

Untersuchung und Visualisierung der Permeabilität des Bauwerks Straße für potentielle Querungen für Tiere

Master Thesis

Im Rahmen des

Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“

(UNIGIS MSc) am Zentrum für Geoinformatik (Z_GIS)

der Paris Lodron Universität Salzburg

Zur Erlangung des Grades

Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)

Verfasser: Frank Struwe – U1523 – UNIGIS MSc Jahrgang 2011

Gutachter: Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Vorgelegt am: 25.09.2013

I. Erklärung

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden sind entsprechend gekennzeichnet.

Euskirchen, 25.09.2013 Unterschrift _____

II. Kurzfassung

Grünbrücken, Über- und Unterführungen, sogenannte Querungen, dienen unter anderem der Vernetzung von Tierlebensräumen über bzw. unter Straßen hinweg und geben damit ein Indiz für die Durchlässigkeit von Straßenkörpern.

Bei den Untersuchungen zur Durchlässigkeit (Permeabilität) von Straßen für Tierquerungen werden jedoch Daten zur Struktur des Bauwerks Straße (Fahrstreifen, Betonschutzwände, Unter- und Überführungen, Zäune, etc.) nur selten berücksichtigt. In dieser Arbeit soll eine Untersuchung beschrieben werden, die neben der naturlandschaftlichen Einbettung der Über- und Unterführungen auch die bauwerklichen Informationen der Querungen berücksichtigt. Dazu wurden die fachlichen Daten des amtseigenen Bundesinformationssystems Straße (BISStra) der Bundesanstalt für Straßenwesen (Bast) sowie Daten zu Wildschutzzäunen und Schutzeinrichtungen auf deren Nutzbarkeit untersucht. Das BISStra liefert u. a. Daten und Informationen zu Bundesfernstraßen, zu Brücken und Tunneln sowie zu deren Alter und Zustand. Neben diesen bauwerksspezifischen Geodaten umfasst die zugrunde gelegte Datensammlung die naturschutzfachlichen Geodaten des CORINE Land Cover und stellt damit den Kontext zur landschaftlichen Einbettung der Querungen her, sowie Geodaten über Lebensraumnetzwerke und unzerschnittene verkehrsarme Lebensräume.

Aus diesen bauwerksspezifischen und naturlandschaftlichen Daten wird als neue Information die Durchlässigkeit von Straßenabschnitten abgeleitet. Es wurde ein Verfahren entwickelt, welches die beiden Datenarten miteinander kombiniert und die Qualität der Querungen hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit klassifiziert. Angewandt wird das Verfahren auf die Gegebenheiten und Besonderheiten in den Untersuchungsraum Bundesautobahn 1 und Bundesautobahn 4. Durch eine Qualitätsprüfung der Eingangsdaten und die Überführung in eine GIS-Datenbank werden die datentechnische Grundlage der Untersuchungen geschaffen. Die Entwicklung einer Modellierung zur Definition eines Umweltwertes und eines Bauwerkswertes kategorisiert und bewertet sowohl die bauwerkliche Beschaffenheit als auch die naturräumliche Einbindung der Querungen. Aus beiden Werten wird abschließend ein Querungswert abgeleitet. Mittels der Querungswerte aller Querungen eines Straßenabschnittes wird dessen Durchlässigkeit ermittelt.

Eine kartografische Darstellung im Ampeldesign gibt die Durchlässigkeit der Straßenabschnitte von Bundesfernstraßen in generalisierter Form wieder und zeigt als abschließende Präsentation der Ergebnisse, dass die Permeabilität von Straßen mit dieser Datengrundlage angezeigt werden kann.

III. Abstract

Green bridges, underpasses and overpasses, so-called crossings, serve the linking of animal habitats over or under roads and give an indication of the permeability of road bodies. However, information about crossings or the constructions themselves (traffic lanes, concrete safety barriers, underpasses, overpasses, fences) is rarely considered in studies on road permeability. This work describes a method which takes into account the architectural details of crossings besides their natural landscape embedding. For that purpose, the usability of data of the geographic information system BISStra of the German Federal Highway Research Institute (Bundesanstalt für Straßenwesen) as well as data of safety barriers and fences are examined. The underlying question is whether these data can be used for displaying the permeability of roads. In order to provide information about the landscape, both spatial data of the CORINE Land Cover project (natural embedding of the crossings) and spatial data of habitat networks and unfragmented areas are used in the analysis. These two datasets are the starting point for deriving the permeability of roads as new information.

As in every GIS project, workflow steps such as "determine the objectives of the project", "build the database and prepare the data for analysis", "perform the analysis" and "present the result" are used for obtaining that information.

On two test sites including parts of the German Bundesautobahn 1 and Bundesautobahn 4 near Cologne, a new method was developed in which a quality value for each crossing was established. Based on that value a specific environment-value and a separate so-called building-value are formed for each crossing from the input data performing a raster analysis for the landscape dataset and classification steps of the attribute data of the architectural information of over- and underpasses. Finally, a so-called crossing value is derived from both values and the permeability of road sections can be calculated. The values of all crossings of one separate road section define the permeability of this road section.

A cartographic representation in traffic light design reflects the permeability of road sections of federal highways in a generalized manner. In addition to the cartographic representation a database with all required datasets was developed and installed using the commercial off the shelf software ArcGIS and the geodatabase file format. Creating the database design was the first step of the workflow, followed by importing the landscape data and architectural data of the crossing into the database. After processing quality and topology tests the analysis of the data was performed. The cartographic representation made up the assignment.

The Federal Highway Research Institute (BAST) is a research institute in the responsibilities of the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS).

Inhaltsverzeichnis

I. Erklärung	ii
II. Kurzfassung.....	iii
III. Abstract	iv
Inhaltsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis.....	ix
Abbildungsverzeichnis.....	x
1 Einleitung.....	1
1.1 Straßen und Fortbewegung	1
1.2 Straßen als Einschnitt in die Natur.....	1
1.3 Straßen und Lebensräume.....	2
1.4 Motivation und Zielsetzung	4
1.5 Gliederung.....	5
2 Daten.....	7
2.1 Arbeitsdaten	8
2.1.1 BISStra.....	9
2.1.2 Wildschutzzäune.....	11
2.1.3 Lärmschutzeinrichtungen	13
2.1.4 Lebensraumnetzwerke	14
2.1.5 CORINE Land Cover	17
2.1.6 Unzerschnittene, verkehrsarme Räume	20
2.2 Referenzdaten.....	21
2.2.1 Daten der amtlichen Landesverwaltungen.....	21
2.2.2 Google Earth	22
2.2.3 Microsoft Bing Maps.....	23
2.2.4 Open Street Map	24
3 Definition und Präsentation der Untersuchungsräume	26
3.1 Präsentation der in die Vorauswahl kommenden Autobahnabschnitte	28

3.1.1	Die Bundesautobahn 1	28
3.1.2	Die Bundesautobahn 4	29
3.1.3	Die Bundesautobahn 46	30
3.1.4	Die Bundesautobahn 61	30
3.2	Eingrenzung der Untersuchungsräume anhand von Matrixelementen	31
3.2.1	Matrixelement Streckenlänge	32
3.2.2	Matrixelement Datenvorkommen Wildschutzzäune	32
3.2.3	Matrixelement Datenvorkommen Lärmschutzeinrichtungen	33
3.2.4	Matrixelement Datenvorkommen BISStra Bauwerksdaten	34
3.2.5	Matrixelement Datenvorkommen Lebensräume	34
3.2.6	Matrixelement Datenvorkommen der weiteren Datensätze	36
3.3	Auswertematrix der Untersuchungsräume	36
4	Lösungsansatz zur Bestimmung der Permeabilität von Straßenabschnitten.....	38
5	Durchführung.....	41
5.1	Entwurf der Datenbank.....	41
5.1.1	Rahmenbedingung der zu erstellenden Datenbank	42
5.1.2	Entscheidung für das Datenformat einer File-Geodatabase	42
5.2	Aufbau der Geodatabase Untersuchungsräume	44
5.2.1	Konzeptionelles Datenbankschema der Geodatabase Untersuchungsräume	44
5.2.2	Semantisches Datenbankschema der Geodatabase Untersuchungsräume	47
5.2.3	Erläuterungen zur Geodatabase Untersuchungsräume	49
5.3	Datentransformation	52
5.3.1	Räumliches Bezugssystem und Koordinatenreferenzsystem.....	52
5.3.2	Das amtliche räumliche Bezugssystem der Bundesrepublik Deutschland	54
5.3.3	Das räumliche Bezugssystem der Geodatabase Untersuchungsräume	56
5.4	Einpflegen der Datensätze	60
5.4.1	BISStra.....	61
5.4.2	Wildschutzzäune.....	64
5.4.3	Lärmschutzeinrichtungen	66
5.4.4	Erfassungsgrundlage der Neudigitalisierung von Querungsbauwerken.....	70
5.5	Topologische Untersuchungen	72
5.5.1	Definition Topologie	72
5.5.2	Festlegen topologischer Abhängigkeiten	72
5.6	Rasterung	77

5.6.1	Rastern der Vektordaten	77
5.6.1	Klassifikation	79
5.6.2	Map Algebra	83
5.6.3	Bufferberechnungen.....	86
6	Analyse	91
6.1	Ermittlung der Umweltwerte.....	92
6.1.1	Definition des Umweltwertes am Beispiel der Querung Wildbrücke Heinzenberg	92
6.1.2	Die Analyse der Umweltwerte.....	95
6.1.3	Zusammenfassung der Analyse der Umweltwerte.....	97
6.1.4	Klassifikation der Umweltwerte	98
6.2	Ermittlung der Bauwerkswerte.....	99
6.2.1	Definition des Bauwerkswertes	99
6.2.2	Analyse der Bauwerkswerte	104
6.2.3	Zusammenfassung der Analyse der Bauwerkswerte.....	109
6.2.4	Klassifikation Bauwerkswerte.....	110
6.3	Zusammenfügen der Analysestränge Bauwerke und Umwelten	117
6.4	Schutzeinrichtungen	123
6.5	Überführung der Auswertung in die Geodatabase.....	124
6.5.1	Querungen.....	124
6.5.2	Schutzeinrichtungen	125
6.6	Zusammenfassung Geodatabase	126
7	Darstellung der Ergebnisse	129
7.1	Darstellung der Durchlässigkeit von Straßenabschnitten.....	129
7.2	Darstellung der Durchlässigkeit der Schutzeinrichtungen.....	138
7.3	Zusammenfassung Präsentation.....	140
8	Zusammenfassung, Diskussion, Ausblick	141
8.1	Zusammenfassung Daten.....	141
8.2	Zusammenfassung Präsentation.....	142
8.3	Ausblick und Diskussion	143
Anhang	146	
A.	Klassifikationskarten	146

B. Durchlässigkeitskarte	156
C. Permeabilität der Bundesautobahn 1	157
D. Permeabilität der Bundesautobahn 4	158
Literaturverzeichnis.....	159

Tabellenverzeichnis

Datentabelle BISStra	10
Datentabelle Wildschutzzäune	12
Datentabelle Lärmschutzeinrichtungen.....	13
Datentabelle Lebensraumnetzwerke.....	15
CORINE Landbedeckungsklasseneinteilung	18
Datentabelle CORINE Land Cover	19
Datentabelle UZVR.....	20
Datentabelle Open Street Map.....	25
Verkehr - Straßen des überörtlichen Verkehrs (Stand: 01.01.2012)	27
Auswertung der vier Autobahnabschnitte.....	36
Entscheidungsmatrix zu den Untersuchungsräumen	37
Ein Vergleich der Geodatabase-Typen Personal-GDB und File-GDB	42
Parameter des räumlichen Bezugssystems ETRS89.....	55
Räumliche Bezugssysteme der Arbeitsdaten.....	58
Transformation nach EPSG Code 1779 (Quelle: ESRI 2012)	59
Sachinformationen Datensatz Wildschutzzäune NRW	65
Sachinformationen Datensatz Lärmschutzeinrichtungen.....	68
Objekte in der Geodatabase Untersuchungsräume	76
Reklassifikation der Funktionsräume.....	81
Reklassifikation der Großsäugerräume.....	82
Reklassifikation der UZVR	82
Reklassifikation der CORINE Land Cover.....	82
Syntax Bufferberechnungen (Quelle: ESRI 2013g).....	87
Zusammenfassung Analyse Bauwerke – Ermittlung des Bauwerkswertes.....	112
Zusammenfassung Analyse Umwelten und Bauwerke - Gesamtkriterium	
Bauwerksdurchlässigkeit.....	118
Objekte in der Geodatabase Untersuchungsräume	127
Streckenabschnitte in den Untersuchungsräumen	130
Auswertung des Streckenabschnitts Köln-Ost - Bensberg.....	137
Prozentuale Durchlässigkeit der BAB 1 und BAB 4 im Untersuchungsraum	138
Barrieren/Schutzeinrichtungen der BAB 1 und BAB 4 im Untersuchungsraum	140

Abbildungsverzeichnis

Hauptwirkungen von Verkehrswegen auf Tierpopulationen (Quelle: JÄGER et.al. 2005)	3
Ansicht des GIS BISStra bei der Bundesanstalt für Straßenwesen	9
Datenbestand aus BISStra im Bereich NRW	11
Darstellung der Daten Trockenlebensräume (Quelle: BFN 2010)	16
CORINE Land Cover Deutschland (Quelle: EUA 2013)	19
UZVR Nordrhein Westfalen (Quelle: LANUV 2010)	21
Nordrhein-Westfalen – Visualisiert unter Google Earth.....	26
BAB 1 - Visualisiert mit Open Street Map Daten in Google Earth	29
BAB 4 - Visualisiert mit Open Street Map Daten in Google Earth	30
BAB 46 - Visualisiert mit Open Street Map Daten in Google Earth	30
BAB 61 - Visualisiert mit Open Street Map Daten in Google Earth	31
Streckenabschnitt BAB 46 - Open Street Map Geometrie- und Sachdaten	32
Streckenabschnitt BAB 46 – Selektierte Wildschutzzäune	33
Streckenabschnitt BAB 46 – Selektierte Lärmschutzeinrichtungen.....	33
Streckenabschnitt BAB 46 (Kreuz Wanlo) – Selektierte BISStra Daten.....	34
Streckenabschnitt BAB 46 – Selektierte Waldlebensräume	35
Streckenabschnitt BAB 46 – Selektierte Feuchtlebensräume	35
Vergrößerungen der Streckenabschnitte BAB 46	35
Allgemeingültiger Projektablauf in einem GIS (Quelle: KALASEK 2010)	38
Schematischer Ablauf der Arbeiten zur Analyse.....	39
Schaubild zur Durchführung der Arbeiten Teil 1	41
Der konzeptionelle Aufbau der Datenbank	46
UML Klassendiagramm Untersuchungsräume	48
Aufbau der Geodatabase Untersuchungsräume	50
Objekte und Attribute der Geodatabase Untersuchungsräume	51
Codelisten der vordefinierten Attribute	51
GCS und PCS - Begriffe und Zusammenhänge in ArcGIS.....	53
GCS und PCS am Beispiel des ESRI Koordinatensystems Germany Zone 4	54
Schnittzylinder UTM Abbildung (Quelle: BEZIRKSREGIERUNG KÖLN 2012)	55
Die Lage von NRW in der UTM-Zone 32 (Quelle: BEZIRKSREGIERUNG KÖLN 2012)	56
Datumsübergang DHDN-ETRS89.....	58
Clip Funktion (Quelle: ESRI 2013b)	60
Beispiel 1 – Datensatz BISStra.....	61
Beispiel 2 – Datensatz BISStra.....	61
Beispiel 3 – Datensatz BISStra.....	62

Beispiel 4 – Datensatz BISStra.....	62
Beispiel 5 – Schwierige Punktzuordnungen innerhalb der BISStra Daten	63
Beispiel 1 – Datensatz Wildschutzzäune NRW	64
Beispiel 2 – Datensatz Wildschutzzäune NRW	64
Beispiel 3 – Datensatz Wildschutzzäune NRW	65
Attributzuweisung des Datensatzes Wildschutzzäune in der Geodatabase.....	66
Beispiel 1 - Datensatz Lärmschutzeinrichtungen NRW.....	67
Beispiel 2 - Datensatz Lärmschutzeinrichtungen NRW.....	67
Attributzuweisung des Datensatzes Lärmschutzeinrichtungen in der Geodatabase	69
Wildbrücke Heinzenberg – BAB 1, Microsoft Bing Maps Aerial, Aktualität: 2012.....	71
Wildbrücke Heinzenberg – BAB 1, Google Earth, Aktualität: 2009 / 2010	71
Wildbrücke Heinzenberg – BAB 1, DOP der Landesregierung NRW, Aktualität: 2010.....	71
Topologien ‘keine Überlappung’ (Quelle: ESRI 2013c)	72
Wildschutzzäune und Straßenachse ohne topologische Bezüge.....	73
Topologieregeldefinition unter ArcGIS	74
Sliver polygon.....	75
Querungsvektor liegt auf der Mittelachse der Autobahn.....	75
Vektorobjekte in der Geodatabase Untersuchungsräume	76
Schaubild zur Durchführung der Arbeiten Teil 2	77
UZVR Vektordatensatz	78
UZVR Rasterdatensatz.....	78
Großsäugerkorridor und gerasterter Pufferbereich	79
Beispiel einer Reklassifikation eines Rasterdatensatzes (Quelle: ESRI 2013f).....	80
Reklassifizierter Datensatz Großsäugerkorridor	80
Rasterkalkulationen (Quelle: FRAUNHOFER INSTITUT 2009)	83
Beispiel Rasteraddition	84
Rasteraddition im Raster Calculator	85
Ergebnis der Rasteraddition - Karte unmaßstäblich abgebildet	86
Bufferwerkzeug unter ArcGIS (Quelle: ESRI 2013g).....	87
Buffer um Unter- und Überführungen (grau, grün) entlang der BAB 1.....	88
Buffer um Unter- und Überführungen (grau, grün) entlang der BAB 4.....	89
Freeware Geospatial Modelling Environment	89
Schaubild zur Durchführung der Arbeiten Teil 3	91
ArcGIS Modeler Ablauf	92
Beispielattributtabelle eines Umgebungsrasters.....	92
Lage der Wildbrücke Heinzenberg auf der BAB 1 mit 500 m Buffer und Umweltwerten	93
Raster UZVR und CORINE Land Cover	94

Sachdaten eines Additionsraster nach der Summenberechnung	94
Scatterplot der Umweltwerte der Buffer BAB 1	95
Histogramm der Umweltwerte der Buffer BAB 1	96
Scatterplot der Umweltwerte BAB 4	97
Histogramm der Umweltwerte BAB 4	97
Begriffsdefinition Breite / Länge einer Querung (Quelle: SCHMELLEKAMP 2012).....	100
Beispiel einer Unterführung mit BISStra Attributangaben	101
Beispiel einer Talbrücke mit BISStra Attributangaben.....	101
Objekt 380 Autobahn (Unterführung)	103
Objekt 368 Fußweg (Überführung)	103
Objekt 326 Hauptstraße (Unterführung)	103
Objekt 298 Hauptstraße (Überführung)	103
Objekt 321 Nebenstraße (Überführung).....	103
Objekt 324 Nebenstraße (Unterführung)	103
Objekt 341 Wirtschaftsweg (Unterführung)	104
Objekt 311 Eisenbahn (Unterführung).....	104
Objekt 375 Freifläche (Unterführung)	104
Objekt 291 Freifläche (Überführung).....	104
Doppelte Informationsbelegung für Bauwerksnummer 5206682.....	104
Attributiver Fehleintrag in den BISStra Daten	105
Fehlende Querungsobjekte in der BISStra Datenbank	106
Auswertung der BISStra Daten - BAB 1 relative Engen.....	107
Auswertung der BISStra Daten - BAB 1 lichte Höhe und Breite.....	107
Auswertung der BISStra Daten - BAB 4 relative Engen.....	108
Auswertung der BISStra Daten - BAB 4 lichte Höhe und Breite.....	109
Auszug aus den Sachdaten der Geodatabase	123
Beispiele Bauwerk 'Laermschutz': links Wand, rechts Wall.....	124
Tabellenverknüpfungen	125
Beispiel einer Befüllung Kategorie der Bauwerke 'Laermschutz'	126
Objekte in der Geodatabase Untersuchungsräume	127
Einstellungen der Klasseneinteilung unter ArcGIS.....	130
Karte Durchlässigkeit von Autobahnabschnitten	132
Durchlässigkeit des Autobahnabschnitts BAB 1 (vergrößert dargestellt).....	133
Durchlässigkeit des Autobahnabschnitts BAB 4 (vergrößert dargestellt).....	134
Autobahnabschnitt Köln-Ost – Bensberg – Durchlässigkeit und Bauwerke	135
Autobahnabschnitt Köln-Ost – Bensberg – Umweltwerte	136
Köln-Ost – Bensberg – Bauwerkswerte	136

Karte Schutzeinrichtungen von Autobahnabschnitte	139
Mindmap: Möglichkeiten des Handelns	145
Klassifikationskarte CORINE Land Cover	146
Klassifikationskarte unzerschnittene, verkehrsarme Räume	147
Klassifikationskarte Wald bewohnender größerer Säugetiere	148
Klassifikationskarte Feuchtlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 100 m	149
Klassifikationskarte Feuchtlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 500 m	150
Klassifikationskarte Trockenlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 250 m	151
Klassifikationskarte Trockenlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 1500 m	152
Klassifikationskarte Waldlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 100 m	153
Klassifikationskarte Waldlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 500 m	154
Klassifikationskarte Korridore waldbewohnender, größerer Säugetiere	155
Durchlässigkeit von Autobahnabschnitten	156
Permeabilität der Bundesautobahn 1	157
Permeabilität der Bundesautobahn 4	158

1 Einleitung

Im Jahr 2012 betrug die Länge des Bundesautobahnnetzes in Deutschland circa 12800 km. Seit dem Jahr 1991 ist dies ein Zuwachs von 2000 km (STATISTIKPORTAL 2013). Betrachtet man das gesamte Straßennetz der überörtlichen Straßen in Deutschland, so stieg die Gesamtlänge von 226300 km im Jahre 1991 auf derzeit 230701 km (UMWELTBUNDESAMT 2013). In Österreich ist die Tendenz ähnlich, dort stieg das Bundesstraßennetz (bestehend aus Autobahnen und Schnellstraßen) von 1778 km (1990) auf 2186 km im Jahr 2012 (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION, UND TECHNOLOGIE 2013).

1.1 Straßen und Fortbewegung

Dies sind beeindruckende Zahlen, und auch ein Blick auf Karten offenbart eine feinmaschige und effiziente Vernetzung der Landesflächen durch Verkehrswege. Straßen sind ein, heute als selbstverständlich wahrgenommenes, Hilfsmittel zum Zwecke der Ortsveränderung, das der Mensch im Laufe seiner Entwicklung immer umfassender nutzte und nach seinen Bedürfnissen weiter ausbaute. Bereits in der Antike existierten feste Handelswege, zunächst um Güter verschiedenster Art von einem Ort zu einem anderen zu transportieren. Bald führte auch der militärische Aspekt zum Ausbau von Verkehrswegen, als die Römer befestigte Straßen bauten, um schnelle Truppenbewegungen zu ermöglichen. Die Preußen taten es ihnen im 18. Jahrhundert durch den Bau von langen, geradlinigen Straßen nach. Im Industriezeitalter des 18. und 19. Jahrhunderts wurde massiv in den Ausbau von Straßen und Schienen investiert, und mit der Erfindung von Eisenbahn und Automobil wurde diese Entwicklung forciert. Unter Mobilitätsaspekten mag dies begrüßenswert erscheinen, doch hat diese Entwicklung auch eine Kehrseite, die lange Zeit vernachlässigt oder doch übersehen wurde.

1.2 Straßen als Einschnitt in die Natur

Seit jeher bedeutet der Straßen- und Verkehrswegebau auch einen kulturellen Einschnitt in die Natur. Erst in den letzten Jahrzehnten bildete sich ein Grundverständnis für den Eingriff in den Naturhaushalt, die Erhaltung der Biodiversität sowie für die Verzahnung von Kultur und Natur, während die Konsequenzen für die Natur zur Zeit der industriellen Revolution und des postindustriellen Zeitalters nicht im Fokus des Interesses standen. Zudem machten das Aussterben von Tierarten und die fortschreitende Umweltverschmutzung den sensibleren Umgang mit künstlichen Einschnitten in Naturräume notwendig.

Denn in dem Maß, in dem sich die Bewegungsmöglichkeiten der Menschen durch Straßen und Wege verbessern, werden die lokalen Tierpopulationen sowie deren weiträumige Bewegungs- und Wanderungsmöglichkeit eingeschränkt. Vor allem Tiergruppen, die große Lebensräume beanspruchen, sind von der zunehmenden Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege betroffen. Ihr Lebensraum oder Habitat, so bezeichnet unter anderem SCHAEFER (2011) die Lebensstätte einer Tier- oder Pflanzenart, unterliegt durch den fortschreitenden Grad der Versiegelung von Flächen großen Einschränkungen.

Die Belange der Natur spielen heute bei der Planung von neuen Verkehrswegen eine nicht unbedeutende Rolle, und auch beim Ausbau existierender Straßen werden Umweltschutzaspekte stärker berücksichtigt. So wurde im Jahr 2012 durch das Bundeskabinett das 'Bundesprogramm Wiedervernetzung' beschlossen, dessen zentraler Inhalt ein Investitionsprogramm für den Bau von Querungshilfen - also Bauwerken, die eine Straße über- oder unterführen - im Bestand des Bundesfernstraßennetzes vorsieht, um die durch das überörtliche Straßennetz zerschnittenen Lebensraumkorridore wieder miteinander zu verbinden (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 2012).

Ferner fordert das deutsche Bundesnaturschutzgesetz einen Aufbau von Biotopverbundflächen, also Netze verbundener Biotope (Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege, Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 [BGBl. I S. 2542], das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 24 des Gesetzes vom 6. Juni 2013 [BGBl. I S. 1482] geändert worden ist, insbesondere Kapitel 4, Abschnitt 1). Dabei dient ein Biotopverbund *„der dauerhaften Sicherung einer Populationen wild lebender Tiere und Pflanzen einschließlich ihrer Lebensstätten, Biotope und Lebensgemeinschaften sowie der Bewahrung, Wiederherstellung und Entwicklung funktionsfähiger ökologischer Wechselbeziehungen“* (§ 21 Abs. 1 S. 1 Bundesnaturschutzgesetz).

Im europäischen Kontext verlangt die Fauna-Flora-Habitat Richtlinie der europäischen Union (Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen) die Schaffung eines Netzes zusammenhängender Schutzgebiete unter der Bezeichnung 'Natura 2000'. Diese wurde mit der Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes 1998 in Deutschland umgesetzt (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2013).

1.3 Straßen und Lebensräume

Diese beispielhaft aufgeführten legislativen und administrativen Maßnahmen versuchen die Konsequenzen der Verkehrswege für die Natur einzudämmen oder zumindest, auf sie zu reagieren. Werden Tierlebensräume durch Eingrenzung oder andere Umwelteinflüsse verändert, hat dies unmittelbar Auswirkungen auf die darin lebende Population. Augenscheinlich sind Habitatsveränderungen wie Flächenverlust und Flächenzerschneidung. Aber auch Faktoren wie

Abgas- und Lärmemissionen sowie, bezogen auf Verkehrswege, die veränderten Untergrundverhältnisse und fehlenden Deckungsmöglichkeiten im Umfeld einer Straße machen es für Tiere schwer oder gar unmöglich, eine Straße zu queren und somit ihren natürlich notwendigen Lebensraum über die künstliche Barriere 'Straße' hinweg zu erhalten oder ihn zu vergrößern. Als Folge daraus reduzieren sich ihre Lebensraumflächen und es entstehen kleine, isolierte Areale. Dieser Prozess wird als Landschaftszerschneidung bezeichnet (GIULIO et al. 2007). Die durch die Zerschneidung entstehenden einzelnen Flächen sind oft zu klein, um die lokale Population zu erhalten. Die Nahrungssuche wird durch die räumliche Eingrenzung erschwert, Artenwachstum und ein genetischer Austausch sind kaum mehr möglich. Generell gilt, dass isolierte Teilpopulationen stärker vom Aussterben bedroht sind als großräumig vernetzte Populationen, die sog. Metapopulationen. Die Zuwanderung aus anderen Populationen ist wichtig, um Inzucht und eine genetische Verarmung innerhalb einer Teilpopulation zu vermeiden. Die Abbildung 1 zeigt zusammenfassend die vier größten Einflussfaktoren von Verkehrswegen auf Tierpopulationen.

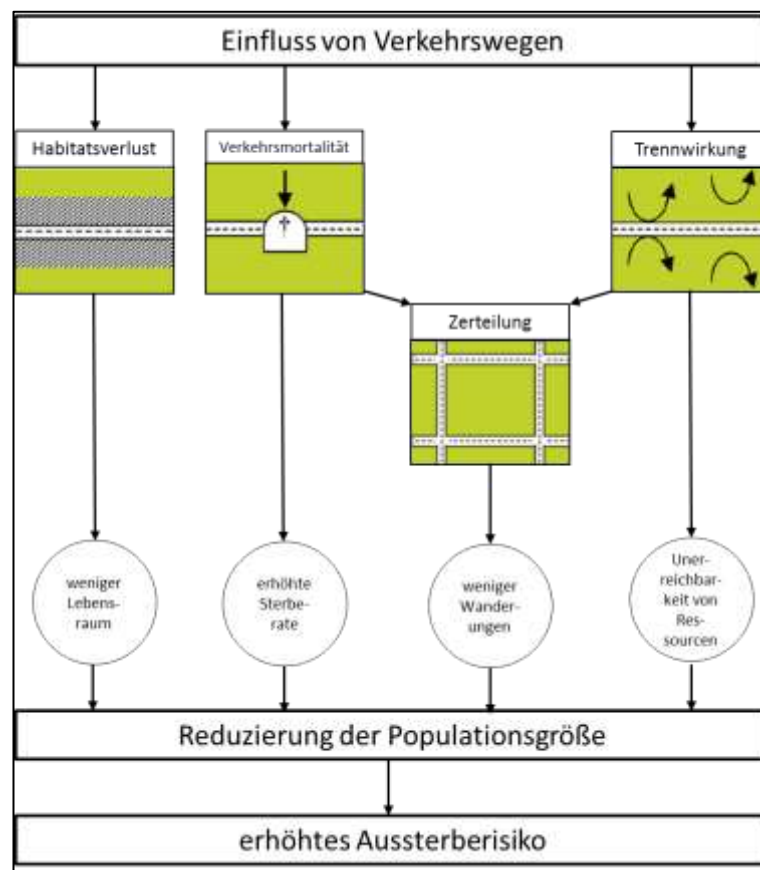


Abbildung 1 Hauptwirkungen von Verkehrswegen auf Tierpopulationen (Quelle: JÄGER et.al. 2005)

Es ist also notwendig, Tierpopulationen eine ausreichende Bewegungsmöglichkeit zu gewährleisten. Gerade in Gebieten, in denen Lebensraumkorridore, also Verbindungswege zwischen Lebensräumen, Verkehrswege kreuzen, ist es erforderlich, Populationen die Möglichkeit zu

bieten, die Barrieren in adäquater Qualität und Quantität zu überwinden. Die Trennwirkung bzw. Durchlässigkeit einer Barriere 'Straße' ist laut GEORGII (2005) von folgenden Parametern abhängig:

- Zahl der Fahrzeuge
- Straßenbreite
- Zäunung entlang der Straße / Barrieren
- Zahl möglicher Querungsbauwerke
- Gestaltung der Verkehrsnebenflächen

1.4 Motivation und Zielsetzung

Der Einfluss des Verkehrs auf das Verhalten der Tiere wird seit einigen Jahren in unterschiedlichen Studien untersucht und es werden wirkungsmindernde oder ausgleichende Maßnahmen entwickelt. Im bereits erwähnten 'Bundesprogramm Wiedervernetzung' verpflichtet sich die Bundesregierung, bis zum Jahr 2020 die ökologische Durchlässigkeit von Verkehrswegen zu gewährleisten. Das betrifft existierende wie neu zu planende Infrastrukturen. Zudem werden von Bundes- und Landesbehörden Empfehlungen erarbeitet, wie Grün- oder Landschaftsbrücken und auch bestehende Bauwerke gestaltet werden sollen, um die Lebensräume für die vorkommenden Arten zu verbinden. Bei nur wenigen Untersuchungen werden allerdings explizite Daten zur Struktur des Bauwerks Straße (Fahrstreifen, Betonschutzwände, Unter- und Überführungen, Zäune, etc.) für die o. g. Empfehlungen berücksichtigt.

Mit dieser Master Thesis soll untersucht werden, ob aus den der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) zur Verfügung stehenden Datensätze eine Visualisierung der potentiellen Durchlässigkeit (Permeabilität) des Bauwerks Straße für Tierquerungen abgeleitet werden kann. Ferner sollen weitere frei zugängliche Datenquellen recherchiert werden, die ergänzende und hilfreiche Zusatzinformationen liefern können. Diese Datenquellen sollen auf Nutzbarkeit geprüft werden und in die Auswertungen mit einfließen.

Das Ziel der Arbeit ist ein GIS basierter Datensatz, der Informationen zur Struktur und Güte des Bauwerks Straße für potentielle Tierquerungen aufweist. In Verbindung mit anliegenden Landschaftsräumen und Schutzgebieten können auf diese Weise prioritäre Straßenabschnitte identifiziert werden, um sie im Zuge der Wiedervernetzung von Lebensräumen qualitativ bewerten zu können.

Die vorhandenen Datensätze sollen auf ihre Nutzbarkeit getestet und gegebenenfalls so bearbeitet und aufbereitet werden, dass eine ideale Datenbasis entsteht. Mithilfe kartografischer

Techniken soll eine Visualisierung ausgearbeitet werden, die die Durchlässigkeit von Straßenabschnitten abbildet.

Diese Masterarbeit wird in Kooperation mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) durchgeführt. Die Bundesanstalt für Straßenwesen ist eine dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung untergeordnete Behörde.

„Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ist ein technisch-wissenschaftliches Institut des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Sie gibt dem Ministerium in technischen und verkehrspolitischen Fragen wissenschaftlich gestützte Entscheidungshilfen und wirkt maßgeblich bei der Ausarbeitung von Vorschriften und Normen mit.“ (BUND.DE 2013).

Diese Behörde ist die praxisorientierte, technisch-wissenschaftliche Einrichtung des Bundes auf dem Gebiet des Straßenwesens. Auf den meisten ihrer Arbeitsgebiete wirkt sie mit anderen Forschungsstellen, vor allem mit Instituten von Universitäten und Hochschulen, arbeitsteilig zusammen. Ihre Arbeit orientiert sich an festgelegten Zielen wie z. B. der

- Verbesserung der Effizienz des Baus und der Erhaltung von Straßen
- Verbesserung der Effizienz des Baus und der Erhaltung von Brücken und Ingenieurbauwerken
- Verbesserung der Verkehrssicherheit
- Verbesserung der Effizienz der Straßennutzung
- Ökologisches Bauen, Reduktion der Umweltbelastung
- Reduktion von Energieverbrauch und Emissionen durch Kraftfahrzeuge, Einsatz neuer Energieträger sowie alternativer Antriebskonzepte

Das Referat V3 Umwelt, eingegliedert in die Abteilung V Straßenverkehrstechnik, beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Straßenbaus und Straßenverkehrs auf die Umwelt. Gemeinsam mit dem Referat Umwelt wurde das Thema dieser Masterarbeit definiert.

1.5 Gliederung

Zur Erreichung der Zielsetzung dieser Arbeit werden folgende Schritte durchgeführt:

- die Beschaffung der bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vorliegenden Datensätze,
- die Untersuchung der bereitgestellten Daten,

- die Identifizierung und Recherche weiterer thematisch und fachlich geeigneter, freier Datenquellen,
- das Aufbereiten der Daten für eine Datenanalyse,
- die Untersuchung sowie
- die Präsentation der Ergebnisse.

Die Masterarbeit gliedert sich in die Hauptkapitel Daten, wobei zwischen Arbeitsdaten und Referenzdaten unterschieden wird, Lösungsansatz, Durchführung und Auswertung.

Damit spiegelt die Gliederung das grundsätzliche Arbeiten mit Geodaten wieder: *„Determine the objectives of the project, build the database and prepare the data for analysis, perform the analysis and present the result“* (ESRI 2008).

Ergänzt wird die Masterarbeit um einen Ausblick auf mögliche weiterführende Untersuchungen im Kapitel Diskussion, Ausblick, Zusammenfassung.

2 Daten

In diesem Kapitel werden die Daten und Datenquellen, die im Rahmen der Masterarbeit Verwendung finden, beschrieben. Die Datensätze werden anhand einer einheitlichen Struktur vorgestellt, es werden die Herkunft sowie die wichtigsten Merkmale beschrieben und die räumliche Verfügbarkeit dargestellt. Die Datenvorstellung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, das Hauptaugenmerk wurde auf die Darstellung der Informationen gelegt, die für eine konkrete Nutzung im Rahmen der Analysen als wichtig angesehen werden. Die Datensammlung umfasst neben den zu analysierenden Datensätzen der Bundesanstalt für Straßenwesen weitere naturschutzfachliche Geodaten sowie Datensätze zur kulturellen Infrastruktur und Landbedeckung, die zur Lösung der Zielsetzung als hilfreich und nützlich angesehen wurden. Die Datensammlung ist das Resultat einer vorangegangenen Datenrecherche und Akquise.

Bei der Beschreibung von Geodaten ist der Begriff der Datenqualität von Bedeutung. Mit einer Aussage über die Qualität der Daten wird auch eine Aussage darüber getroffen, ob die Datensätze für die Analyse brauchbar oder weniger geeignet sind.

Da Daten aber nicht durchgängig als unbrauchbar oder brauchbar zu klassifizieren sind, wird für diese Arbeit eine genauere und für die Zwecke dieser Arbeit sinnvolle und relevante Bezeichnung von Qualitätsmerkmalen vorangestellt, mit der die einzelnen Datensätze beschrieben werden sollen. Da sich der Begriff Qualität immer nur auf einen bestimmten Einsatzzweck bezieht und nicht allgemeingültig verwendet werden kann, ist dies erforderlich. Im Weiteren wird hiernach der Qualitätsbegriff in die fünf Merkmalskategorien

- a) Aktualität
- b) Genauigkeit
- c) Konsistenz
- d) Richtigkeit
- e) Vollständigkeit

eingeteilt.

Die *Aktualität* beschreibt die zeitliche Gültigkeit der Geodaten und kann zum Beispiel über ein Erfassungsdatum spezifiziert sein.

Der Begriff der *Genauigkeit* ist unterschiedlich auslegbar. Zum einen bezieht er sich auf die räumliche Lage der Geodaten (Lagegenauigkeit absolut zu einem übergeordneten Koordinatensystem oder relativ zu anderen Objekten), zum anderen kann er die thematische Genauigkeit bezeichnen. Darunter versteht man die Detailtiefe der Sachinformationen, z. B. die Anzahl der Klasseneinteilungen einer Landnutzungskartierung.

Unter *Konsistenz* versteht man die Widerspruchsfreiheit und logische Richtigkeit von Geodaten. Hierunter fällt zum Beispiel die Topologie oder die gleiche Aktualität verschiedener Objekte innerhalb eines Datensatzes.

Der Begriff *Richtigkeit* ist im Sinn von fehlerfrei zu verstehen.

Ein Datensatz ist qualitativ *vollständig*, wenn die Daten komplett für ein Gebiet vorliegen und alle Sachinformationen befüllt sind.

Diese fünf Qualitätskriterien werden im Rahmen dieser Arbeit angehalten und bilden die Definitionsgrundlage, wenn es um die qualitative Beurteilung von Daten und Informationen geht.

Die in dieser Arbeit genutzten Daten werden zur besseren Übersicht und Einordnung in die beiden Gruppen Arbeitsdaten (Kapitel 2.1) und Referenzdaten (Kapitel 2.2) unterteilt.

2.1 Arbeitsdaten

Als Arbeitsdaten werden die Daten bezeichnet, die in den Analysen näher betrachtet werden sollen. Es sind zum einen Datensätze, die der Bundesanstalt für Straßenwesen vorliegen bzw. in ihrem Auftrag erhoben wurden und zum anderen Geodaten aus frei zugänglichen Internetquellen, die als sinnvolle Ergänzung angesehen werden. Zu ersteren gehören die Datensätze 'BISStra', 'Wildschutzzäune' und 'Lärmschutzeinrichtungen', auf welchen auch der Untersuchungsschwerpunkt liegt, zu letzteren Daten der 'Lebensraumnetzwerke', 'CORINE Land Cover' und 'unzerschnittene, verkehrsarme Räume'.

2.1.1 BISStra

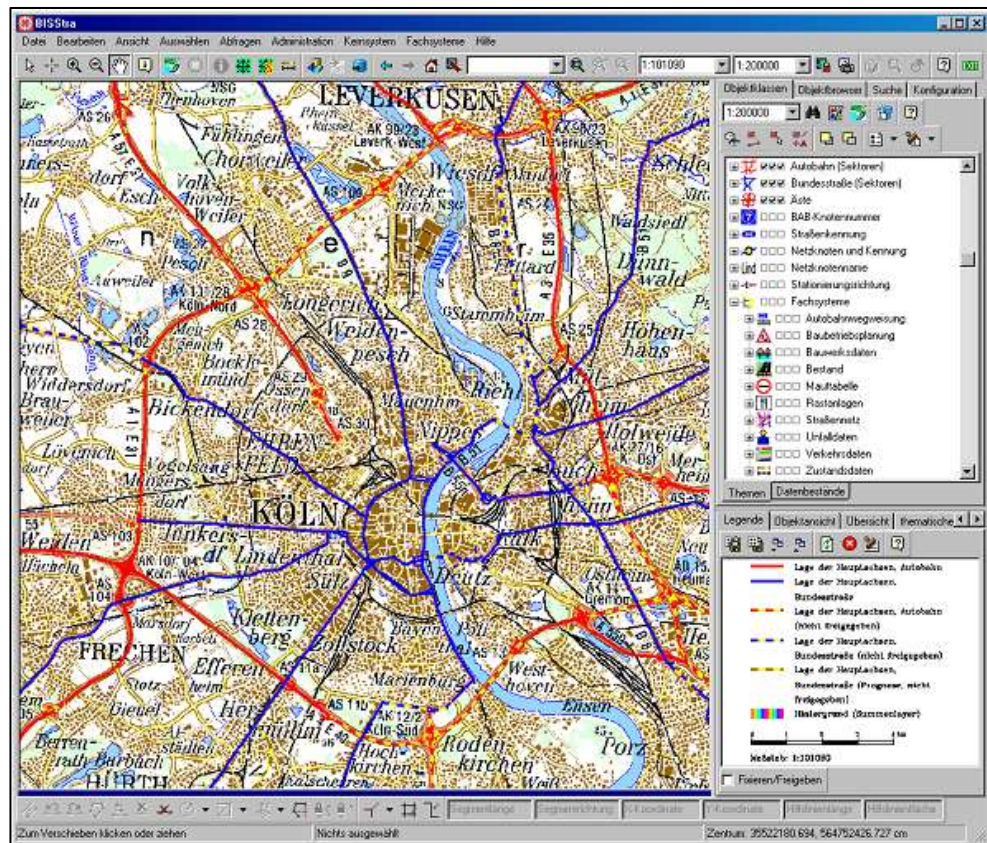


Abbildung 2 Ansicht des GIS BISStra bei der Bundesanstalt für Straßenwesen

BISStra steht für 'Bundesinformationssystem Straße'. Es ist ein geographisches Informationssystem, das Informationen zu Bundesfernstraßen zu erfassen, verwalten, analysieren und präsentieren hilft. Bundesfernstraßen werden nach § 1 Abs. 2 Bundesfernstraßengesetz (FStrG) definiert als

„öffentliche Straßen, die ein zusammenhängendes Verkehrsnetz bilden und einem weiträumigen Verkehr dienen oder zu dienen bestimmt sind. In der geschlossenen Ortslage (§ 5 Abs. 4) gehören zum zusammenhängenden Verkehrsnetz die zur Aufnahme des weiträumigen Verkehrs notwendigen Straßen.

(2) Sie gliedern sich in

1. Bundesautobahnen,

2. Bundesstraßen mit den Ortsdurchfahrten (§ 5 Abs. 4).

(3) Bundesautobahnen sind Bundesfernstraßen, die nur für den Schnellverkehr mit Kraftfahrzeugen bestimmt und so angelegt sind, dass sie frei von höhengleichen Kreuzungen und für Zu- und Abfahrt mit besonderen Anschlussstellen ausgestattet sind. Sie sollen getrennte Fahrbahnen für den Richtungsverkehr haben.“ (BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ 2013).

Das BISStra liefert Daten und Informationen zu Bundesfernstraßen, über Brücken und Tunnel, deren Alter und Zustand, die Belastung der Straßen und Bauwerke durch den Verkehr oder die Zahl der Verletzten und Getöteten im Bereich der Bundesfernstraßen.

Um all diese Daten für die Planung und Forschung nutzen zu können, wurde das 'Bundesinformationssystem Straße' entwickelt und bei der BAST installiert. BISStra basiert auf der Softwarelösung Smallworld GIS und einer angebundenen Oracle Datenbank. In der Datenbank werden auf einem eigenen Server die eigentlichen Fachdaten vorgehalten, darüber hinaus gibt es einen GIS-Server, der vor allem die Rasterdaten in einer proprietären Datenbank vorhält. BISStra besteht aus einem Kernsystem und verschiedenen Fachsystemen und beinhaltet nicht nur die aktuell gültigen Informationen über Bundesfernstraßen, sondern auch die inzwischen historisch gewordenen Zustände. Das Datenvolumen beläuft sich auf ca. 80 GB Sachdatenvolumen (GIS CONSULT 2009). In jedem Fachsystem ist eine bestimmte Thematik aus dem Bereich Verkehr abgebildet. Im Kernsystem werden die Straßennetzdaten der Bundesfernstraßen gespeichert. Mithilfe des Kernsystems und der Fachschale Kartographie können die Geometrie der Bundesautobahnen auf Rasterhintergrundkarten geographisch dargestellt werden, wobei die Fachschale Kartographie als reines Visualisierungswerkzeug dient.

