besondere Tabelle

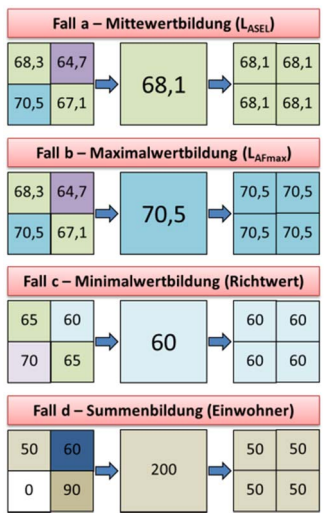
**Tabelle 2:** Berechnung des Zellenwertes bei p nach p + 1

Es wird von der Bedeutung der Information im Zusammenhang mit der Lärmkartierung abhängen, ob sich die Information Wald z. B. dominant durchsetzt, weil die Walddämpfung bei der Rechnung berücksichtigt wurde oder bei geringer Auflösung ausgeblendet wird. Insgesamt ein übliches Verfahren in der Kartographie.

p + 1				p			
dominant		rezessiv					
absolut	majorisierend	absolut					
mn	mn	mn	mn	mn00	mn10	mn01	mn11
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							
■							

**Tabelle 3:** Zuweisung des Zellenwertes bei der Halbierung der Auflösung beim Thema Wald (die dunkleren Felder kennzeichnen den Zustand WAHR)

**Abbildung 2** zeigt an einfachen Beispielen die Wirkung der Regeln zum Wechsel der Auflösung. Daraus wird deutlich, dass immer dann, wenn bei dem konsekutiven Prozess p nach p – 1 die ‚Eigenauflösung‘ der Rasterlärnkarte erreicht wird, auf die ursprünglichen Rasterwerte zurückgegriffen werden muss.



**Abbildung 2** Wirkung der Regeln 5 und 4

**6. Regel** (quantisierter Maßstab)

Karten können qualitätsgesichert nur angezeigt bzw. ausgegeben werden, wenn

1 oder 4 oder 16 oder 64 oder ... 4n Pixel

des Ausgabegerätes einer Rasterzelle der Lärmkarte entspricht.

Diese Regel stellt sicher, dass es stets einen ein-eindeutigen Zusammenhang zwischen den Bildzellen des Ausgabegerätes und dem Rechenraster gibt. Da das Ausgabegerät bekannt ist, lässt sich durch konsequentes Anwenden der Regeln 5 und 6 erreichen, dass der Zustand jeder Bildzelle festgelegt ist und Karten deshalb stets gleich aussehen; Ausgleichsverfahren von Grafikkarten werden dadurch vermieden.

Gleichzeitig lässt sich bei Online-Präsentationen erreichen, dass jedes Pixel eines Monitors eindeutig einer Rasterzelle zuzuordnen ist. Dies erleichtert die Kommunikation mit dem Anwender, der sich weitere Informationen zu einer ausgewählten Rasterzelle interessiert.

**Zusammenfassung**

Es wird insgesamt ein Konzept vorgestellt, wie man durch Definition von allgemeinen Regeln einer Rasterabbildung von Themen und zusätzlichen Vereinbarungen über die Verfahren der Georeferenzierung zu einer qualitätsgesicherten Darstellung (Referenzdarstellung) von Lärmkarten und Schallimmissionsplänen auf Drucker und Bildschirmen erzielen kann.

Wegen der Selbstähnlichkeit des Problems lassen sich aus numerischer Sicht Routinen dazu schreiben, die maschinen nah umzusetzen sind.

Die hier beschriebene qualitätsgesicherte Lärmkartendarstellung soll die in professionellen Softwareerzeugnissen der Lärmberechnung umgesetzte exzellente Präsentation von Lärmkarten mit den äußerst hilfreichen Werkzeugen keineswegs ersetzen.