Über eine Exportschnittstelle wurde die Objektgruppe 'Bauwerke' aus dem Fachsystem extrahiert und im Geodatenformat shp des Softwareunternehmens ESRI bereitgestellt. ESRI (Environmental Systems Research Institute) ist eine amerikanische Firma, die die Software ArcGIS entwickelt hat, mit der die Geodatenanalysen dieser Masterarbeit durchgeführt wurden.

Tabelle 1 Datentabelle BISStra

Datensatz	BISStra
Datenart	ArcGIS shp- Datei - Punktobjekte
Name	BW_point.shp
Bezugssystem / ArcGIS Nomenklatur	Projection: Transverse_Mercator Datum: D_WGS_1984
Basis-Info / Attribute / Beschreibungen	Auszug aus dem Bundesinformationssystem Straße - BISStra. Attribute: Bauwerksnummer Gesamtlänge [m] Breite [m] Gesamtbreite [m] Lichte Höhe [m], lichte Weite bei Einfeldbrücken [m] Bemerkung Bearbeitungsdatum ...
Aktualität	Stand: 2009
Quelle	Bundesanstalt für Straßenwesen
Bereitstellung	Bundesanstalt für Straßenwesen
Bereitstellungsart	Datenträger

Anmerkung: Aus sicherheitsrelevanten Gründen können nicht alle Attribute des Datensatzes aufgeführt werden. Daher werden im Rahmen dieser Arbeit nur die Attributwerte des BISStra Datensatzes benannt, die für diese Arbeit notwendig waren.

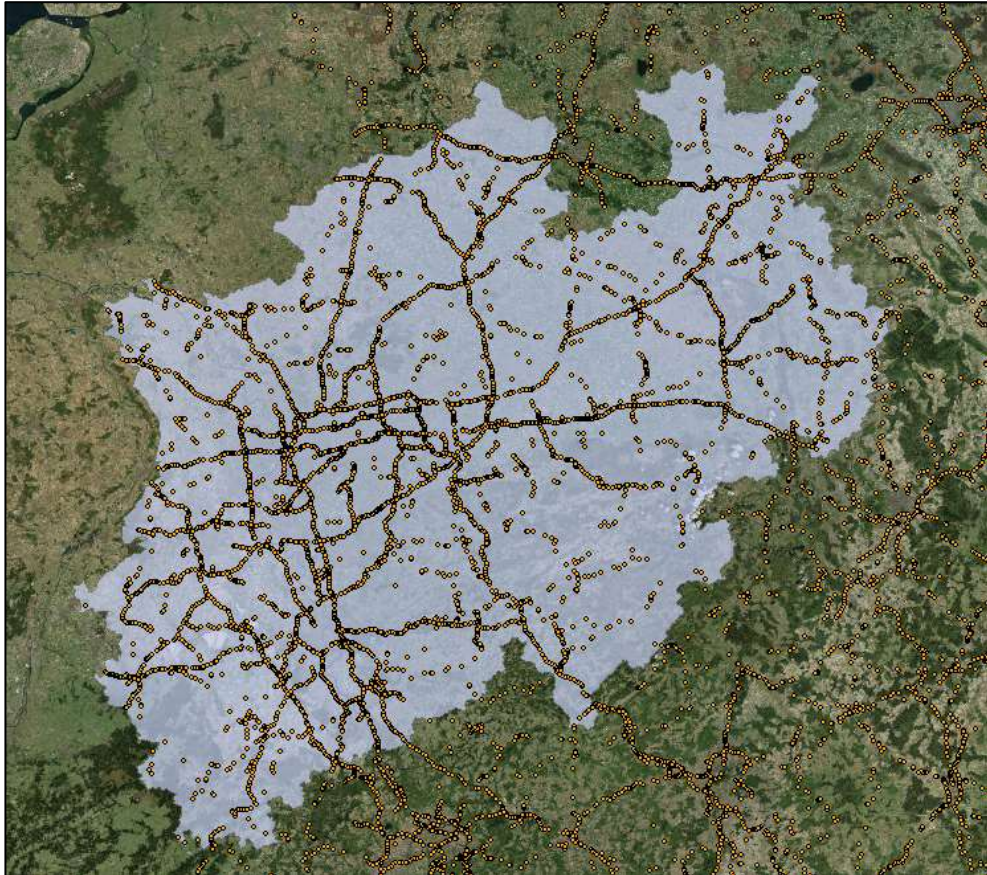


Abbildung 3 Datenbestand aus BISStra im Bereich NRW

2.1.2 Wildschutzzäune

Neben den Straßendaten liegen der BAST Datensätze 'Wildschutzzäune' und 'Lärmschutzeinrichtungen' vor. Amtlich verwaltet wird dieser Datenbestand durch den Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW). Straßen.NRW ist Teil der Landesverwaltung und als Straßenbauverwaltung verantwortlich für die Planung, den Bau und den Betrieb des Straßennetzes in Nordrhein-Westfalen. Über die Art der Aufnahme und Validierung der Daten ist nichts bekannt. Die räumliche Ausdehnung des Datensatzes bezieht sich auf den Betriebsbereich des Landesbetriebes Straßen.NRW, d. h., es sind nur Daten von Strecken abgebildet, die durch Straßen.NRW betreut werden.

Tabelle 2 Datentabelle Wildschutzzäune

Datensatz	Wildschutzzäune NRW
Datenart	ArcGIS shp-Datei - Linienobjekte
Name	Wildschutz_NRW.shp
Bezugssystem / ArcGIS Nomenklatur	ETRS_1989_UTM_Zone_32N Projection: Transverse_Mercator GCS_ETRS_1989 Datum: D_ETRS_1989
Basis-Info / Attribute / Beschreibungen	Attribute: vStat nStat Seite Art Grasfläche Gehölzfläc Tore_Türen echte_Länge Bemerkungen Anmerkung: ArcGIS lässt nur max. 10stellige Attributnamen zu.
Aktualität	Stand: 2012
Quelle	Straßen.NRW
Bereitstellung	Bundesanstalt für Straßenwesen
Bereitstellungsart	Datenträger

Weitere Erläuterungen zu den Attributen und / oder dem Zustandekommen der Attributwerte stehen nicht zur Verfügung.

2.1.3 Lärmschutzeinrichtungen

Auch der Datensatz der Lärmschutzeinrichtungen stammt vom Landesbetrieb Straßen.NRW und liegt der BAST vor. Qualitativ hochwertiger sind die Informationen über Attribute und Attributwerte, die dokumentiert dem Datensatz beiliegen. Diese sind in der Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3 Datentabelle Lärmschutzeinrichtungen

Datensatz	Lärmschutzeinrichtungen NRW
Datenart	ArcGIS shp-Datei - Linienobjekte
Name	LSE_NRW.shp
Bezugssystem / ArcGIS Nomenklatur	ETRS_1989_UTM_Zone_32N Projection: Transverse_Mercator GCS_ETRS_1989 Datum: D_ETRS_1989
Basis-Info / Attribute / Beschreibungen	<p>Attribute:</p> <p>LINIENNR - frei definierbare Liniennummer der Lärmschutzeinrichtung. Nummer, die innerhalb des Straßenabschnitts eindeutig ist.</p> <p>STR_KLASSE - Straßenklasse</p> <p>STR_BEZ_ku - Straßenbezeichnung kurz, z. B. A 3</p> <p>Stuetz_ANF - Stützpunktnummer Anfang</p> <p>Stuetz_END - Stützpunktnummer Ende</p> <p>Lage_R_L_M - Position der Einrichtung: R= in Stationierungsrichtung, L= gegen Stationierungsrichtung, M= in Straßenmitte</p> <p>Art_LS - Art der Einrichtung: 1= Wand, 2= Wall, 3= Wall/Wand, 4= Gabione, 5= Wall/Gabione 6= vermutlicher Sichtschutz (z. B. auf Brücken), 7= Wand gekröpft 9= Sonstige</p> <p>MATERIALBE - Angabe nur bei Wand, Wall/Wand, vermutlicher Sichtschutz und Wand gekröpft: 1= Glas, 2= sonstige</p> <p>LAENGE - Angabe in Kilometer mit 3 Nachkommastellen</p> <p>Gebietsnum - eindeutige Gebietsnummer verweist auf den Originaldatensatz: NW= Nordrhein-Westfalen</p> <p>TYP - Typ der Lärmschutzeinrichtung (Klartext)</p> <p>Quelle - verweist auf die zuständigen Behörden und gibt einen Hinweis auf fehlende Lärmschutzeinrichtungen: Straße NW</p> <p>Aktualisie - letztes Aktualisierungsdatum</p> <p>BAUSTOFFKL - Material (Klartext)</p> <p>Hoehe_Einr - Relative Höhe über Gelände (aus Höhe_NN und den Fahrbahnhöhen berechnet)</p> <p>Hoehe_NN - Höhe Oberkante über NHN (aus Stützpunkten der LSE berechnet)</p> <p>Anmerkung: ArcGIS lässt nur max. 10stellige Attributnamen zu.</p>
Aktualität	Stand: 2012
Quelle	Straßen.NRW
Bereitstellung	Bundesanstalt für Straßenwesen
Bereitstellungsart	Datenträger

2.1.4 Lebensraumnetzwerke

Nicht bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vorliegend ist der Datensatz 'Lebensraumnetzwerke'. Er stammt vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) und wurde auf Anfrage für diese Masterarbeit zur Verfügung gestellt. Die Idee für die Anfrage entstand, weil auf der Internetseite des BfN neben den aus diesem Datensatz generierten pdf- Karten, die als Download angeboten werden, auch die Möglichkeit aufgezeigt wurde, die originären Vektordaten auf Anfrage zur Verfügung gestellt zu bekommen.

Laut der im Internet veröffentlichten Selbstbeschreibung der Behörde (BFN.DE 2013) ist das Bundesamt für Naturschutz eine wissenschaftliche Behörde des Bundes. Sie zeigt sich verantwortlich für den nationalen und internationalen Naturschutz und ist in ihrer Zuständigkeit dem Geschäftsbereich des Bundesumweltministeriums zugeordnet. Hauptaufgaben sind neben einer beratenden Tätigkeit für das Bundesumweltministerium in Fragen der Landschaftspflege und des Naturschutzes auch Aufgaben im internationalen Rahmen wie zum Beispiel beim Artenschutz, dem Meeresnaturschutz oder dem Antarktis-Abkommen.

Der Datensatz entstammt aus Biotopkartierungen der Länder. Hier ist zu bedenken, dass die Qualität der abgeleiteten Aussagen von der Qualität der Datengrundlagen bestimmt ist und im Wesentlichen von der Qualität und Aktualität der Erfassungsgrundlage abhängt. Über die Qualität der Erfassungsgrundlage und somit der Qualität der Daten ist jedoch im Datensatz 'Lebensraumnetzwerke' keine Aussage zu finden.

Tabelle 4 Datentabelle Lebensraumnetzwerke

Datensatz	Lebensraumnetzwerke
Datenart	ArcGIS shp-Dateien
Namen	FEU_FR_100.shp FEU_FR_500.shp GS_Korridore.shp GS_Korridore_Ergänz_Rothirsch.shp GS_Räume_gr_50_qkm.shp TRO_FR_250.shp TRO_FR_1500.shp WA_FR_100.shp WA_FR_500.shp
Bezugssystem / ArcGIS Nomenklatur	Germany_Zone_3 Projektion: Transverse_Mercator GCS_Deutsches_Hauptdreiecksnetz Datum: D_Deutsches_Hauptdreiecksnetz
Basis-Info / Attribute / Beschreibungen	Für alle shp Dateien gelten dieselben Klasseneinteilungen (Attribut BClass): Klasse 1 - niedrigste Bedeutung Klasse 2 Klasse 3 Klasse 4 Klasse 5 - höchste Bedeutung <u>Trockenlebensräume (TRO)</u> TRO_FR_250.shp: Funktionsräume auf Basis der Distanzklassen bis 250 m TRO_FR_1500.shp: Funktionsräume auf Basis der Distanzklasse bis 1500 m <u>Feuchtlebensräume (FEU)</u> FEU_FR_100.shp: Funktionsräume auf Basis der Distanzklassen bis 100 m FEU_FR_500.shp: Funktionsräume auf Basis der Distanzklasse bis 500 m <u>naturschutzfachlich besonders wertvolle Waldlebensräume (WA)</u> WA_FR_100.shp: Funktionsräume auf Basis der Distanzklassen bis 100 m WA_FR_500.shp: Funktionsräume auf Basis der Distanzklasse bis 500 m <u>Wald bewohnende größere Säugetiere (GS)</u> GS_Räume_gr_50_qkm.shp: (national) bedeutsame Funktionsräume ab einer Größe von 50 km ² <u>Korridore</u> GS_Korridore.shp: Korridorsystem zum Verbund o. g. Räume ab 100 km ² Größe GS_Korridore_Ergänz_Rothirsch.shp: Ergänzungsdatensatz Rothirsch
Aktualität	Stand: 2010
Quelle	Bundesamt für Naturschutz
Bereitstellung	Bundesamt für Naturschutz
Bereitstellungsart	Datenträger DVD

Beispielhaft sei die Karte 'Netzwerk der Trockenlebensräume' unmaßstäblich abgebildet (Abbildung 4), in der die Daten der Funktionsräume der Trockenlebensräume dargestellt sind.

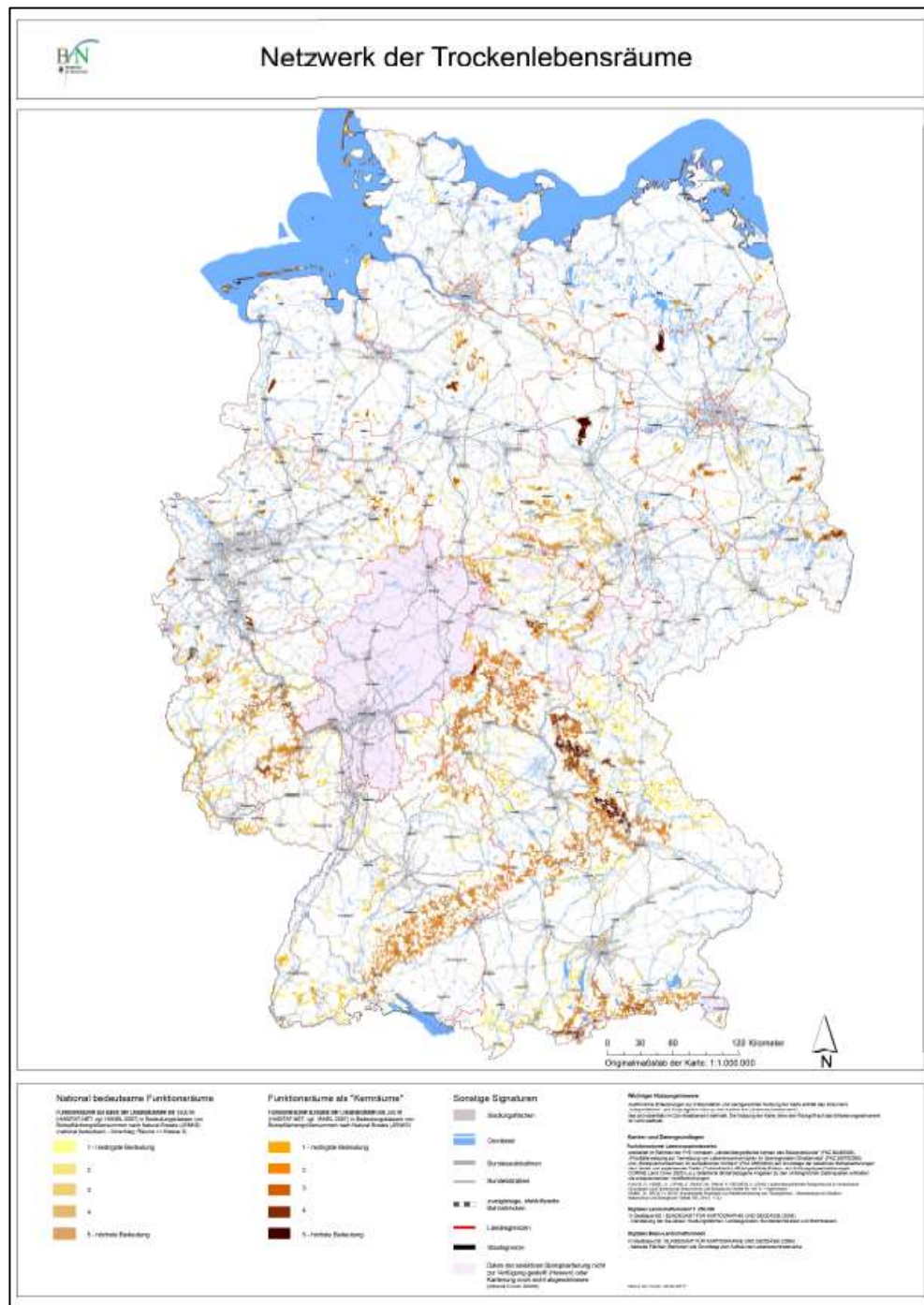


Abbildung 4 Darstellung der Daten Trockenlebensräume (Quelle: BfN 2010)

Die Karte der Abbildung 4 kann als pdf über die Internetseite des Bundesamtes für Naturschutz gedownloadet werden (BfN.DE 2013).

2.1.5 CORINE Land Cover

Der Datensatz CORINE Land Cover (CLC) wird von der europäischen Umweltagentur (EUA) bereitgestellt. Die EUA ist eine Einrichtung der Europäischen Union und hat ihren Sitz in Kopenhagen. Die aus 32 Mitgliedsländern bestehende Agentur sieht ihre Aufgaben in der Sammlung und Bereitstellung von unabhängigen Informationen im Bereich Umwelt.

CORINE steht für 'Coordination of information on the environment' und die CLC Daten sind Teil dieses Programms. Die Daten können als Vektordatensatz kostenlos bezogen werden. Das CORINE Programm wurde 1985 von der europäischen Union mit dem Ziel initiiert, europaweit vereinheitlichte Daten zu umweltrelevanten Fragestellungen zu generieren. Die Daten zur Landbedeckung wurden auf der Grundlage von Satellitenbilddaten erfasst. Eine Erstaufnahme erfolgte im Jahr 1990 (CLC1990), ein erstes Update im Jahr 2000 (CLC2000). Die hier genutzten Daten stammen aus der letzten Erfassung aus dem Jahr 2006. Grundlage waren Satellitendaten der Systeme SPOT-4 und SPOT-5 (60 km Streifenbreite, 20 m Bodenpixelgröße; VIS, NIR und SWIR Kanal) sowie des indischen Satellitensystems IRS P6 (141 km Streifenbreite, 23 m Bodenpixelgröße; VIS, NIR und SWIR Kanal). Die geometrische Genauigkeit liegt bei besser als 100 m und die thematische Genauigkeit der Landbedeckungsklassifizierung bei mehr als 85 % (BÜTTNER 2012). Für die Untersuchungen im Rahmen dieser Masterarbeit wurden Vektordaten im ESRI shp-Format gedownloadet.

Der Datensatz ist nach BÜTTNER (2012) in folgende Nutzungsklassen eingeteilt:

Tabelle 5 CORINE Landbedeckungsklasseneinteilung

Level 1	Level 2	Level 3
artificial surface	1.1. Urban fabric 1.2. Industrial, commercial and transport units 1.3. Mine, dump and construction sites 1.4. Artificial, non-agricultural vegetated areas	1.1.1. Continuous urban fabric 1.1.2. Discontinuous urban fabric 1.2.1. Industrial or commercial units 1.2.2. Road and rail networks and associated land 1.2.3. Port areas 1.2.4. Airports 1.3.1. Mineral extraction sites 1.3.2. Dump sites 1.3.3. Construction sites 1.4.1. Green urban areas 1.4.2. Sport and leisure facilities
agricultural areas	2.1. Arable land 2.2. Permanent crops 2.3. Pastures 2.4. Heterogeneous agricultural areas	2.1.1. Non-irrigated arable land 2.1.2. Permanently irrigated land 2.1.3. Rice fields 2.2.1. Vineyards 2.2.2. Fruit trees and berry plantations 2.2.3. Olive groves 2.3.1. Pastures 2.4.1. Annual crops associated with permanent crops 2.4.2. Complex cultivation patterns 2.4.3. Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation 2.4.4. Agro-forestry areas
forest and semi natural areas	3.1. Forests 3.2. Scrub and/or herbaceous associations 3.3. Open spaces with little or no vegetation	3.1.1. Broad-leaved forest 3.1.2. Coniferous forest 3.1.3. Mixed forest 3.2.1. Natural grassland 3.2.2. Moors and heathland 3.2.3. Sclerophyllous vegetation 3.2.4. Transitional woodland-scrub 3.3.1. Beaches, dunes, sands 3.3.2. Bare rocks 3.3.3. Sparsely vegetated areas 3.3.4. Burnt areas 3.3.5. Glaciers and perpetual snow
wetlands	4.1. Inland wetlands 4.2. Marine wetlands	4.1.1. Inland marshes 4.1.2. Peat bogs 4.2.1. Salt marshes 4.2.2. Salines 4.2.3. Intertidal flats
water bodies	5.1. Inland waters 5.2. Marine waters	5.1.1. Water courses 5.1.2. Water bodies 5.2.1. Coastal lagoons 5.2.2. Estuaries 5.2.3. Sea and ocean

Das Datenblatt der CLC Daten für die Übersicht:

Tabelle 6 Datentabelle CORINE Land Cover

Datensatz	CORINE Land Cover
Datenart	ArcGIS Geodatabase
Name	clc2006_nrw.gdb
Bezugssystem / ArcGIS Nomenklatur	ETRS89 / ETRS-LAEA Projection: Lambert_Azimuthal_Equal_Area ETRS89 Datum: D_ETRS_1989
Basis-Info / Attribute / Beschreibungen	CORINE Land Cover 2006 aus SPOT4, 5 und IRS Satellitenbilddaten Insgesamt 44 europaweite einheitliche Nutzungsklassen. Keine Attributinformationen
Aktualität	Version/Stand: Version 16 (Stand: 04/2012)
Quelle	Europäische Umweltagentur
Bereitstellung	Europäische Umweltagentur
Bereitstellungsart	Datendownload via: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-2 (Zugriff: 10.03.2013)

Für Deutschland stellt sich die Landnutzungsklassifizierung wie in folgender Abbildung dar.

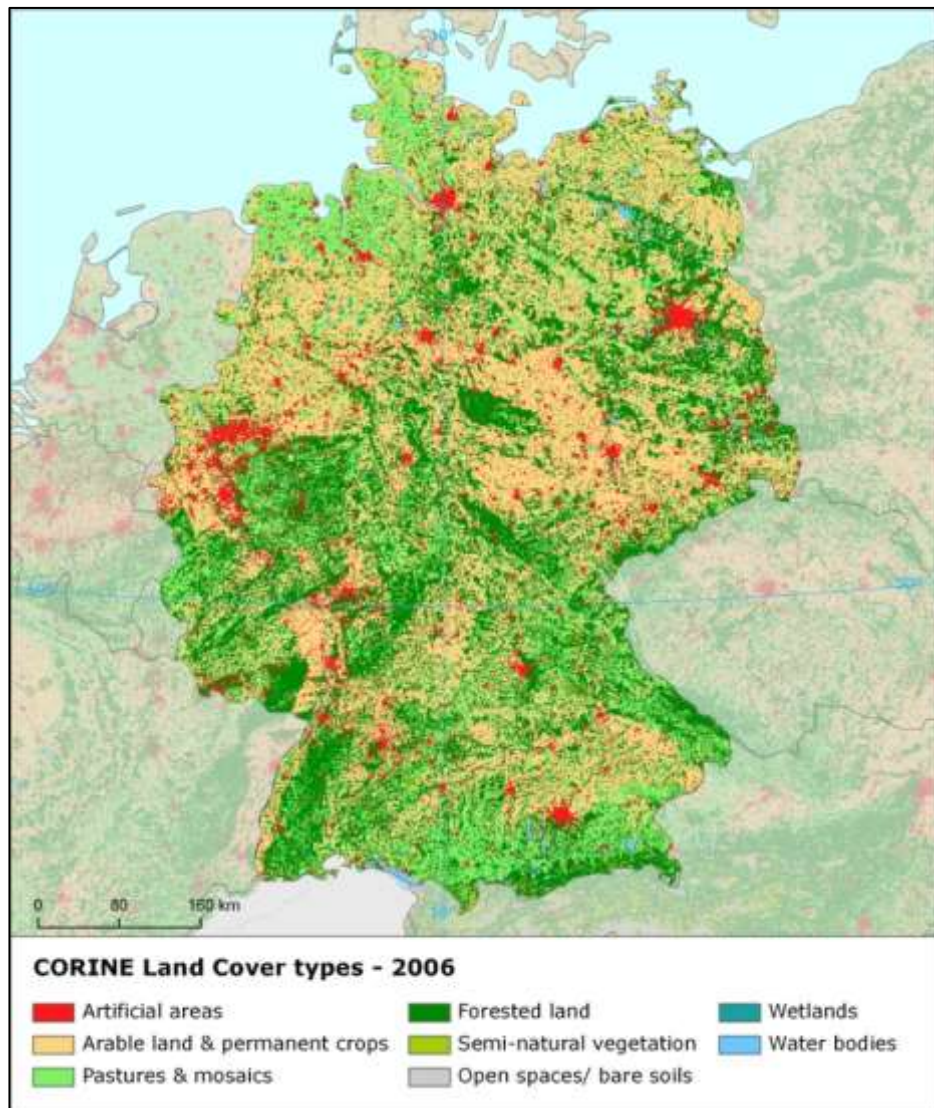


Abbildung 5 CORINE Land Cover Deutschland (Quelle: EUA 2013)

2.1.6 Unzerschnittene, verkehrsarme Räume

Als unzerschnittene, verkehrsarme Räume (UZVR) werden laut LANUV 2010 Flächen bezeichnet, die nicht durch kulturelle Elemente wie Straßen (mit mehr als 1000 Kfz / 24h), Schienenwege, schiffbare Kanäle, flächenhafte Bebauung oder Betriebsflächen mit besonderen Funktionen wie z. B. Verkehrsflugplätze zerschnitten werden. Für Nordrhein-Westfalen wurden die UZVR aus ATKIS Daten ermittelt, indem die Objektarten in die beiden Kategorien 'zerschneidend' und 'nicht zerschneidend' unterteilt wurden. Als zerschneidende Elemente wurden deklariert:

- Straßen ab einer Verkehrsdichte von 1000 Kfz in 24 Stunden
- ein- und zweigleisig befahrene Bahnstrecken
- Ortslagen (> 10 ha) und Flughäfen
- Flächen mit besonderer funktionaler Prägung wie z. B. Industrie- und Gewerbeanlagen außerhalb von Ortschaften (LANUV, 2010).

Der Datenbestand wird über die Webseite des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) publiziert und steht zum Download im shp-Format bereit. Das LANUV ist eine Landesoberbehörde des Bundeslandes Nordrhein-Westfalens, die dem Landesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz nachgeordnet ist.

Tabelle 7 Datentabelle UZVR

Datensatz	Unzerschnittene verkehrsarme Räume in NRW
Datenart	ArcGIS shp-Datei
Name	UZVR_NRW_Project.shp
Bezugssystem / ArcGIS Nomenklatur	ETRS_1989_UTM_Zone_32N Projection: Transverse_Mercator GCS_ETRS_1989 Datum: D_ETRS_1989
Basis-Info / Attribute / Beschreibungen	Einteilung in 6 Größenklassen: < 1qkm ² , 1 – 5 km ² , 5 – 10 km ² , 10 – 50 km ² , 50 – 100 km ² und > 100 km ² Attribute: Flächengröße Klassenzuweisung UZVR Kennung mit Objektbeschreibung
Aktualität	Stand: 2012
Quelle	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
Bereitstellung	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
Bereitstellungsart	Datendownload via: http://www.naturschutzinformationen-nrw.de/uzvr/de/downloads/downloadangebote (Zugriff: 10.03.2013)

Die Abbildung 7 gibt einen Eindruck über den Datenbestand.

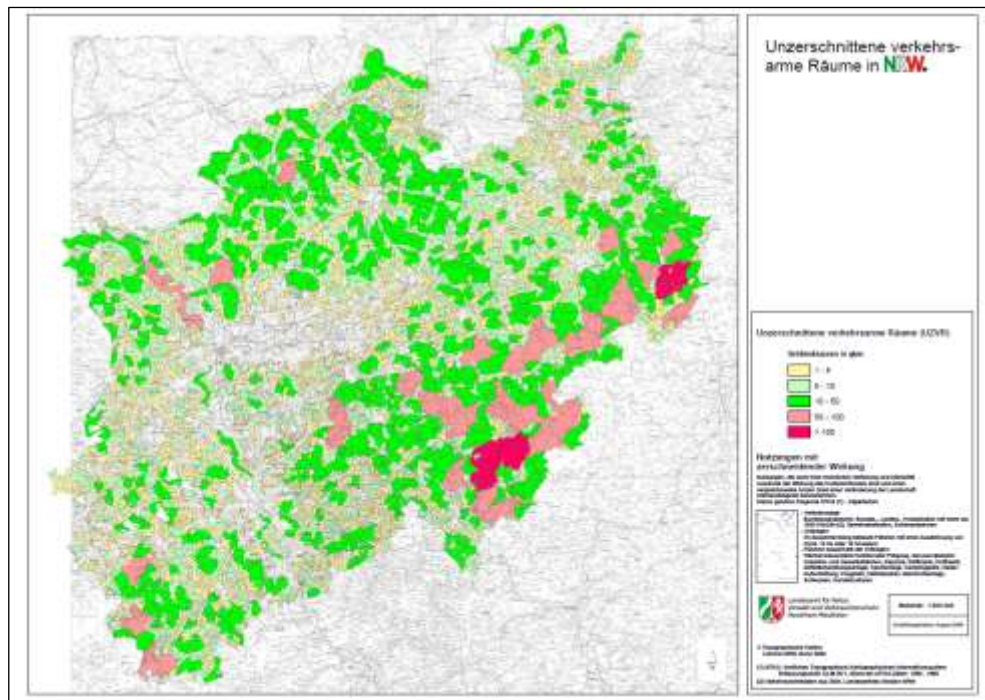


Abbildung 6 UZVR Nordrhein Westfalen (Quelle: LANUV 2010)

2.2 Referenzdaten

Als Referenzdaten werden die Datensätze bezeichnet, die zu reinen Visualisierungszwecken verwendet wurden oder die als Arbeitsgrundlage zur Kartierung von notwendigen Objekten benutzt wurden, die aus den Arbeitsdaten nicht ableitbar sind. Informationen über das Straßennetz aus Open Street Map und Rasterdaten aus Luft- und Satellitenbildern sind für die Analyse und Präsentation der Ergebnisse notwendig und wurden recherchiert. Es sollten nur Daten aus öffentlichen und frei zugänglichen Quellen betrachtet werden, um Kosten und anderen Verpflichtungen, wie Lizenz- und Nutzungsbedingungen, zu vermeiden.

2.2.1 Daten der amtlichen Landesverwaltungen

Das Bundesamt für Geodäsie und Kartografie (BKG) ist die oberste Behörde Deutschlands im Bereich Geoinformation. Daher wurde die Recherche hinsichtlich Referenzdatenmaterials auf den Internetseiten des BKG begonnen.

Die dort vertriebenen Daten (Orthophotos, ATKIS) und Dienste 'wms_dop40' (für digitale Orthophotos mit 40 cm Bodenaufösung) und 'wfs_bdlm' (ATKIS Basis-DLM) stehen einem nicht registrierten Anwender jedoch zur kostenfreien Nutzung nicht zur Verfügung und scheiden damit als Referenzmaterial aus.

Da aber die Landesregierungen der Bundesländer Geodaten in Eigenverantwortung herstellen und produzieren, besteht die Möglichkeit, Webdienste und -angebote der einzelnen Landesvermessungsämter oder gleichgestellter Behörden zu nutzen.

So bietet auch die Landesverwaltung NRW auf ihrem Geoserver (<http://www.geoserver.nrw.de/gbdatenIT.NRW.html>) Webdienste und Geodaten zur Nutzung an. Es handelt sich dabei um Geobasisdaten der Vermessungs- und Katasterverwaltung (VKV) NRW und digitale Orthophotos. Diese Dienste sind kostenfrei nutzbar.

2.2.2 Google Earth

Google Earth und Google Maps sind die vielleicht bekanntesten Anlaufstellen im Internet, wenn es um Karten bzw. Satelliten- und Luftbilddarstellungen räumlicher Gebiete weltweit geht. Google Maps war der erste Kartendienst, der im Internet das Arbeiten mit 'Geoinformationen für Jedermann' leicht und eingängig präsentierte. 2005 wurde er von der Google Inc. publiziert. Er ermöglicht dem Nutzer, Orte und andere Objekte online zu suchen und sich deren Position auf einer Karte oder auf Bilddaten anzeigen zu lassen. Das zugrundeliegende Karten- und Datenmaterial variiert dabei von Land zu Land, ein flächendeckender Grunddatenbestand ist aber verfügbar. So werden weltweit LANDSAT Bilddaten angeboten; hochaufgelöste Satellitenbilddaten sind für fast alle Metropolen verfügbar. Die Kartendaten werden bei externen Dienstleistern eingekauft. Seit 2011 verwendet Google für die Luftbild- und Kartendarstellung Daten des Bundesamtes für Kartografie und Geodäsie (BKG).

Während Google Maps eine browserbasierte Internetanwendung ist, ist Google Earth eine auf dem Desktop PC zu installierende Software. Google Earth beinhaltet einen zu Google Maps nahezu identischen Datensatz, in einigen Regionen bietet sie höher aufgelöste Daten, niemals jedoch niedriger aufgelöste. Über die Aktualität des Bildmaterials sagt die Google Hilfe:

„Google Earth erwirbt das beste Bildmaterial, das erhältlich ist. Das Durchschnittsalter liegt bei einem bis drei Jahren. Die Informationen in Google Earth werden nach und nach gesammelt und sind keine Echtzeitdaten. So können Sie beispielsweise keine Live-Veränderungen auf den Bildern erkennen.“ (GOOGLE 2013a)

Ferner erweitert Google Earth die Google Maps Ansicht um die dritte Dimension. Aus dem Weltall heraus fliegt der Nutzer auf die Erdoberfläche zu und navigiert sich zu dem ausgewählten Ort oder Objekt.

„Mit Google Earth können Sie die Erde auf einem virtuellen Globus bereisen und sich Satellitenbilder, Karten, Geländefotos, 3D-Gebäude und vieles mehr ansehen.“

Google Earth bietet Ihnen mit seinem umfangreichen geografischen Content ein realistisches Bild der Erde.“ (GOOGLE 2013b)

Eine reine Kartendarstellung wie bei Google Maps ist mit Google Earth nicht möglich.

2.2.3 Microsoft Bing Maps

Microsoft startete den Internet Kartendienst Bing Maps im Jahr 2009. Um als qualitativ gleichwertiger Konkurrent zu Google Maps / Google Earth aufzutreten, führte der ursprüngliche reine Softwarehersteller seine früheren Produkte Live Search Map, Windows Live Map und Microsoft Virtual Earth in diesem neuen Dienst integrierend zusammen. Nachdem Google in den letzten Wochen auch Schrägluftbilder in sein Portfolio aufnahm, unterscheiden sich beide Dienste nicht mehr wesentlich voneinander. Zuvor war die sogenannte ‘birds-eye-view’ der hohe Mehrwert der Microsoft Bing Maps Aerial. In dieser Ansicht ist es einfacher als in der Draufsicht, Objekte zu identifizieren. Die Microsoft Bing Maps liefern nicht nur Luft- und Satellitenbilder, sondern bieten auch einen Kartenlayer (Microsoft Bing Maps Road). Ein Vorteil bei der Nutzung von Microsoft Bing Maps ist die direkte Einbindung in die ESRI ArcGIS Software über den ESRI eigenen Web Map Service (WMS) ‘Basemap’.

Ein Web Map Service ist nach BEHNKE (2007, zit. n. Teresstris & CCGIS 2004, S.27 und Erstling & Simonis 2005, S.110) wie folgt zu umschreiben:

„Unter OGC (open geospatial consortium) konformen WMS (Web Map Service) versteht man einen Standard, “der sowohl die Syntax der Anfragen nach einem Kartenbild, als auch Format und Eigenschaften des Ergebnisses dieser Anfrage regelt. Von einem WMS (Dienst) werden nicht Geometriedaten angefordert, sondern deren visuelle Präsentation als Raster-Bild.“ oder wie ERSTLING und SIMONIS schreiben: “Web Map Services, die den Spezifikationen des OGC genügen, müssen eine Schnittstelle implementieren, die sowohl das Format der Anfrageoperationen (requests) wie auch die entsprechenden Antwortformen (responses) standardisiert.”“

Und nach BEHNKE (2007, zit. n. Tscherkasski 2006, S.5):

„Anhand dieses Dienstes werden also Geodaten zu einem Rasterbild gerendert und als Response an die standardisierte Abfrage (den Klienten) zurückgegeben. Die tatsächliche Art der Datenhaltung oder der Datenform (Raster oder Vektor) spielen dabei keine Rolle. Denn durch die WMS-Spezifikation von OGC wird lediglich eine system- und herstellerunabhängige Abfragemethode geschaffen, die von jedem GIS-System, welches den besagten OGC-Dienst unterstützt, eine Karte als Rasterbild anfordern kann.“

Den Nutzen von WMS Diensten beschreibt er wie folgt:

„Auch im Jahre 2007 ist es nach wie vor ein großes Problem ‘mal eben’ Geodaten für die eigene Anwendung zu erhalten, an der Einschätzung von FISCHER hat sich leider nichts geändert: ‘Die wenigsten Besitzer von Geodaten rücken diese umsonst, oder überhaupt heraus.’ Wenn Geodatenanbieter Daten jedoch als WMS bereitstellen, dann können auch andere Nutzer darauf zugreifen, die Existenz des OGC konformen WMS-Standards trägt dann also zur Bereitstellung von Geodaten bei.“ BEHNKE (2007, zit. n. Fischer 2003, S.95).

Dieses gilt auch für das Jahr 2013, in dem die Recherchearbeiten zu dieser Masterarbeit erfolgt sind.

2.2.4 Open Street Map

Open Street Map (osm) ist ein Projekt zum Aufbau eines weltweiten, frei verwendbaren Geodatenbestandes. Die Daten werden von freiwilligen Nutzern erfasst oder sie werden dem Projekt von anderen Quellen zur Verfügung gestellt und in den globalen Datenbestand eingepflegt. Das Straßennetz in Nordrhein Westfalen wird beispielsweise vom Landesbetrieb Straßen.NRW dem Projekt zur Verfügung gestellt (insgesamt Daten über 20000 km Auto-bahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen). Neben dem Zugriff auf den Onlinedatenbestand über die Open Street Map Webseite stellen einige Anbieter aufbereitete Datensätze zum Download zur Verfügung.

Diese Auszüge aus dem sogenannten ‘planet-file’, einem Schnappschuss der Open Street Map Datenbank, werden in unterschiedlichen Variationen angeboten. Der hier genutzte Datensatz ist ein OpenStreetMap Datenauszug im ESRI shp Dateiformat.

Tabelle 8 Datentabelle Open Street Map

Datensatz	Open Street Map Auszug
Datenart	ArcGIS shp-Dateien
Name	buildings.shp landuse.shp natural.shp places.shp points.shp railways.shp roads.shp waterways.shp
Bezugssystem / ArcGIS Nomenklatur	GCS_WGS_1984 Datum: D_WGS_1984
Basis-Info / Attribute / Beschreibungen	Die Datenauswahl beschränkt sich auf eine einfache Standard-Auswahl der osm Layer Straßen- und Schienennetz, Landnutzungsflächen, Siedlungs- und Wasserflächen sowie einige Points of Interest. Attribute: alle Objektdateien: -name -type zusätzlich bei folgenden Objekten: places.shp: -population points.shp: -timestamp waterways.shp: -width roads.shp: -ref -bridge -tunnel -maxpeed -oneway
Aktualität	Stand: 26.12.2012
Quelle	Geofabrik.de
Bereitstellung	Geofabrik.de
Bereitstellungsart	Datendownload via: http://download.geofabrik.de/ (Zugriff: 07.01.2013)

Aus diesem Datensatz wurde der Straßenlayer 'roads.shp' extrahiert und in den Auswertungen dieser Masterarbeit verwendet.

3 Definition und Präsentation der Untersuchungsräume

Bei dieser Masterarbeit handelt es sich nicht um eine theoretische Datenuntersuchung und die Entwicklung eines GIS, welches isoliert zu betrachten wäre. Vielmehr wird die Untersuchung anhand von Gegebenheiten und Besonderheiten eines räumlichen Gebietes vollzogen und somit ein Praxisbezug hergestellt. In diesem Kapitel wird beschrieben, wie Lage und Abgrenzung und damit die Auswahl der zu untersuchenden Straßenabschnitte vorgenommen wurde. Die Zielvorgabe ist die Bestimmung zweier Untersuchungsräume, in denen die Analysen der BAST Daten durchgeführt werden können.

Nordrhein-Westfalen ist eines der straßenreichsten Gebiete Deutschlands und bietet somit einen hohen Grad an Einschnitten für die Natur. Aus diesem Grund wird die erste grobe Gebietseingrenzung der Untersuchungsräume auf dieses Bundesland vorgenommen.



Abbildung 7 Nordrhein-Westfalen – Visualisiert unter Google Earth

Nordrhein-Westfalen (NRW) ist eines von 16 Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland. Es grenzt im Westen an die Niederlande und Belgien, im Norden und Nordosten an das Bundesland Niedersachsen und im Süden an die Bundesländer Hessen und Rheinland-Pfalz. Nordrhein-Westfalen ist das bevölkerungsreichste Bundesland mit einer Gesamteinwohnerzahl von

17.8 Millionen Bürgern auf einer Fläche von 34092,25 km². Dies entspricht 523 Einwohner pro km² (Stand 31.12.2011).

22,6 % der Landesfläche sind Siedlungs- und Verkehrsflächen, knapp die Hälfte (49,0 %) Landwirtschaftsfläche und 25,7 % umfasst die Waldfläche (Stand: 31.12.2012). Die Verkehrsfläche beträgt 2 402,904 km², wovon 2 083,974 km² als Straße, Weg oder Platz klassifiziert sind (Stichtag: 31.12.2010). Als Straße werden dabei die Flächen definiert, die nach allgemeiner Auffassung als Straße zu bezeichnen sind (STATISTIKPORTAL 2013).

Nordrhein-Westfalen besitzt damit eines der dichtesten Straßennetze der Bundesrepublik. Mit knapp 30000 Straßenkilometern des überörtlichen Verkehrs und 2200 Autobahnkilometern liegt es an der Spitze der Bundesländer, was die Straßenkilometer angeht (STATISTIKPORTAL 2013).

Tabelle 9 Verkehr - Straßen des überörtlichen Verkehrs (Stand: 01.01.2012)

Bundesland	Straßen des überörtlichen Verkehrs	darunter Bundesautobahnen
	Angabe in km	
Baden-Württemberg	27.392	1.046
Bayern	41.883	2.509
Berlin	246	77
Brandenburg	12.339	795
Bremen	116	75
Hamburg	204	81
Hessen	16.126	972
Mecklenburg-Vorpommern	10.004	554
Niedersachsen	28.271	1.433
Nordrhein-Westfalen	29.582	2.207
Rheinland-Pfalz	18.413	875
Saarland	2.044	240
Sachsen	13.458	543
Sachsen-Anhalt	10.984	407
Schleswig-Holstein	9.891	533
Thüringen	9.749	498
Deutschland	230.702	12.845

Unter 'Straßen des überörtlichen Verkehrs' werden Autobahnen, Bundes-, Landes- (Staats-) und Kreisstraßen - jeweils ohne Astlängen - zusammengefasst. Nicht zu den Straßen des überörtlichen Verkehrs gehören die Gemeindestraßen.

Bundesautobahnen (BAB) sind definiert als Bundesfernstraßen,

„die nur für den Schnellverkehr mit Kraftfahrzeugen bestimmt und so angelegt sind, dass sie frei von höhengleichen Kreuzungen und für Zu- und Abfahrt mit besonderen

Anschlussstellen ausgestattet sind. Sie verfügen über getrennte Fahrbahnen für den Richtungsverkehr“ (DESTATIS.DE 2013).

3.1 Präsentation der in die Vorauswahl kommenden Autobahnabschnitte

Da im Folgenden Bundesautobahnabschnitte betrachtet werden sollen, konzentriert sich die Untersuchungsraumanalyse auf das Bundesfernstraßennetz. Aus den ca. 2200 Autobahnkilometern NRWs werden vier Gebiete in den näheren Betrachtungsfokus gelegt. Als mögliche Untersuchungsräume wurden vorab Autobahnabschnitte der Bundesautobahn 1, der BAB 4, der BAB 46 und der BAB 61 selektiert. Diese vier Autobahnabschnitte wurden anhand einer groben Eignungsprüfung festgelegt. Die Merkmale waren:

- in erreichbarer Nähe von Köln (Standort der Bundesanstalt für Straßenwesen),
- auswertbare Datensätze sind vorliegend,
- nicht durch städtisches Gebiet führend,
- möglichst durch Trockenlebensräume führend,
- möglichst Großsäugerkorridore kreuzend.

3.1.1 Die Bundesautobahn 1

Die BAB 1 hat eine Länge von insgesamt 732 km. Sie führt von Heiligenhafen an der Ostsee bis nach Saarbrücken. Im Gebiet der Eifel ist sie unterbrochen, zwischen den Anschlussstellen Blankenheim (Nordrhein-Westfalen) und Kehlberg (Rheinland Pfalz) besteht eine Autobahnlücke.

Das vorausgewählte Untersuchungsgebiet beginnt an der Anschlussstelle Blankenheim und endet am Kreuz Bliesheim (südlich von Köln).

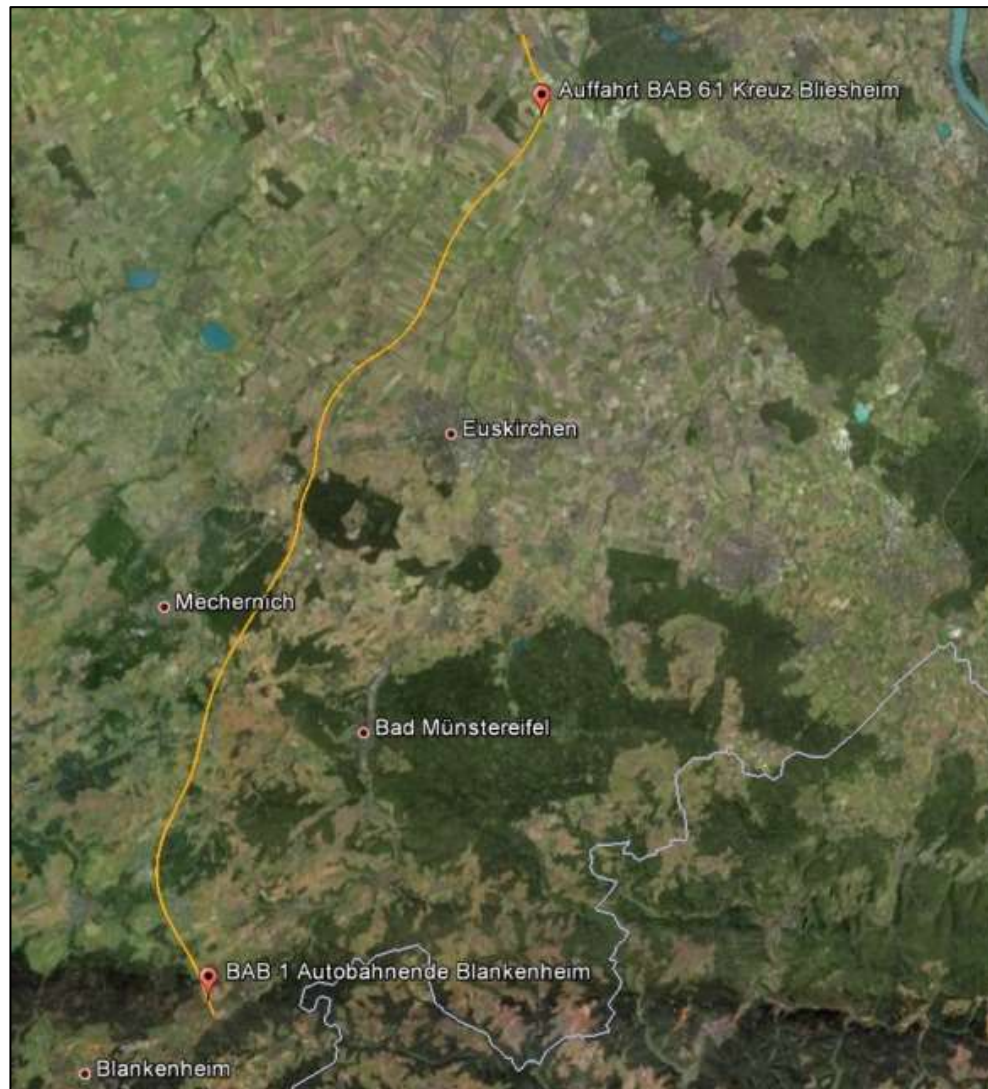


Abbildung 8 BAB 1 - Visualisiert mit Open Street Map Daten in Google Earth

3.1.2 Die Bundesautobahn 4

Die BAB 4 verläuft in ihrem westlichen Abschnitt von der niederländischen Grenze bei Aachen bis nach Kreuztal-Krombach im Sauerland. Dieses Teilstück ist rund 150 km lang. Der östliche Teil der BAB4 beginnt am Kirchheimer Dreieck und endet in Görlitz. Er besitzt eine Streckenlänge von 332 km.

Als mögliches Untersuchungsgebiet wurde aus dem östlichen Teilstück der Bundesautobahn 4 der Bereich zwischen dem Autobahnkreuz Köln-Ost und dem Autobahnkreuz Olpe-Süd ausgewählt.



Abbildung 9 BAB 4 - Visualisiert mit Open Street Map Daten in Google Earth

3.1.3 Die Bundesautobahn 46

Die Bundesautobahn 46 führt von der niederländischen Grenze bis in das Sauerland. Sie ist nicht durchgängig ausgebaut und an drei Stellen unterbrochen. Das mögliche Untersuchungsgebiet liegt im westlichen Teilstück Heinsberg- Neuss-West vom Autobahnbeginn bei Heinsberg bis zur Autobahnanschlussstelle Grevenbroich.



Abbildung 10 BAB 46 - Visualisiert mit Open Street Map Daten in Google Earth

3.1.4 Die Bundesautobahn 61

Die BAB 61 hat eine Gesamtlänge von 331 km. Sie führt von der niederländischen Grenze bei Venlo bis zum Autobahndreieck Hockenheim. Sie stellt die Verbindung der Niederlande und Belgien zum süddeutschen Autobahnnetz her. Der ausgewählte Teilbereich der A 61 führt vom Autobahndreieck Jackerath (südlich von Mönchengladbach) bis zum Autobahndreieck Erfttal (südlich von Köln).



Abbildung 11 BAB 61 - Visualisiert mit Open Street Map Daten in Google Earth

3.2 Eingrenzung der Untersuchungsräume anhand von Matrixelementen

Alle vier vorausgewählten Teilstücke liegen im näheren Umkreis der Stadt Köln und verlaufen durch wenig bebautes Gebiet. Zwei Bedingungen werden somit erfüllt. Um aus den vier Gebieten die zwei Untersuchungsräume festzulegen, die in die Analysen einfließen sollen, müssen die Straßenabschnitte weiter betrachtet werden. Über die weitere Untersuchung der Punkte

- Streckenlänge
- angrenzenden Objektklassen (Naturräume, ...)
- Datenverfügbarkeit

sollen die Untersuchungsräume ermittelt werden. Dies geschieht über die visuelle Betrachtung der Gebiete hinsichtlich der Datenlage der in Kapitel 3 vorgestellten Arbeitsdaten. Die Visualisierungen der einzelnen Datensätze seien beispielhaft für den Abschnitt der BAB 46 aufgeführt. Für die weiteren Autobahnbereiche der BAB 1, BAB 61 und BAB 4 werden die Informationen nur in der finalen Auswertungsmatrix aufgeführt, die Auswertungen dieser Straßenabschnitte verliefen ähnlich.

Auf diese Weise wurde versucht, aus den zugrundeliegenden Informationen einen Repräsentationsgrad für den jeweiligen Straßenabschnitt zu ermitteln. Als Ergebnis werden dann die beiden Straßen, die am repräsentativsten erscheinen, als Untersuchungsräume in die weitere Bearbeitung eingehen. Die Ergebnisse sind dann in einer Auswertematrix zusammengefasst. Geprüft wurden die jeweiligen Streckenlängen und das Datenvorkommen der Arbeitsdaten.

3.2.1 Matricelement Streckenlänge

Zur Ermittlung der Streckenlänge wurde in den Sachdaten des Open Street Map Datensatzes das Attribut 'Länge' ergänzt. Das originäre osm Straßennetzwerk besteht aus vielen kleinen Polylinien, die Fahrspuren sind separat erfasst.

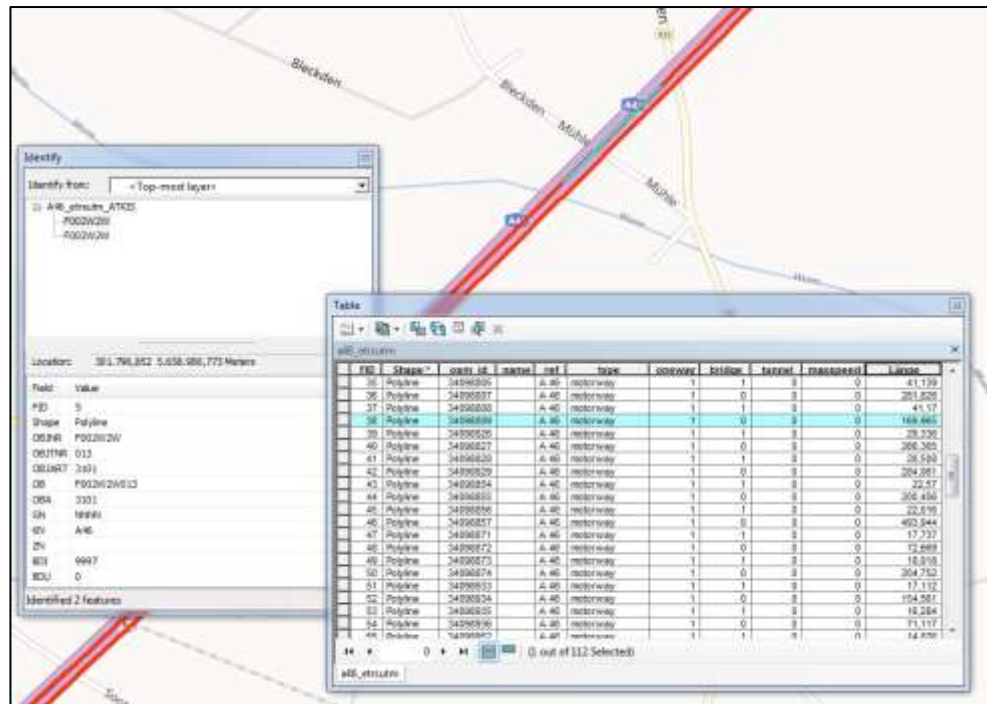


Abbildung 12 Streckenabschnitt BAB 46 - Open Street Map Geometrie- und Sachdaten (Visualisiert unter ArcGIS mit Basemap Bing Maps Road)

Um die Streckenabschnittslänge zu ermitteln, wurden die einzelnen Längen addiert und durch zwei geteilt. Somit erhält man die gemittelte Länge des Abschnittes der A46. Die Genauigkeit dieser Methode ist für die Auswertematrix ausreichend.

Der Abschnitt der BAB 46 ist ca. 38 km lang.

3.2.2 Matricelement Datenvorkommen Wildschutzzäune

Die Wildschutzanlagen entlang der BAB 46 können über einen räumlichen Filter selektiert werden. Die Selektionsmethode 'Objekte, die in einer Entfernung von ... zum Ziellayer liegen' wurde mit 50 Metern definiert, so dass die Objekte ausgewählt werden, die bis zu einer Entfernung von 50 Metern zum Layer BAB 46 liegen.

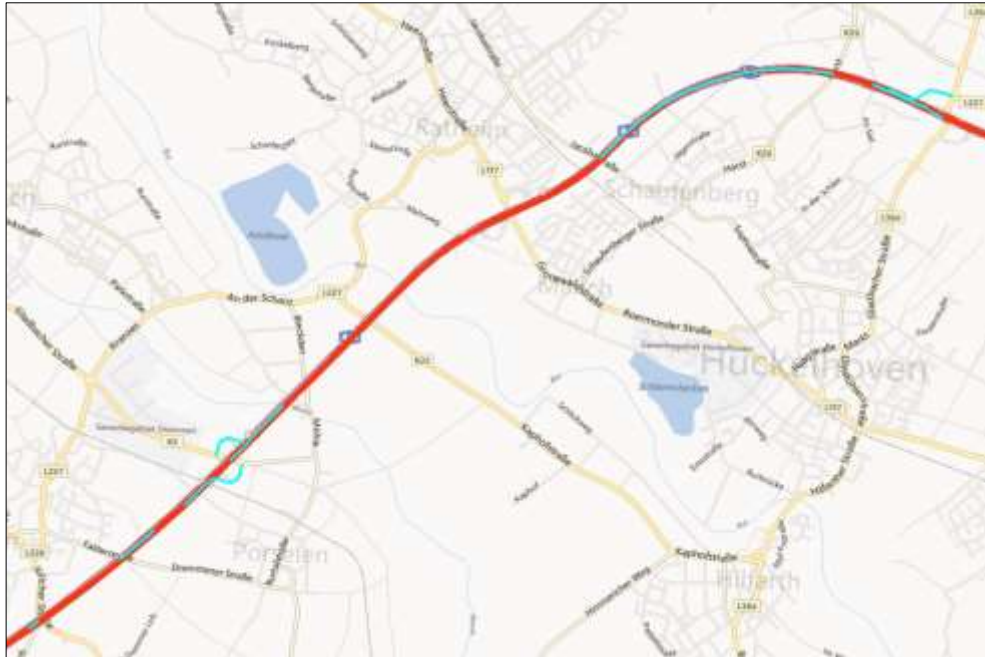


Abbildung 13 Streckenabschnitt BAB 46 – Selektierte Wildschutzzäune
(Visualisiert unter ArcGIS mit Basemap Bing Maps Road)

17 Objekte der Kategorie Wildschutzzäune wurden ermittelt. Insgesamt sind 6539 m dieses Autobahnabschnittes mit Wildschutzzäunen begrenzt, wobei drei Auf- bzw. Abfahrten mit berücksichtigt wurden.

3.2.3 Matricelement Datenvorkommen Lärmschutzeinrichtungen

Über eine räumliche Abfrage gleicher Art wurden die Lärmschutzeinrichtungen des Autobahnabschnittes selektiert.



Abbildung 14 Streckenabschnitt BAB 46 – Selektierte Lärmschutzeinrichtungen
(Visualisiert unter ArcGIS mit Basemap Bing Maps Road)

98 Einzelobjekte wurden gefunden. Auf einer Länge von 19 km ist die A46 in diesem Bereich mit Lärmschutzwänden versehen.

3.2.4 Matricelement Datenvorkommen BISStra Bauwerksdaten

101 Straßenbauwerke aus dem BISStra Datensatz wurden extrahiert. Anders als bei den Wildschutzzäunen und Lärmschutzeinrichtungen wurde die räumliche Abfrage hier dahingehend verändert, dass der Buffer mit 25 Metern gering gehalten wurde, damit nur Objekte berücksichtigt werden, die in unmittelbarer Nähe liegen und wirklich zur Autobahn zugehörig sind.

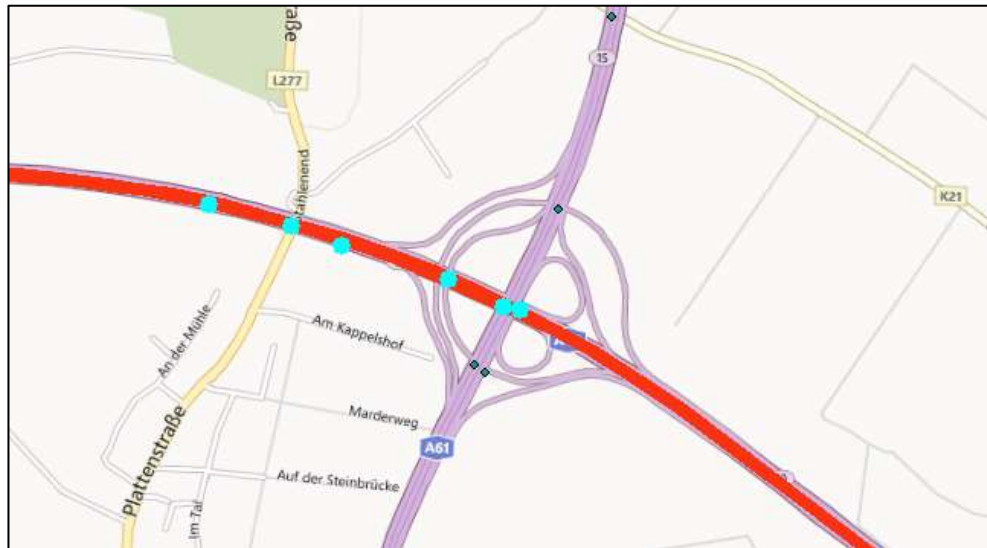


Abbildung 15 Streckenabschnitt BAB 46 (Kreuz Wanlo) – Selektierte BISStra Daten (Visualisiert unter ArcGIS mit Basemap Bing Maps Road)

3.2.5 Matricelement Datenvorkommen Lebensräume

Lebensräume, Lebensraumnetzwerke und Wanderkorridore sind von lokalen Gegebenheiten abhängig. Nicht in jeder Region sind geeignete Lebensräume für Tierarten und Tiergruppen vorzufinden. Die Ausprägungen dieser Lebensräume und deren Vernetzung beschreiben die Daten des Bundesamtes für Naturschutz (siehe Kapitel 2). Daher gilt es, bei der Auswahl der möglichen Untersuchungsräume darauf zu achten, dass möglichst viele Arten von Lebensräumen (Wald-, Feucht- und Trockengebiete) im Untersuchungsraum vorzufinden sind. Die in der Umgebung der BAB 46 liegenden Lebensräume sind in den folgenden Abbildungen 18 und 19 dargestellt.



Abbildung 16 Streckenabschnitt BAB 46 – Selektierte Waldlebensräume
(Visualisiert unter ArcGIS mit Basemap Bing Maps Road)



Abbildung 17 Streckenabschnitt BAB 46 – Selektierte Feuchtlebensräume
(Visualisiert unter ArcGIS mit Basemap Bing Maps Road)

In den Vergrößerungen der Abbildungen 17 und 18 erkennt man nur wenig Berührungspunkte der Lebensräume mit der BAB 46. Einzig in der Region um Kleingladbach berührt ein Waldlebensraum der Distanzklasse 100 m (orange) die BAB 46, ein Feuchtlebensraum liegt im Autobahnkreuz BAB 46 / BAB 61 vor.

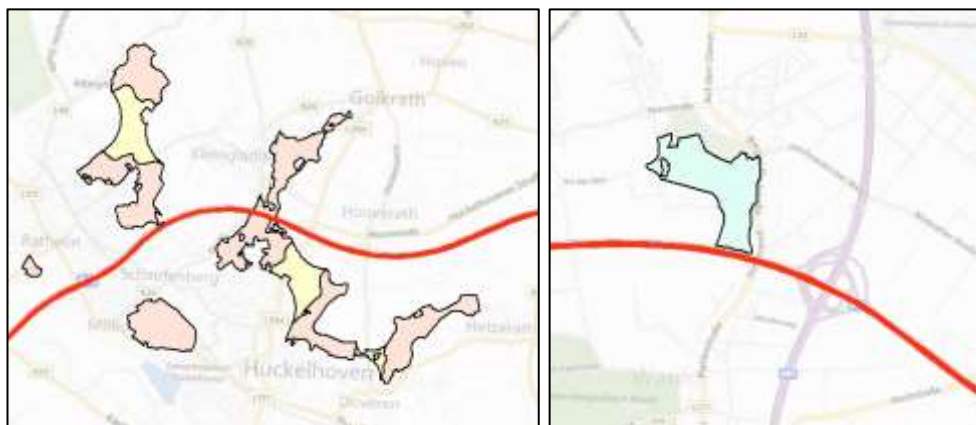


Abbildung 18 Vergrößerungen aus den Abbildungen 17 und 18

3.2.6 Matricelement Datenvorkommen der weiteren Datensätze

Die übrigen Arbeitsdaten 'CORINE Land Cover' und die der 'unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR)' liegen für Nordrhein-Westfalen flächendeckend vor bzw. unterliegen keinen regionalen Einschränkungen oder Besonderheiten. Hier besteht somit nicht die Problematik, dass Daten für das ein oder andere mögliche Untersuchungsgebiet nicht zur Verfügung stehen. Ihre Visualisierungen wurden daher hier nicht abgebildet, die Zusammenfassung der an den Straßenabschnitten liegenden Räume ist den Tabellen 11 und 12 zu entnehmen.

3.3 Auswertematrix der Untersuchungsräume

Für die vier vorausgewählten Autobahnabschnitte wurden die oben exemplarisch aufgezeigten visuellen Analysen durchgeführt. Das Ergebnis ist in der Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 10 Auswertung der vier Autobahnabschnitte

	A46	A61	A1	A4
Streckenlänge [km]	38	36	40	65
Landschaftscharakteristika	ländlich	ländlich	ländlich	ländlich
Besonderheiten	- Acker- und Weideland - keine Waldgebiete - Tagebaugebiet	- 3 Eisenbahnlinien kreuzen - Wildschutz nur an der Anschlußstelle Türnich - umliegende Ortschaften: Kerpen, Sindorf	- im Süden: Waldgebiete und bewegtes Gelände - im Norden: Landwirtschaft	- fast komplett mit Wildschutzzäunen - viel Waldgebiete, wenig Landwirtschaft - Großstadtausläufer
	Anzahl der Objekte			
BISStra Objekte	101	86	56	141
UZVR				
< 1 km ²	44	35	10	29
1-5	21	18	20	19
5-10	2	-	8	5
10-50	1	1	3	5
50-100	-	-	-	-
>100	-	-	-	-
Lebensraumnetzwerke				
TRO	0	0	2 (1500)	0
WA	1 (100/500)	2 (100/500)	8 (100/500)	9 (100/500)
FEU	1 (100/500)	2 (100/500)	1 (100)	9 (100/500)
Großsäuger-Räume	0	0	0	3
Großsäuger-Korridore	0	0	1	1
Lärmschutzeinrichtungen	98	110	26	139
Gesamtlänge [km]	19	29	7,5	28
Wildschutzzäune	17	3	44	207
Gesamtlänge [km]	6,5	2,5	38,6	110

Nach einer Prüfung und Diskussion mit den Fachleuten bei der Bundesanstalt für Straßenwesen wurden die Abschnitte der BAB 1 und der BAB 4 als die zu untersuchenden Übungsräume definiert. Die Entscheidungsmatrix zeigt die zusammenfassenden Ergebnisse der visuellen Analyse. Der in der Tabelle genannte Begriff Landschaftsraum bezeichnet „einen Teil einer Landschaft, der eine gewisse Homogenität in Bezug auf das Landschaftserleben und die Landschaftselemente aufzeigt.“ (FROHMANN 2001). Die Informationen zum Landschaftsraum wurden aus den CORINE Land Cover Daten abgeleitet.

Tabelle 11 Entscheidungsmatrix zu den Untersuchungsräumen

Kandidat	Daten-vorkommen	Landschaftsräume Wald/Landwirtschaft/Siedlung			Lebensräume - Korridore TRO/WA/FEU/GS-Raum/GS-Korridor				
BAB 1	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	✓
BAB 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BAB 46	✓	✓	-	-	-	✓	✓	-	-
BAB 61	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-

Die Entscheidung wird im Folgenden erläutert. Sowohl die BAB 1 als auch die BAB 4 kreuzen Großsäugerkorridore. Es sind die einzigen beiden Untersuchungsräume, die diesen Punkt aufweisen. Ein Aspekt, der in den weiteren Analysen berücksichtigt werden sollte und dem somit eine Bedeutung beigemessen wurde.

Trockenräume kommen nur im Bereich der BAB 1 vor. Sie gilt überdies nach großen Umbaumaßnahmen in den vergangenen Jahren als 'Musterbeispiel' für die moderne Autobahn. Hohe Zäune, Betonschutzstreifen zwischen den Fahrbahnrichtungen und die Errichtung einer Wildbrücke sind Baumaßnahmen, die in den letzten fünf Jahren im südlichen Teil der BAB 1 stattgefunden haben.

Die BAB 4 verläuft durch landschaftlich vielfältiges Gebiet. Im Westen liegen die Ausläufer der Stadt Köln, das Durchqueren größerer Waldgebiete und landwirtschaftlicher Flächen und Wiesen folgt in Richtung Osten. Neben der Besonderheit, dass ein Großsäugerraum gequert wird, ist die BAB 4 ist neben der BAB 1 der einzige Untersuchungsraum, der alle Lebensräume aufweist.

Die BAB 46 verläuft nur durch landwirtschaftliches Gebiet. Ferner werden nur zwei Lebensräume gekreuzt. Dieser Abschnitt ist daher nicht vielfältig genug. Das trifft auch auf die BAB 61 zu. Auch sie durchkreuzt nur zwei Lebensräume und kommt daher als Untersuchungsgebiet nicht infrage.

4 Lösungsansatz zur Bestimmung der Permeabilität von Straßenabschnitten

In Kapitel 1.3 wurden bereits die Hauptmerkmale der Arbeiten mit Geodaten angesprochen. Diese vier Hauptmerkmale der Datenanalyse (determine the objectives of the project, build the database and prepare the data for analysis, perform the analysis und present the result) spiegeln sich im Gesamtprozess eines GIS-Projektes wieder und bilden somit auch im Aufbau dieser Masterarbeit das Grundgerüst des Lösungsansatzes.

Ein Geoinformationssystem (GIS) gestaltet die reale Welt im Modell, indem es raumbezogene Daten speichert, verwaltet und abbildet. Dabei ist das GIS nicht nur ein Werkzeug für die Datenerfassung und die Darstellung von Daten, ein GIS ist vor allem ein Werkzeug zur Analyse räumlicher Daten, um aus bestehenden Daten neue räumliche Informationen zu generieren. So versteht unter anderem auch PUNDT (1993; zit. n. BAILEY 1993) unter dem Begriff der Analyse „a general ability to manipulate spatial data into different forms and so extract additional meaning as a result.“

Mit ‘additional meaning’ sind dabei neue, vorher nicht existente Informationen gemeint, die zur Problemlösung oder Entscheidungsfindung genutzt werden können.

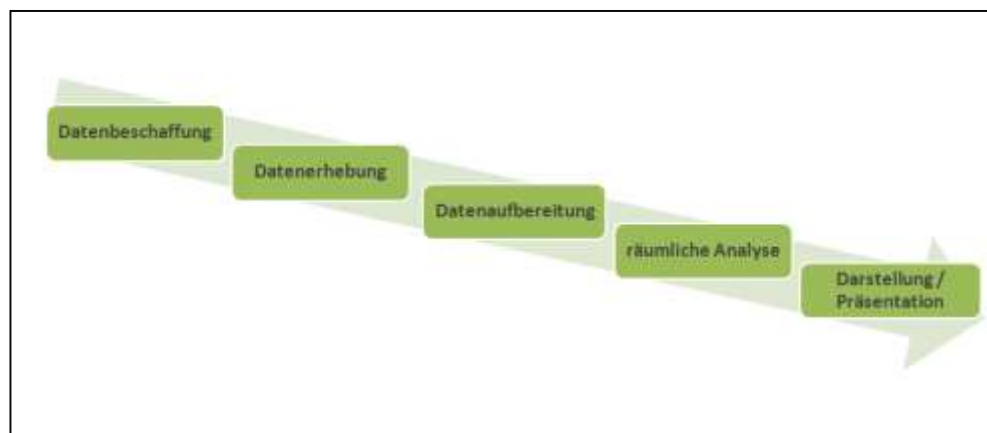


Abbildung 19 Allgemeingültiger Projekttablauf in einem GIS (Quelle: KALASEK 2010)

Ziel der Untersuchung dieser Arbeit ist es, als neue Information die Durchlässigkeit von Straßenabschnitten abzubilden. Die Durchlässigkeit (Permeabilität) der Straßenabschnitte bestimmt sich dabei anhand der Qualität der Schutzeinrichtungen und Querungen dieser Abschnitte. Dazu werden sowohl die bauwerkstechnischen Daten der Querungen analysiert, als auch die Informationen darüber, in welchem naturräumlichen Kontext sich die Querungsbauwerke befinden und in welchem Maße Wildschutzzäune und Lärmschutzeinrichtungen den Zugang zum Straßenkörper Autobahn verhindern.

Im Rahmen einer Umgebungsanalyse wird versucht, aus diesen Informationen die Qualität einer Querung abzubilden und als neue Information bereitzustellen.

Eine Umgebungsanalyse dient dazu, Auswirkungen, Einflüsse und Beziehungen von Daten um einen definierten Ort zu betrachten. In diesem Fall sind die Daten der Landbedeckung, der unzerschnittenen Lebensräume, der Funktionsräume sowie die Daten der BAST (Bauwerksinformationen, Wildschutzanlagen, Lärmschutzeinrichtungen) die Umgebungsvariablen, aus denen ein qualitatives Bild für die einzelne Querung (also den definierten Ort) abgeleitet werden soll.

Aus den Qualitäten der Querungen eines Streckenabschnittes wird abschließend ein Maß für die Durchlässigkeit dieses Straßenbereiches ermittelt.

Um das zu erreichen, müssen die vorliegenden Geodaten in verschiedenen Arbeitsschritten aufbereitet werden. So müssen beispielsweise die Sachdaten und die räumlichen Bezüge qualitätsgeprüft werden, ebenso muss die Aktualität und Aussagekraft der Datensätze betrachtet werden.

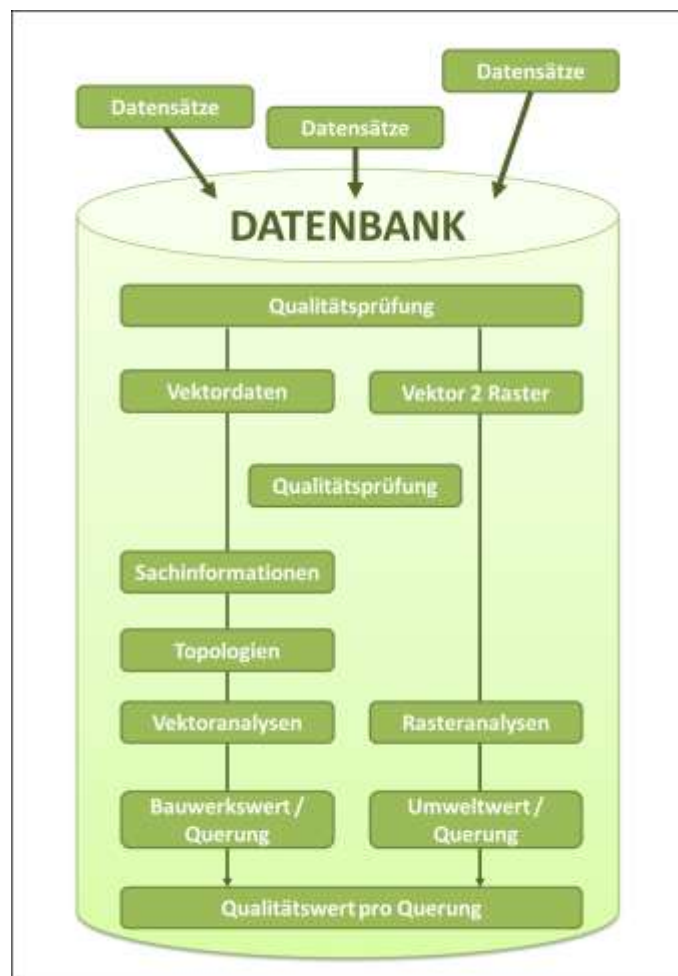


Abbildung 20 Schematischer Ablauf der Arbeiten zur Analyse

Das Arbeiten mit Daten ist immer mit einer Abstraktion verbunden. So kann z. B. eine Straße in einer Anwendung als eine Mittellinie abstrahiert werden und in einer anderen als eine Fläche. So vollzieht sich in der Datenabstraktion der Wandlungsprozess von der realen Welt zum digitalen Modell. Dieser Prozess ist im Datenmodell definiert, das wiederum die Grundlage der Analyse bildet.

Es wird also ein Datenmodell generiert, welches den Anforderungen der Analyse entspricht. Ist das Datenmodell erstellt, können die Daten in das Modell überführt werden. In einem ersten Schritt wird daher die Datenbank modelliert.

Da in dieser Arbeit zwei Arten von Daten vorliegen, sind zwei unterschiedliche Vorgehensweisen notwendig. Die Querungsanalyse wird in die beiden Stränge 'Umwelt' und 'Bauwerke' aufgesplittet. Der 'Umweltstrang' beinhaltet Daten zur Landbedeckung sowie Daten zu Funktions- und Lebensräumen von Tierarten. Im 'Bauwerksstrang' werden die Daten zu den Querungsbauwerken und den Schutzeinrichtungen analysiert, die Attribute und geometrischen Lageeigenschaften der 'Bauwerke' qualitätsgeprüft betrachtet, und ein sogenannter 'Bauwerkswert' pro Querung abgeleitet.

Die 'Umwelten' werden über eine Rasteranalyse untersucht. Dazu müssen die naturschutzfachlichen Datensätze - wenn als Vektordatensatz vorliegend - aufgerastert werden. Aus den dann vorliegenden Rastern wird über Rasteranalyseverfahren ein sogenannter 'Umweltwert' für jede Querung bestimmt. Diese Werte bilden einen Index, mit dem eine Qualitätsaussage über die naturräumliche Lage einer Querung getroffen werden kann.

Beide Stränge bringen somit als Ergebnis einen Qualitätswert hervor, der dann zu einem gesamtheitlichen Wert zusammengeführt wird. Dieser Wert bildet die Querungsgüte eines Querungsbauwerkes ab. Je höher dieser Wert, desto besser eignet sich das Bauwerk für Tiere zur Querung einer Straße.

In den Kapiteln 5 und 6 werden die einzelnen Arbeitsschritte ausgeführt und der hier vorgestellte schematische Ablauf durch ergänzende Abbildungen detaillierter dargestellt (Abbildung 21, Abbildung 54, Abbildung 68).

Da auch die Frage nach der grundsätzlichen Nutzbarkeit der BAST Daten im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden soll, wird im Schritt der Datenaufbereitung diese Problemstellung berücksichtigt und die Frage in einem zusammenfassenden Fazit (Kapitel 8) beantwortet.

5 Durchführung

In diesem Kapitel wird die eigentliche Arbeit mit den Daten erläutert. Nachdem zuvor die Daten gesichtet wurden (determine the objectives of the project - Kapitel 3), die Ideen der Analyse durchdacht und ein Lösungsansatz formuliert wurde (Kapitel 4), werden im nachfolgenden Kapitel die GIS technischen Grundlagen für die Analyse gesetzt (build the database and prepare the data for analysis).

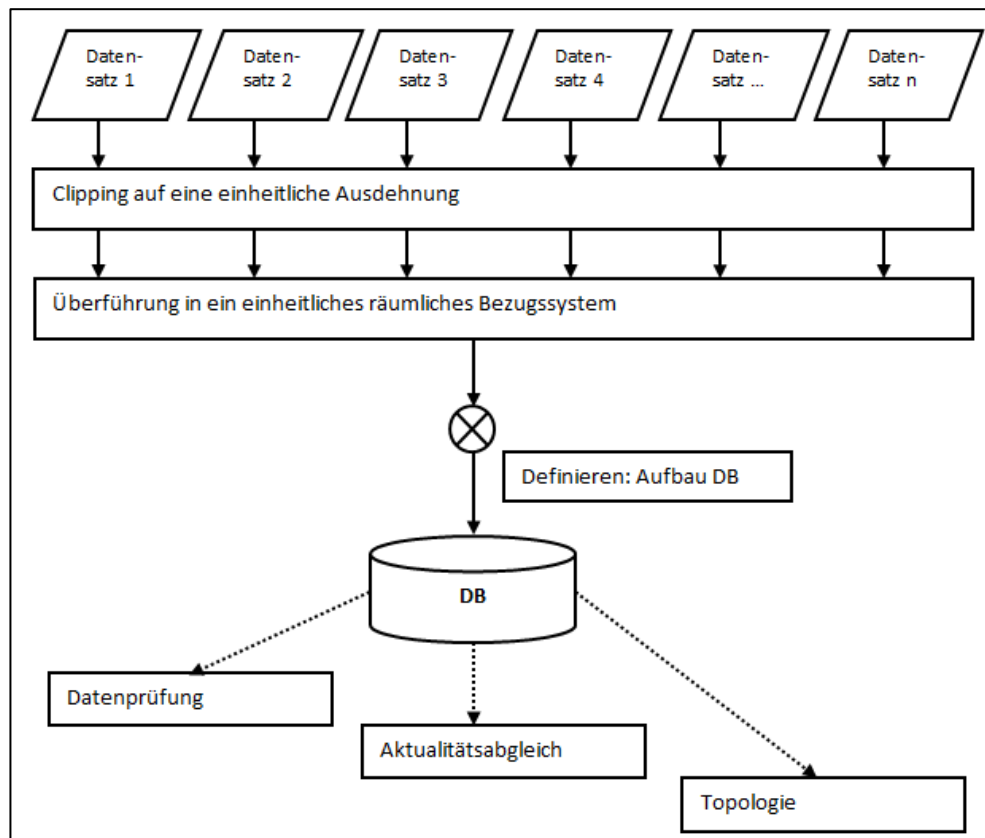


Abbildung 21 Schaubild zur Durchführung der Arbeiten Teil 1

5.1 Entwurf der Datenbank

Neben der kartografischen Darstellung der Durchlässigkeit von Straßenabschnitten in den Untersuchungsräumen ist ein weiteres Ziel der Arbeit, einen GIS basierten Datensatz zu generieren, der Informationen zur Struktur und Güte des Bauwerks Straße für potentielle Tierquerungen aufweist. Diese Datenzusammenführung in eine 'ideale Datenbasis' wird über die zentrale Ablage aller Daten in einer Datenbank realisiert. Nur so ist es möglich, alle notwendigen Daten einheitlich und zweckmäßig zu verwalten.

Das bedeutet, dass die bisher dateibasierte Ablage der Daten in ein datenbankbasiertes Ablagesystem zu überführen ist. Sämtliche Datensätze, also die naturschutzfachlichen Umweltda-

ten UZVR, Lebensraumnetzwerke und Korridore sowie CORINE Land Cover, als auch die Bauwerksdaten BISStra, die Daten über die Wildschutzzäune und Lärmschutzeinrichtungen sowie die Straßenmittellachse der Bundesautobahnen der Untersuchungsräume aus Open Street Map werden in die Datenbank überführt.

5.1.1 Rahmenbedingung der zu erstellenden Datenbank

Im Umweltreferat der Bundesanstalt für Straßenwesen kommt als Arbeits-GIS die Software ArcGIS der Fa. ESRI zum Einsatz. Daher wurde als Rahmenbedingung ausgeschrieben, dass die zu erstellende Datenbasis mit dieser Software gelesen und bearbeitet werden kann. Ferner sollte keine weitere Fremdsoftware in die bestehende Softwareinfrastruktur des Referates eingeführt werden.

Unter Berücksichtigung des Nutzverhaltens wurde für den Ersteinsatz der Datenbasis kein multi-user Zugriff auf die Datenbank als erforderlich definiert, sodass auch eine Datenlösung im Netzwerk nicht notwendig ist. Eine Arbeitsplatzlösung wurde für ausreichend erachtet.

5.1.2 Entscheidung für das Datenformat einer File-Geodatabase

Aufgrund der Rahmenbedingungen fiel die Entscheidung auf die Nutzung der proprietären Datenbanklösung einer Geodatabase (GDB). Unter dem Begriff Geodatabase versteht man die gemeinsame Datenspeicherung und Datenverwaltung unter ArcGIS. Sie bildet einen zentralen Speicherort für räumliche Daten und Sachdaten. Um diese Form der Datenbank nutzen zu können ist keine weitere Softwareinstallation notwendig, die Einrichtung und Nutzung einer Geodatabase kann mit Bordmitteln der Software ArcGIS vollzogen werden.

ESRI bietet zwei unterschiedliche Arten von single-user Geodatabases, die sogenannte 'File GDB' und die 'Personal GDB'. Die Merkmale der beiden Typen zeigt die Tabelle (Quelle: ESRI 2013a):

Tabelle 12 Ein Vergleich der Geodatabase-Typen Personal-GDB und File-GDB

Wichtigste Eigenschaften	File-Geodatabase	Personal-Geodatabase
Beschreibung	Eine Sammlung verschiedener Typen von GIS-Datasets, die in einem Dateisystemordner gespeichert sind. (Dies ist das empfohlene native Datenformat für ArcGIS. Die Daten werden in einem Dateisystemordner gespeichert und verwaltet.)	Das ursprüngliche Datenformat für ArcGIS-Geodatabases. Die Daten werden in Microsoft Access-Datendateien gespeichert und verwaltet. (Für diesen Typ gilt eine Größenbeschränkung und das Betriebssystem Windows ist Voraussetzung.)

Wichtigste Eigenschaften	File-Geodatabase	Personal-Geodatabase
Anzahl an Benutzern	Einzelbenutzer und kleine Arbeitsgruppen: Mehrere Benutzer mit Lesezugriff und ein Benutzer mit Schreibzugriff pro Feature-Dataset, Standalone-Feature-Class oder Tabelle. Wenn eine große Anzahl an Benutzern mit Lesezugriff auf die gleiche Datei zugreift, wird die Performance beeinträchtigt.	Einzelbenutzer und kleine Arbeitsgruppen mit kleineren Datensets: Einige Benutzer mit Lesezugriff und ein Benutzer mit Schreibzugriff. Wenn eine große Anzahl an Benutzern mit Lesezugriff auf Daten zugreift, wird die Performance möglicherweise beeinträchtigt.
Speicherformat	Jedes Dataset ist in einer eigenen Datei auf der Festplatte gespeichert. Die File-Geodatabase ist der Dateiodner, der die Dataset-Dateien enthält.	Der gesamte Inhalt einer Personal-Geodatabase ist in einer Microsoft Access-Datei (.mdb) gespeichert.
Größeneinschränkungen	Ein Terabyte (TB) pro Dataset. Eine File-Geodatabase kann viele Datensets enthalten. Die Beschränkung von 1 TB kann für sehr große Bild-Datasets auf 256 TB erhöht werden. Eine Feature-Class kann Hunderte Millionen Vektor-Features pro Dataset umfassen.	Zwei Gigabyte (GB) pro Access-Datenbank. In der Regel wird die Performance einer Access-Datenbankdatei ab einer Größe zwischen 250 und 500 MB beeinträchtigt.
Versionierungsunterstützung	Wird nur als Geodatabase für Clients unterstützt, die Aktualisierungen mit Aus- und Einchecken senden, sowie als Client, an den Aktualisierungen mit unidirektionaler Replikation gesendet werden können.	Wird nur als Geodatabase für Clients unterstützt, die Aktualisierungen mit Aus- und Einchecken senden, sowie als Client, an den Aktualisierungen mit unidirektionaler Replikation gesendet werden können.
Plattformen	Plattformübergreifend	Nur Windows.
Sicherheit und Berechtigungen	Betriebssystemsicherheit	Windows-Dateisystemsicherheit
Funktionen zur Datenbankadministration	Dateisystemverwaltung	Windows-Dateisystemverwaltung
Beschreibung	Es können optional Daten in einem schreibgeschützten, komprimierten Format gespeichert werden, um die Speicheranforderungen zu reduzieren.	Wird häufig zur Verwaltung von Attributtabelle (über Microsoft Access) verwendet. Benutzer schätzen die Handhabung von Textattributen als Zeichenfolgen.

ESRI stellt in seinem relationalen Datenbankmanagementsystem (RDBMS), also der Geodatabase, alle im Lösungsansatz identifizierten und somit benötigten Funktionalitäten zur Verfügung (ESRI 2003). Durch die Bindung einer Personal Geodatabase an Microsoft Access als Datenbanksoftware und der Tatsache, dass sie Performanceeinschränkungen eher unterlegen ist als eine File-GDB, wurde das Geodatabase Format 'File-GDB' gewählt. Die Unabhängigkeit vom

Microsoft Office Paket und die geringeren Größeneinschränkungen gaben hierfür den Ausschlag.

5.2 Aufbau der Geodatabase Untersuchungsräume

Der Entwurf und die Planung des Aufbaus einer Datenbank unterliegen mehreren Prozessschritten. Im Rahmen der Datenmodellierung ist das konzeptuelle Datenbankschema die erste Methode, um sich innerhalb eines Datenbankprojektes die Grundproblematiken zu erschließen. Dabei werden die notwendigen Objekte, ihre Eigenschaften und Beziehungen aus der Realwelt analysiert und zusammengeführt. Es wird an dieser Stelle entschieden, welche Objekte für das zu bearbeitende Projekt wie (Attribute) gespeichert werden sollen und in welcher Beziehung sie zueinander stehen. Aus dem konzeptionellen Entwurf wird ein semantisches Datenmodell abgeleitet, das eine Datenbeschreibung vornimmt.

Die Modellierung der Realwelt lässt sich dabei durch die drei Merkmale 'Abbildung', 'Verkürzung' und 'Pragmatismus' kennzeichnen. Nach WEBER (2008) werden die drei Begriffe wie folgt definiert:

„Das Merkmal Abbildung bedeutet, dass ein Modell immer ein Abbild ist und somit eine Repräsentation des originalen Objektes. Unter Verkürzung wird verstanden, dass ein Modell nicht alle Attribute des Originals umfasst, sondern nur die relevanten. Die Orientierung am Nützlichen nennt Stachowiak (dies ist die Modelltheorie nach Herbert Stachowiak, eig. Anmerkung) Pragmatismus. Das bedeutet, dass ein Modell dem Original nicht von sich aus zugeordnet ist, sondern die Zuordnung durch Fragen (wen? warum? Und wozu?) relativiert wird. Ein Modell ist also ein durch Abstraktion geschaffenes Objekt, das für einen bestimmten Zweck innerhalb einer Zeitspanne für das Originalobjekt eingesetzt wird.“

Bei der Einrichtung der Geodatabase werden diese Punkte berücksichtigt und angewendet.

5.2.1 Konzeptionelles Datenbankschema der Geodatabase Untersuchungsräume

Die Attribute und Objekte der Geodatabase sind nach Notwendigkeiten zusammengestellt worden. Es wurden daher nicht alle Angaben aus den Originaldaten in die Geodatabase überführt.

Für den konzeptionellen Entwurf des Datenbankschemas der Datenbank 'Untersuchungsräume' können folgende Aspekte der Realwelt formuliert werden:

- es gibt zwei Untersuchungsräume

- jeder Untersuchungsraum beinhaltet einen BAB Abschnitt
- jeder Autobahnabschnitt hat Bauwerke
- Bauwerke sind: Querungen, Wildschutzzäune (Barrieren), Lärmschutzeinrichtungen
- Bauwerke sind für Tiere passierbar oder unpassierbar
- Querungen sind: Autobahnen, Hauptstraßen, Nebenstraßen, Wirtschaftswege, Eisenbahnen, Freiflächen, Fußgängerwege
- Schutzeinrichtungen sind für Tiere durchlässig oder nicht
- den Untersuchungsräumen übergeordnet gibt es 'Umweltdaten' wie CORINE Land Cover, UZVR, Lebensraumdaten, Open Street Map.

Sowie die Bereitstellung von Sachinformationen in der Geodatabase:

- die Attribute der 'Umweltdaten' werden unverändert übernommen
- die Attribute der Datensätze 'BISStra', 'Wildschutzzäune' und 'Lärmschutzeinrichtungen' werden angepasst übernommen (nur die für die Untersuchung notwendigen)
- Quellenangaben der Daten in den Attributen

In der Abbildung 22 ist der konzeptionelle Aufbau der Geodatabase 'Untersuchungsräume' grafisch zusammengefasst.

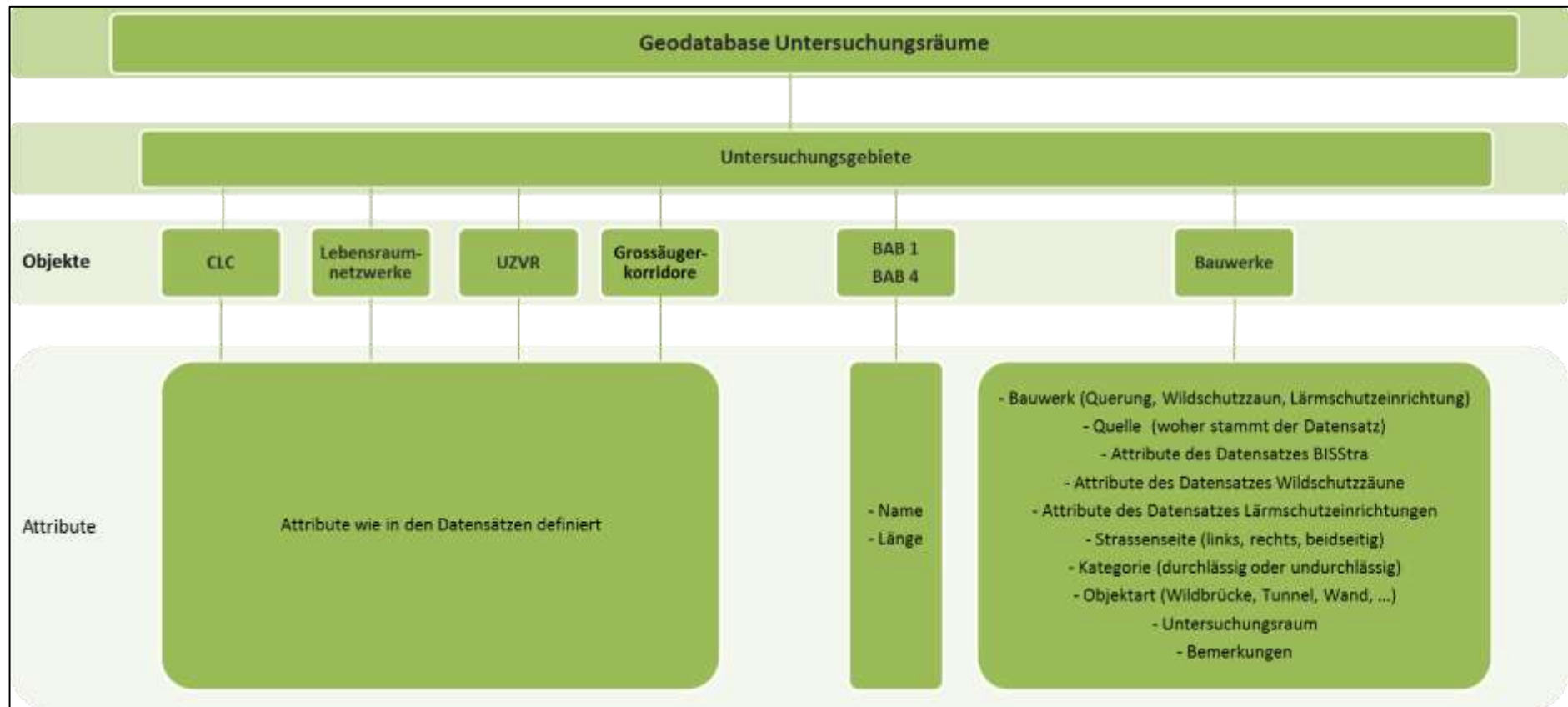


Abbildung 22 Der konzeptionelle Aufbau der Datenbank

5.2.2 Semantisches Datenbankschema der Geodatabase Untersuchungsräume

Aus diesem textuellen und grafischen Entwurf wurde im nächsten Schritt das semantische Datenmodell abgeleitet. Als Modellierungssprache wurde die Sprache UML (Unified Modeling Language) verwendet. Das Klassendiagramm der UML wird als äquivalente Variante des Entity-Relationship-Modells (ERM) gewählt. Ein ERM ist das ursprüngliche Entwicklungskonzept zur Datenmodellierung; die Ziele eines im deutschen auch als Gegenstands-Beziehungsmodell bezeichneten Konzeptes sind die Beschreibung der gespeicherten Daten und ihre Beziehungen untereinander sowie die spätere Abbildung in der Datenbank. Das Entity-Relationship-Modell wurde 1976 von Peter Chen entwickelt. In seinem Werk 'The entity relationship Model – toward a unified view of data' schreibt er:

“This model incorporates some of the important semantic information about the real world. A special diagrammatic technique is introduced as a tool for database design. An example of database design and description using the model and the diagrammatic technique is given. ... The entity relationship model can be used as a basis for unification of different views of data. The network model, the relationship model and the entity set model.” (CHEN 1976).

Die Abbildung 26 orientiert sich an der UML Notation der Software Microsoft Visio.

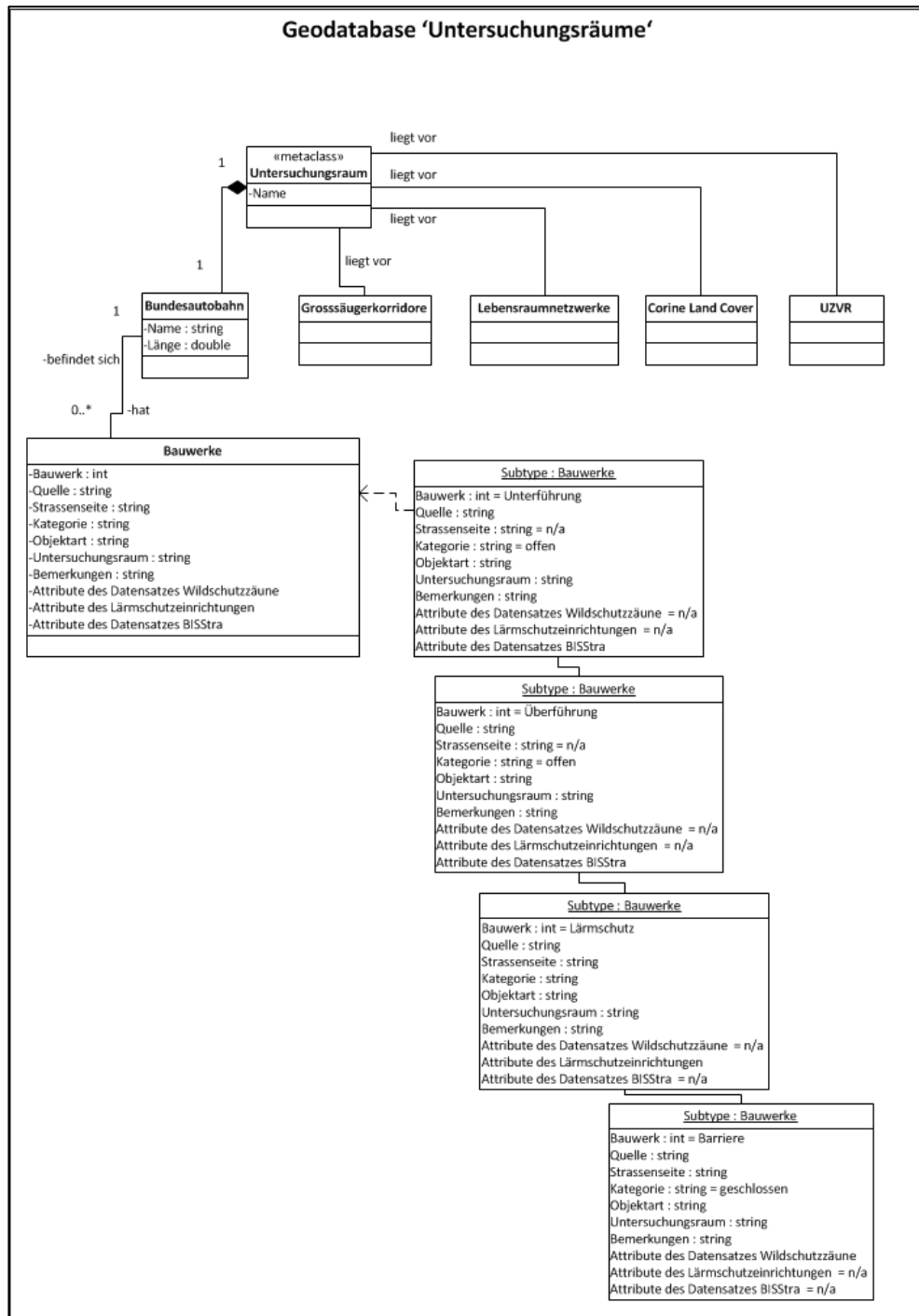


Abbildung 23 UML Klassendiagramm Untersuchungsräume

UML ist eine Beschreibungssprache zur Darstellung von Konzepten und Modellen. Das abgebildete Modell zeigt die verschiedenen Klassen, aus denen das System besteht und deren Abhängigkeiten.

Eine Klasse definiert die Attribute und Methoden einer Menge von Objekten. Alle Objekte dieser Klasse (die Instanzen) haben das gleiche Verhalten und die gleichen Attribute (aber mit unterschiedlichen Werten). In der UML werden Klassen als Rechtecke mit dem Klassennamen dargestellt.

Die Verbindung der Klassen untereinander wird als Assoziation bezeichnet. Assoziationen sind der Mechanismus, der es den Objekten erlaubt untereinander zu kommunizieren. Assoziationen nehmen Rollen ein, die den Zweck der Verbindung beschreiben und entweder uni- oder bidirektional sind (ob die Verbindung zwischen den Objekten ein- oder zweiseitig ist). Beide Enden einer Assoziation verfügen über einen Multiplizitätswert, der angibt, wie viele Objekte auf der einen Seite mit wie vielen Objekten auf der anderen Seite verbunden sein können.

In der UML wird die Assoziation durch eine Linie zwischen den an der Beziehung teilnehmenden Klassen dargestellt. Dabei können die Rolle und die Multiplizität ebenfalls angezeigt werden. Multiplizität wird als Bereich [min...max] von nicht negativen Werten dargestellt, wobei der Stern (*) auf der Maximumseite einen unendlichen Wert repräsentiert. Die Rautendarstellung an einem Ende einer Linie verdeutlicht eine besondere Art der Verbindung, die Aggregation. Sie ist immer dann gegeben, wenn sich zwei mehr oder weniger unabhängige Klassen aufeinander beziehen. Beide Klassen können dabei auch unabhängig voneinander existieren.

5.2.3 Erläuterungen zur Geodatabase Untersuchungsräume

Aus dem Klassendiagramm und der semantischen Datenmodellierung wird die Geodatabase 'Untersuchungsräume' generiert. Die Objekte und Attribute wurden eingerichtet, die Beziehungen hergestellt.

Es wurden innerhalb der File-Geodatabase zwei Feature-Datasets erstellt, eines für jeden Untersuchungsraum. Benannt wurden sie nach den beiden zu untersuchenden Autobahnabschnitten, 'aeins' und 'avier'. Ein Feature-Dataset ist innerhalb einer Geodatabase ein 'Sammelbecken' für Feature-Classes (Objektklassen), die den gleichen Raumbezug aufweisen. Unter Raumbezug sind ein identisches Koordinatensystem und eine identische Ausdehnung zu verstehen.

Eine Objektklasse enthält raumbezogene Sach- und Geometriedaten von Objekten desselben Typs. Sie definiert die Struktur (Punkt, Linie, Fläche) und das Attributschema eines Objektes. In den Objektklassen 'a_eins' und 'a_vier' werden die Straßenlayer der BAB 1 und BAB 4 verwaltet, die Objektklasse 'Bauwerke' beinhaltet die Querungen und Schutzeinrichtungen. Zur besseren Attributierung und Klassifikation der Teilmengen werden in der Objektklasse 'Bauwerke' Subtypes eingeführt. Ein Subtype beschreibt eine Teilmenge von Objekten einer Objektklasse, die über die gleichen Attribute verfügen. Es werden die Subtypes 'Überführung', 'Unterführung', 'Barriere' und 'Lärmschutz' gebildet.

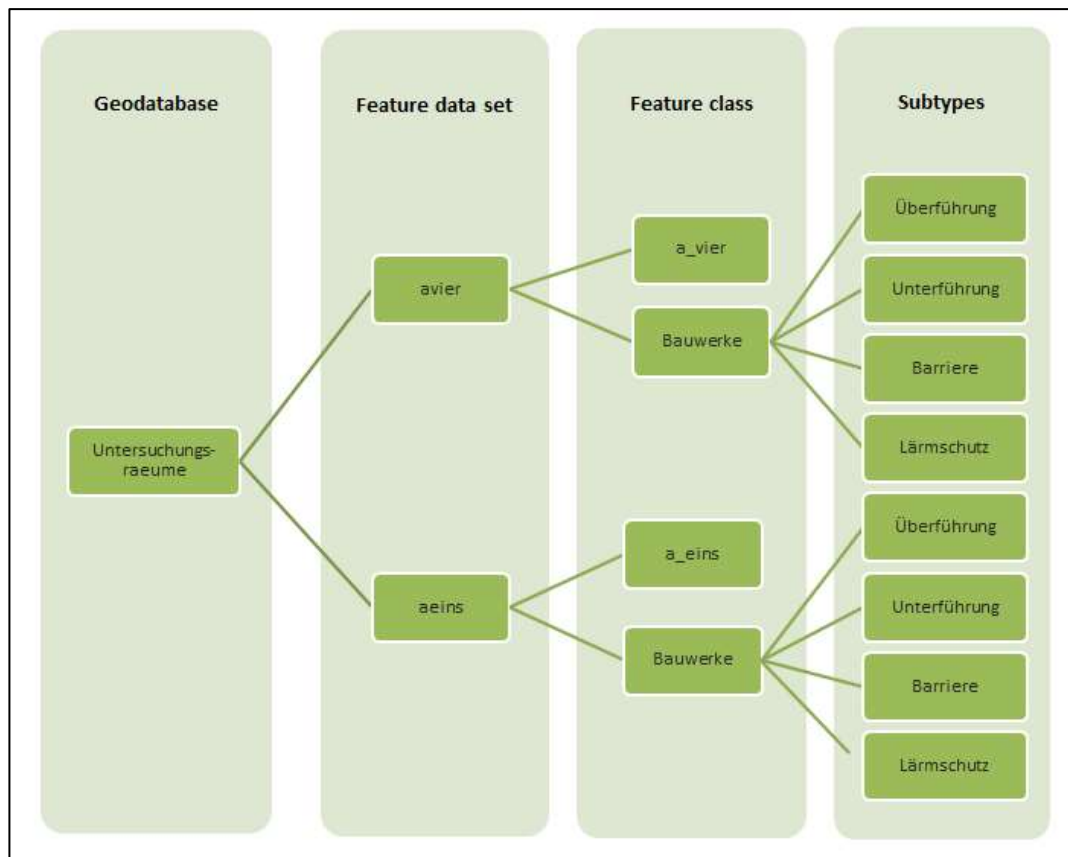


Abbildung 24 Aufbau der Geodatabase Untersuchungsräume

Der Zwischenbau eines Feature-Dataset ist nicht unbedingt notwendig, er wird aber dann zwingend erforderlich, wenn Topologien zwischen Objektklassen betrachtet werden sollen. Da im Rahmen der Datenaufbereitung eine topologische Prüfung zwischen den Objektklassen 'Bauwerke' und Straßenachse 'a_eins' bzw. 'a_vier' erfolgen muss, wurden die beiden Feature-Datasets 'aeins' und 'avier' eingerichtet. Die Arbeitsdaten Wildschutzzäune NRW, Lärmschutzeinrichtungen NRW und die BISStra Daten bilden die Objektklasse 'Bauwerke'. Die Attribute und Attributwerte der einzelnen Objekte sind der Abbildung 25 zu entnehmen.

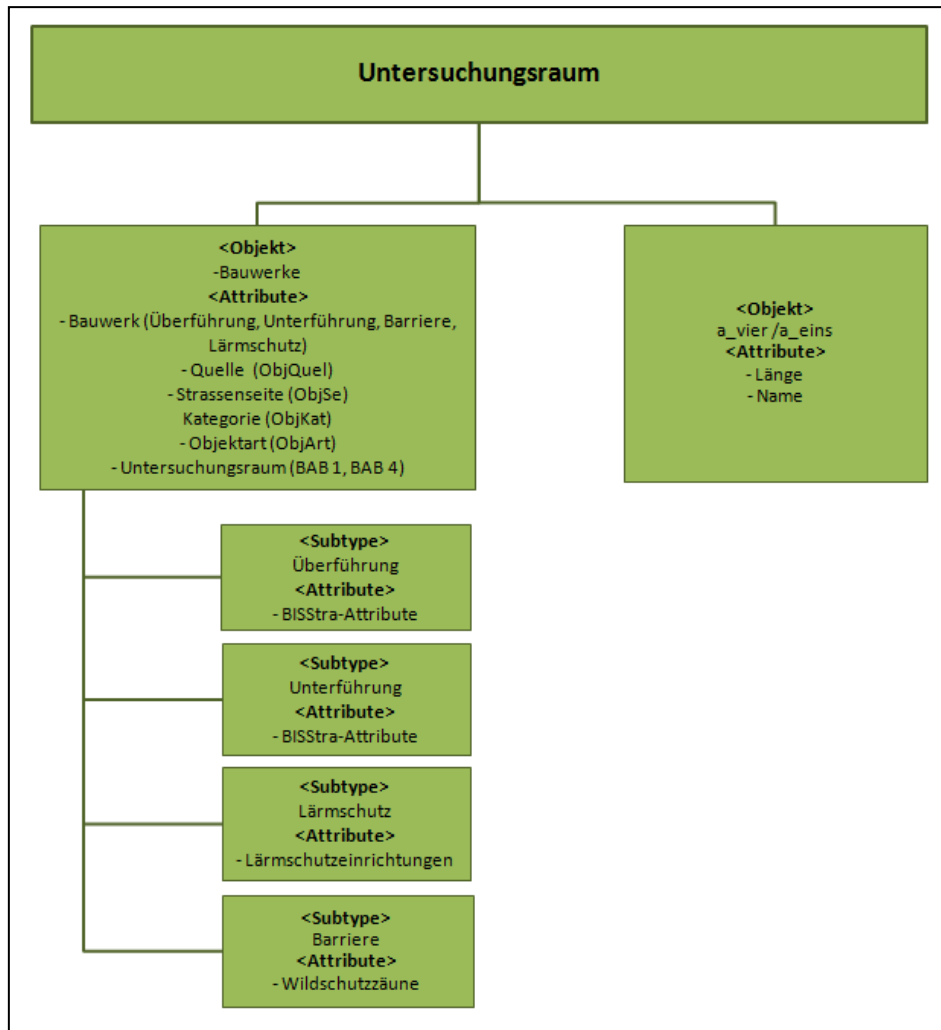


Abbildung 25 Objekte und Attribute der Geodatabase Untersuchungsräume

Die Codelisten der Attribute Quelle, Strassenseite, Kategorie und Objektart sind wie folgt:

<DomainName>	ObjArt	Objektart	<DomainName>	ObjSe	Strassenseite
<FieldType>	String	Datentyp	<FieldType>	String	Datentyp
<CodedValue>	Tunnel Autobahn Hauptstrasse Nebenstrasse Fussgängerweg Eisenbahn Freifläche Wildbrücke Wildschutzzaun Wand Wall Sichtschutz Wall_Wand	Attributwertvorgabe	<CodedValue>	links rechts beidseitig mitte	Attributwertvorgabe
			<DomainName>	ObjKat	Kategorie
			<FieldType>	String	Datentyp
			<CodedValue>	offen geschlossen	Attributwertvorgabe
<DomainName>	ObjQuel	Datenquelle			
<FieldType>	String	Datentyp			
<CodedValue>	Microsoft Bing Maps Aerial Strassen.NRW Bundesamt für Naturschutz Bundesamt für Strassenwesen	Attributwertvorgabe			

Abbildung 26 Codelisten der vordefinierten Attribute

Die verbleibenden Arbeitsdaten der unzerschnittenen verkehrssarmen Räume, der Lebensräume und -netzwerke sowie die CORINE Land Cover Daten werden abseits der beiden Feature-Datasets in die Geodatabase importiert. Sie liegen jeweils als ein Datensatz global für beide Untersuchungsräume vor und werden nicht in die topologischen Beziehungen zwischen den Vektordaten 'Straßenachse' und 'Bauwerke' integriert, sodass sie nicht Teil der Feature-Datasets sein müssen. Sie werden hier nicht weiter betrachtet.

Wie der Datenimport des Objektes 'Bauwerke' vollzogen wird, ist in den Kapiteln 5.3.1 bis 5.5.2 erläutert.

5.3 Datentransformation

Zu Beginn der Untersuchungen steht die Harmonisierung der einzelnen Datensätze. Nach einer Datenprüfung wurde ersichtlich, dass die einzelnen Datensätze in unterschiedlichen räumlichen Bezugssystemen vorliegen. Da dieses im Laufe der Auswertungen unter Umständen zu Komplikationen bei Berechnungs- und Analyseschritten führen kann, werden in einem ersten Schritt die Daten in ein einheitliches räumliches Bezugssystem überführt. Man spricht hierbei von einer Datentransformation. Im Prozess der Datentransformation wird ein Datensatz aus einem räumlichen Bezugssystem 1 in ein anderes räumliches Bezugssystem 2 umgeformt.

Zunächst wird erläutert, was unter einem räumlichen Bezugssystem und unter einem Koordinatenreferenzsystem zu verstehen ist, dann wird das amtliche räumliche Bezugssystem vorgestellt, das für alle Aufgabenbereiche des öffentlichen Vermessungs- und Katasterwesens in der Bundesrepublik Deutschland Verwendung findet und das demzufolge auch in der Geodatabase 'Untersuchungsräume' genutzt wird.

5.3.1 Räumliches Bezugssystem und Koordinatenreferenzsystem

Ein räumliches Bezugssystem setzt sich laut BRETTSCHEIDER et. al. (2010, zit. n. DREWES 2007) aus folgenden Teilen zusammen:

- Referenzsystem,
- Referenznetz,
- geodätisches Datum.

Das Referenzsystem beschreibt und definiert die Konstanten, Modelle und Parameter, die zur mathematischen Darstellung des Systems benötigt werden.

Das Referenznetz oder der Referenzrahmen ist die Realisierung des Referenzsystems. Es kann mehrere Realisierungen für ein Referenzsystem geben. So ist zum Beispiel das hier verwendete

ETRS89 die Realisierung des ETRF Referenzsystems zur Epoche 1989.0. Während das Referenzsystem einmalig definiert wird, erfährt das Referenznetz wiederholt neue Berechnungen.

Das geodätische Datum stellt die Beziehung zwischen dem Referenzsystem und dem Referenzrahmen her. In ihm werden die Position des Ursprungs, der Maßstab und die Orientierung der Achsen des Referenzrahmens gegenüber dem Referenzsystem definiert.

Im geowissenschaftlichen Sprachgebrauch verwischen die Unterscheidungen dieser eher wissenschaftlich-theoretischen Sicht und man spricht allgemein von einem 'Koordinatenreferenzsystem'. Dies ist auch in der verwendeten Software ArcGIS der Fall.

Der Begriff Koordinatenreferenzsystem (CRS - coordinate reference system) beschreibt die Zusammensetzung aus Koordinatensystem und Datum. In der DIN EN ISO 19111 (2005) wird es definiert als ein mit der Erde verbundenes Bezugssystem zur modellhaften Beschreibung der Punktlage. Ein CRS bleibt zeitlich unverändert, eine weitere Unterteilung in Referenzsystem und -rahmen wird außer Acht gelassen, Änderungen im Referenzrahmen werden durch die Einführung eines neuen CRS festgehalten.

Unter der Software ArcGIS bindet der Begriff des Koordinatenreferenzsystems dabei nicht nur die Angaben zur Lage (Terminus GCS – geografisches Koordinatensystem), sondern auch die Angaben zur Darstellung (Terminus PCS – projiziertes Koordinatensystem).

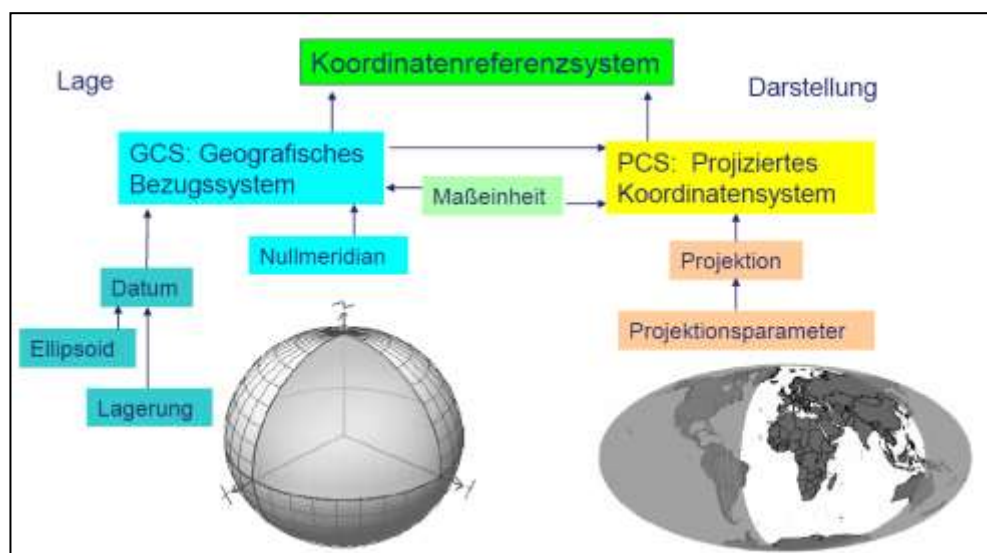


Abbildung 27 GCS und PCS - Begriffe und Zusammenhänge in ArcGIS

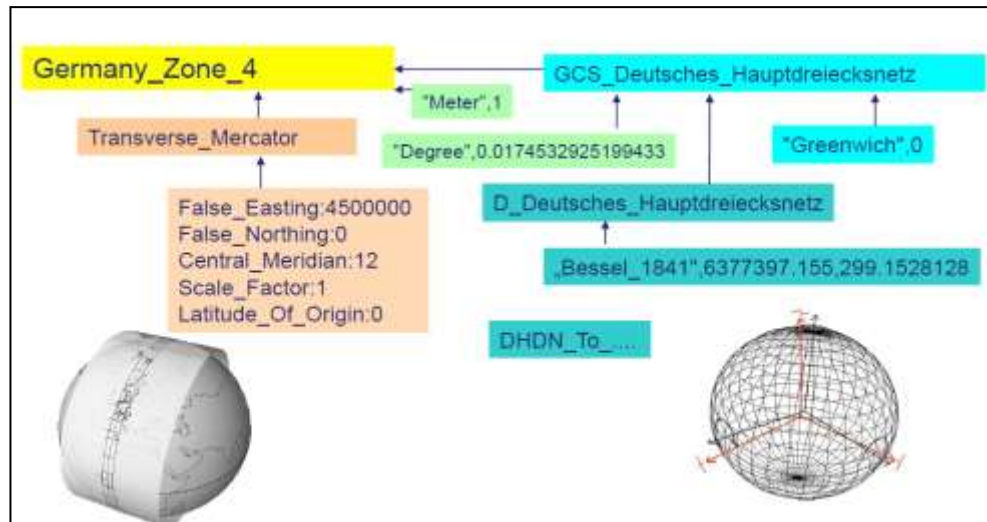


Abbildung 28 GCS und PCS am Beispiel des ESRI Koordinatensystems 'Germany Zone 4'

Die beiden Abbildungen (Quelle: MÜLLER 2010) verdeutlichen die geodätischen Begrifflichkeiten anhand des Beispiels der Gauß-Krüger Projektion Zone 4 im System des deutschen Hauptdreiecksnetzes.

5.3.2 Das amtliche räumliche Bezugssystem der Bundesrepublik Deutschland

1991 und 1995 hat die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) beschlossen, ein einheitliches Bezugssystem für alle Aufgabenbereiche des öffentlichen Vermessungs- und Katasterwesens in der Bundesrepublik Deutschland einzuführen: Das 'European Terrestrial Reference System 1989', abgekürzt ETRS89.

Das ETRS89 ist ein geozentrisches Bezugssystem, das auf dem weltumspannenden Internationalen Terrestrischen Referenzsystem (ITRS) basiert. Der zum ITRS zugehörige Referenzrahmen ITRF hat seinen Ursprung im Massenmittelpunkt der Erde. Die Z-Achse stellt die mittlere Rotationsachse dar, die die Erdkruste im sogenannten IERS-Reference Pole durchstößt. Die X-Achse verläuft durch den Schnittpunkt von Nullmeridian- und Äquatorebene, die Y-Achse senkrecht zur X- und Z-Achse.

Koordinatengrundlage für das ITRS sind die im geodätischen Datum des ITRF gemessenen Koordinatenpaare von ca. 180 Stationen weltweit. Aufgrund der durch die Plattentektonik bedingten kontinuierlichen Koordinatenänderungen werden diese Messungen jährlich durchgeführt und dokumentiert. Das ETRS89 basiert auf den im Jahr 1989 abgeleiteten ITRF-Koordinaten der 15 Primärpunkte der europäischen ITRF Stationen. Es ist somit feststehend gegenüber plattentektonischen Lageveränderungen. Die Bezugsfläche des ETRS89 ist das geozentrisch gelagerte Geodätische Referenzsystem 1980 (GRS80), das für die Berechnung geographischer Koordinaten und ellipsoidischer Höhen im ETRS89 verwendet wird. Dieses global angepasste

Ellipsoid entspricht unter kartographischen Gesichtspunkten dem Erdellipsoid des World Geodetic System von 1984 (WGS84 - Ellipsoid).

Die UTM-Projektion als Verebnung und zur kartografischen Abbildung der Koordinaten des ETRS ist eine winkeltreue transversale Projektion. Bei einer winkeltreuen Abbildung ist die Winkelverzerrung gleich null. Alle Winkel der Abbildung entsprechen den Winkeln des Urbildes. Die Streckenverzerrungen sind somit in alle Richtungen identisch, die Abbildung der Projektion ist in kleinen Bereichen dem Urbild sehr ähnlich.

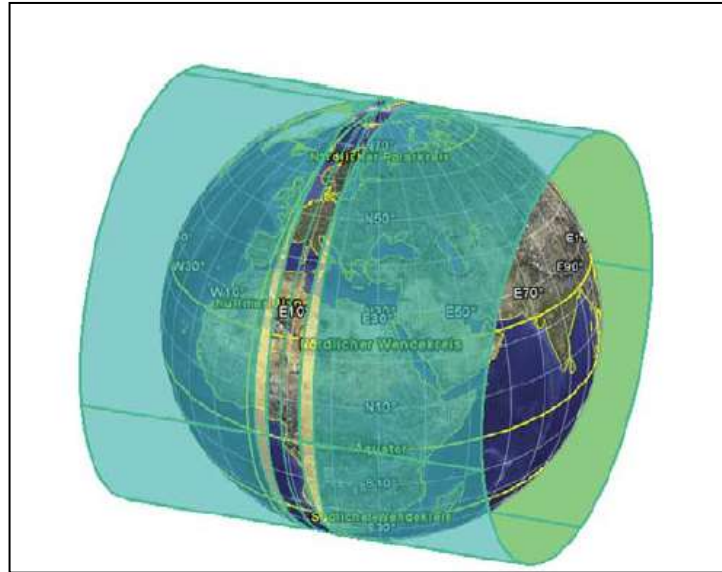


Abbildung 29 Schnitzzylinder UTM Abbildung (Quelle: BEZIRKSREGIERUNG KÖLN 2012)

Die Parameter des räumlichen Bezugssystems ETRS89 in der Zusammenfassung (BEZIRKSREGIERUNG KÖLN 2012):

Tabelle 13 Parameter des räumlichen Bezugssystems ETRS89

Bezugssystem	Europäisch terrestrisches Referenzsystem 1989
Bezugsfläche	GRS80-Ellipsoid
Datum/Lagerung	Fundamentalstationen des ITRS zum Zeitpunkt Januar 1989
Abbildung	Universale Transversale Mercatorabbildung
Projektion	Schnitzzylinder
Meridianstreifensystem	6° breite Meridianstreifen (Zonen)
Hauptmeridian	nicht längentreu, Maßstabsfaktor 0,9996
Netzgrundlage	ETRS89
EPSG Code	25832

Um die Eindeutigkeit der Angaben zu gewährleisten, wird zu den einzelnen geodätischen Parametern der sogenannte EPSG Code angegeben (Tabelle 13, letzte Zeile). EPSG steht für 'European Petroleum Survey Group Geodesy', eine Arbeitsgruppe der europäischen Öl- und

Gaserkundungsfirmen, die ein weltweites System eindeutiger Codes für Koordinatenreferenzsysteme und weitere geodätischer Datensätze aufgebaut hat. Der EPSG Code ist eine vier- bis fünfstellige Zahlenkombination und liegt für jedes geodätische System vor; die Datenbank wird gepflegt und weiterhin fortgeführt (WIKIPEDIA 2013).

5.3.3 Das räumliche Bezugssystem der Geodatabase Untersuchungsräume

Bis auf einen Bereich bei Aachen (im Westen von Nordrhein-Westfalen) liegt das gesamte Bundesland, und damit auch die beiden Untersuchungsräume BAB 1 und BAB 4, in der UTM Zone 32. Damit bietet sich das räumliche Bezugssystem ETRS89 in der Projektion der UTM Zone 32 als Grundlage für die Untersuchung in dieser Masterarbeit an.

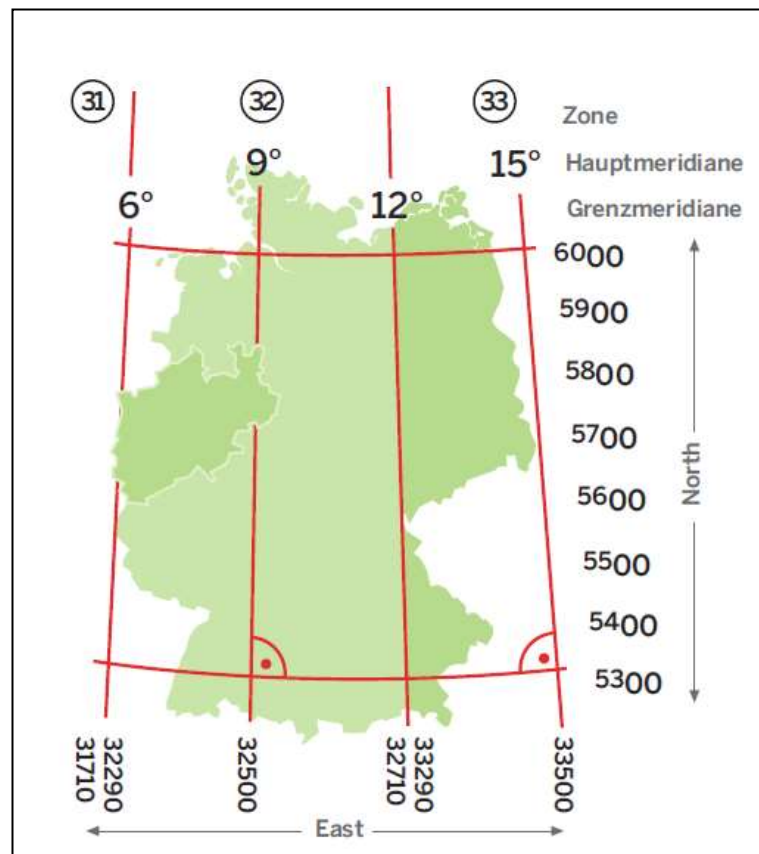


Abbildung 30 Die Lage von NRW in der UTM-Zone 32 (Quelle: BEZIRKSREGIERUNG KÖLN 2012)

Für die Sicherstellung dieses einheitlichen Koordinatenreferenzsystems als räumliches Bezugssystem in der Geodatabase 'Untersuchungsräume' wurde eine prj- Datei erstellt. Die prj- Datei ist eine ASCII-Datei, in der die Elemente zur Beschreibung des Koordinatenreferenzsystems abgelegt sind. Dieses Datenformat wurde von ESRI entwickelt und definiert das Koordinatenreferenzsystem einer ESRI Geodatabase.

Beschrieben werden in einer prj- Datei ein 'geographic coordinate system' (GEOCS, also das GCS) mit Name und Datum (Ellipsoid, Nullmeridian, Einheit) und ein 'projected coordinate system' (PROJCS, also das PCS) mit Nennung der Projektion und der Projektionsparameter (siehe auch Abbildung 27).

```
PROJCS["ETRS89 / UTM Zone 32N",
  GEOGCS["ETRS89",
    DATUM["European_Terrestrial_Reference_System_1989",
      SPHEROID["GRS 1980",6378137,298.257222101,
        AUTHORITY["EPSG","7019"]],
        AUTHORITY["EPSG","6258"]],
      PRIMEM["Greenwich",0,
        AUTHORITY["EPSG","8901"]],
      UNIT["degree",0.01745329251994328,
        AUTHORITY["EPSG","9122"]],
        AUTHORITY["EPSG","4258"]],
      UNIT["metre",1,
        AUTHORITY["EPSG","9001"]],
    PROJECTION["Transverse_Mercator"],
      PARAMETER["latitude_of_origin",0],
      PARAMETER["central_meridian",9],
      PARAMETER["scale_factor",0.9996],
      PARAMETER["false_easting",500000],
      PARAMETER["false_northing",0],
      AUTHORITY["EPSG","25832"],
      AXIS["Easting",EAST],
      AXIS["Northing",NORTH]]
```

Die Angaben in dieser Datei bilden die geodätischen Grundlagen der Geodatabase 'Untersuchungsräume'. Alle verwendeten Datensätze werden in dieses räumliche Bezugssystem transformiert. Die notwendigen Transformationen wurden unter ArcGIS mit dem Werkzeug 'project' getätigt.

Die Tabelle zeigt eine Übersicht über die originären Koordinatensysteme der einzelnen Datensätze und dem Zielkoordinatensystem.

Tabelle 14 Räumliche Bezugssysteme der Arbeitsdaten

Datensatz	räumliches Bezugssystem (alt)	räumliches Bezugssystem (neu)
Wildschutzzäune NRW	ETRS_1989_UTM_Zone_32N	ETRS_1989_UTM_Zone_32N
Lärmschutzeinrichtungen NRW	ETRS_1989_UTM_Zone_32N	ETRS_1989_UTM_Zone_32N
Unzerschnittene verkehrsarme Räume in NRW	ETRS_1989_UTM_Zone_32N	ETRS_1989_UTM_Zone_32N
Lebensraumnetzwerke	DHDN/GK	ETRS_1989_UTM_Zone_32N
BISStra	WGS84_UTM	ETRS_1989_UTM_Zone_32N
CORINE Land Cover	ETRS89_LAEA_L52_M10	ETRS_1989_UTM_Zone_32N

Die schematische Darstellung beschreibt beispielhaft den Transformationsablauf zwischen den Systemen DHDN/GK (deutsches Hauptdreiecksnetz, Gauß-Krüger Projektion) und ETRS89/UTM Zone 32.

Die Koordinaten der Gauß-Krüger Projektion werden zuerst in ellipsoidische Koordinaten umgeformt und in das kartesische Koordinatensystem überführt. Der Bezugsübergang vollzieht sich dann zwischen den kartesischen Koordinaten beider Systeme über die 7-Parameter-Helmert-Transformation: Durch drei Verschiebungen, drei Drehungen und eine Maßstabsänderung werden die Koordinaten transformiert.

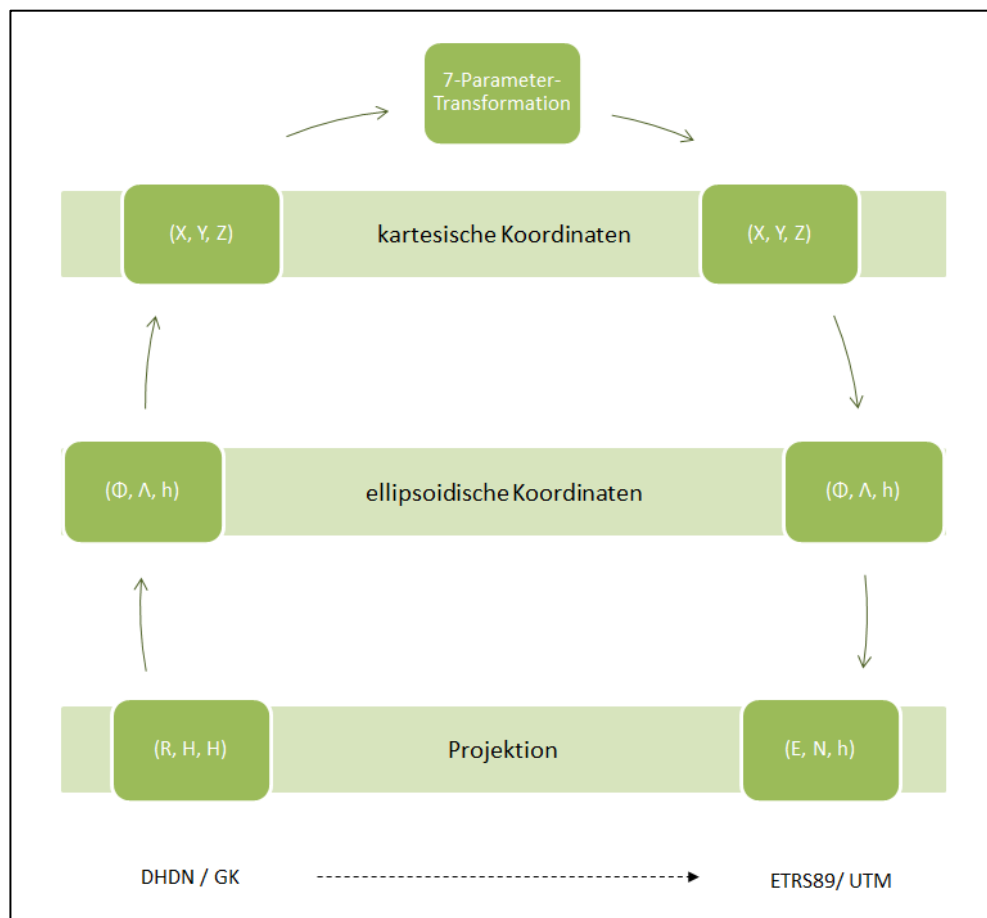


Abbildung 31 Datumsübergang DHDN-ETRS89

Für den Bereich Nordrhein-Westfalen empfiehlt ESRI die Durchführung des Datumsübergangs (also des Ellipsoidwechsels) mit den Parametern nach EPSG Code 1779, die sogenannte Koordinatentransformation DHDN to ETRS89 (4).

Tabelle 15 Transformation nach EPSG Code 1779 (Quelle: ESRI 2012)

Name	EPSG ID	Minimum Latitude	Minimum Longitude	Maximum Latitude	Maximum Longitude
DHDN_To_ETRS_1989_4	1779	50.3300	5.8700	52.3300	12.0300

Sie ist wie folgt parametrisiert:

```
1779 DHDN_To_ETRS_1989_4
GEOGTRAN["DHDN_To_ETRS_1989_4",
    GEOGCS["GCS_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",DATUM["D_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]], PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
    GEOGCS["GCS_ETRS_1989",DATUM["D_ETRS_1989",SPHEROID["GRS_1980",6378137.0,298.257222101]],
    PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
    METHOD["Position_Vector"],
    PARAMETER["X_Axis_Translation",584.8],
    PARAMETER["Y_Axis_Translation",67.0],
    PARAMETER["Z_Axis_Translation",400.3],
    PARAMETER["X_Axis_Rotation",0.105],
    PARAMETER["Y_Axis_Rotation",0.013],
    PARAMETER["Z_Axis_Rotation",-2.378],
    PARAMETER["Scale_Difference",10.29]
```

Neben der Nennung und den Definitionen der beiden beteiligten Koordinatensysteme "GCS_Deutsches_Hauptdreiecksnetz" und "GCS_ETRS_1989" werden die sieben Parameter der Verschiebungen aufgeführt und bestimmt.

Für die Untersuchungsräume BAB 1 und BAB 4 gilt, dass vier Datensätze umgeformt werden mussten: die Daten des Bundesamtes für Naturschutz, die BISStra- Daten der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) sowie die CORINE Land Cover Daten (Tabelle 14). Bei letzterem war nur ein Projektionswechsel durchzuführen, da das Ellipsoid bei Ein- und Ausgangsbezugssystem identisch ist. Der Datumsübergang musste hier nicht vollzogen werden.

5.4 Einpflegen der Datensätze

Die Datensätze liegen nun in identischen räumlichen Bezugssystemen vor, haben jedoch unterschiedliche räumliche Ausdehnungen. Die CORINE Land Cover Daten liegen für Europa vor, die Daten des Bundesamtes für Naturschutz für gesamt Deutschland, ebenso die Open Street Map Daten und die Informationen aus dem Bundesinformationssystem Straße (BISStra) der BAST. Die Daten der Wildschutzzäune, der Lärmschutzeinrichtungen sowie der unzerschnittenen Räume sind auf das Bundesland NRW eingegrenzt. Da die Untersuchungsräume in Nordrhein-Westfalen liegen, und um eine unnötige Datenmenge in der Geodatabase zu vermeiden, werden die größer ausgedehnten Datensätze auf die Ausdehnung des Bundeslandes NRW zugeschnitten. Als Begrenzungsobjekt diente ein Polygon mit der Ausdehnung des Bundeslandes NRW. Das Polygon ist eine generalisierte Abbildung der Landesgrenzen des Bundeslandes NRW im vergleichbaren Maßstab der topografischen Karten 1:250000. Da die Untersuchungsräume nicht die Landesgrenzen schneiden, ist es für die Zwecke der weiteren Untersuchungen ausreichend genau.

Das Zuschneiden erfolgt mit der ArcGIS Funktion 'clip'. Dieses Werkzeug extrahiert die Eingabeobjekte, die sich mit dem Zuschneideobjekt überlagern. Es arbeitet nach der Methode einer Ausstechform. Als Ergebnis wird eine neue Objektklasse erstellt, die die geographische Teilmenge des gesamten Objektes enthält. Die Abbildung erklärt das Prinzip.

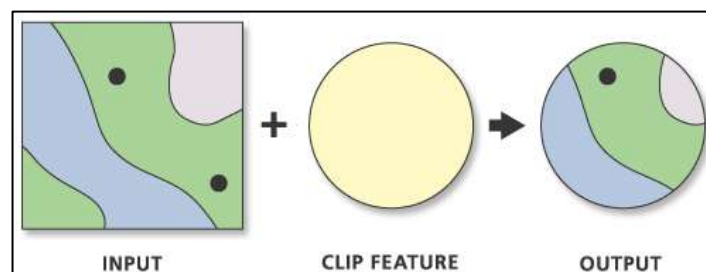


Abbildung 32 Clip Funktion (Quelle: ESRI 2013b)

Als Input werden die Datensätze CORINE Land Cover, Open Street Map, BISStra sowie die Lebensraumnetzwerke verwendet; das Clip Feature ist das Umringspolygon des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen. Nach dem Ausschneiden liegen alle Datensätze in den geographischen Ausdehnungen von NRW vor.

Wie in Kapitel 5.1 bereits erwähnt, bleiben die Datensätze UZVR, Lebensraumnetzwerke und CORINE Land Cover in ihren Objekten und Attributen beim Importieren in die Geodatabase 'Untersuchungsräume' unverändert. Nur die bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vorliegenden Datensätze BISStra, Wildschutzzäune und Lärmschutzeinrichtungen werden editiert in die Geodatabase importiert. Das Einpflegen und die Qualitätsprüfung dieser Datensätze werden nachfolgend erläutert.

5.4.1 BISStra

Der Datensatz der Bundesanstalt für Straßenwesen liegt als Datenbankauszug aus dem System BISStra vor. Extrahiert wurden Punktoobjekte, die die Querungen abbilden. Vier unterschiedliche Ausprägungen können bei einer visuellen Qualitätsprüfung identifiziert werden. Als Referenz wurden der Webdienst Microsoft Bing Maps Aerial sowie die Straßenmittelachse der Bundesautobahn aus den Open Street Map Daten (rot abgebildet) herangezogen:

- auf der Mittelachse und auf dem Querungsbauwerk



Abbildung 33 Beispiel 1 – Datensatz BISStra

- in großer Entfernung zum Querungsbauwerk und neben der Mittelachse

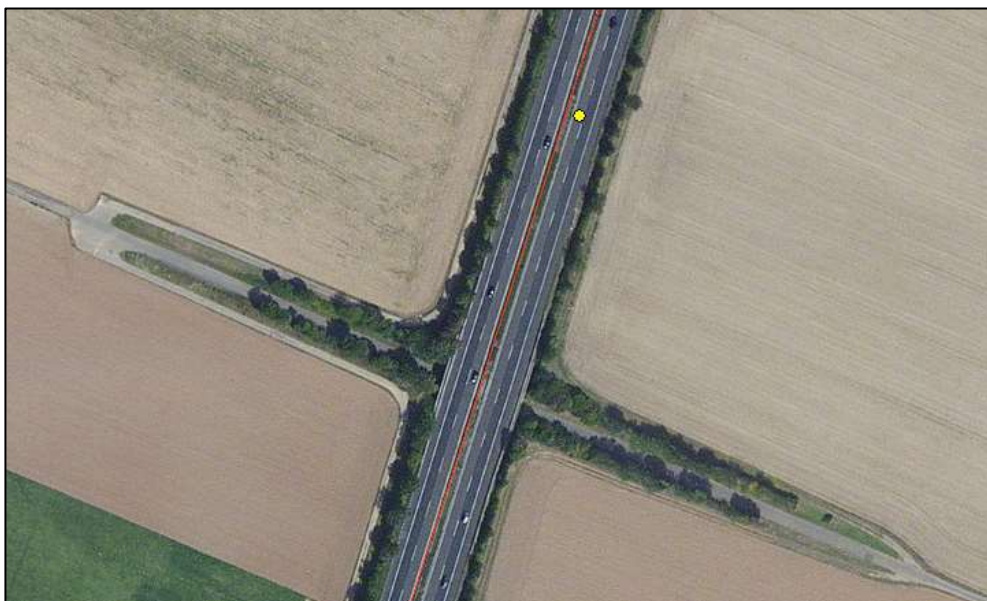


Abbildung 34 Beispiel 2 – Datensatz BISStra

- neben dem Bauwerk und der Mittelachse



Abbildung 35 Beispiel 3 – Datensatz BISStra

- fehlender BISStra Eintrag



Abbildung 36 Beispiel 4 – Datensatz BISStra

Das Fehlen von Bauwerken in der BISStra Datenbank hängt mit dem Aktualisierungsgrad der Daten zusammen. Der BISStra Datensatz stammt aus dem Jahr 2009. Die in der Abbildung 36 dargestellte 'Wildbrücke Heinzenberg' wurde dagegen erst 2012 fertiggestellt. Das Bauwerk kann also nicht in der Datenbank enthalten sein.

Weiterhin liegen auch Erfassungsfehler in den Daten vor. So repräsentieren scheinbar mehrere Punktoobjekte ein und dieselbe Querung. Die Abbildung 37 zeigt ein Beispiel. Ein Bauwerk hat zwei identische Bauwerksnummern 5009690, ferner ist nicht erkennbar, welcher der beiden Punkte die eigentliche Querung repräsentiert.

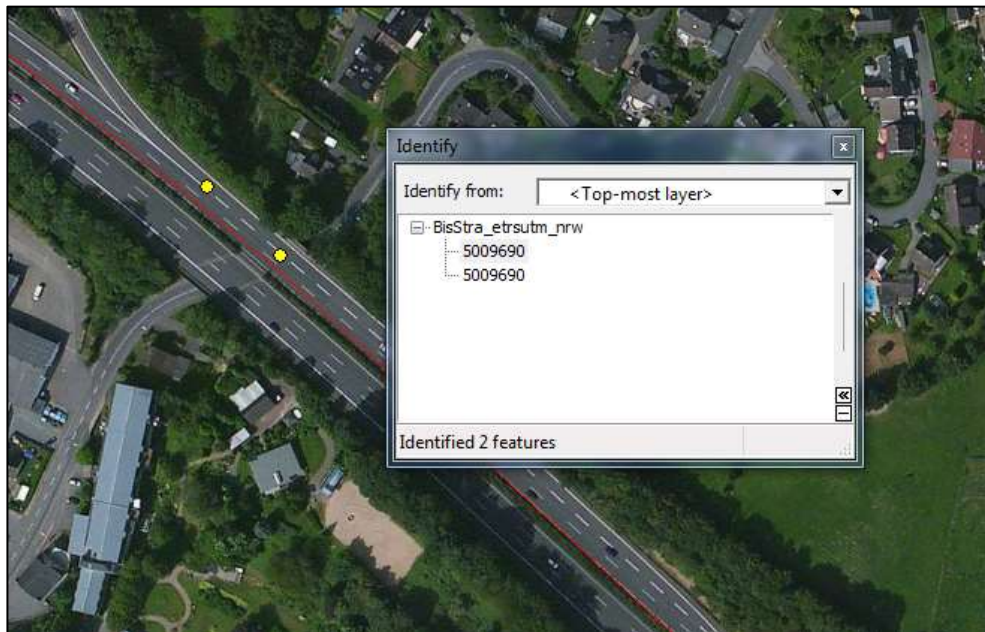


Abbildung 37 Beispiel 5 – Schwierige Punktzuordnungen innerhalb der BISStra Daten

Aufgrund der Datenlage und des heterogenen Erscheinungsbildes der BISStra Daten wurde in Absprache mit den Experten bei der Bundesanstalt für Straßenwesen beschlossen, eine Neudigitalisierung der Querungen durchzuführen. Es wurde festgelegt, dass die Querungsbauwerke auf der geometrischen Grundlage von verfügbaren Bilddaten auf der Mittelachse der Straßen neu digitalisiert werden (Kapitel 5.3.4). Ferner werden aus den ursprünglichen Punktdaten Linienobjekte gebildet, die sich an die Ausdehnung der Bauwerke, wie sie in den Luftbildern erkennbar sind, orientieren. Das bedeutet, dass nicht nur fehlende Bauwerke erfasst wurden, sondern der gesamte BISStra Datenbestand in den Untersuchungsräumen BAB 1 und BAB 4 geometrisch überarbeitet wurde.

Die Sachdaten der vorliegenden Querungsbauwerke wurden übernommen, die Attributfelder der neu digitalisierten Bauwerke wurden soweit mit Informationen befüllt, wie sie in den Bilddaten erkennbar sind. In der Geodatabase werden die digitalisierten Querungsbauwerke den Subtypes 'Unterführung' bzw. 'Überführung' zugeordnet.

5.4.2 Wildschutzzäune

Die Daten der Wildschutzzäune liegen als Vektorinformation vor. Bei der visuellen Prüfung der Daten fallen unterschieden qualitative Ausprägungen auf. Teilweise liegen die Vektordaten lagerichtig links und rechts der Straßenmittelachse, teilweise liegen sie aber auch übereinander straßenmittig. Der Datensatz macht einen qualitativ sehr unterschiedlichen Eindruck.



Abbildung 38 Beispiel 1 – Datensatz Wildschutzzäune NRW



Abbildung 39 Beispiel 2 – Datensatz Wildschutzzäune NRW

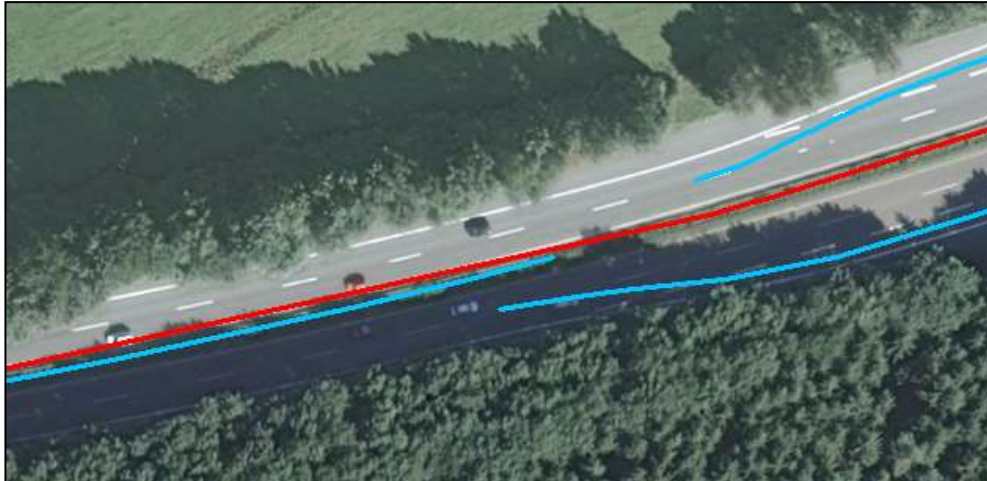


Abbildung 40 Beispiel 3 – Datensatz Wildschutzzäune NRW

Zur Lage der Geometrie wurde festgelegt, dass die Vektoren der Wildschutzzäune auf der Straßenachse platziert werden. Da keine Koordinateninformationen über die Positionen der Wildschutzzäune vorlagen und eine vermessungstechnische Neuaufnahme im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war, wurden die bestehenden Vektoren manuell auf die Vektoren der Straßenachse gezogen. Beim Überführen des Datensatzes in die Geodatabase 'Untersuchungsräume' werden folgende Datenaufbereitungsschritte durchgeführt:

- Lageeinpassung auf die Mittelachse (Beispiel 1),
- Objekte an Auf- und Abfahrten werden gelöscht (Beispiel 2),
- sich überlagernde Wildzaunvektoren mit den Attributwerten links-rechts werden zusammengefügt und mit dem Wert 'beidseitig' deklariert (Beispiel 3).

Die Sachinformationen der Wildschutzzäune sind teilweise nicht dokumentiert. Im Begleitdokument zum Datensatz fehlen Angaben zur genauen Erklärung der Attribute. Die Tabelle 16 zeigt die Attributbelegungen, wie sie im Begleitdokument aufgeführt sind.

Tabelle 16 Sachinformationen Datensatz Wildschutzzäune NRW

Feld	Datentyp	Datenlänge	Beschreibung	Feldquelle
ABS	Text	16		
vStat	Double			ULR_NW
nStat	Double			ULR_NW
Seite	Text	6	Links – Rechts - Mitte	ULR_NW
Art	Text	14	Wildschutzzaun (vorbelegt)	ULR_NW
Grasfläche	Text	10	Angabe in m ²	ULR_NW
Gehölzfläc	Text	10	Angabe in m ²	ULR_NW
Tore_Türen	Text	7	Angabe in Stückzahl	ULR_NW
Leit_Sperr	Text	6		ULR_NW
Echte_Läng	Text	9	Angabe in Meter	ULR_NW
Bemerkung	Text	62		geomer

Bei der Überführung in die Geodatabase werden die Wildschutzzäune dem Subtype 'Barriere' zugeordnet. Die Attributfelder werden wie folgt zugewiesen.

Eingangsattribut	Beziehung	Zielattribute der Geodatabase (Auszug)
ABS		Bauwerk
nStat		
vStat		Quelle
vStat		Attribute des Datensatzes BISStra
Seite		
Art		Attribute des Datensatzes Lärmschutzeinrichtungen
Grasfläche		Strassenseite
Gehölzfläc		
Tore_Türen		Kategorie
Leit_Sperr		Objektart
Echte_Länge		Untersuchungsraum
Bemerkung		Bemerkungen

Abbildung 41 Attributzuweisung des Datensatzes Wildschutzzäune in der Geodatabase

Die hellgrün hinterlegten Eingangsattribute werden nicht integriert und überführt, da sie keine gewinnbringenden Informationen für die Durchlässigkeitsanalyse beinhalten. Die hellgrünen Attributfelder der Zielattributspalte (Geodatabase) werden bei der Überführung bzw. bei der Neuerfassung der Geometrien automatisiert mit Informationen gefüllt. Die weißen Attributfelder der Zielattributspalte kommen für die Objektart Wildschutzzaun nicht zum Tragen.

5.4.3 Lärmschutzeinrichtungen

Im Gegensatz zu den Wildschutzzäunen wurden die Lärmschutzeinrichtungen lagerichtig kartiert und werden entsprechend abgebildet. Die beiden Abbildungen geben Beispiele über die Ausprägung der Kartierungen:

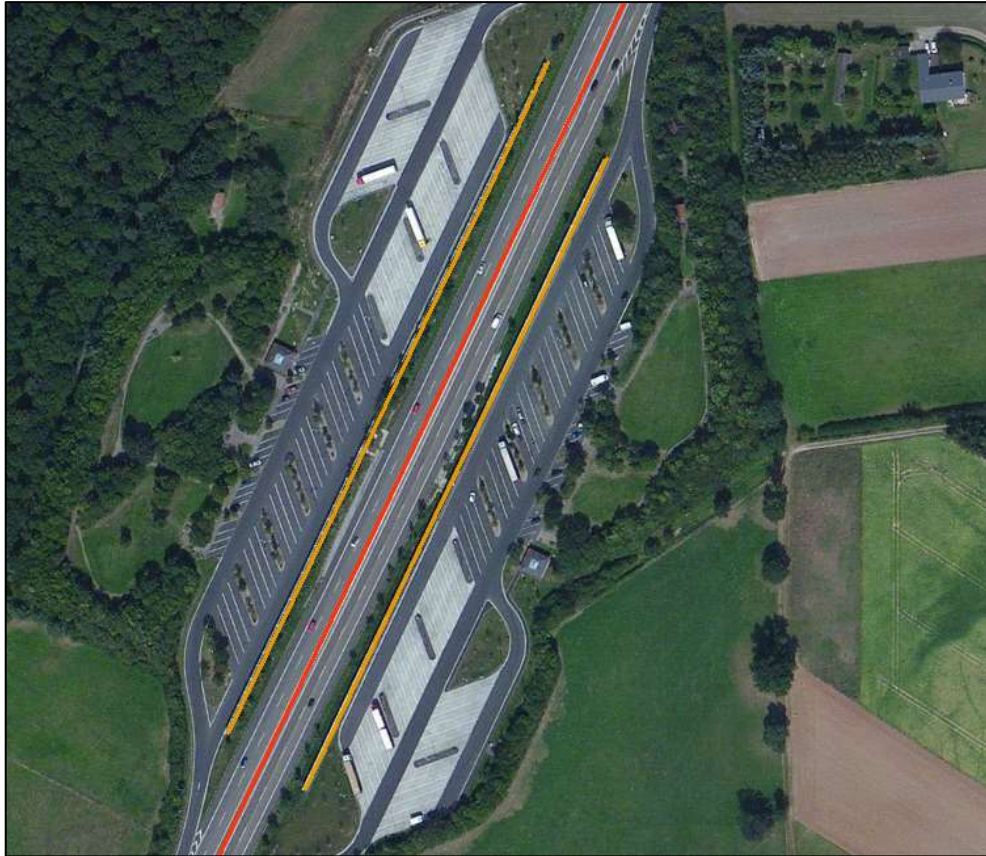


Abbildung 42 Beispiel 1 - Datensatz Lärmschutzeinrichtungen NRW



Abbildung 43 Beispiel 2 - Datensatz Lärmschutzeinrichtungen NRW

Die Sachinformationen bestehen nach STRASSEN.NRW (2011) aus folgenden Attributen:

Tabelle 17 Sachinformationen Datensatz Lärmschutzeinrichtungen

Feld	Datentyp	Datenlänge	Beschreibung	Feldquelle
Shape	Polyline		Beschreibt die Geometriedaten im Layer	
LINIENNR	Text	50	Frei definierbare Liniennummer der Lärmschutzeinrichtung. Nummer, die innerhalb des Straßenabschnitts eindeutig ist. Innerhalb des Projektes wird sich die Nummer aus ABS, Station von StuetzpunktNR_ANFANG, Abstand Achse, Lage_R_L_M zusammensetzen	ULR_NW
STR_KLASSE	Text	1	Straßenklasse	ULR_NW
STR_BEZ_ku	Text	6	Straßenbezeichnung kurz (ohne vorangestellte Nullstellen), z. B. A 3	ULR_NW
Stuetz_ANF	Text	40	Stützpunktnummer Anfang	ULR_NW
Stuetz_END	Text	40	Stützpunktnummer Ende	ULR_NW
Lage_R_L_M	Text	1	R= in Stationierungsrichtung L= gegen Stationierungsrichtung M= in Straßenmitte	ULR_NW
Art_LS	Text	1	1= Wand 2= Wall 3= Wall/Wand 4= Gabione 5= Wall/Gabione 6= vermutlicher Sichtschutz (z. B. auf Brücken) 7= Wand gekröpft 9= Sonstige	ULR_NW
MATERIALBE	Text	1	Angabe nur bei Wand, Wall/Wand, vermutlicher Sichtschutz und Wand gekröpft 1= Glas 2= sonstige	ULR_NW
LAENGE	Double	19	Angabe in Kilometer mit 3 Nachkommastellen	ULR_NW
Shape_Leng	Double	19	Angabe in Meter	geomer
Gebietsnum	Text	10	Eindeutige Gebietsnummer verweist auf den Originaldatensatz. NW: Nordrhein-Westfalen	geomer
TYP	Text	20	Typ der Lärmschutzeinrichtung (Klartext)	geomer
Quelle	Text	10	Verweist auf die zuständige Behörde und gibt einen Hinweis auf fehlende Lärmschutzeinrichtungen Straßen.NRW Landesbetrieb Straßenbau NRW, Abt. NWSIB, Deutz-Kalker-Straße 18-26, 50679 Köln	geomer
Aktualisie	Date	8	Letztes Aktualisierungsdatum	geomer
BAUSTOFFKL	Text	100	Material (Klartext)	geomer
Hoehe_Einr	Double	19	Relative Höhe über Gelände (aus Höhe_NN und den Fahrbahnhöhen berechnet)	geomer
Hoehe_NN	Double	19	Höhe Oberkante über NHN (aus Stützpunkten der LSE berechnet)	geomer

Weitere Informationen oder Erläuterungen zu den einzelnen Attributen liegen nicht vor. Betrachtet man sich die Attribute genauer, fällt folgendes auf:

- Obwohl in dem erläuternden Dokument das Attribut 'Aktualisie' (also eine Angabe über die Aktualität des Objektes) verzeichnet ist, taucht es im Datensatz selbst nicht auf.
- Die Einteilung in die verschiedenen Lärmschutzeinrichtungen ist redundant in den Spalten 'Art_LS' und 'TYP' hinterlegt.

Bei der Überführung in die Geodatabase werden die Wildschutzzäune dem Subtype 'Lärmschutz' zugewiesen. Die Attributfelder werden entsprechend der Abbildung 44 zugewiesen.

Eingangsattribut	Beziehung	Zielattribute der Geodatabase (Auszug)
LINIENNR		Bauwerk
STR_KLASSE		
STR_BEZ_ku		Quelle
Stuetz_ANF		Attribute des Datensatzes BISStra
Stuetz_END		
Lage_R_L_M		Attribute des Datensatzes Wildschutzzäune
Art_LS		
MATERIALBE		Rel. Höhe
LAENGE		
Shape_Leng		Strassenseite
Gebietsnum		
TYP		Kategorie
Quelle		
Aktualisie		Objektart
BAUSTOFFKL		
Hoehe_Einr		Untersuchungsraum
Hoehe_NN		Bemerkungen

Abbildung 44 Attributzuweisung des Datensatzes Lärmschutzeinrichtungen in der Geodatabase

Bei der Überführung in die Geodatabase werden folgende Attribute übernommen:

- STR_BEZ_ku,
- Lage_R_L_M,
- TYP,
- Quelle,
- Hoehe_Einr..

Die Straßenbezeichnung aus dem Attributfeld 'STR_BEZ_ku' werden in die Bezeichnungen BAB 1 bzw. BAB 4 (je nach Lage im Untersuchungsgebiet) harmonisiert. Die hellgrünen Attributfel-

der der Zielattributspalte (Geodatabase) werden im Rahmen der Überführung automatisiert mit Informationen gefüllt.

5.4.4 Erfassungsgrundlage der Neudigitalisierung von Querungsbauwerken

Wie schon in Kapitel 5.3.1 festgestellt wurde, ist der Datenextrakt aus dem GIS BISStra nicht aktuell genug. Die Daten sind auf das Jahr 2009 datiert und es fehlen somit neuere Bauwerke. Daher ist ein Aktualitätsabgleich mit unterschiedlichen frei verfügbaren Bilddaten vorzunehmen. Die Nutzung von Webdiensten ist dabei die einzige Möglichkeit, den BISStra Datenbestand auf Aktualität zu prüfen, da ein Feldvergleich aufgrund zeitlicher Vorgaben zur Bearbeitung dieser Masterarbeit verworfen werden musste.

Ein erster Abgleich erfolgt mit Google Earth. Die BISStra Daten wurden in das von Google interpretierbare kml-Format umgewandelt und in die Software Google Earth importiert.

In einem ersten Überflug zeigt sich jedoch, dass der Aktualitätsstand der Google Earth Daten nicht hoch genug ist. Die Bildaufnahmen entlang der BAB 1 sind auf die Jahre 2009/2010 datiert. Augenfällig wird dies im südlichen Teil der BAB 1 in der Nähe von Nettersheim. Hier wurde in den letzten Jahren die 'Wildbrücke Heinzenberg' errichtet, die 2012 fertiggestellt wurde. Sie ist unter Google Earth nicht erkennbar.

Betrachtet man den gleichen Abschnitt im Rasterdatenlayer der Microsoft Bing Maps Aerial zeigt sich an der Position eine im Bau befindliche Brückenkonstruktion. Im Bereich der BAB 1 und auch der BAB 4 ist der Microsoft Bing Maps Bilddatensatz somit aktueller als der in Google Earth. Sein Aktualitätsstand wird mit 2012 angegeben.

Da als weitere Referenz auch die digitalen Orthophotos (DOP) der Bezirksregierung Köln zur Verfügung stehen, wurde auch mit diesen ein visueller Abgleich durchgeführt. Dazu wurde der Webdienst in ArcGIS eingebunden und visualisiert. Die DOP sind jedoch ebenso wie die Google Earth Daten nicht aktuell. Ein Blick in die Metadaten der Raster zeigt einen Aktualisierungsgrad in den Bereichen der BAB 1 und BAB 4 aus den Jahren 2009 / 2010.

So wurden ein Aktualitätsvergleich und die Neuerfassung der BISStra Daten unter Zuhilfenahme von Microsoft Bing Aerial Daten direkt in ArcGIS durchgeführt. Die Google Earth Schrägsicht wurde ergänzend zur visuellen Unterstützung verwendet.



Abbildung 45 Wildbrücke Heinzenberg – BAB 1, Microsoft Bing Maps Aerial, Aktualität: 2012



Abbildung 46 Wildbrücke Heinzenberg – BAB 1, Google Earth, Aktualität: 2009 / 2010



Abbildung 47 Wildbrücke Heinzenberg – BAB 1, DOP der Landesregierung NRW, Aktualität: 2010

5.5 Topologische Untersuchungen

Wenn im Rahmen von Analysen räumliche Beziehungen zwischen Objekten untersucht werden, müssen diese Objekte zuvor in einen topologischen Zusammenhang gesetzt werden. Nur in einem topologisch sauberen Datenbestand ist eine Analyse von Objekten aus unterschiedlichen Objektklassen sinnvoll. Im Rahmen dieser Arbeit stehen die Objekte Bauwerke und Straßenachse in einer räumlichen Beziehung. Ihre Abhängigkeiten werden im Kapitel 5.5.2 erläutert, zuvor wird der Begriff Topologie eingeführt.

5.5.1 Definition Topologie

Topologie beschreibt allgemein die räumliche Beziehung von Objekten zueinander. Sie definiert z. B. das Aneinandergrenzen von Flächen oder das Schließen von Linien. Die topologische Prüfung eines Datenbestandes ist eine Qualitätskontrolle von Geodaten abseits der Attributebene. Über softwaretechnische Abfrageroutinen können in einem Vektordatenbestand geometrische Inkonsistenzen ermittelt werden. Das sind zum Beispiel nicht idente Koordinaten an Endpunkten von zusammenlaufenden Linien (sogenannte undershoots und overshoots), doppelt erfasste Linien oder unerwünschte Flächenüberlagerungen (sliver polygons).

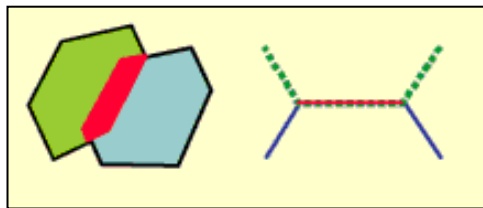


Abbildung 48 Topologien 'keine Überlappung' (Quelle: ESRI 2013c)

Die roten Bereiche in der Abbildung zeigen die bei einer topologischen Überprüfung gefundenen topologischen Fehler. Nicht erlaubte oder erwünschte Überlappungen zwischen Objekten werden detektiert und müssen eliminiert werden. Um topologische Fehler in einem Datenbestand aufspüren zu können, müssen Regeln über die Relationen der Objekte definiert werden und Sachverhalte bestimmt werden, die auf der anderen Seite als Fehler zu klassifizieren sind. Dieses Regelwerk ist abhängig von Grundfaktoren eines Datenbestandes und muss jeweils individuell auf diesen angepasst werden.

5.5.2 Festlegen topologischer Abhängigkeiten

Um Topologien aufzubauen, ist unter ArcGIS die Nutzung einer Geodatabase zwingend erforderlich. In einer Geodatabase werden die in einer topologischen Beziehung stehenden Objekte innerhalb sogenannter Feature Data Sets abgelegt. Nur innerhalb der Feature Data Sets ist es

möglich, Topologien zu prüfen. In der Geodatabase 'Untersuchungsräume' wurden zu diesem Zwecke die Feature Data Sets 'avier' und 'aeins' (Seite 50, Abbildung 24) angelegt, in denen die Objekte 'Bauwerke' und 'a_vier' beziehungsweise die Objekte 'Bauwerke' und 'a_eins' verwaltet werden.

Diese Objekte stehen bisher in keinem direkten Zusammenhang. Sie sind unstrukturiert, nicht-topologisch. Die Abbildung 49 zeigt ein Beispiel der nicht vorhandenen Beziehung zwischen den Wildschutzzäunen (Objekt 'Bauwerke/Barriere') aus dem Datenbestand von Straßen.NRW und der aus Open Street Map Daten extrahierten Mittelachse der Bundesautobahnen (Objekte 'a_eins' bzw. 'a_vier'). Beide Datenbestände lagen bisher in getrennten Ablagesystemen vor und stehen somit in keiner topologischen Beziehung zueinander.



Abbildung 49 Wildschutzzäune und Straßenachse ohne topologische Bezüge

Im Rahmen der Qualitätsprüfung der Überführung der Daten in die Geodatabase werden nun Topologien zwischen den Objekten 'Bauwerke' und der Straßenachse aufgebaut.

Da die Vektoren der Wildschutzzäune lagemäßig fehlerhaft vorliegen – weder straßenmittig noch an der Position, wo sie im darunterliegenden Luftbild ausgemacht werden können - ist eine Neudigitalisierung notwendig. Im Zuge derer wurde vereinbart, dass die Wildschutzzäune auf den Straßenlayer eingepasst werden und sich mit diesem überlagern. Ferner sollen Wildschutzzäunpolygone nicht doppelt erfasst werden (einer für den linken, einer für den rechten Straßenrand), sondern in den Fällen des beidseitigen Vorkommens diese mit der Attributinformation 'beidseitig' deklariert wird.

Die Attributwerte 'links' und 'rechts' sind im Bezug zur Autobahnkilometrierung zu sehen. Die BAB 1 führt von Süden nach Norden, also ist 'rechts' die östliche Straßenseite, die BAB 4 verläuft von Westen nach Osten, daher bezeichnet 'rechts' die südliche Straßenseite.

Die Objekte 'Bauwerke/Überführung' und 'Bauwerk/Unterführung' werden ebenso neu erfasst. Auch hier wird eine topologische Beziehung zu den Straßenachsen aufgebaut, die sich in den Topologieregeln niederschlägt.

Im Regelwerk der Beziehung 'Bauwerke' und 'a_eins' bzw. 'Bauwerke' und 'a_vier' finden sich daher die Anweisungen:

1. Linienobjekte der Klasse 'Bauwerke/Barriere', 'Bauwerk/Überführung' sowie 'Bauwerk/Unterführung' und der Objektklasse 'a_*' müssen lagegleiche Geometrien aufweisen

und

2. die jeweiligen Objektklassen müssen an ihren Endpunkten miteinander verbunden sein.

Die Prüfung der Topologie vollzieht sich anhand dieser Regeln. Das Regelwerk wird unter ArcGIS innerhalb der Feature-Datasets definiert. Als Beispiel sei die Topologieregel 'wird überdeckt durch alle Features der Feature-Class von' dargestellt. Diese Regel bezieht sich auf die erste Bedingung. Die ESRI Onlinehilfe beschreibt sie wie folgt:

„Linien einer Feature-Class (oder eines Subtypes) müssen durch die Linien in einer anderen Feature-Class (oder einem anderen Subtype) abgedeckt sein. Dies ist hilfreich bei der Darstellung logisch unterschiedlicher, aber lagegleicher Linien, z. B. Routen und Straßen. Eine Feature-Class für eine Busroute darf nicht von den in der Streets-Feature-Class definierten Straßen abweichen.“ (ESRI 2013d).

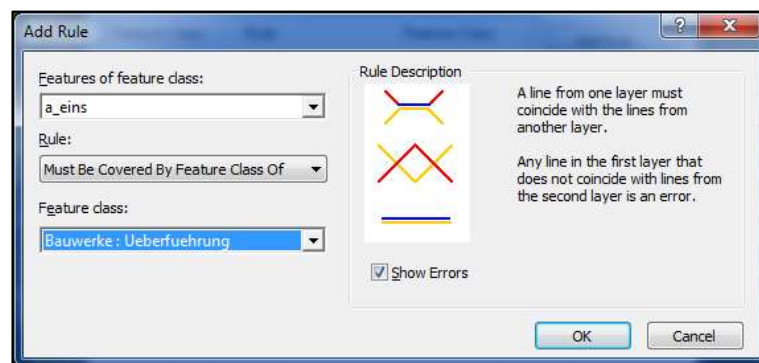


Abbildung 50 Topologieregeldefinition unter ArcGIS

Auf den Datensatz übertragen heißt dies, dass der Wildschutzzaun auf der Mittelachse der Autobahn zu liegen kommt. In gleicher Art wird für den Vektordatensatz 'Bauwerke/Unterführung' bzw. 'Bauwerke/Überführung' verfahren. Die Querungsbauwerke sollen auf den Mittelachsen erfasst werden (Abbildung 50).

Entsprechend dieser Konventionen werden die Vektordatensätze in der Geodatabase qualitativ geprüft. 'Sliver polygons' (das nicht saubere Übereinanderliegen der Vektoren) und fehlerhafte Verbindungen an Endpunkten von Vektoren werden bereinigt.

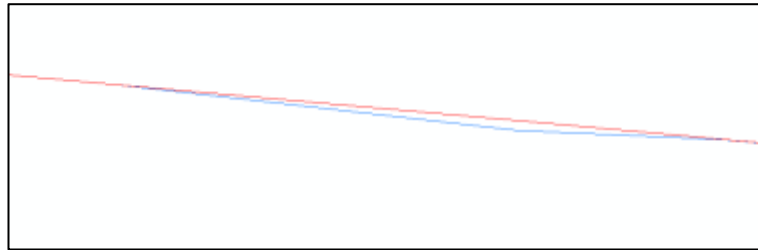


Abbildung 51 'Sliver polygon' zwischen dem Straßenvektor (rot) und dem Wildschutzaunvektor (blau); Ansichtsmaßstab 1:250

Als Ergebnis liegt ein geometrisch homogener Datensatz 'Bauwerke' vor, der in seiner Beziehung zu den Mittelachsen der Straßen BAB 1 und BAB 4 keine topologischen Fehler mehr aufweist.



Abbildung 52 Querungsvektor liegt auf der Mittelachse der Autobahn

Die Objekte 'Bauwerke/Lärmschutz' gehen keine topologische Beziehung ein. Da die Daten der Lärmschutzeinrichtungen lagerichtig korrekt kartiert sind, fällt eine Neudigitalisierung dieser Objekte nicht an, und für den Ausgang der Analyse und die generelle Nutzbarkeit der Daten in der Geodatabase besteht nicht die Notwendigkeit, Topologien zu den anderen Objekten aufzubauen. Aus diesen Gründen wurde daher auf eine Neudigitalisierung und den Aufbau von Topologien verzichtet.

Die Abbildung zeigt zusammenfassend ein Datenbeispiel des Untersuchungsraumes BAB 4 und der in der Geodatabase integrierten Objekte.



Abbildung 53 Vektorobjekte in der Geodatabase Untersuchungsräume

Pink dargestellt ist die Mittelachse der Bundesautobahn, blau die Barrieren (Wildschutzzaun) beige die Lärmschutzeinrichtung (hier eine Baumreihe). In Rot abgebildet ist eine Überführung. Nachfolgend der Datenbankauszug für die drei Objekte (die Attribute der BISStra Daten sind nicht aufgeführt):

Tabelle 18 Objekte in der Geodatabase Untersuchungsräume

OBJECTID	368	413	416
Bemerkung	keine	keine	keine
Rel Höhe	<NULL>	<NULL>	1,5075
Bauwerk	Überführung	Barriere	Laermschutz
Quelle	Microsoft Bing Maps Aerial	Straßen.NRW	Straßen.NRW
Strassenseite	<NULL>	beidseitig	rechts
Kategorie	offen	geschlossen	<NULL>
Objektart	Fußgängerweg	Wildschutzzaun	Wall
Untersuchungsraum	BAB4	BAB4	BAB4
BisStra_ID	5011728	<NULL>	<NULL>

5.6 Rasterung

Nachdem die räumlichen Beziehungen aller Datensätze in der Geodatabase geprüft wurden, beinhaltet der nächste Schritt die Vorbereitungen der naturschutzfachlichen Umweltdaten UZVR, Lebensraumnetzwerke und Korridore sowie CORINE Land Cover. Die Abbildung verdeutlicht die anstehenden Arbeiten in der Geodatabase: die Rasterung der Vektordatensätze, die Neuklassifikation der Raster nach einer definierten Vorgabe und die räumliche Eingrenzung auf die Areale rund um die Querungsbauwerke.

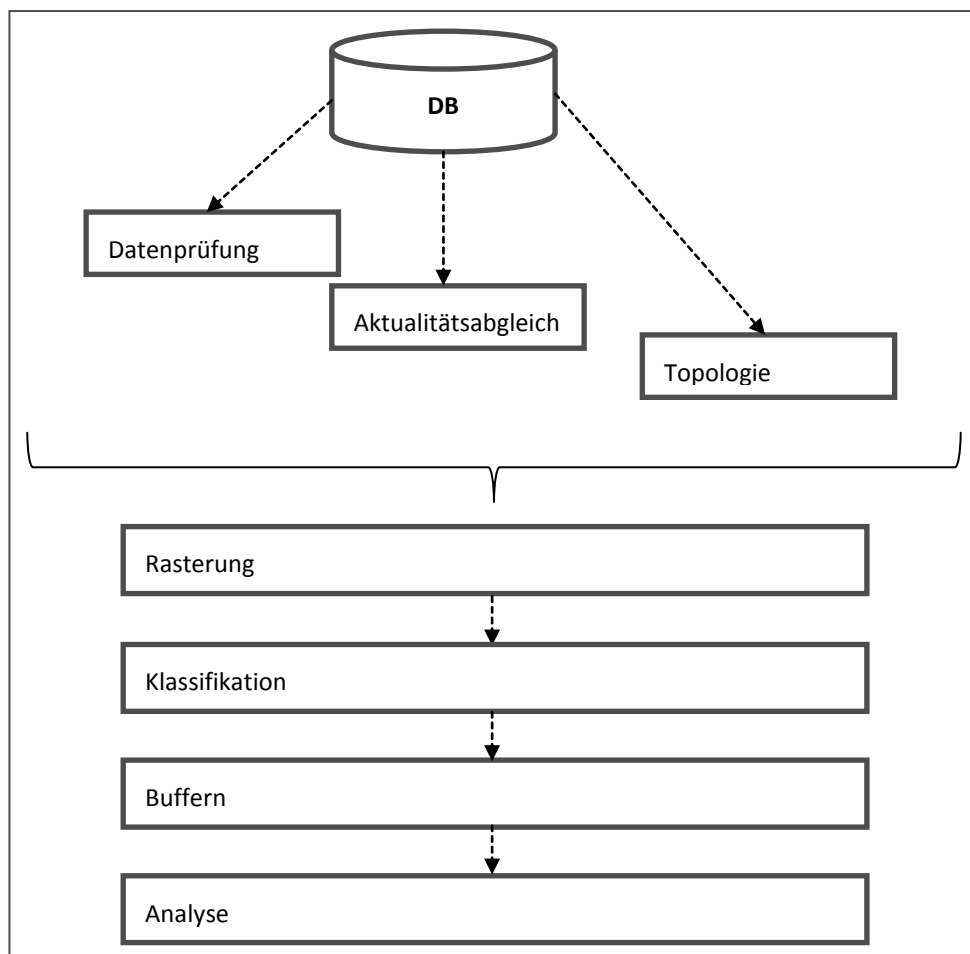


Abbildung 54 Schaubild zur Durchführung der Arbeiten Teil 2

5.6.1 Rastern der Vektordaten

Die naturschutzfachlichen Daten liegen als Vektordatensatz vor. Um sie für eine Analyse nutzbar zu machen, müssen sie in Rasterdaten konvertiert werden. ESRI (2013e) definiert den Begriff Raster wie folgt:

„Raster sind rechteckige Arrays von Zellen (oder Pixeln), in denen jeweils ein Wert für den Teil der bedeckten Oberfläche gespeichert ist. Eine bestimmte Zelle enthält einen einzigen Wert. Daher können Details für die Oberfläche nur bis zur Größe einer Raster-Zelle dargestellt werden. Raster sind die am häufigsten verwendeten Oberflächenmodelle in ArcGIS. Die Unkompliziertheit der Raster-Datenstruktur ermöglicht schnellere Berechnungen für Raster (oder Vergleiche zwischen Rastern) als in anderen Oberflächendarstellungen. Mit Rastern werden auch Bilder, gescannte Karten- und Kategorieinformationen gespeichert, beispielsweise Flächennutzungs-klassen, die häufig aus Bildern abgeleitet werden.“

Unter ArcGIS steht für die Rasterung von Vektordaten das Werkzeug ‘Feature to Raster’ zur Verfügung. Für die Rasterung wurde bei allen Datensätzen eine Rasterweite von 5 Metern spezifiziert. Diese Pixelgröße erscheint als guter Kompromiss zwischen Detaillierbarkeit und vernünftigem Speicheraufkommen.

Beispielhaft wird der Datensatz der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume im Original und als Raster dargestellt. Als komprimiertes Raster im jpg2000 Format besitzt er eine noch handhabbare Datensatzgröße Größe von 29 MB.

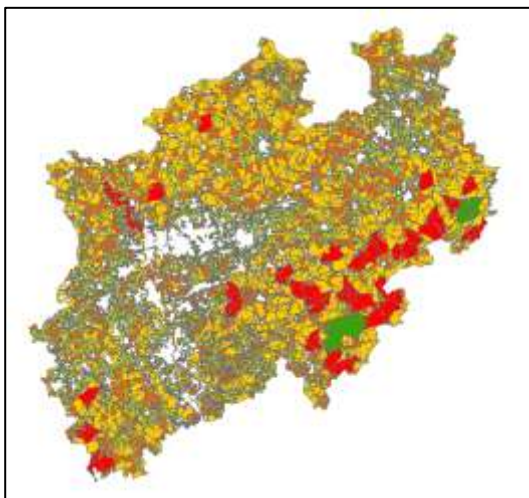


Abbildung 55 UZVR Vektordatensatz

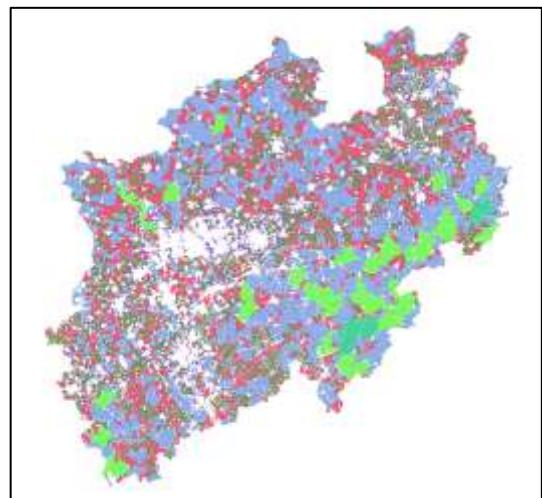


Abbildung 56 UZVR Rasterdatensatz

Alle für die Rasteranalyse nötigen Datensätze sind umzuwandeln. Im Einzelnen sind dies neben den UZVR Daten die Datensätze CORINE Land Cover Daten sowie Daten der Lebensraumnetzwerke und der Wanderungskorridore.

Der Datensatz ‘GS_Korridore’ (Großsäuger-Wanderungskorridor) weist dabei eine Besonderheit auf. Er ist als Vektordatensatz mit frei definierter Linienstärke verzeichnet. In der Realität ist ein Korridor jedoch breiter als jedwede im Datensatz verwendete Linienstärke bzw. ihrer

kartografischen Abbildung. Um dies zu berücksichtigen, wurde um die Korridorlinie ein Puffer von 500 Metern gelegt und dieser Streifen anschließend gerastert. Diese Ausweitung erfolgt in Anlehnungen an die Literatur, die Korridore mit einer Breite von 250 bis 1000 Meter veranschlagen (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG 2012; VÖLK F. 2006). Die Abbildung verdeutlicht das Vorgehen: in Beige dargestellt ist der Vektor aus dem Originaldatensatz, in Blau der gerasterte Buffer. Der rote Vektor symbolisiert die Mittelachse der BAB 1.



Abbildung 57 Großsäugerkorridor und gerasterter Pufferbereich

5.6.1 Klassifikation

Um besser analysierbare Information zu bekommen, bietet sich eine Reklassifikation der Eingangsdaten an. Beim Reklassifizieren werden die Werte eines Rasters durch einen neuen Wert ersetzt. Die vorhandenen Informationen eines Rasters werden somit umstrukturiert. Für die Reklassifikation stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung, die auf alle Zellen innerhalb eines definierten Gebietes angewendet werden.

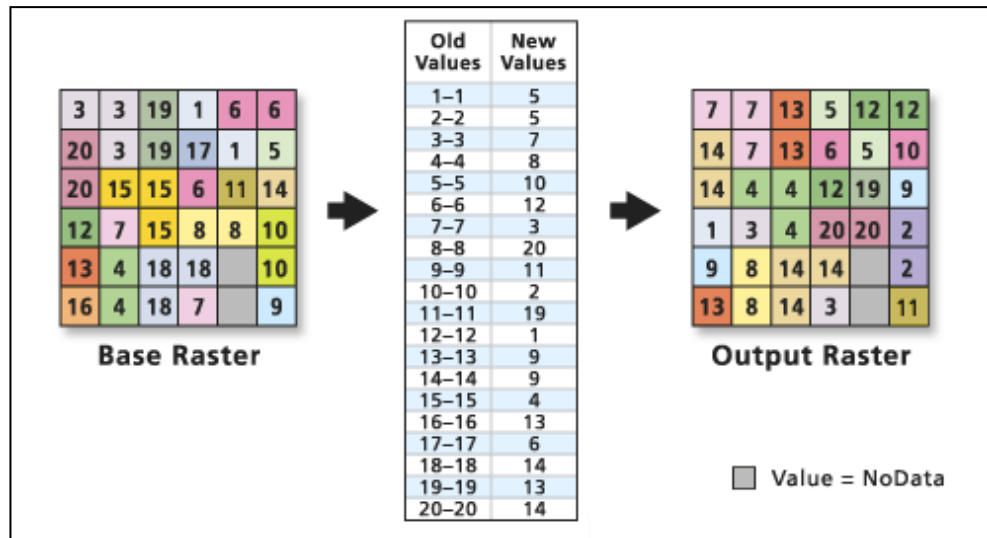


Abbildung 58 Beispiel einer Reklassifikation eines Rasterdatensatzes (Quelle: ESRI 2013f)

Im Rahmen dieser Arbeit ist das Ziel der Klassifizierung, die Rasterinformationen so zu strukturieren, dass sie sich als Datengrundlage zur Qualitätseinteilung der Querungen eignen. Im Lösungsansatz werden diese naturschutzfachlichen Daten benutzt, um die landschaftliche Einbettung der Querungen abzubilden, damit eine Qualitätsaussage über die naturräumliche Lage einer Querung getroffen werden kann.

So wurde zum Beispiel das Raster 'Großsäugerkorridor' mit den Werten 'liegt vor' / 'liegt nicht vor' oder '10' / '0' belegt. Ein existierender Korridor in der Nähe einer Querung wertet diese im naturschutzfachlichen Sinne qualitativ auf, was der Rasterwert '10' verdeutlichen soll.

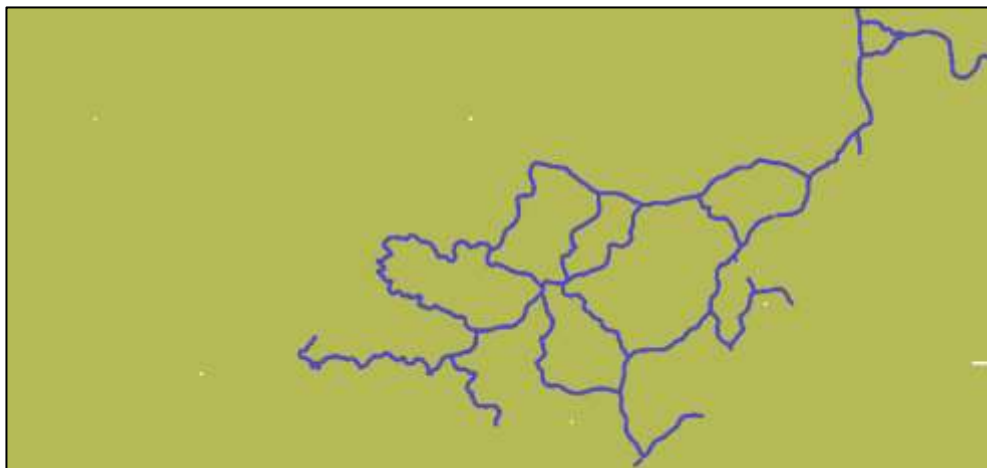


Abbildung 59 Reklassifizierter Datensatz Großsäugerkorridor
(blau: Wert 10 = Korridor, grün: Wert 0 = kein Korridor)

Bei der Reklassifikation der Rasterlayer wurde versucht, eine homogene Wertezuweisung vorzunehmen, um eine einheitliche Skaleneinteilung über alle Raster zu erzielen. So ist der Maximalwert in allen Rasterlayern '10', auch ist die Schrittweite von zwei zwischen den Wertebereichen.

reichen in allen Rastern identisch. Bei einer Diskussion mit den Fachleuten der Bundesanstalt für Straßenwesen wurde die Klassifikationsvergabe der Rasterdaten für diese Arbeit akzeptiert, wenn auch weitere Wertemodelle als denkbare Lösung angesprochen und erörtert wurden. Diese werden hier aber nicht weiter betrachtet, sondern sind als Optimierungsvorschlag für mögliche Folgearbeiten anzusehen (Kapitel 7).

Die Daten der Lebensraumnetzwerke bestehen aus je zwei Funktionsraumklassen. Eine Klasse kennzeichnet die Funktionsräume des großräumigen Verbundes, die andere Klasse Kernräume mit hoher Biotopdichte (TRO_FR_1500 - TRO_FR_250; FEU_FR_500 - FEU_FR_100; WA_FR_500 - WA_FR_100).

Kernräume gehören immer zu einem Funktionsraum des übergeordneten Verbundes. In diesen Funktionsräumen des überörtlichen Verbundes können sich dann Kernräume unterschiedlicher Bedeutung befinden. Jede Funktionsraumklasse hat fünf Bedeutungsstufen. Je höher der Stufenwert, desto höher die Lebensraumfläche. Funktionsräume werden nach HÄNEL (2010) wie folgt definiert:

„Funktionsräume sind hierarchisch nach Entfernungsklassen und zwischenliegender Landnutzung verknüpfte Systeme funktional verbundener Lebensräume. Je nach Entfernungsklasse (z. B. 100, 250, 500, 1.000 oder 1.500 m) spiegeln sie einerseits Metapopulationssysteme für unterschiedlich mobile Arten wider, andererseits Ausbreitungsachsen für stenotope Arten sowie Pufferflächen für sensible Biotoptypen. Funktionsräume der Entfernungsklasse 500 m (FR 500) zeigen Raumzusammenhänge auf, bei denen Lebensräume i. d. R. bis zu 500 m voneinander entfernt liegen (oder bei benachbarten sehr großen Lebensräumen bis zu max. 1.000 m), ohne dass geschlossene Siedlungen dazwischen liegen.“

Die Datensätze des Bundesamtes für Naturschutz liegen für die Funktionsräume Feuchtlebensraum, Trockenlebensraum und Waldlebensraum in verschiedenen Distanzklassen vor. Sie werden getrennt reklassifiziert und in 5 Werteklassen unterteilt. Da der Wert '5' in den Originaldatensätzen die höchste Bedeutung repräsentiert, wird er mit '10' reklassifiziert. Demzufolge ergibt sich folgende Reklassifikationstabelle:

Tabelle 19 Reklassifikation der Funktionsräume

Stufe	Beschreibung	Zellenwert Raster	Zellenwert nach Reklassifikation
1	niedrige Bedeutung	1	2
2		2	4
3		3	6
4		4	8
5	hohe Bedeutung	5	10

'No data' Werte (also Bereiche in den Rastern ohne Funktionsraumkennung) werden mit dem Wert 0 klassifiziert.

Bei den Großsäugerräumen (GS_Räume) wurden die vier vorhandenen Kategorien in die Werte '10', '8', '6' und '4' eingeteilt, wobei '10' für Räume größer 500 km² steht.

Tabelle 20 Reklassifikation der Großsäugerräume

Stufe	Beschreibung	Zellenwert Raster	Zellenwert nach Reklassifikation
1	niedrige Bedeutung	1	4
2		2	6
3		3	8
4	hohe Bedeutung	4	10

Im Fall der unzerschnittenen Lebensräume und der Landbedeckung werden Werteklassifizierungen eingeführt, die die Spanne 'gut' (Wert '10') bis 'weniger gut' (Wert '2') umfassen. Die Daten der unzerschnittenen Räume wurden entsprechend der Tabelle reklassifiziert:

Tabelle 21 Reklassifikation der UZVR

Klassengröße [km ²]	Zellenwert Raster	Zellenwert nach Reklassifikation
<1	1	2
1-5	2	4
5-10	3	6
10-50	4	8
50-100	5	10
>100	6	10

'No data' Werte werden mit dem Wert 0 klassifiziert.

Die fünf Hauptlandbedeckungsklassen der CORINE Land Cover Daten sind laut Annex 2 bei BÜTTNER et. alt. (2012) 'artificial surfaces', 'agricultural areas', 'forest and seminatural areas', 'wetlands' und 'water bodies'. In Nordrhein-Westfalen treten Bedeckungen aus allen fünf Hauptklassen auf. Die Klassifikationswerte berücksichtigen die Landbedeckungen und werden wie folgt bewertet:

Tabelle 22 Reklassifikation der CORINE Land Cover

Landbedeckungskategorie	Zellenwert Raster	Zellenwert nach Reklassifikation
artificial surfaces	1	2
water bodies	2	4
wetlands	3	6
agricultural areas	4	8
forest and seminatural areas	5	10

Im Anhang A sind die reklassifizierten Raster aufgeführt. Die 'no data' Werte der einzelnen Raster sind auf den Klassifikationskarten nicht abgebildet.

In weiteren Schritten werden diese reklassifizierten Raster nach bestimmten Vorgaben zu einem Raster zusammengeführt. Dazu werden Verfahren der Map Algebra angewandt.

5.6.2 Map Algebra

Als Grundlage für die Auswertungen (Kapitel 6) kommen Methoden aus der Map Algebra zum Einsatz. TOMLIN (1990) schlägt für die Bearbeitung von mehreren Rasterdaten eine Algebra vor, die eine Kombination von zwei (oder mehr) Rastern enthält, die sich wie folgt ausdrücken lässt:

$$\text{Raster}_{\text{Neu}} = \text{Funktion} (\text{Raster}_1 \wedge \text{Raster}_2 \wedge \text{Raster}_N)$$

Eine einfache Rasteraddition würde wie folgt formuliert werden:

$$\text{'InRaster1'} + \text{'InRaster2'} + \text{'InRaster3'} = \text{'OutputRaster'}$$

Die Map Algebra ist eine formale Sprache zur Beschreibung der Analyseoperationen mit den Elementen Operand (= Inputlayer), Operator (= Verknüpfungsvorschrift) und Ergebnis (= Outputlayer). In dieser Arbeit werden lokale Operatoren angewendet. Lokale Operatoren beziehen sich auf die einzelnen Pixelwerte, bei denen der neue Wert an jeder Zellenposition im Ausgabe-Raster eine Funktion der Werte aus allen Eingaben der betreffenden Position in den Eingangsrastern ist.

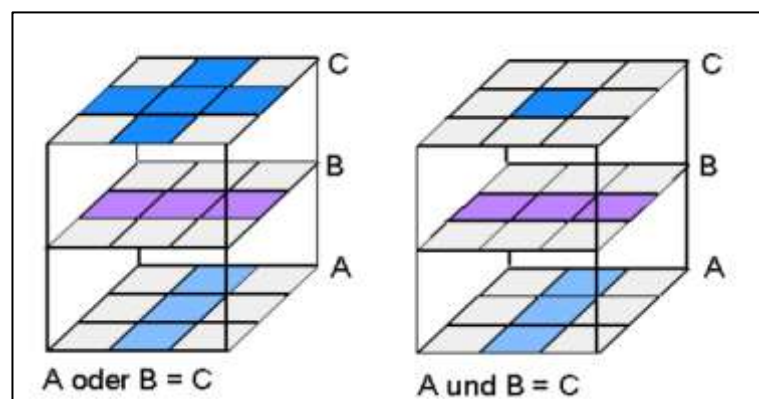


Abbildung 60 Rasterkalkulationen (Quelle: FRAUNHOFER INSTITUT 2009)

Sobald das Ergebnis einer Zelle generiert ist, erfolgt die Berechnung für die nächste Zellenposition und der Prozess wird wiederholt, bis alle Zellen verarbeitet wurden.

Es gibt fünf allgemeine Analysekatoren, die mit lokalen Werkzeugen ausgeführt werden können:

- Berechnen einer Statistik für jede Position (z. B. Minimalwert).
- Zuweisen eines Einzelwertes für jede eindeutige Kombination von Werten an jeder Position.
- Zuweisen, wie häufig die Zellenpositions-Eingabewerte für die Position ein bestimmtes Kriterium relativ zu einem anderen Eingabewert erfüllen.
- Zuweisen des Wertes an der Zellenposition, die ein bestimmtes Kriterium relativ zu anderen Eingabewerten erfüllt.
- Zuweisen der Position des Rasters, das den Zellenwert enthält, der ein bestimmtes Kriterium relativ zu einem anderen Eingabewert erfüllt.

Neben den lokalen Operatoren weist die Map Algebra noch fokale, inkrementelle und zonale Operatoren auf. Fokale Operatoren berücksichtigen immer auch einige angrenzende Zellen eines Pixels, wie sie z. B. bei den Filterfunktionen der Bildbearbeitung vorkommen, Inkrementaloperatoren finden Verwendung in der Berechnung dreidimensionaler Objekte (z. B. Abflussrichtungen) und zonale Operatoren dienen dazu, bestimmte Zonen aus einem Rasterlayer zu isolieren.

Im Rahmen dieser Untersuchungen kommt der lokale arithmetische Operator 'Addition' zum Einsatz. Der Ausgabedatensatz wird aus der Addition der einzelnen Zellenwerte der Eingaberaster neu gebildet.

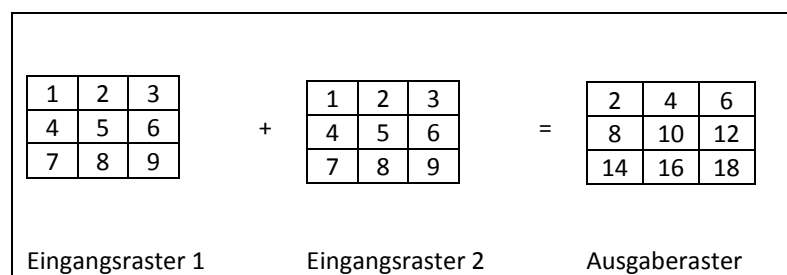


Abbildung 61 Beispiel Rasteraddition

Die Funktionalitäten der Map Algebra werden in ArcGIS über das Werkzeug 'Raster berechnen' ausgeführt. Über den 'Raster Calculator' können die Map Algebra Anweisungen formuliert und durchgeführt werden. Der 'Raster Calculator' ist ein Standardwerkzeug aus den 'Spatial Analyst Tools' von ArcGIS. Die Voraussetzung zur Nutzung der Rasterverschneidung ist das Vorhandensein einer gleichen Rastergeometrie in den einzelnen Datensätzen. Diese wurde im Prozess der Reklassifikation der Eingangsraster dadurch sichergestellt, dass alle Raster sowohl eine identi-

sche Geometrie aufweisen (5 Meter Bodenpixelgröße), als auch in einem einheitlichen räumlichen Bezugssystem vorliegen.

Entsprechend der Abbildung des ArcGIS 'Model Builder' wird ein neues Raster generiert. Über eine einfache Addition werden die Werte der Eingangsraaster summiert und in ein Ausgaberas-ter geschrieben.

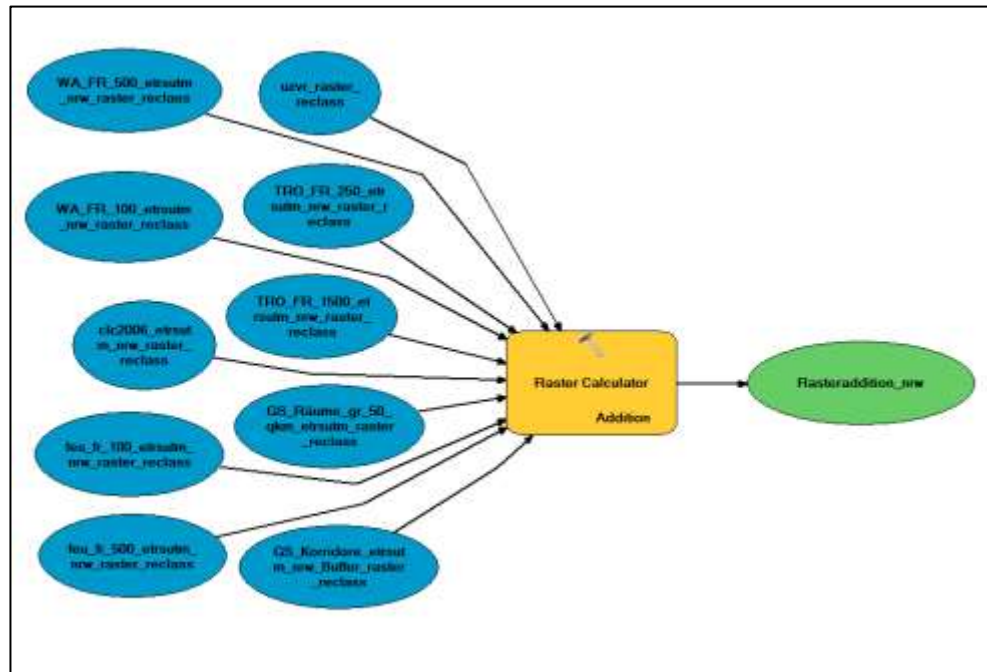


Abbildung 62 Rasteraddition im Raster Calculator

Das neue Raster 'Rasteraddition_nrw' hat folgendes Aussehen (Abbildung 63). Zur besseren kartografischen Darstellung wurden die Rasterwerte nach WITT (1970) in sechs Klassen zusammengefasst. Hierfür wurde die Methode der Quantil-Klassifikation angewandt. Dabei werden alle Klassen mit der gleichen Anzahl von Werten besetzt. Diese Methode ist gut geeignet, um einen ersten Eindruck über die Verteilung der Daten zu gewinnen.

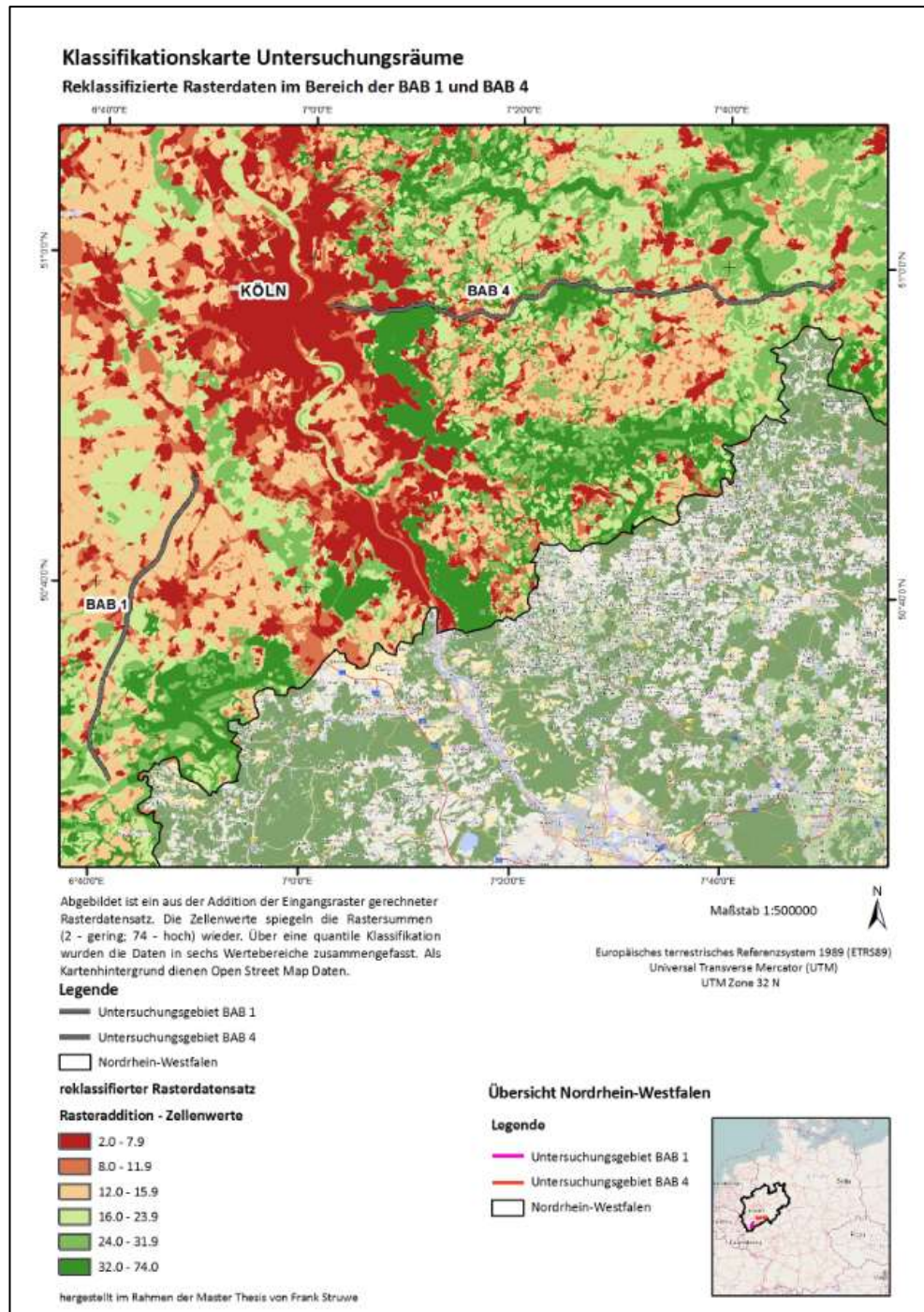


Abbildung 63 Ergebnis der Rasteraddition - Karte unmaßstäblich abgebildet

5.6.3 Bufferberechnungen

Grundlagen oder räumliche Ausgangsareale für analytische Datenuntersuchungen sind Gebiete rund um ein bestimmtes Objekt oder eine Objektklasse, zum Beispiel Entfernungsuntersuchungen um Bushaltestellen oder Landbedeckungsveränderungs-detektionen um Industrieanlagen. Das Puffer- oder Bufferwerkzeug bietet hier die Möglichkeit, um bestimmte Objekte

räumliche Bereiche zu definieren, in denen dann die Analysen durchgeführt werden können. Die Abbildung zeigt das Prinzip.

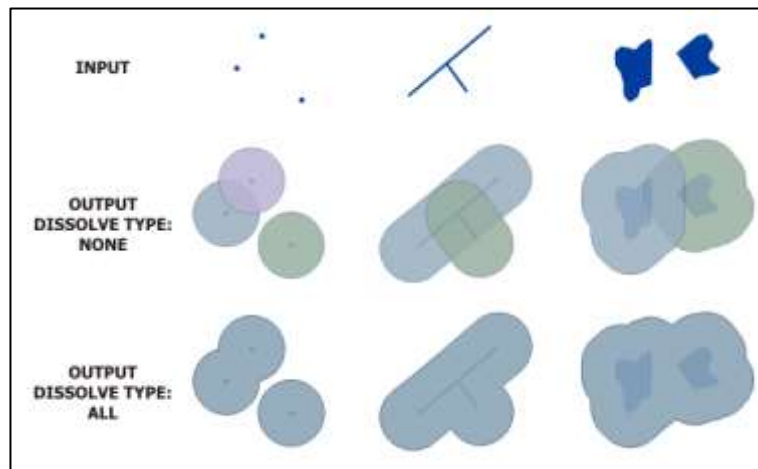


Abbildung 64 Bufferwerkzeug unter ArcGIS (Quelle: ESRI 2013g)

Die Syntax einer Bufferberechnung lautet:

Buffer_analysis (in_features, out_feature_class, buffer_distance)

Die einzelnen Parameter sind in der Tabelle 23 aufgeführt.

Tabelle 23 Syntax Bufferberechnungen (QUELLE: ESRI 2013g)

Parameter	Erläuterung	Datentyp
in_features	Die Eingabe-Punkt-, Linien- oder Polygon-Features, die gepuffert werden sollen.	Feature Layer
out_feature_class	Die Feature-Class, die die Ausgabe-Feature-Puffer enthält.	Feature Class
buffer_distance	Die Entfernung um die Eingabe-Features herum, in der Pufferzonen erstellt werden. Entfernungen können folgendermaßen angegeben werden: als Wert, der eine Entfernung angibt, oder als Zahlenfeld der Eingabe-Features, das die Entfernungen zum Puffern der einzelnen Features enthält.	Linear unit; Field

Im Rahmen dieser Arbeit sind die Querungsbauwerke die relevanten Objekte, für die die analytischen Datenuntersuchungen durchgeführt werden. So wurde um das Objekt 'Bauwerke/Unterführung' und 'Bauwerke/Überführung' ein Bufferpolygon mit einem Abstand von 500 Metern erstellt, indem die Analysen zur naturräumlichen Einbettung der Querungen vorgenommen werden. Die Distanz von 500 Metern wurde in Gesprächen mit den Mitarbeitern des Umweltreferates bei der Bundesanstalt für Straßenwesen als Wert festgelegt.

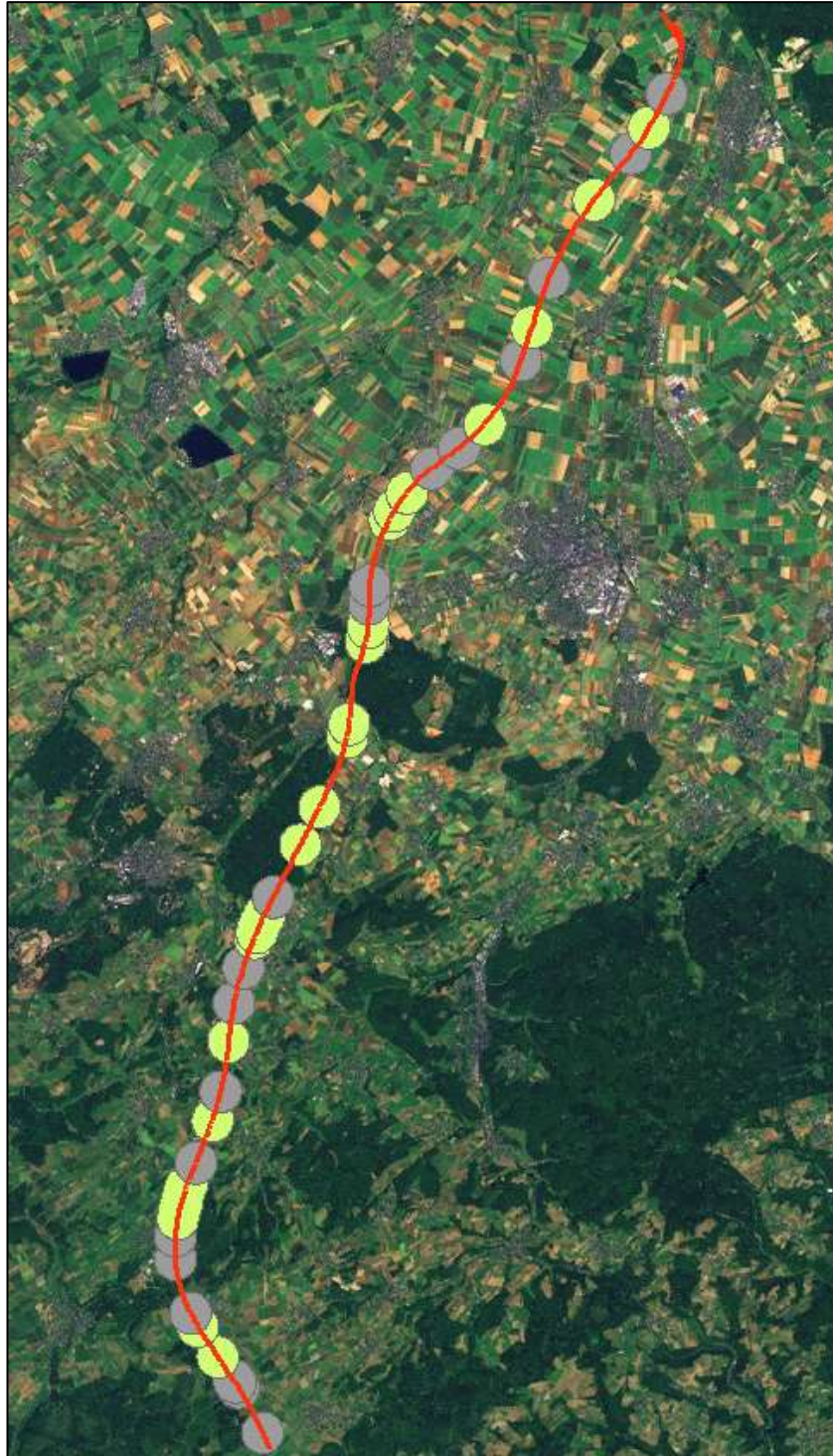


Abbildung 65 Buffer um Unter- und Überführungen (grau, grün) entlang der BAB 1



Abbildung 66 Buffer um Unter- und Überführungen (grau, grün) entlang der BAB 4

Die grauen Kreise zeigen die 500-Meter-Buffer um Überführungen, die hellgrünen Kreise zeigen die 500-Meter-Buffer um Unterführungen.

Es entsteht ein vektorieller Bufferdatensatz wie in den Abbildungen 64 und 65 skizziert.

Das Gesamtraster wird nun auf die einzelnen Bufferbereiche ausgeschnitten. Hierfür kam die Freeware 'Geospatial Modelling Environment' in der Version 0.7.2.0 RC2 zum Einsatz.

"The Geospatial Modeling Environment (GME) is a suite of tools designed to facilitate rigorous analysis of geospatial data. It combines the power of the statistical software R with the geographic processing functionality of ESRI ArcGIS (TM) to drive geospatial analyses. The purpose of GME is to help users obtain better answers to geospatial questions." (GME 2013).

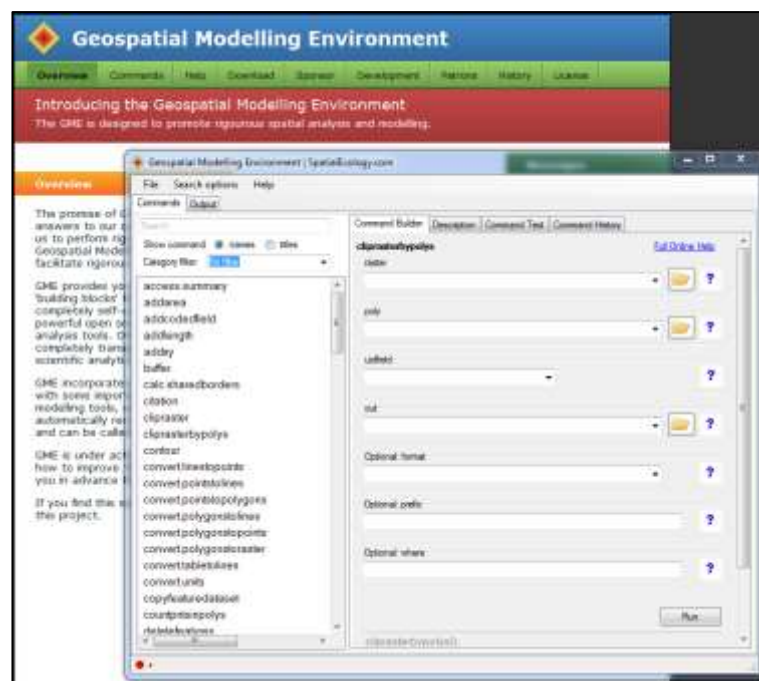


Abbildung 67 Freeware Geospatial Modelling Environment

Die Nutzung dieser Software ist notwendig, da unter ArcGIS die gleichzeitige Rasterextraktion für mehrere Polygone nicht möglich ist. Die Software GME ist im Internet frei verfügbar und bietet eine Vielzahl von Optionen. Mit der Funktion 'cliprasterbypolys' (Clip Raster By Polygons) ist es möglich, gleichzeitig mehrere Raster zu extrahieren. Über die OBJECTID der Brückenbuffer werden die einzelnen Umgebungsraster der Über- und Unterführungen erzeugt.

"This tool clips an input raster using the polygons in a polygon data source. The command cycles through each polygon, clips the raster if there is overlap, and writes one new raster image per polygon. The extent of the new raster is the intersection of the extent of the polygon and the extent of the raster. This tool is designed to work with these three raster formats: grids, TIFF/GeoTIFF, and ERDAS Imagine rasters. Note that not all raster formats support all datatypes. When you are clipping a raster it is recommended you consider two strategies to avoid these pixel data type problems: 1) ensure the output format matches the input format, or 2) always use the Imagine img format as the output format as this supports all the data types. The output format is specified by adding the appropriate file extension to the file name. No extension is interpreted as the grid format, the '.tif' extension is the GeoTIFF format, and the '.img' extension is the Imagine format. Note that all clips will preserve the cell alignment of the input raster (no shifting of pixels will occur at all). However, the display properties of the input raster are not transferred to Clips an input raster to each polygon in a polygon data source resulting in one new raster per polygon." (BEYER 2012).

Die Befehle für die Erstellung der Raster lauten

a) für das Untersuchungsgebiet BAB 1:

```
cliprasterbypolys(raster="pfad\rasteraddition_nrw.tif",poly="pfad\Buffer_A1.shp",  
uidfield="OBJECTID", out="pfad \A1", format="TIF");
```

b) bzw. für die Querungen der BAB 4:

```
cliprasterbypolys(raster="pfad\rasteraddition_nrw.tif",poly="pfad\Buffer_A4.shp",  
uidfield="OBJECTID", out=" pfad \A4", format="TIF");
```

Als Ergebnis liegen 39 Raster für die Querungen der BAB 1 und 84 Raster für Querungen der BAB 4 vor.

Damit sind die Vorarbeiten zur Auswertung abgeschlossen. Die einzelnen Datensätze wurden qualitätsgeprüft in eine Datenbank überführt. Im weiteren Verlauf wird nun auf dieser datentechnischen Grundlage die Analyse der beiden Untersuchungsstränge 'Umwelt' und 'Bauwerke' durchgeführt.

6 Analyse

In diesem Kapitel werden die eigentlichen Analyseschritte dargestellt. Der Arbeitsablauf gliedert sich wie folgt:

- a) Die für die einzelnen Querungen vorliegenden Gesamtraster aus den naturschutzfachlichen Daten werden ausgewertet und die Umweltwerte ermittelt (Kapitel 6.1),
- b) die Bauwerksdaten aus BISStra zu den einzelnen Querungen werden untersucht (Kapitel 6.4),
- c) die Schutzeinrichtungen werden hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit attributiv kategorisiert (Kapitel 6.6).

Abschließend werden die aus den Analysen neu gewonnenen Informationen in die Geodatabase integriert und die Präsentation der Ergebnisse in Form einer Karte vorbereitet.

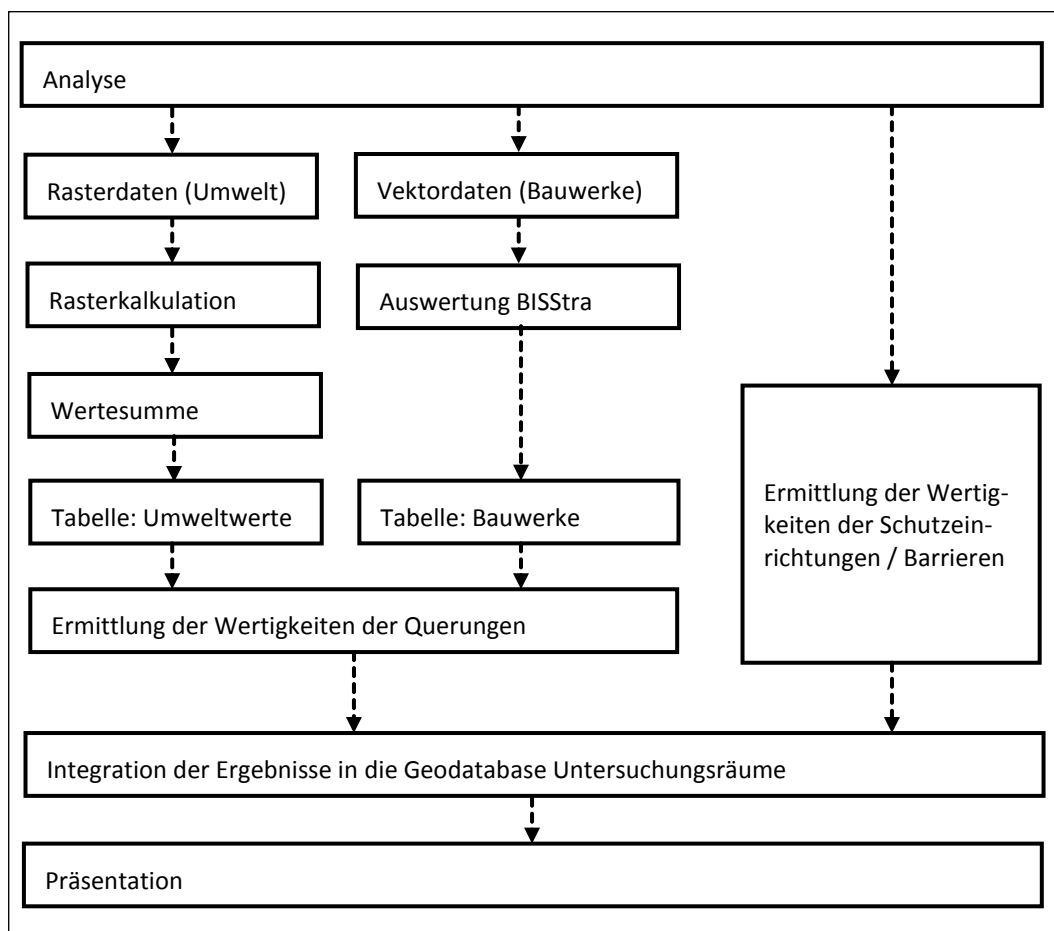


Abbildung 68 Schaubild zur Durchführung der Arbeiten Teil 3

6.1 Ermittlung der Umweltwerte

Die Umweltenanalyse basiert auf den in Kapitel 5.5.3 erstellten Additionsrastern. Als Resultat der Map Algebra Berechnungen liegt für jede der 123 Querungen in den beiden Untersuchungsräumen je ein Umgebungsraster vor.

Als Vorbereitung zur Ermittlung der Umweltwerte für sämtliche Über- und Unterführungen wird über einen 'Batch Modeler Prozess' jedem Umgebungsraster eine neue Spalte zugewiesen, die dann über die Multiplikation $SUMME = [Count] * [Value]$ gefüllt wird.

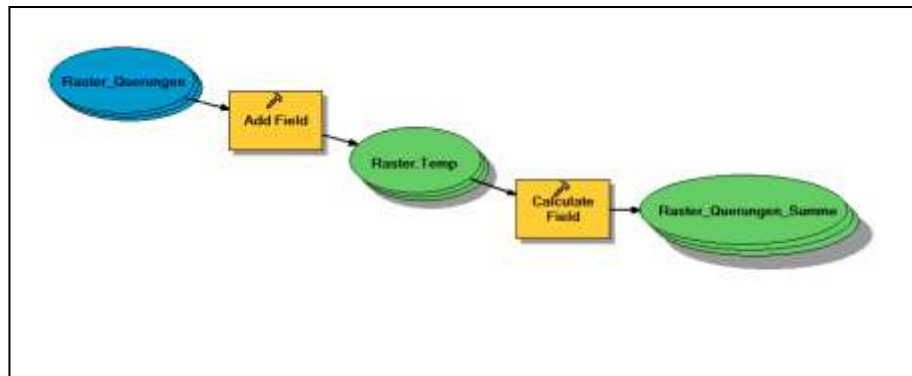


Abbildung 69 ArcGIS Modeler Ablauf

VALUE *	COUNT	SUMME
8	2406	19248
10	395	3950
12	11679	140148
14	2894	40516
16	11137	178192
18	3165	56970

Abbildung 70 Beispielattributtabelle eines Umgebungsrasters

Unter ArcGIS lässt sich dieser Prozess automatisieren. In den Umgebungsrastern ist abschließend der Sachdateninhalt der Abbildung 70 enthalten. Der Umweltwert jeder Querung, welcher sich über die Addition der Werte der Spalte Summe errechnet, ist in der kombinierten Tabelle 24 (Seite 112) aufgeführt.

Am Beispiel der Querung 'Wildbrücke Heinzenberg' wird die Werteerhebung exemplarisch vorgestellt.

6.1.1 Definition des Umweltwertes am Beispiel der Querung Wildbrücke Heinzenberg

Die Querung 'Wildbrücke Heinzenberg' liegt im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes BAB 1. Das Umgebungsraster dieser Querung beinhaltet die Wertebereiche 8, 10, 12, 14, 16, 18.

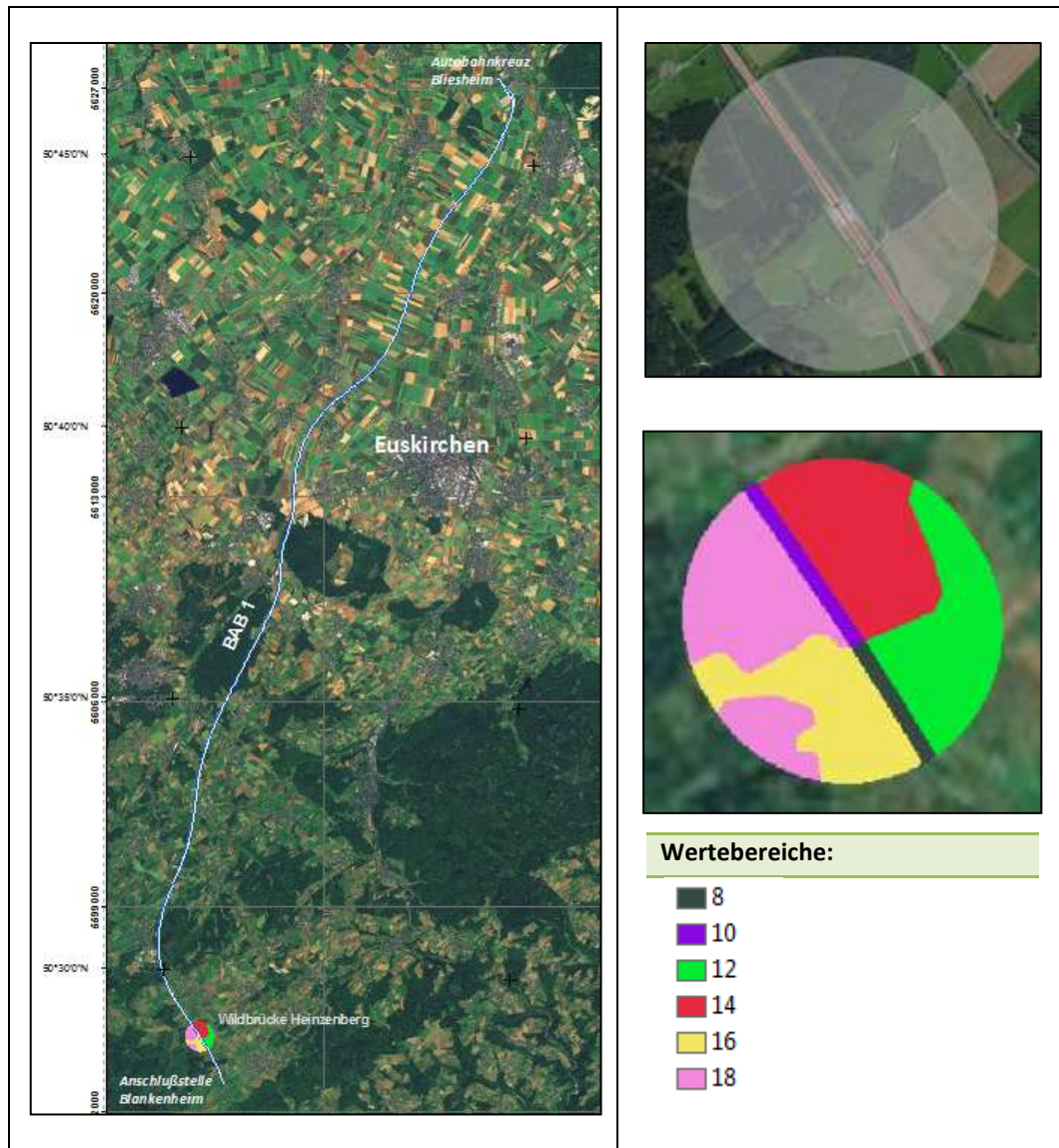


Abbildung 71 Lage der Wildbrücke Heinzenberg auf der BAB 1 mit 500 m Buffer und Umweltwerten

In die Berechnung dieses Additionsrasters flossen die reklassifizierten Raster der unzerschnittenen Lebensräume (UZVR) und der CORINE Land Cover ein. Funktionsräume (Wald, Trocken, Feucht) und Wanderungskorridore sind in dem Bereich der Wildbrücke nicht vorhanden, die reklassifizierten Raster dieser Datensätze weisen im 500 Buffer der Wildbrücke einheitlich den Rasterwert '0' auf und müssen in diesem Fall nicht weiter betrachtet werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt die klassifizierten Raster UZVR (links) und CORINE Land Cover (rechts).

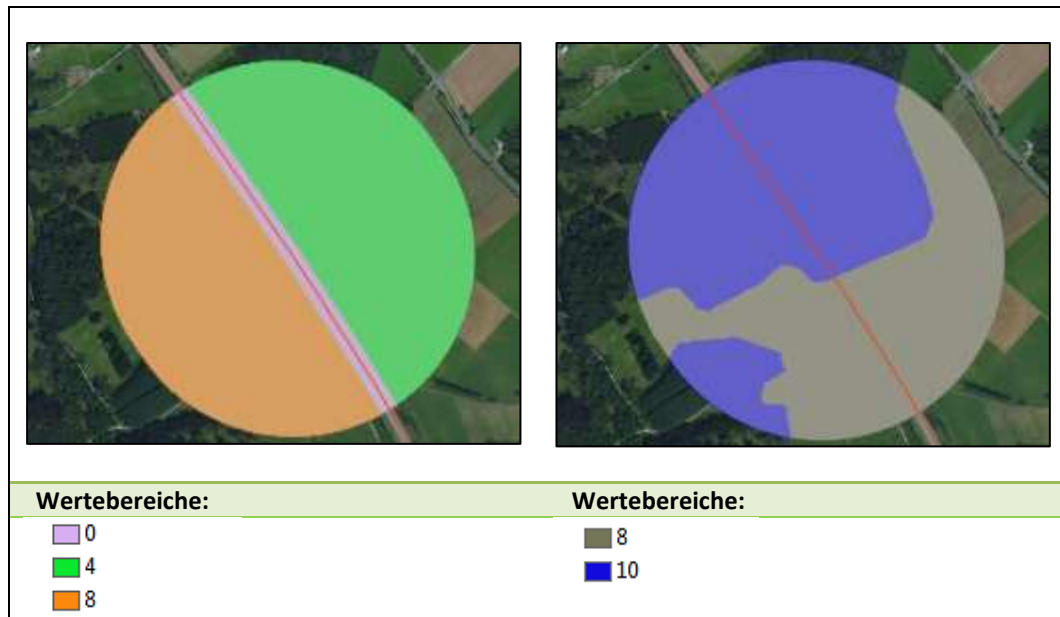


Abbildung 72 Raster UZVR und CORINE Land Cover

Die Werteunterschiede im Additionsraster setzen sich somit nur aus den unterschiedlichen Landbedeckungsklassen und der beiden links und rechts der Autobahn liegenden unterschiedlichen Güteklassen der unzerschnittenen Lebensräume zusammen. Das reklassifizierte Raster der UZVR bildet mit dem Wert '4' unzerschnittene Flächen der Größe 1-5 km² ab, der Wert 8 steht für unzerschnittene Flächen von 10-50 km². Der Wert '0' definiert den 'no data' Wert des Straßenkörpers der BAB 1.

Das Raster der Landbedeckung zeigt im Bereich der Wildbrücke zwei Werte. Im südöstlichen Bereich vorherrschend sind 'agricultural areas' (Wert 8), im nordöstlichen Bereich Landbedeckungen der CORINE Klasse 'forest and seminatural areas' (Wert 10).

In der Addition ergeben sich daraus Areale mit den Werten 8, 10, 12, 14, 16, 18. Das Zustandekommen dieser Werte im Umgebungsraster ist anhand der zwei Abbildungen 71 und 72 nachvollziehbar.

Die Attributtabelle des Additionsrasters der 'Wildbrücke Heinzenberg' weist folgende Werte auf.

OBJECTID*	Value	Count	Summe
4	8	874	6992
5	10	1235	12350
6	12	7603	91236
8	16	6460	103360
7	14	8337	116718
9	18	9095	163710

Abbildung 73 Sachdaten eines Additionsraster nach der Summenberechnung

Die Spalten zeigen den klassifizierten Wert (Value), seine auftretende Häufigkeit im Buffer (Count) und die abgeleiteten Summen.

Die Summen eines Buffers werden addiert und in einer neuen Tabelle abgelegt. Als Ergebnis erhält der Buffer einen Umweltwert von

$$6992 + 12350 + 91236 + 103360 + 116718 + 163710 = 494366.$$

6.1.2 Die Analyse der Umweltwerte

Zur Klasseneinteilung wird die Gesamtheit aller Umweltwerte einer Bewertung unterzogen. Dazu wurden zunächst die Werte getrennt nach den beiden Untersuchungsräumen in Microsoft Excel statistisch analysiert. Ziel dieser Analysen ist es, erste Plausibilitätsaussagen hinsichtlich der gewählten Klassifikationswerte und der angewandten Methode der Rasteraddition treffen zu können.

6.1.2.1 Umweltwerte im Untersuchungsraum BAB 1

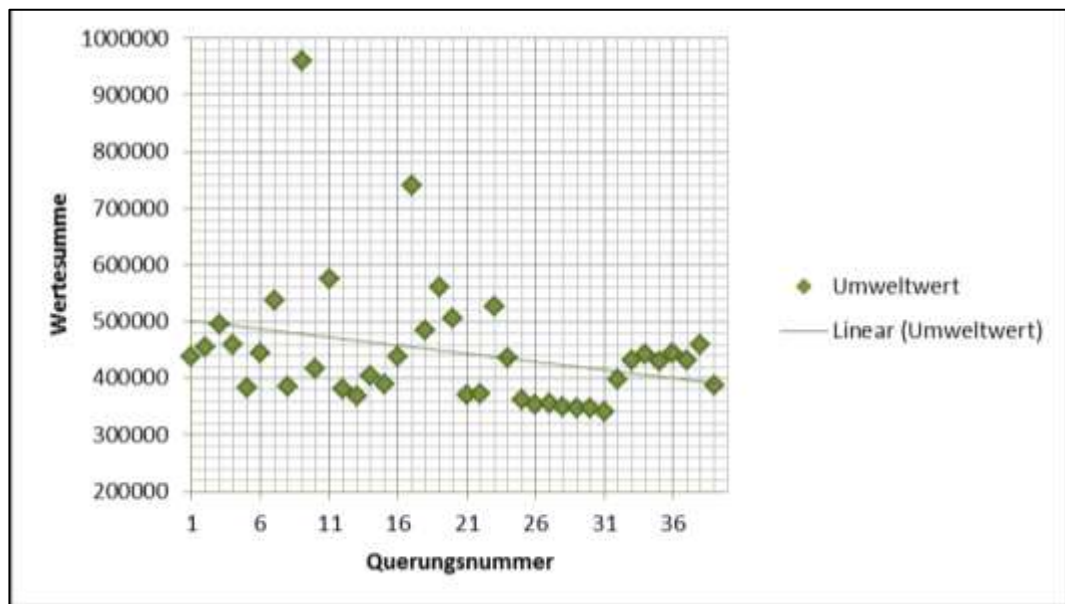


Abbildung 74 Scatterplot der Umweltwerte der Buffer BAB 1

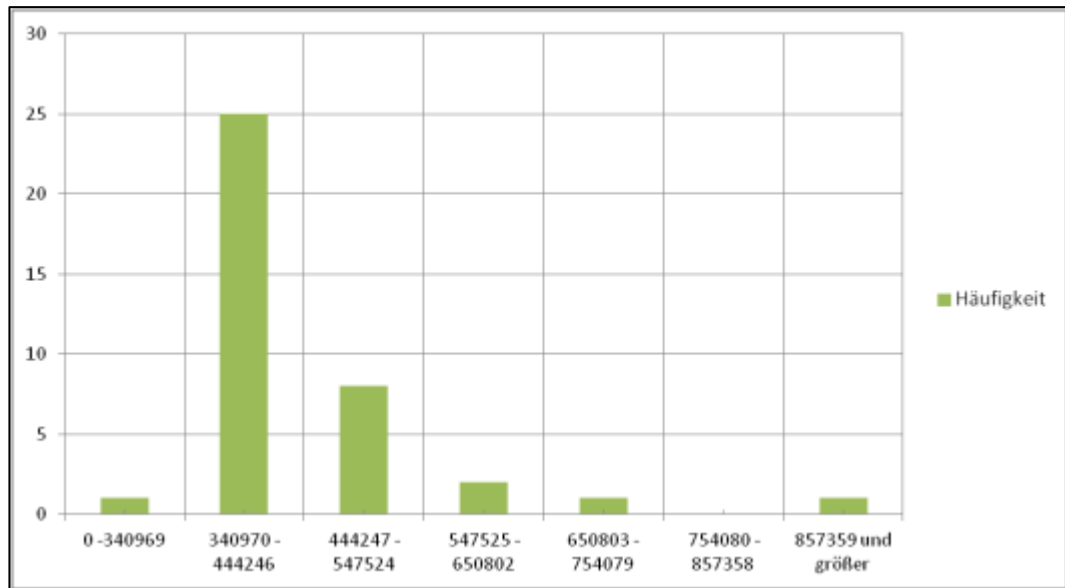


Abbildung 75 Histogramm der Umweltwerte der Buffer BAB 1

Betrachtet man die Umweltwerte, so zeichnen sich für den Untersuchungsraum BAB 1 folgende Ergebnisse ab:

- Von Süd nach Nord nehmen die Umweltwerte der Buffer und damit die Qualität der Querungen ab.
- Zwei Ausreißerpunkte wurden identifiziert.

Allgemein lässt sich formulieren, dass sich der Kurvenverlauf der Werte um den rechnerischen Mittelwert 446474 (arithmetisches Mittel) formiert. Die Abnahme der Werte hin zum Ballungsraum Köln ist nachvollziehbar (Querung 1 ist der Endpunkt der BAB 1 im Süden); die weniger besiedelten Gebiete der Eifel im Süden des Untersuchungsraumes der BAB 1 wechseln mit Monokulturen und Siedlungsstrukturen im nördlichen Bereich des Untersuchungsraumes. Die naturgegebene landschaftliche Einbettung der Querung ist dadurch weniger gut. Die Ausreißerwerte der Querungsnummern '9' und '17' (Abbildung 74) sind zwei größere Talbrücken, die aufgrund ihrer Spannweite sehr hohe Umweltwerte aufweisen.

6.1.2.2 Umweltwerte im Untersuchungsraum BAB 4

Der Untersuchungsraum der Bundesautobahn 4 verzeichnet räumlich gleichbleibende Umweltwerte von West nach Ost. Die Trendlinie verläuft nahezu waagrecht. Der Mittelwert liegt bei 553631, das Histogramm (Abbildung 76) gibt den Kurvenverlauf wieder.

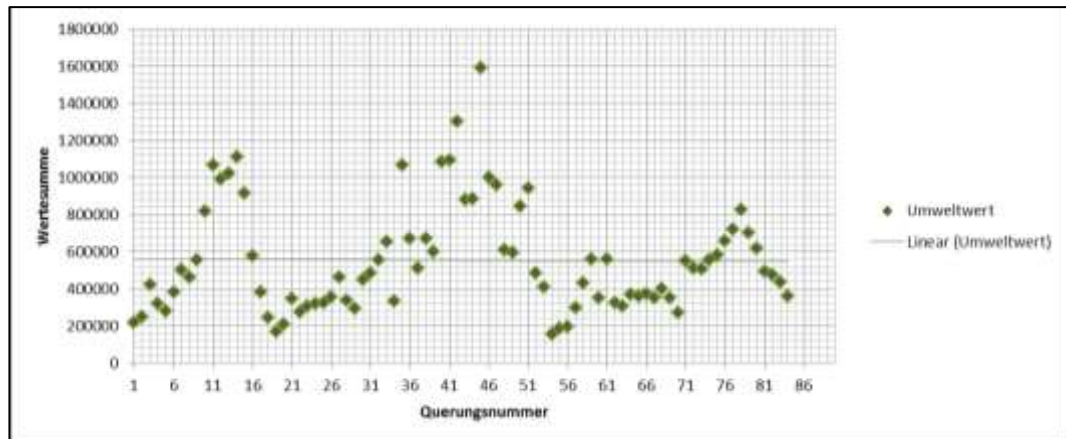


Abbildung 76 Scatterplot der Umweltwerte BAB 4

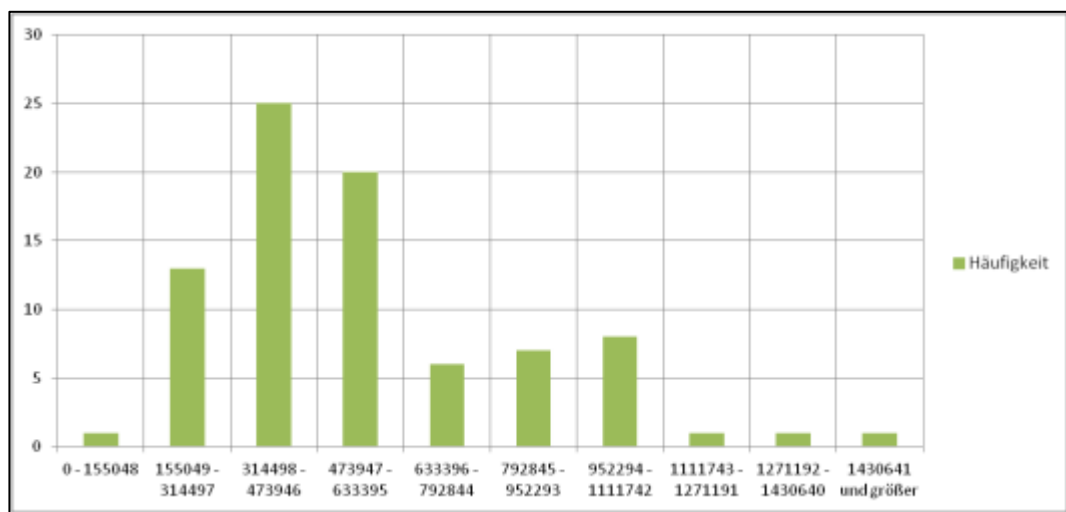


Abbildung 77 Histogramm der Umweltwerte BAB 4

Ein Ausreißer kann im Scatterplot identifiziert werden. Auch die Querung mit der Nummer 45 ist eine langgezogene Talbrücke, die dadurch einen signifikant hohen Umweltwert enthält.

6.1.3 Zusammenfassung der Analyse der Umweltwerte

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Darstellung der Qualität der Querungen unter Zuhilfenahme der vorliegenden naturschutzfachlichen Daten ein der Realität sehr nahes Abbild der Querungsgüte zeichnet. Die Verteilung der Querungsqualitäten entspricht dem Erwartungswert; höhere Werte im Bereich der südlichen BAB 1, geringere Werte im urbanen Kölner Speckgürtel und ein gleichbleibender Umweltwert der Querungen der BAB 4, die durch einheitlich ländliches Gebiet führt.

Es stellt sich allerdings die Frage, ob die Betrachtung der Landbedeckungsklassen, der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume sowie der Funktionsräume eine Allgemeingültigkeit für alle oder zumindest einen großen Teil der Tierarten beanspruchen kann. Hinsichtlich der Landbedeckungsklassen wird angenommen, dass bebauteres Gebiet für sämtliche Tierarten schlechter

bewertet werden kann als unbesiedelte Flächen. Ähnliches gilt für die unzerschnittenen, verkehrsarmen Räume, die für alle Tierarten gleiche Bedingungen bereithalten. In den Funktionsraumkarten des Bundesamtes für Naturschutz werden „mit den Lebensraumnetzen die wichtigsten Anspruchstypen/Artengruppen abgebildet, für die eine ausreichende Datengrundlage vorlag. Der Ansatz ist nach bisheriger Erkenntnis repräsentativ für einen großen Teil der in der Zivilisationslandschaft auf terrestrischen Verbund angewiesenen schutzbedürftigen Arten.“ (HÄNEL 2012). Unter dieser Annahme und so generalisiert wird dies in dieser Auswertung angenommen. Auf weitere Differenzierungen wird im Rahmen dieser Arbeit verzichtet.

6.1.4 Klassifikation der Umweltwerte

Damit die Umweltwerte besser interpretierbar und darstellbar werden, werden sie in einzelne Klassen unterteilt. Dazu wird die Methode der natürlichen Klassenbildung ‘natural breaks’ verwendet. Sie beruht auf dem statistischen Verfahren nach Jenks. In ihr wird die Varianz, also der statistische Wert, der angibt, wie weit Werte um einen Mittelwert streuen dürfen, solange zwischen den Klassen und innerhalb der Klassengruppen berechnet, bis die optimale Einteilung gefunden wird (DE SMITH 2013). Dabei werden folgende Bedingungen aufgestellt:

- Die Varianz zwischen den Klassen wird maximiert

und

- die Varianz innerhalb der Klassen minimiert.

Um eine untersuchungsgebietsunabhängige und globale Aussage erzielen zu können, erfolgt die Berechnung der ‘natural breaks’ (natürliche Grenzen) gemeinsam über beide Untersuchungsräume. Die durchgeführte Berechnung ergibt eine Einteilung der Umweltwerte in sechs Klassen (hinter dem Gleichheitszeichen der entsprechende Klassenwert):

- zwischen 155048 und 281712 = 5
- zwischen 281713 und 407540 = 10
- zwischen 407541 und 537632 = 20
- zwischen 537633 und 740424 = 30
- zwischen 740425 und 1025050 = 40
- zwischen 1025051 und 1590090 = 50

Die Einteilung in sechs Klassen vollzieht sich anhand der Histogramme der beiden Untersuchungsräume (Abbildungen 79 und 77) und den daraus resultierenden Überlegungen. Im Untersuchungsraum BAB 1 sind die Werte in sieben Bereiche unterteilt, wovon nur sechs Bereiche belegt sind. Im Untersuchungsraum der BAB 4 sind die Werte in zehn Bereiche unterteilt, wovon vier Klassen mit nur einem Wert belegt sind. Die Bereiche mit nur einem Wert wurden

aus der Betrachtung genommen, ebenso der nicht befüllte Bereich im Histogramm der BAB 1. Durch diese Generalisierung der Datenverteilung bilden sich für beide Untersuchungsbereiche je sechs Werteblocke heraus. Diese Einteilung wurde für die Klassenbildung nach Jenks als Maßzahl für die zu erstellenden Klassen übernommen.

Die höchste Klasse wurde mit dem Wert '50' belegt, die niedrigste Klasse mit dem Wert '5'. Die niedrigste Klasse wurde nicht auf den Wert '0' gesetzt, weil ein eindeutiges Kriterium, ein k. o. Kriterium, zur definitiven Nicht-Eignung aus den Umweltdaten nicht ableitbar war.

Die vorgenommene Einteilung und Reihung beruht auf Annahmen und Ideen, die in der Diskussion mit der Bundesanstalt für Straßenwesen entstanden sind. Wie schon bei der Klassifikation der Raster gilt auch hier, dass die vorgenommene Skalierung einen ersten Ansatz darstellen soll. Im Kapitel 7 werden weiterführende Ideen und Vorschläge zur Optimierung dieser Herangehensweise genannt. Die Tabelle 23 auf Seite 115 gibt die Umweltwerte der einzelnen Querungen wieder.

6.2 Ermittlung der Bauwerkswerte

Neben den Umweltwerten sind die Bauwerksdaten aus BISStra der zweite Datensatz, der in die Ermittlungen zur Qualitätsgüte der Querungen einfließt. Im Lösungsansatz des Kapitels 4 wurde dieser Teil als 'Bauwerksstrang' titulierte.

Die Grundlage zur Ermittlung der Bauwerkswerte ist der BISStra Datensatz. Er beinhaltet alle bauwerksrelevanten Informationen. Die Attributangaben sind im Kapitel 3 dargelegt und bilden die Basis für die Ableitung der Bauwerkswerte.

6.2.1 Definition des Bauwerkswertes

In einem ersten Schritt muss festgelegt werden, wie die Qualität einer Querung festgeschrieben werden soll. Nach einer Literaturrecherche fiel die Wahl auf das Maß der 'relativen Enge', das unter anderem in SCHMELLEKAMP 2012 als Qualitätsangabe für Querungen verwendet wird, beziehungsweise bauliche Forderungen an eine Querung beinhaltet. Der Begriff der 'relativen Enge' ist ein in der Ökologie verwendetes Maß für die Öffnungsgröße eines Brückenbauwerks. Sie definiert sich aus der lichten Höhe, der Breite einer Unterführung und der Länge der Unterführung.

$$\text{relative Enge} = \frac{\text{lichte Höhe} * \text{Breite der Unterführung}}{\text{Länge der Unterführung}}$$

Die Parameter der o. g. Formel, übertragen auf die Namensgebung in den BISStra Sachdaten, ergibt die Formel:

$$\text{relative Enge} = \frac{\text{lichte Höhe} * \text{Gesamtlänge}}{\text{Gesamtbreite}}$$

Bei der Ermittlung der 'relativen Enge' für Unterführungen wird aus BISStra die Angabe zur Gesamtbreite einer Brücke oder eines Durchlasses verwendet, weil sie die Länge der Querung definiert. Man spricht bei einer Querung von einer Brücke, wenn sie eine Weite von mindestens zwei Metern überspannt. Bauwerke, die eine kleinere Spannweite aufweisen, werden als Durchlässe bezeichnet.

Für Überführungen wird nach OLBRICH (1984) die 'relative Enge' mit den Parametern 'Breite' und 'Länge' bestimmt.

$$\text{relative Enge} = \frac{\text{Breite der Überführung}}{\text{Länge der Überführung}}$$

Die Parameter im Übertrag auf die BISStra Sachdaten:

$$\text{relative Enge} = \frac{\text{Gesamtlänge}}{\text{Breite}}$$

Aus den BISStra Attributen werden hier die Werte der 'Gesamtlänge' und der 'Breite' verwendet. Im Gegensatz zur Unterführung wird nicht die Gesamtbreite genutzt, da sich die mögliche Querungsfläche nur auf die Breite ohne Mauerwerk, Brüstungen, Geländer, etc. bezieht.

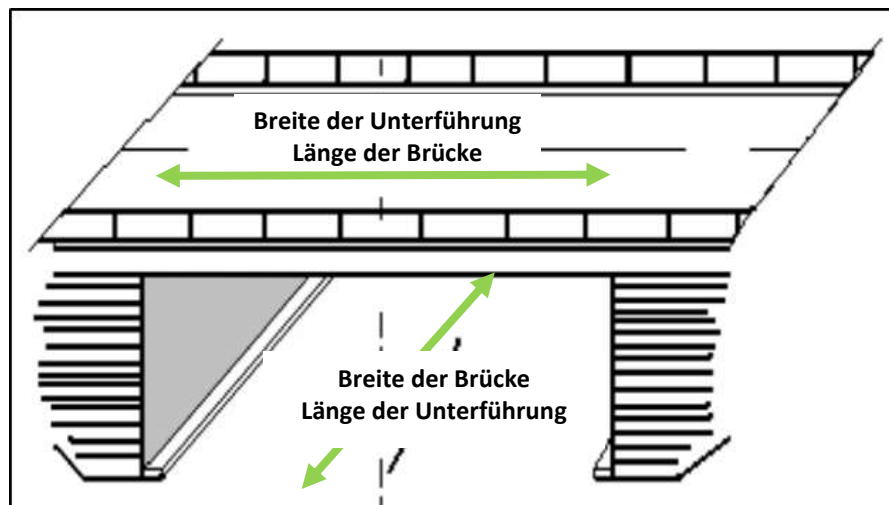


Abbildung 78 Begriffsdefinition Breite / Länge einer Querung (SCHMELLEKAMP 2012)

Die hauptsächliche Verwendung bei der Bestimmung der relativen Enge finden somit die Attribute 'Gesamtlänge [m]', 'Breite [m]', 'Gesamtbreite [m]' und 'Lichte Höhe [m]'. Die Definitionen der Maße 'Länge der Brücke', 'Breite der Brücke' sowie 'Länge der Unterführung' und 'Breite der Unterführung' sind der Abbildung 78 zu entnehmen.

Beispiele aus dem Datenbestand der Untersuchungsgebiete zeigen die beiden Abbildungen aus der Geodatabase 'Untersuchungsräume'. Die Sachdaten aus BISStra sind hier bereits mit den Lagedaten verknüpft.

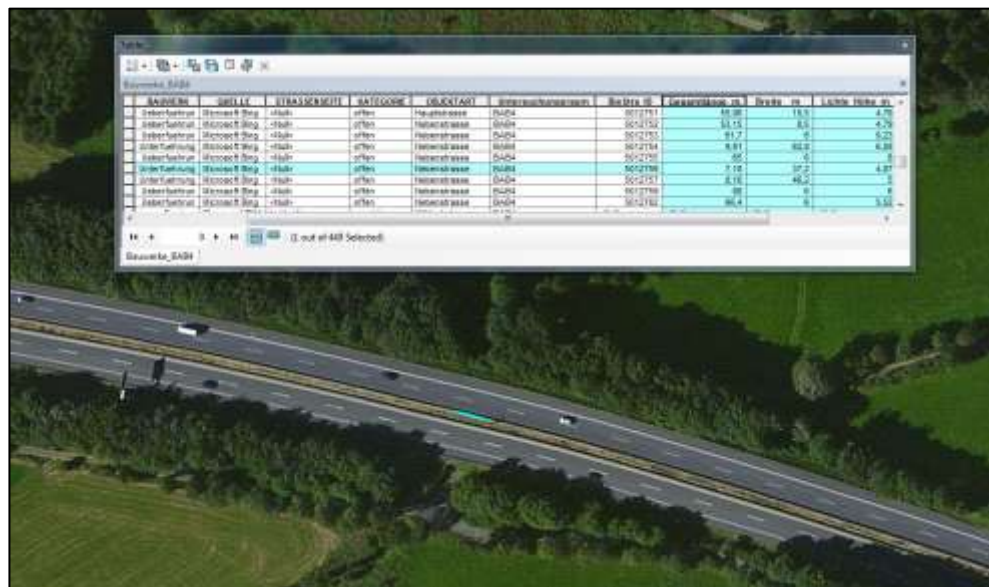


Abbildung 79 Beispiel einer Unterführung mit BISStra Attributangaben

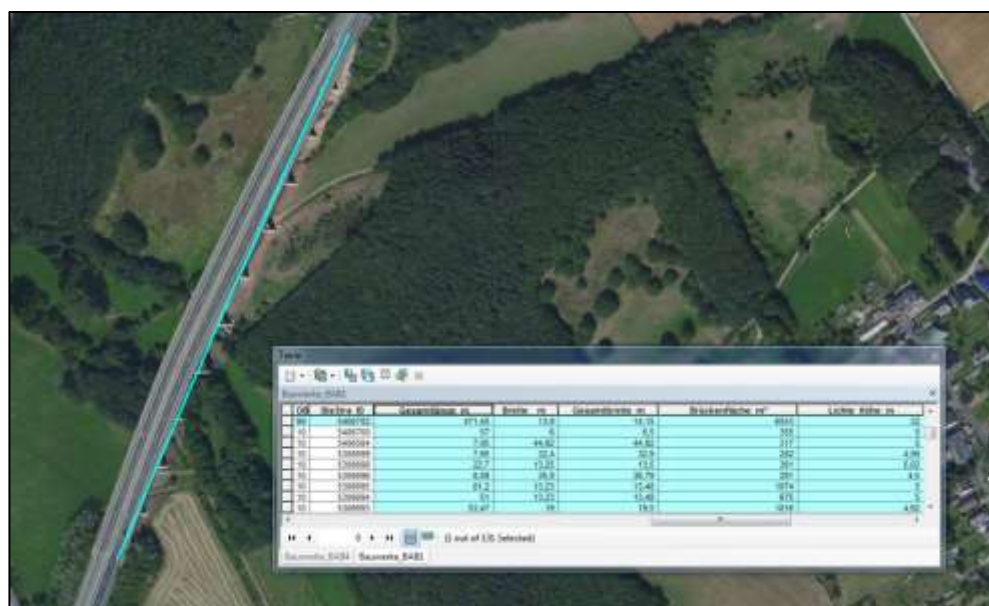


Abbildung 80 Beispiel einer Talbrücke mit BISStra Attributangaben

Anmerkung zu Abbildung 80: Die Talbrücke ist in den zugrundeliegenden Luftbildern nach links verklappt abgebildet, daher ist sie nicht lagerichtig abgebildet und der lagerichtige Vektor des Querungsbauwerkes wird neben der Brücke abgebildet.

Die Größe und Beschaffenheit einer Querung wird von jeder Tierart anders ausgelegt. Somit ist auch das Maß der 'relativen Enge' für jede Tierart anders auslegbar. Ein Durchlass, der für einen Fuchs weit genug ist, ist für ein Damwild nicht ausreichend.

Die querenden Tierarten müssen daher bei der Bewertung des Maßes der 'relativen Enge' beachtet werden. Der Rothirsch, der in Deutschland als Indikatorart mit den höchsten Ansprüchen an die Durchlässigkeit angesehen wird, ist dabei als Leitart anzusehen (HERRMANN 2007). Bei der Auswertung der Bauwerkparameter wurde an Ergebnissen und Erkenntnissen aus der Literatur (UECKERMANN 1984) aufgesetzt und folgende – allgemeingültige und tiergruppenquerschnittliche - Punkte angehalten:

- Querungsbauwerke für Schalenwild sollten nicht weiter als 250 m vom Wald entfernt liegen
- Querungsbauwerke für Schalenwild sollten mindestens eine Entfernung von 1800 m zur nächsten Ortslage haben
- Unterführungen sollten einen relative Enge-Wert für 0,75 (Rehwild) und 1,5 (Damwild) nicht unterschreiten
- Mindestabmessungen für Höhe und Breite sind 4 m
- Bauwerke, die von öffentlichem Verkehr frequentiert werden, sind ungeeignet

Die Parameter der Mindestabmessungen für Höhe und Breite von 4 Metern wurden neben der relativen Enge in die Analysen mit einbezogen. Auch die Art der Nutzung wird in der Auswertung berücksichtigt. Letztere ist für Brücken ein wichtiger ergänzender Faktor, weil hier das Maß der relativen Enge nur bedingt für eine Einteilung verwendet werden kann.

Die Art der Querung wurde bei der Neudigitalisierung der Bauwerke als Attributwert nach rein visuellen Aspekten vergeben. Als Anhalt dienten die der Digitalisierung unter ArcGIS zugrundeliegenden Luftbilddaten der Microsoft Bing Maps Aerial und die zusätzlich als Interpretationshilfe herangezogenen Schrägansichten aus Google Earth (Kapitel 5). Die Querungen wurden grob unterteilt in die Nutzungsarten Autobahn, Hauptstraße, Nebenstraße, Wirtschaftsweg, Fußweg sowie Eisenbahn und Freifläche. Die Abbildungen zeigen Beispiele:



**Abbildung 81 Objekt 380
Autobahn (Unterführung)**



**Abbildung 82 Objekt 368
Fußweg (Überführung)**



**Abbildung 83 Objekt 326
Hauptstraße (Unterführung)**



**Abbildung 84 Objekt 298
Hauptstraße (Überführung)**



**Abbildung 85 Objekt 321
Nebenstraße (Überführung)**



**Abbildung 86 Objekt 324
Nebenstraße (Unterführung)**



Abbildung 87 Objekt 341
Wirtschaftsweg (Unterführung)



Abbildung 88 Objekt 311
Eisenbahn (Unterführung)



Abbildung 89 Objekt 375
Freifläche (Unterführung)



Abbildung 90 Objekt 291
Freifläche (Überführung)

Die Nutzungsarten Eisenbahntrasse und Wirtschaftswege treten in den Untersuchungsräumen nur als Unterführungen auf, Autobahn und Fußweg nur als Überführung.

6.2.2 Analyse der Bauwerkswerte

Der BISStra Datensatz wurde auf die Bauwerke in den Untersuchungsräumen reduziert und grob visuell qualitätsgeprüft. Dabei zeigten sich offensichtliche Unregelmäßigkeiten und Fehleinträge. So sind u. a. Bauwerksnummern doppelt vergeben und identisch gefüllt (Abbildung 81).

40636	5206681	Bauwerksnummer 5206681	53.3000	6.0000	6.5000	320.0000	0.0000	1.2000	1.2000	0.0000
40637	5206682	Bauwerksnummer 5206682	7.9900	14.7300	14.9800	118.0000	0.0400	0.7000	0.7000	0.0000
40638	5206682	Bauwerksnummer 5206682	7.9900	14.7300	14.9800	118.0000	0.0400	0.7000	0.7000	0.0000
40639	5206683	Bauwerksnummer 5206683	51.3400	11.0000	11.5000	564.0000	0.0000	1.2500	1.2500	0.0000

Abbildung 91 Doppelte Informationsbelegung für Bauwerksnummer 5206682

In Fällen einer identischen Befüllung wurde eine Zeile gelöscht. Für die BAB 1 und BAB 4 war dies jeweils bei sechs Bauwerken der Fall. Ebenso sind fehlerhafte Attributangaben zu verzeichnen. Als Beispiel sei die Fehlbefüllung des Attributes 'Bearbeitungsdatum' aufgeführt.

	SIBBW Bearbeitungsdatum
	11.10.2006
hlossener Stahl	34,0 m nördlich vom Beginn des Durchlasses***
	28.06.2007
	28.06.2007
90***	24.10.2006
	20.01.2004
kswinkel ist glei	11.10.2006
kswinkel ist gle	11.10.2006
	06.09.2002
hüttung ist nich	10.02.2003
e von 48.00 m u	06.07.2000
100***	29.10.1999

Abbildung 92 Attributiver Fehleintrag in den BISStra Daten

Bei der nachfolgenden Analyse gilt zu beachten, dass der Datenbestand hinsichtlich seiner Attributangaben von geringer Qualität zu sein scheint. Ein kritischer Blick auf die Zahlen der Auswertung sollte vorgenommen werden.

Anschließend werden die Bauwerkswerte sämtlicher Querungen in den Untersuchungsräumen ermittelt und analysiert sowie die relativen Engen der Bauwerke bestimmt.

6.2.2.1 Bauwerkswerte im Untersuchungsraum BAB 1

Im Untersuchungsraum BAB 1 konnte drei Querungen kein Wert für die 'relative Enge' zugewiesen werden, da für diese aus den Microsoft Bing Maps digitalisierten Objekten keine BISStra Daten vorliegen. Es sind die Objekte mit der ID 291, 304 und 326. Objekt 291 ist die in den letzten Jahren neu errichtete 'Wildbrücke Heinzenberg', Objekt 304 eine Brücke und Objekt 38 die im letzten Jahr neu errichtete 'Anschlussstelle Weilerswist'. Der Grund, warum Objekt 304 nicht im BISStra Datensatz verzeichnet ist, bleibt unbekannt. Die beiden anderen Bauwerke können aufgrund des Alters des BISStra Datensatzes aus dem Jahr 2009 dort nicht verzeichnet sein.



Abbildung 93 Fehlende Querungsobjekte in der BISStra Datenbank

Um einen ersten Eindruck von den BISStra Daten zu erhalten, wurden alle Unterführungen nach den Mindestabmessungen von 4 Metern für die lichte Höhe und Breite sowie der relativen Enge mit einem Schwellwert von 1,5 m visualisiert.

Anmerkung: Die y-Achse weist zur besseren Visualisierung eine logarithmische Skalierung um den Wert 10 auf.

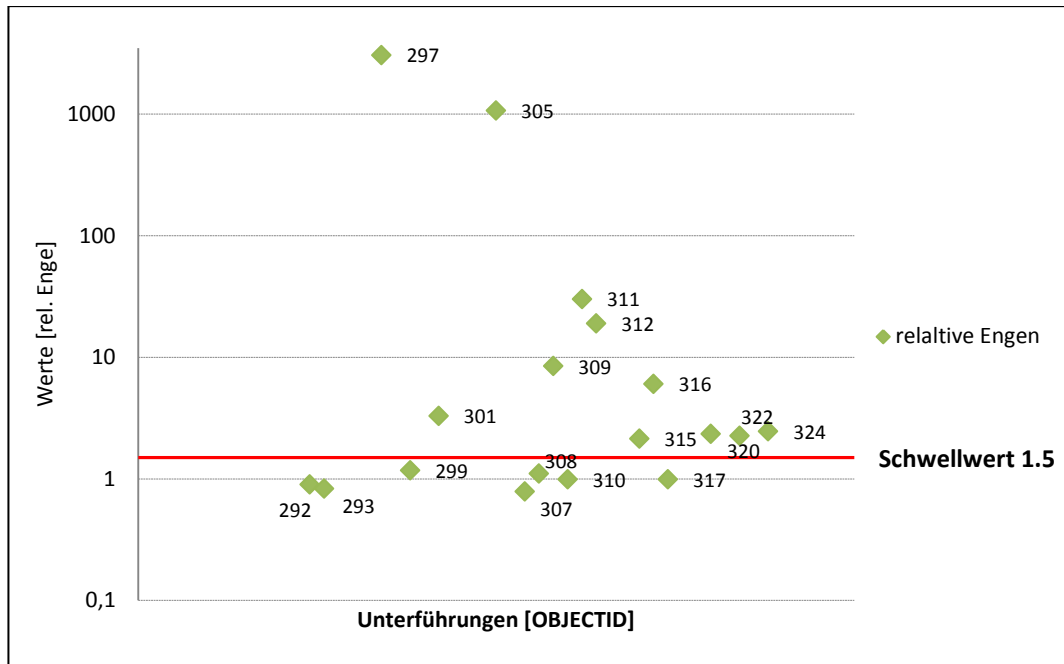


Abbildung 94 Auswertung der BISStra Daten - BAB 1 relative Engen

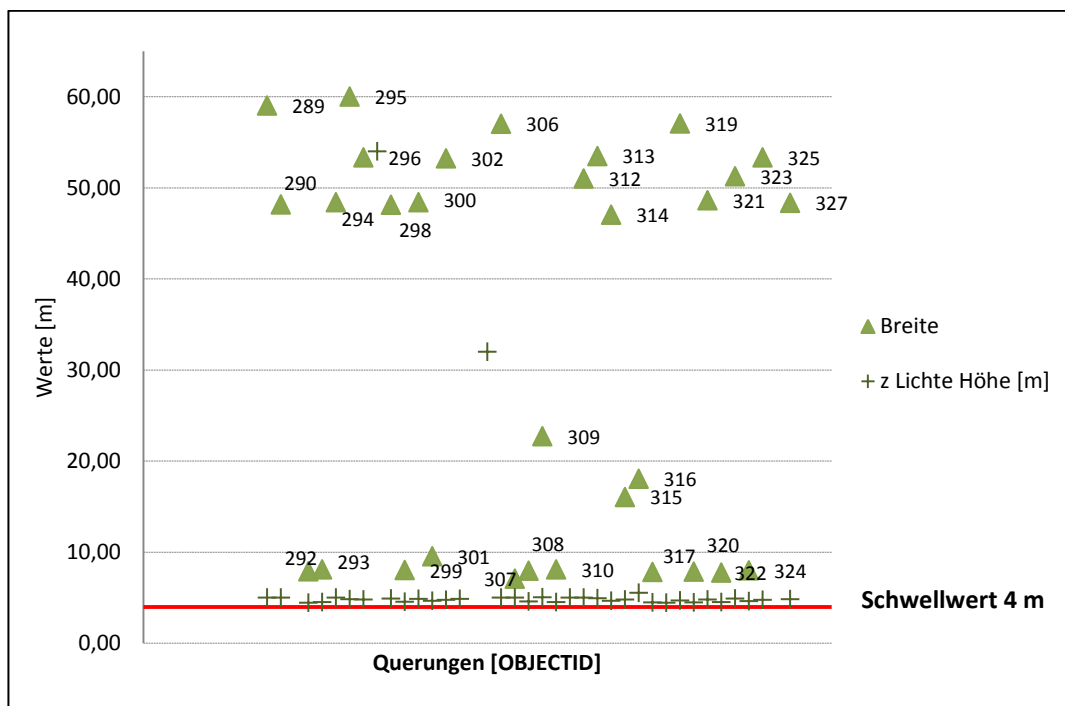


Abbildung 95 Auswertung der BISStra Daten - BAB 1 lichte Höhe und Breite

Alle Querungen überbieten den Schwellenwert von 4 Metern für Breite und die lichte Höhe. Die Unterführungen 292, 293, 299, 307, 308, 310 und 317 weisen relative Engen auf, die nicht optimal sind.

Anmerkung: Die Talbrücken (Objekte 297 u. 305) wurden aus darstellungstechnischen Gründen aus der Ansicht der Abbildung 95 herausgelassen, da sie die erforderlichen Mindestwerte weit übertreffen.

6.2.2.2 Bauwerkswerte im Untersuchungsraum BAB 4

Im Untersuchungsraum BAB 4 konnte allen Querungen ein BISStra Datenbankeintrag zugewiesen werden. Bei den Objekten 311, 395 und 396 ist die Angabe der 'Gesamtbreite' mit dem Wert '0,00' belegt. Diese Eingabefehler in den Sachdaten wurden manuell ausgebessert. In Anlehnung an den Attributwertwert 'Breite' wurde der Wert für die 'Gesamtbreite' neu gesetzt. So hat z. B. Objekt 311 eine Breite von 9,79 m, daraus wurde eine Gesamtbreite von 10,00 m abgeleitet. Ein Aufschlag von 20 cm auf die Breitenangabe ließ sich aus den anderen Bauwerksangaben der Tabelle ableiten. Die Tabelle 24 auf Seite 112 gibt die Werte wieder.

Da es sich bei den drei Objekten um Unterführungen handelt, ist der Eintrag 'Gesamtbreite' wichtig, um die relative Enge des Bauwerkes zu bestimmen. Objekt 317 weist ebenfalls eine Fehlerattributierung auf. Die Querungsbreite ist mit 0,95 m angegeben. Das Objekt ist eine Eisenbahnbrücke, der Wert der relativen Enge ist also nicht maßgebend. Der Fehleintrag der Breite wurde nicht korrigiert.

Im Untersuchungsraum BAB 4 liegen 15 Unterführungen unterhalb des Schwellwertes der relativen Enge von 1,5 und fünf Objekte unter dem Schwellenwert von 4 Metern für die lichte Höhe (Abbildungen 96 und 97).

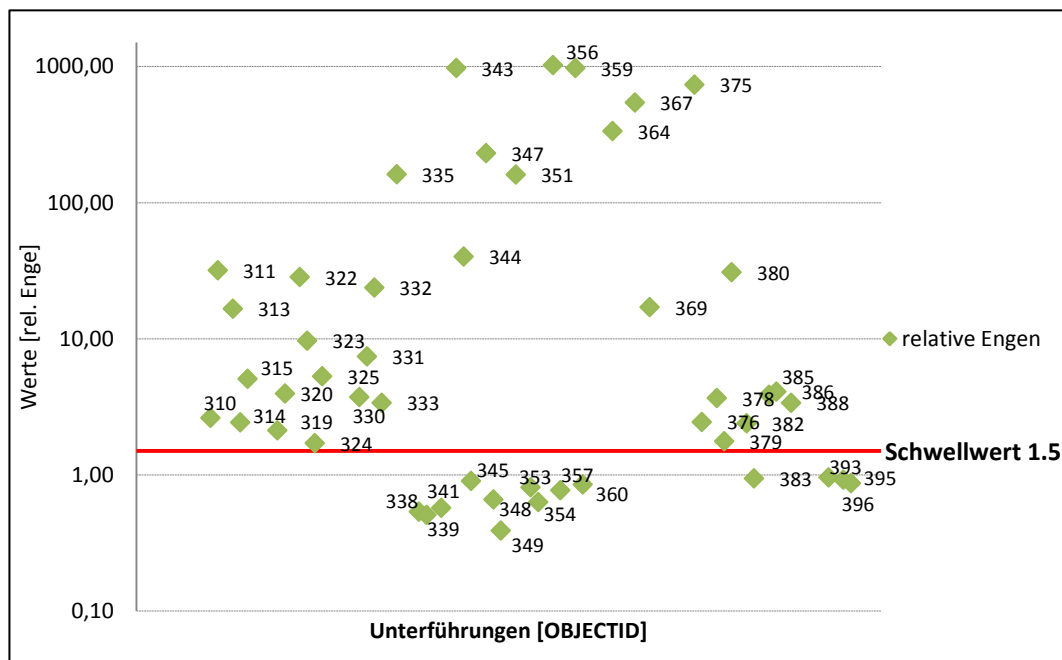


Abbildung 96 Auswertung der BISStra Daten - BAB 4 relative Enge

Die Höhenvorgabe von 4 Metern erfüllen die Unterführungen 314, 317, 319, 324, 352 nicht.

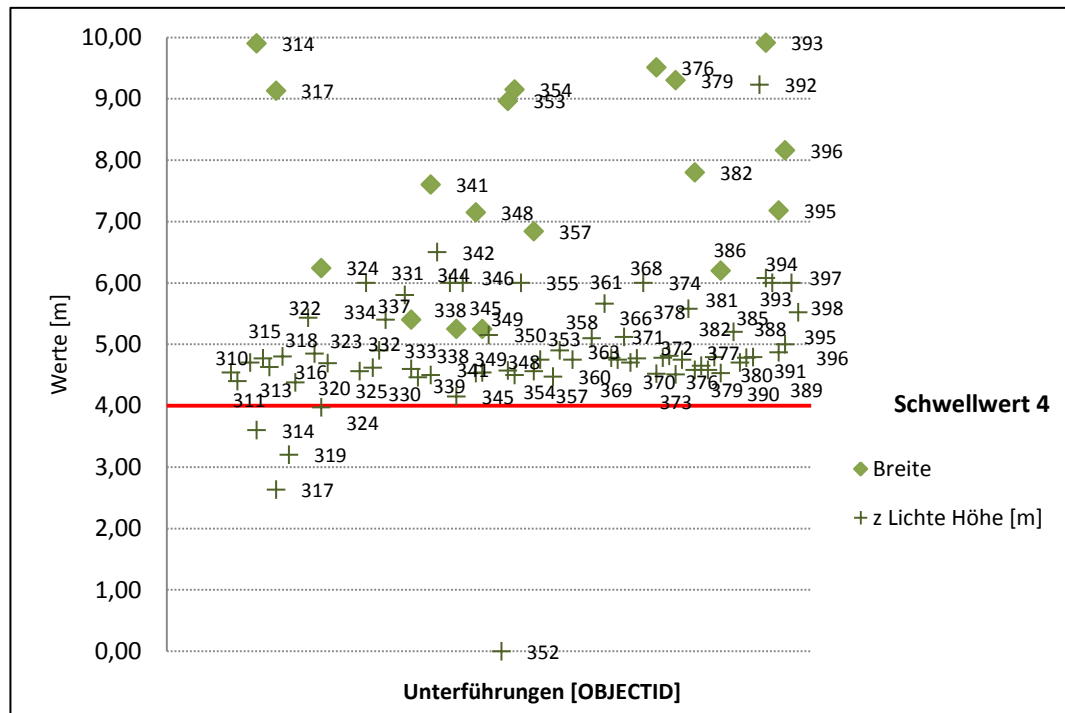


Abbildung 97 Auswertung der BIStra Daten - BAB 4 lichte Höhe und Breite

Der Attributwert '0' für die lichte Höhe des Objektes 352 ist als Fehleintrag zu klassifizieren.

6.2.3 Zusammenfassung der Analyse der Bauwerkswerte

Die Attributwerte 'Gesamtlänge [m]', 'Breite [m]', 'Gesamtbreite [m]' und 'Lichte Höhe [m]' des BIStra Datensatzes lassen sich nutzen, um die relative Enge der Querungsbauwerke zu berechnen. In Verbindung mit der visuellen Interpretation der Nutzungsart ergibt sich ein Informationspaket, das eine Qualitätseinteilung der Querungen zulässt. In den beiden Untersuchungsräumen war es hiermit möglich, die Querungen zu kategorisieren. In einer abschließenden visuellen Prüfung unter Google Earth wurden die erzielten Einteilungen als plausibel bestätigt. Allerdings ist dies nur der theoretische Blickwinkel einer fernerkundlichen Sicht. Erst ein Feldvergleich, in dem alle bauwerkstechnischen Aspekte vor Ort betrachtet und eingeschätzt werden können, ermöglicht die Überprüfung der vorgenommenen Kategorisierung. Eine vor-Ort Begehung konnte im Rahmen dieser Arbeit aus zeitlichen Gründen nicht geleistet werden.

Wo keine BIStra Angaben vorliegen oder diese fehlerhaft sind und nicht manuell verbessert werden können, wurde kein Bauwerkswert bestimmt.

Im Untersuchungsraum der BAB 1 waren zwei Bauwerke zu neu, als das sie im Datensatz BISStra verzeichnet sein können. Ein weiteres Bauwerk (Objekt 304) liegt nicht vor, Gründe dafür sind nicht identifizierbar.

Im Untersuchungsraum BAB 4 sind fünf Bauwerke fehlattribuiert. Es sind die Objekte 311, 317, 352, 395 und 396. Dem Objekt 352 konnte kein Bauwerkswert zugewiesen werden. Der Fehleintrag im Attribut der lichten Höhe konnte nicht ausgebessert werden, allen anderen Objekten wurde durch manuelle Ausbesserungen des Attributwertes ein Bauwerkswert zugeschrieben.

6.2.4 Klassifikation Bauwerkswerte

Als Hauptmaß für die qualitative Klassifikation der Querungen dient der Wert der relativen Enge. Zusätzlich sind die Durchlassbreite bzw. die Breite der Brücke und die Art der Nutzung des Bauwerks relevant.

In einer ersten Modellabstraktion werden aus diesen Informationen Regeln abgeleitet, die die Qualität einer Querung in Wert setzen und sie in Gruppen von '0' bis '50' klassifizieren.

Für Unterführungen:

- wenn die relative Enge größer 1,5 ist und die Breite > 4 m und Freifläche = 50;
- wenn die relative Enge größer 1,5 ist und die Breite > 4 m und Wirtschaftsweg = 40;
- wenn die relative Enge größer 1,5 ist und die Breite > 4 m und Fußweg = 30;
- wenn die relative Enge größer 1,5 ist und die Breite > 4 m und Nebenstraße = 20;
- wenn die relative Enge größer 1,5 ist und die Breite > 4 m und Hauptstraße = 10;
- wenn die relative Enge größer 1,5 ist und die Breite > 4 m und Eisenbahn = 0;
- wenn die relative Enge größer 1,5 ist und die Breite > 4 m und Autobahn = 0;
- wenn die Querungen eine Breite von < 4 m aufweist = 0;
- wenn die Querungen eine relative Enge von < 1,5 aufweist = 0.

Für Überführungen

- wenn die Breite > 4 m und die Nutzungsart Freifläche ist, dann = 50;
- wenn die Breite > 4 m und die Nutzungsart Wirtschaftsweg ist, dann = 40;
- wenn die Breite > 4 m und die Nutzungsart Fußweg ist, dann = 30;
- wenn die Breite > 4 m und die Nutzungsart Nebenstraße ist, dann = 20;
- wenn die Breite > 4 m und die Nutzungsart Hauptstraße ist, dann = 10;
- wenn die Breite > 4 m und die Nutzungsart Eisenbahntrasse ist, dann = 0;
- wenn die Breite > 4 m und die Nutzungsart Autobahn ist, dann = 0.

Die Werte orientieren sich an denen der Umweltklassifikation. Um miteinander kombinierbare Informationen zu bekommen, wurde auch hier der Maximalwert auf '50' gesetzt. Der Wert '0' findet bei den Bauwerkswerten Eingang, weil es hier im Gegensatz zu den Umweltwerten eindeutige k. o. Kriterien gibt. So wurden die Nutzungsarten Eisenbahn und Autobahn als k. o. Kriterium definiert, ebenso eine relative Enge von kleiner als 1,5 und eine Breite von weniger als 4 Metern.

Die Tabelle 24 gibt die Klassifikationen und alle hierfür notwendigen Attributspalten aus den BISStra Daten der Querungen in den Untersuchungsräumen wieder. Ferner ist der Umweltwert aufgeführt.

Tabelle 24 Zusammenfassung Analyse Bauwerke – Ermittlung des Bauwerkswertes

OBJECTID	Gebiet	BISStra ID	Umweltwert	Gesamtlänge [m]	Breite [m]	Gesamtbreite [m]	Lichte Höhe [m]	relative Enge		Höhe	Straßenart	Breite von		Unterführung	Bauwerkswert
								Unterführung	Überführung			Unterführungen > 4 m	Überführungen > 4 m		
310	BAB4	5008659	220702	12,90	22,18	22,43	4,54	2,61			H	1	0	1	10
311	BAB4	5008921	250716	72,25	9,79	0,00 (10,00)*	4,40	31,79			N	1	0	1	20
313	BAB4	5008663	423038	38,64	10,50	10,98	4,70	16,54			H	1	0	1	10
314	BAB4	5008667	318656	9,90	14,48	14,73	3,60	2,42		0	N	1	0	1	20
315	BAB4	5008668	281712	15,61	14,48	14,73	4,77	5,05			H	1	0	1	10
316	BAB4	5008669	383266	39,00	10,30	10,80	4,63		0,26		N	0	1	0	20
317	BAB4	5008964	503098	9,13	0,95**	0,95**	2,63		0,10		E	0	0	0	0
318	BAB4	5008672	464932	51,06	30,00	30,50	4,80		0,59		H	0	1	0	10
319	BAB4	5008673	555602	21,00	31,45	31,70	3,20	2,12		0	W	1	0	1	40
320	BAB4	5008675	817456	13,04	14,25	14,50	4,38	3,94			N	1	0	1	20
322	BAB4	5008676	1067162	96,36	18,25	18,50	5,43	28,28			H	1	0	1	10
323	BAB4	5008678	993782	28,85	14,25	14,50	4,85	9,65			N	1	0	1	20
324	BAB4	5008679	1025050	6,24	14,25	14,50	3,97	1,71		0	N	1	0	1	20
325	BAB4	5008680	1113434	16,34	14,25	14,50	4,69	5,29			H	1	0	1	10
327	BAB4	5009682	916572	100,50	6,00	6,50	10,81		0,06		FUSS	0	1	0	30
330	BAB4	5009685	579448	27,07	32,75	33,25	4,56	3,71			H	1	0	1	10
331	BAB4	5009701	381470	24,27	19,35	19,73	6,00	7,38			H	1	0	1	10
332	BAB4	5009688	247008	74,54	14,25	14,50	4,62	23,75			F	1	0	1	50
333	BAB4	5009690	169900	11,35	16,25	16,50	4,90	3,37			N	1	0	1	20
334	BAB4	5009691	207930	100,23	2,00	2,40	5,40		0,02		FUSS	0	0	0	0
335	BAB4	5009692	346866	423,00	31,00	31,50	12,00	161,14			F	1	0	1	50
336	BAB4	5009693	274898	114,80	7,73	8,40	13,00		0,07		N	0	1	0	20

337	BAB4	5009694	306188	58,84	9,80	10,30	5,80		0,17		N	0	1	0	20
338	BAB4	5009695	320500	5,40	45,85	46,35	4,60	0,54			N	1	0	0	0
339	BAB4	5009696	324190	10,40	90,80	91,40	4,46	0,51			N	1	0	0	0
340	BAB4	5009697	356358	119,00	11,73	12,40	18,30		0,10		N	0	1	0	20
341	BAB4	5009699	463550	7,60	59,46	60,06	4,50	0,57			W	1	0	0	0
342	BAB4	5009700	339310	91,00	11,50	12,15	6,50		0,13		H	0	1	0	10
343	BAB4	5010718	292496	472,00	19,20	19,45	40,00	970,69			H	1	0	1	10
344	BAB4	5009702	448074	103,40	15,25	15,50	6,00	40,03			F	1	0	1	50
345	BAB4	5009703	483960	5,25	23,70	24,25	4,15	0,90			N	1	0	0	0
346	BAB4	5009704	555234	91,33	7,00	7,70	6,00		0,08		N	0	1	0	20
347	BAB4	5009705	653972	226,00	15,25	15,45	15,73	230,10			F	1	0	1	50
348	BAB4	5010706	333868	7,15	48,76	49,36	4,53	0,66			N	1	0	0	0
349	BAB4	5010707	1067346	5,25	60,77	61,37	4,54	0,39			N	1	0	0	0
350	BAB4	5010708	671172	61,24	10,00	10,70	5,15		0,16		H	0	1	0	10
351	BAB4	5010709	511740	165,30	15,25	15,50	15,00	159,97			F	1	0	1	50
352	BAB4	5010710	670262	365,50	15,25	15,50	0,00***	0,00		0	F	1	0	0	0
353	BAB4	5010711	601010	8,96	50,20	50,80	4,57	0,81			W	1	0	0	0
354	BAB4	5010713	1086158	9,15	64,80	65,40	4,50	0,63			W	1	0	0	0
355	BAB4	5010714	1094816	58,80	2,00	2,50	6,00		0,03		FUSS	0	0	0	0
356	BAB4	5010715	1303622	439,00	15,00	15,50	36,00	1019,61			F	1	0	1	50
357	BAB4	5010716	881844	6,84	40,17	40,67	4,56	0,77			N	1	0	0	0
358	BAB4	5010717	886300	66,90	6,00	6,50	4,75		0,09		N	0	1	0	20
359	BAB4	5010718	1590090	472,00	19,20	19,45	40,00	970,69			F	1	0	1	50
360	BAB4	5010719	1002322	10,68	55,34	56,44	4,47	0,85			N	1	0	0	0
361	BAB4	5010720	959988	45,00	6,00	6,50	4,90		0,13		FUSS	0	1	0	30
362	BAB4	5010721	609392	80,00	6,00	6,50	10,72		0,08		N	0	1	0	20
363	BAB4	5010722	597344	59,30	11,50	12,00	4,75		0,19		H	0	1	0	10
364	BAB4	5010723	845484	196,00	16,75	17,00	29,00	334,35			F	1	0	1	50
365	BAB4	5010724	942590	705,00	30,25	30,50	70,00	1618,03			F	1	0	1	50

366	BAB4	5011726	487482	47,00	6,00	6,50	5,10		0,13		N	0	1	0	20
367	BAB4	5011727	407540	275,00	14,99	15,20	30,00	542,76			F	1	0	1	50
368	BAB4	5011728	155048	80,77	2,00	2,40	5,66		0,02		FUSS	0	0	0	0
369	BAB4	5011729	186790	69,30	19,28	19,48	4,78	17,00			H	1	0	1	10
370	BAB4	5011730	197918	52,95	10,48	10,90	4,75		0,20		H	0	1	0	10
371	BAB4	5011731	298116	50,88	9,48	9,90	5,12		0,19		H	0	1	0	10
372	BAB4	5011732	432480	50,88	9,48	9,90	4,70		0,19		H	0	1	0	10
373	BAB4	5011733	559866	58,14	9,48	9,90	4,77		0,16		H	0	1	0	10
374	BAB4	5011734	349842	55,25	6,00	6,50	6,00		0,11		N	0	1	0	20
375	BAB4	5011735	559042	314,00	14,70	14,95	35,00	735,12			F	1	0	1	50
376	BAB4	5011736	327058	9,51	17,00	17,60	4,52	2,44			N	1	0	1	20
377	BAB4	5011737	307674	47,00	6,00	6,50	4,78		0,13		N	0	1	0	20
378	BAB4	5011738	370864	11,40	14,75	15,00	4,81	3,66			H	1	0	1	10
379	BAB4	5011739	362876	9,30	23,64	23,81	4,51	1,76			N	1	0	1	20
380	BAB4	5011740	372776	84,09	12,73	12,98	4,75	30,77			A	1	0	1	0
381	BAB4	5011741	351536	75,30	8,90	9,20	5,58		0,12		N	0	1	0	20
382	BAB4	5011742	401078	7,80	14,75	15,00	4,58	2,38			N	1	0	1	20
383	BAB4	5011743	353154	11,60	56,10	57,30	4,65	0,94			N	1	0	0	0
384	BAB4	5012744	271280	50,90	8,70	9,20	4,58		0,17		N	0	1	0	20
385	BAB4	5012745	550392	13,50	16,45	16,71	4,79	3,87			H	1	0	1	10
386	BAB4	5012746	511670	6,20	38,10	6,90	4,53	4,07			N	1	0	1	20
387	BAB4	5012747	509686	57,00	10,70	11,20	10,63		0,19		H	0	1	0	10
388	BAB4	5012748	558096	21,90	33,25	33,75	5,20	3,37			H	1	0	1	10
389	BAB4	5012750	584052	48,40	6,00	6,50	4,70		0,12		N	0	1	0	20
390	BAB4	5012751	659460	55,06	10,50	11,20	4,78		0,19		H	0	1	0	10
391	BAB4	5012752	719270	53,15	8,50	9,20	4,79		0,16		N	0	1	0	20
392	BAB4	5012753	829296	61,70	6,00	6,50	9,23		0,10		N	0	1	0	20
393	BAB4	5012754	704680	9,91	62,80	63,10	6,08	0,95			N	1	0	0	0
394	BAB4	5012755	616448	65,00	6,00	6,50	6,00		0,09		N	0	1	0	20

395	BAB4	5012756	493958	7,18	37,20	0,00 (38,00)*	4,87	0,92			N	1	0	0	0
396	BAB4	5012757	475900	8,16	46,20	0,00 (47,00)*	5,00	0,87			N	1	0	0	0
397	BAB4	5012759	437656	88,00	6,00	6,50	6,00		0,07		N	0	1	0	20
398	BAB4	5012762	360138	66,40	6,00	6,50	5,52		0,09		N	0	1	0	20
289	BAB1	5506719	439024	59,00	6,00	6,50	5,00		0,10		N	0	1	0	20
290	BAB1	5506718	455694	48,14	6,00	6,50	5,00		0,12		N	0	1	0	20
292	BAB1	5506717	459222	7,87	38,35	38,85	4,43	0,90			N	1	0	0	0
293	BAB1	5506716	382664	8,09	39,30	43,80	4,50	0,83			N	1	0	0	0
294	BAB1	5506714	443648	48,40	6,00	6,50	5,00		0,12		N	0	1	0	20
295	BAB1	5405713	537632	59,98	12,25	12,75	4,83		0,20		H	0	1	0	10
296	BAB1	5405712	385274	53,30	6,00	6,50	4,79		0,11		N	0	1	0	20
297	BAB1	5405710	960636	800,00	13,90	14,15	54,00	3053,00			F	1	0	1	50
298	BAB1	5406586	416140	48,12	13,60	14,10	4,89		0,28		H	0	1	0	10
299	BAB1	5406709	576002	8,01	30,18	30,88	4,53	1,18			N	1	0	0	0
300	BAB1	5406708	380010	48,40	6,00	6,50	4,84		0,12		N	0	1	0	20
301	BAB1	5406707	369336	9,54	13,20	13,50	4,64	3,28			H	1	0	1	10
302	BAB1	5406706	404872	53,20	6,00	6,50	4,74		0,11		N	0	1	0	20
303	BAB1	5406705	389260	75,30	6,00	6,50	4,86		0,08		N	0	1	0	20
305	BAB1	5406702	740424	471,45	13,90	14,15	32,00	1066,18			F	1	0	1	50
306	BAB1	5406700	484406	57,00	6,00	6,50	5,00		0,11		N	0	1	0	20
307	BAB1	5406584	561724	7,05	44,92	44,92	5,00	0,78			W	1	0	0	0
308	BAB1	5306699	504844	7,95	32,40	32,90	4,56	1,10			W	1	0	0	0
309	BAB1	5306698	370534	22,70	13,25	13,50	5,02	8,44			H	1	0	1	10
310	BAB1	5306696	372850	8,09	35,90	36,79	4,50	0,99			N	1	0	0	0
311	BAB1	5306695	527080	81,20	13,23	13,48	5,00	30,12			E	1	0	1	0
312	BAB1	5306694	436574	51,00	13,23	13,48	5,00	18,92			N	1	0	1	20
313	BAB1	5306693	361850	53,47	19,00	19,50	4,92		0,36		H	0	1	0	10
314	BAB1	5306692	354048	47,03	12,00	12,50	4,65		0,26		H	0	1	0	10
315	BAB1	5306691	355314	16,04	35,36	35,86	4,79	2,14			H	1	0	1	10

316	BAB1	5306690	348994	18,02	14,75	16,40	5,50	6,04			H	1	0	1	10
317	BAB1	5306689	347388	7,80	34,85	35,35	4,48	0,99			N	1	0	0	0
318	BAB1	5306688	346620	77,09	14,73	14,98	4,43		0,19		H	0	1	0	10
319	BAB1	5306687	340970	57,04	26,75	27,25	4,68		0,47		H	0	1	0	10
320	BAB1	5306686	398490	7,83	14,73	14,98	4,47	2,34			N	1	0	1	20
321	BAB1	5206685	430762	48,60	6,00	6,50	4,77		0,12		N	0	1	0	20
322	BAB1	5206684	443160	7,74	15,23	15,48	4,50	2,25			N	1	0	1	20
323	BAB1	5206683	430298	51,24	11,00	11,50	4,88		0,21		H	0	1	0	10
324	BAB1	5206682	443728	7,99	14,73	14,98	4,60	2,45			N	1	0	1	20
325	BAB1	5206681	431336	53,30	6,00	6,50	4,73		0,11		N	0	1	0	20
327	BAB1	5206680	388256	48,32	9,00	9,50	4,81		0,19		H	0	1	0	10
291	BAB1		494540					#DIV/0!	#DIV/0!		F	0	0	0	n/a
304	BAB1		438906					#DIV/0!	#DIV/0!		H	0	0	#DIV/0!	n/a
326	BAB1		459992					#DIV/0!	#DIV/0!		H	0	0	#DIV/0!	n/a

Legende:

* Werte manuell hinzugefügt

** fehlerhafter Dateneintrag, im Luftbild gemessen 20 m Breite

*** fehlerhafter Dateneintrag

n/a - nicht anwendbar



- Unterführung
- Überführung

1 - erfüllt

A - Autobahn

H - Hauptstraße

N - Nebenstraße

0 - nicht erfüllt

W - Wirtschaftsweg

E - Eisenbahn

FUSS - Fußgängerweg

F - Freifläche

Damit liegen der Umweltwert und der Bauwerkswert für jede Querung vor.

6.3 Zusammenfügen der Analysestränge Bauwerke und Umwelten

Die Qualitätsaussage der Querungen setzt sich aus den Werten der Umwelten und der Bauwerke zusammen. In den letzten beiden Unterkapiteln wurde die Bildung dieser beiden Werte beschrieben. In diesem Abschnitt soll nun das Zusammenführen beider Werte erläutert werden.

Eine Möglichkeit der Modellierung ist die unterschiedliche Gewichtung beider Eingangswerte. Für diese Herangehensweise spricht die Annahme, dass eine gute Querung in einem stark urbanen Gebiet nicht gleichzusetzen ist mit einer baulich identischen Querung in einem Waldgebiet. Was nützt die qualitativ gute Querung, wenn sie von Tieren nicht erreicht werden kann? Die Umwelt nimmt also einen Einfluss auf die Qualität einer Querung, der stärker zu setzen ist als die Bauwerksparameter. Im Rahmen der Analyse wurde dieser Ansatz mit den Experten der Bundesanstalt für Straßenwesen diskutiert. Dabei ergaben sich weitere Modellierungsideen, die allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht verfolgt wurden. Ebenso war es schwierig, die Stärke der Gewichtung realistisch festzulegen. Nach Absprache wurde die Gewichtung auf das Verhältnis 1 zu 1,25 zugunsten der Umwelt gesetzt. Ferner wird ein Bauwerkswert von '0' als grundsätzliches k. o. Kriterium gewertet. Egal wie gut die landschaftliche Einbettung einer Querung sein mag, ist die Querung selbst ungeeignet, hat auch die Umwelt keinen Einfluss mehr.

Der hier definierte Ansatz wird als erster Versuch gewertet, eine Werteskala darzustellen, aus der eine Kartenvisualisierung abgeleitet werden kann. Im Kapitel 7 werden weitere Vorschläge zur Optimierung dieses Ansatzes gemacht.

Die Einteilung in drei Kategorien nach Jenks (natürliche Grenzen) brachte folgende Klassifikation:

Klasse 1: 0 bis 12,5

Klasse 2: 12,51 bis 42,5

Klasse 3: 42,51 bis 87,5

Diese Einteilung wird für die Symbolisierung in der kartografischen Umsetzung genutzt. Somit liegt ein Wert zur Qualitätsbestimmung der einzelnen Querungen vor und die beiden Analysestränge 'Umwelten' und 'Bauwerke' sind zusammengeführt. Die in diesem Kapitel ausgeführte Modellierung wird in der folgenden Tabelle umgesetzt.

Tabelle 25 Zusammenfassung Analyse Umwelten und Bauwerke - Gesamtkriterium Bauwerksdurchlässigkeit

OBJECTID	Gebiet	Buffer_ID	BISStra_ID	Umweltwert	Bauwerkswert	Umweltwert	Querungswert (Bauwerk*0,75)+Umwelt	Querungswert Bauwerkswert 0 = k. o. Kriterium
310	BAB4	194	5008659	220702	10	5	12,5	12,5
311	BAB4	195	5008921	250716	20	5	20	20
313	BAB4	196	5008663	423038	10	20	27,5	27,5
314	BAB4	197	5008667	318656	20	10	25	25
315	BAB4	198	5008668	281712	10	5	12,5	12,5
316	BAB4	199	5008669	383266	20	10	25	25
317	BAB4	200	5008964	503098	0	20	20	0
318	BAB4	201	5008672	464932	10	20	27,5	27,5
319	BAB4	202	5008673	555602	40	30	60	60
320	BAB4	203	5008675	817456	20	40	55	55
322	BAB4	204	5008676	1067162	10	50	57,5	57,5
323	BAB4	205	5008678	993782	20	40	55	55
324	BAB4	206	5008679	1025050	20	40	55	55
325	BAB4	207	5008680	1113434	10	50	57,5	57,5
327	BAB4	208	5009682	916572	30	40	62,5	62,5
330	BAB4	209	5009685	579448	10	30	37,5	37,5
331	BAB4	210	5009701	381470	10	10	17,5	17,5
332	BAB4	211	5009688	247008	50	5	42,5	42,5
333	BAB4	212	5009690	169900	20	5	20	20
334	BAB4	213	5009691	207930	0	5	5	0
335	BAB4	214	5009692	346866	50	10	47,5	47,5
336	BAB4	215	5009693	274898	20	5	20	20
337	BAB4	216	5009694	306188	20	10	25	25
338	BAB4	217	5009695	320500	0	10	10	0
339	BAB4	218	5009696	324190	0	10	10	0



340	BAB4	219	5009697	356358	20	10	25	25
341	BAB4	220	5009699	463550	0	20	20	0
342	BAB4	221	5009700	339310	10	10	17,5	17,5
343	BAB4	222	5010718	292496	10	10	17,5	17,5
344	BAB4	223	5009702	448074	50	20	57,5	57,5
345	BAB4	224	5009703	483960	0	20	20	0
346	BAB4	225	5009704	555234	20	30	45	45
347	BAB4	226	5009705	653972	50	30	67,5	67,5
348	BAB4	227	5010706	333868	0	10	10	0
349	BAB4	228	5010707	1067346	0	50	50	0
350	BAB4	229	5010708	671172	10	30	37,5	37,5
351	BAB4	230	5010709	511740	50	20	57,5	57,5
352	BAB4	231	5010710	670262	0	30	30	0
353	BAB4	232	5010711	601010	0	30	30	0
354	BAB4	233	5010713	1086158	0	50	50	0
355	BAB4	234	5010714	1094816	0	50	50	0
356	BAB4	235	5010715	1303622	50	50	87,5	87,5
357	BAB4	236	5010716	881844	0	40	40	0
358	BAB4	237	5010717	886300	20	40	55	55
359	BAB4	238	5010718	1590090	50	50	87,5	87,5
360	BAB4	239	5010719	1002322	0	40	40	0
361	BAB4	240	5010720	959988	30	40	62,5	62,5
362	BAB4	241	5010721	609392	20	30	45	45
363	BAB4	242	5010722	597344	10	30	37,5	37,5
364	BAB4	243	5010723	845484	50	40	77,5	77,5
365	BAB4	244	5010724	942590	50	40	77,5	77,5
366	BAB4	245	5011726	487482	20	20	35	35
367	BAB4	246	5011727	407540	50	10	47,5	47,5
368	BAB4	247	5011728	155048	0	5	5	0

369	BAB4	248	5011729	186790	10	5	12,5	12,5
370	BAB4	249	5011730	197918	10	5	12,5	12,5
371	BAB4	250	5011731	298116	10	10	17,5	17,5
372	BAB4	251	5011732	432480	10	20	27,5	27,5
373	BAB4	252	5011733	559866	10	30	37,5	37,5
374	BAB4	253	5011734	349842	20	10	25	25
375	BAB4	254	5011735	559042	50	30	67,5	67,5
376	BAB4	255	5011736	327058	20	10	25	25
377	BAB4	256	5011737	307674	20	10	25	25
378	BAB4	257	5011738	370864	10	10	17,5	17,5
379	BAB4	258	5011739	362876	20	10	25	25
380	BAB4	259	5011740	372776	0	10	10	0
381	BAB4	260	5011741	351536	20	10	25	25
382	BAB4	261	5011742	401078	20	10	25	25
383	BAB4	262	5011743	353154	0	10	10	0
384	BAB4	263	5012744	271280	20	5	20	20
385	BAB4	264	5012745	550392	10	30	37,5	37,5
386	BAB4	265	5012746	511670	20	20	35	35
387	BAB4	266	5012747	509686	10	20	27,5	27,5
388	BAB4	267	5012748	558096	10	30	37,5	37,5
389	BAB4	268	5012750	584052	20	30	45	45
390	BAB4	269	5012751	659460	10	30	37,5	37,5
391	BAB4	270	5012752	719270	20	30	45	45
392	BAB4	271	5012753	829296	20	40	55	55
393	BAB4	272	5012754	704680	0	30	30	0
394	BAB4	273	5012755	616448	20	30	45	45
395	BAB4	274	5012756	493958	0	20	20	0
396	BAB4	275	5012757	475900	0	20	20	0
397	BAB4	276	5012759	437656	20	20	35	35

398	BAB4	277	5012762	360138	20	10	25	25
289	BAB1	1	5506719	439024	20	20	35	35
290	BAB1	2	5506718	455694	20	20	35	35
292	BAB1	4	5506717	459222	0	20	20	0
293	BAB1	5	5506716	382664	0	10	10	0
294	BAB1	6	5506714	443648	20	20	35	35
295	BAB1	7	5405713	537632	10	20	27,5	27,5
296	BAB1	8	5405712	385274	20	10	25	25
297	BAB1	9	5405710	960636	50	40	77,5	77,5
298	BAB1	10	5406586	416140	10	20	27,5	27,5
299	BAB1	11	5406709	576002	0	30	30	0
300	BAB1	12	5406708	380010	20	10	25	25
301	BAB1	13	5406707	369336	10	10	17,5	17,5
302	BAB1	14	5406706	404872	20	10	25	25
303	BAB1	15	5406705	389260	20	10	25	25
305	BAB1	17	5406702	740424	50	30	67,5	67,5
306	BAB1	18	5406700	484406	20	20	35	35
307	BAB1	19	5406584	561724	0	30	30	0
308	BAB1	20	5306699	504844	0	20	20	0
309	BAB1	21	5306698	370534	10	10	17,5	17,5
310	BAB1	22	5306696	372850	0	10	10	0
311	BAB1	23	5306695	527080	0	20	20	0
312	BAB1	24	5306694	436574	20	20	35	35
313	BAB1	25	5306693	361850	10	10	17,5	17,5
314	BAB1	26	5306692	354048	10	10	17,5	17,5
315	BAB1	27	5306691	355314	10	10	17,5	17,5
316	BAB1	28	5306690	348994	10	10	17,5	17,5
317	BAB1	29	5306689	347388	0	10	10	0
318	BAB1	30	5306688	346620	10	10	17,5	17,5
319	BAB1	31	5306687	340970	10	10	17,5	17,5

320	BAB1	32	5306686	398490	20	10	25	25
321	BAB1	33	5206685	430762	20	20	35	35
322	BAB1	34	5206684	443160	20	20	35	35
323	BAB1	35	5206683	430298	10	20	27,5	27,5
324	BAB1	36	5206682	443728	20	20	35	35
325	BAB1	37	5206681	431336	20	20	35	35
327	BAB1	39	5206680	388256	10	10	17,5	17,5
291	BAB1	3	0	494540	n/a	20	20	n/a
304	BAB1	16	0	438906	#DIV/0!	20	#DIV/0!	n/a
326	BAB1	38	0	459992	#DIV/0!	20	#DIV/0!	n/a

Legende:

-  - Unterführung
 - Überführung

6.4 Schutzeinrichtungen

Neben den Bauwerken sind für die Permeabilität der Straßenabschnitte auch die Schutzeinrichtungen zu betrachten. Hierbei sind die Kategorien 'Barriere' und 'Laermschutz' zu unterscheiden. Unter dem Subtype 'Barriere' des Objektes Bauwerk ist in der Geodatabase 'Untersuchungsräume' das Element 'Wildschutzzaun' abgelegt, unter dem Subtype 'Laermschutz' die Elemente des Datensatzes Lärmschutzeinrichtungen (Kapitel 2). Beide Datensätze wurden entsprechend in die Datenbank aufgenommen.

'Barrieren' werden durchgängig als unüberwindbares Hindernis deklariert, die Literatur - u. a. GEORGII (2005) - unterstützt diese Annahme. Der Attributwert der Kategorie wurde für alle Bauwerke 'Barriere' auf 'geschlossen' gesetzt.

BAUWERK	QUELLE	STRASSESEITE	KATEGORIE	OBJEKTART	Untersuchungsraum
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB1

Abbildung 98 Auszug aus den Sachdaten der Geodatabase

Für die Bauwerke der Gruppe 'Laermschutz' ist eine Festlegung der Kategorie zwischen 'offen' und 'geschlossen' nur bedingt möglich. Die Art der Lärmschutzeinrichtung ist unterschiedlich (es gibt die Arten: Wand, Wall, Wall/Wand, Gabione, Wall/Gabione, vermutlicher Sichtschutz - z.B. auf Brücken-, Wand gekröpft und sonstige) und ohne einen Ortsvergleich ist es nicht möglich zu entscheiden, ob zum Beispiel ein Wall für Tiergruppen passierbar ist oder nicht. Die beiden Abbildungen zeigen zum einen zwei Beispiele aus der Lärmschutzart 'Wand' und 'Wall' und zum anderen belegen sie die Schwierigkeit, eine Durchlässigkeit rein theoretisch zu bestimmen.



Abbildung 99 Beispiele Bauwerk 'Laermschutz': links Wand, rechts Wall

Es wird daher festgelegt, dass nur die Objektart 'Wand' des Bauwerkes 'Laermschutz' als 'geschlossen' deklariert wird, und alle anderen Objektarten definitionslos (Wert '<NULL>') bleiben.

6.5 Überführung der Auswertung in die Geodatabase

6.5.1 Querungen

Die vorausgegangenen Analysen wurden unter Microsoft Office Excel durchgeführt. Damit die Ergebnisse in Verbindung zu den Objekten in der Datenbank gesetzt werden können, werden die Informationen der Auswertetabelle mit den Objekten in der ArcGIS-Geodatabase verknüpft. Dies geschieht über die attributive Verknüpfung identischer Attribute in den Sach- und Lageinformationen. Als 'Bindeglied' zwischen den beiden Informationsebenen dient die BISStra_ID.

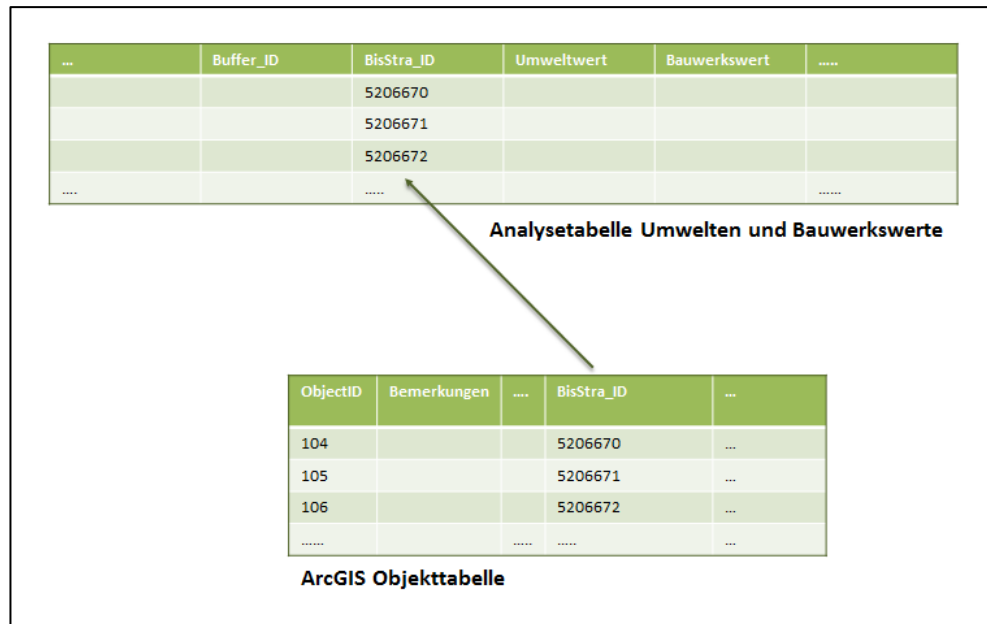


Abbildung 100 Tabellenverknüpfungen

Die BISStra_ID kommt sowohl in der Tabelle 25 (Seite 118) 'Analyse Umwelten und Bauwerke' als auch in den Attributen der Bauwerks-Objekte der Geodatabase vor. Die Tabelle wird in die Geodatabase importiert und der Bezug zu den digitalisierten Lageobjekten über einen sogenannten 'Join' hergestellt.

Ein 'Join' wird verwendet, wenn jedem geographischen Objekt (Punkt, Linie, Fläche) genau ein Datensatz in einer angehängten Tabelle entspricht. Dies ist hier der Fall und somit stehen in der Geodatabase 'Untersuchungsräume' nun die Sachinformationen der Analyse, die für eine Aussage der Qualitäten der Querungen verwendet werden, zur Verfügung.

6.5.2 Schutzeinrichtungen

Die Daten der Schutzeinrichtungen müssen nicht weiter in der Datenbank 'Untersuchungsräume' bearbeitet werden. Sie wurden beim Import mit allen wichtigen Attributen integriert. Bei der Nachdigitalisierung der Objekte wurde die Kategorie der Objekte entsprechend den Gegebenheiten auf 'offen', 'geschlossen' oder <NULL> gesetzt. Die Abbildung zeigt einen Auszug aus der Objekttable.

BAUWERK	QUELLE	STRASSESEITE	KATEGORIE	OBJEKTART	Untersuchungsraum
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Barriere	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Barriere	Strassen.NRW	beidseitig	geschlossen	Wildschutzzaun	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	rechts	<Null>	Wall	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	<Null>	Wall	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	<Null>	Wall	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	rechts	geschlossen	Wand	BAB4
Laermschutz	Strassen.NRW	links	geschlossen	Wand	BAB4

Abbildung 101 Beispiel einer Befüllung Kategorie der Bauwerke 'Laermschutz'

6.6 Zusammenfassung Geodatabase

Eine der Aufgaben dieser Masterarbeit, das Erstellen eines GIS basierten Datensatzes mit allen relevanten Informationen zur Abbildung der Qualität von Querungen und der Durchlässigkeit von Straßen, ist damit erfüllt. Auf Grundlage dieses Datensatzes kann nun die Visualisierung erarbeitet werden.

Die Abbildung zeigt beispielhaft die in der Geodatabase 'Untersuchungsräume' enthaltenen Datensätze und ihre Attribute. Es ist die gleiche Auswahl von Objekten wie in der Darstellung auf der Seite 79 (Abbildung 67) nach Abschluss der Arbeiten an der Datenbank. Ergänzt sind hier nun die Bauwerks- und Umweltwerte der Querung sowie die zur Berechnung der relativen Enge notwendigen BISStra Attribute.

Pink dargestellt ist die Mittelachse der Bundesautobahn, blau die Barriere (Wildschutzzaun) beige die Lärmschutzeinrichtung (hier eine Baumreihe). In Rot abgebildet ist eine Überführung. Die Tabelle 26 zeigt den Datenbankauszug für die drei Objekte (die weiteren Attribute aus BISStra sind nicht angegeben):



Abbildung 102 Objekte in der Geodatabase Untersuchungsräume

Tabelle 26 Objekte in der Geodatabase Untersuchungsräume

OBJECTID	368	413	416
Bemerkung	keine	keine	keine
rel. Höhe	<NULL>	<NULL>	1,5075
Bauwerk	Überführung	Barriere	Laermschutz
Quelle	Microsoft Bing Maps Aerial	Straßen.NRW	Straßen.NRW
Strassenseite	<NULL>	beidseitig	rechts
Kategorie	offen	geschlossen	<NULL>
Objektart	Fußgängerweg	Wildschutzzaun	Wall
Untersuchungsraum	BAB4	BAB4	BAB4
BisStra_ID	5011728	<NULL>	<NULL>
Gesamtlänge [m]	80,77	438,71	<NULL>
Gesamtbreite [m]	2,00	<NULL>	<NULL>
Lichte Höhe [m]	5,66	<NULL>	<NULL>
rel. Enge	0,02476	<NULL>	<NULL>
Umweltwert	155048	<NULL>	<NULL>
Umweltwert (klassifiziert)	5	<NULL>	<NULL>
Bauwerkswert	0	<NULL>	<NULL>
Überführung	ja	<NULL>	<NULL>
Nutzungsart	Fußweg	<NULL>	<NULL>
Querungswert	0	<NULL>	<NULL>

Bei der kartografischen Visualisierung wird nun versucht, aus diesen Informationen eine möglichst einfache aber doch aussagekräftige Darstellungsform zur Abbildung der Permeabilität von Straßenabschnitten abzuleiten.

Ferner muss im Kapitel 'Darstellung der Ergebnisse' erörtert werden, ob sich die Informationen der Qualität der Querungen und die Schutzeinrichtungen miteinander kombiniert abbilden lassen, bzw. muss die Frage gestellt werden, ob eine gemeinsame Abbildung überhaupt sinnvoll und durchführbar ist.

7 Darstellung der Ergebnisse

Die Vorgabe bestand darin, für jeden Straßenabschnitt eine Aussage über seine Durchlässigkeit treffen zu können. Der Begriff Straßenabschnitt wird definiert als der Bereich zwischen zwei Autobahnanschlussstellen. Ziel der Präsentation ist nun, eine ansprechende und einfach interpretierbare Kartengestaltung zu erzeugen, in der die Durchlässigkeit der Straßenabschnitte erkennbar wird. Hierfür wurde die Farbgebung im 'Ampeldesign' gewählt. Das generalisierte kartografische Endprodukt besteht somit aus Straßenabschnitten, die in den Ampelfarben nach dem sog. 'Ampel-Paradigma' (FÖRSTNER 1996) eingefärbt sind. Grün bedeutet dabei stärker durchlässig, gelb zweifelhaft und Rot bedeutet undurchlässig bzw. schwer durchlässig. Die Grundlage dieser Darstellung ist der Durchlässigkeitswert des Abschnittes. Als Daten für die Ermittlung der Abschnittsdurchlässigkeit dienen die Durchlässigkeitswerte der Querungen, die Angaben zur räumlichen Lage der Schutzeinrichtungen sowie deren Durchlässigkeit.

Das ursprüngliche Vorhaben, die Durchlässigkeitsqualitäten der Schutzeinrichtungen (Kapitel 6.7.2) und der Querungen (Kapitel 6.7.1) kombiniert in einer kartografischen Darstellung abzubilden, wurde nach ersten Überlegungen über die Herangehensweise an die Ergebnispräsentation, verworfen. Die Durchlässigkeit der Querungen soll extrapoliert auf den Straßenabschnitt abgebildet werden, die Schutzeinrichtungen liegen dagegen lagerichtig in definierter Ausdehnung in den Straßenabschnitten vor. Somit gibt es einen Absolut- und einen Relativwert zu der Durchlässigkeit an einem bestimmten Straßenabschnittspunkt. Beide Aussagen können kartografisch nicht sinnvoll und anschaulich kombiniert werden.

Als Ergebnis dieser Vorbetrachtungen werden zwei separate Karten erstellt. Die Karte der Durchlässigkeit der Straßenabschnitte wird nur auf Grundlage der Querungsqualitäten erstellt, und ergänzend dazu wird eine Karte über die Durchlässigkeit der Schutzeinrichtungen angefertigt.

7.1 Darstellung der Durchlässigkeit von Straßenabschnitten

Die Durchlässigkeit eines Straßenabschnittes wird dadurch ermittelt, dass die Querungswerte eines Autobahnabschnittes addiert und anschließend durch die Abschnittslänge geteilt werden. Dieser Berechnungsansatz ergibt einen theoretischen einheitlichen Durchlässigkeitswert pro Meter pro Abschnitt. Die so errechneten Werte für die einzelnen Straßenabschnitte in den Untersuchungsräumen zeigt die Tabelle 27. In der rechten Spalte ist die Farbgebung für den entsprechenden Abschnitt in den Ampelfarben verzeichnet.

Tabelle 27 Streckenabschnitte in den Untersuchungsräumen

Gebiet	Länge [m]	von ... bis	Anzahl Querungen	Gesamtwert/ Streckenlänge	Farbe
BAB 1	7512	Blankenheim ... Nettersheim	9	0,03128	gelb
BAB 1	5329	Nettersheim ... Mechernich	6	0,02252	rot
BAB 1	8818	Mechernich ... Wißkirchen	10	0,01956	rot
BAB 1	3713	Wißkirchen ... Euskirchen (Süd)	5	0,01885	rot
BAB 1	789	Euskirchen (Süd) ... Euskirchen	0	0,00000	rot
BAB 1	9025	Euskirchen ... Weilerswist-West	7	0,02327	rot
BAB 1	1293	Weilerswist-West ... Kreuz Bliesheim	2	0,01353	rot
BAB 4	1464	Kreuz Köln Ost ... Köln-Merheim	2	0,02220	rot
BAB 4	3018	Köln-Merheim ... Refrath	6	0,03893	gelb
BAB 4	2264	Refrath ... Bensberg	3	0,07619	grün
BAB 4	3459	Bensberg ... Moitzfeld	3	0,04842	gelb
BAB 4	3288	Moitzfeld ... Untereschbach	4	0,04866	gelb
BAB 4	6490	Untereschbach ... Overath	11	0,02658	gelb
BAB 4	10609	Overath ... Engelskirchen	14	0,03323	gelb
BAB 4	3079	Engelskirchen ... Bielstein	5	0,07551	grün
BAB 4	4270	Bielstein ... Gummersbach	6	0,05855	gelb
BAB 4	8598	Gummersbach... Bergneustadt	11	0,03257	gelb
BAB 4	5872	Bergneustadt ... Eckenhagen	8	0,03534	gelb
BAB 4	9050	Eckenhagen ... Kreuz Olpe-Süd	10	0,03177	gelb

Die Durchlässigkeitswerte wurden nach dem Verfahren der 'natürlichen Grenzen' in die drei Kategorien rot-gelb-grün unterteilt. Unter ArcGIS kann dies in den Symbolisierungseinstellungen entsprechend definiert werden.

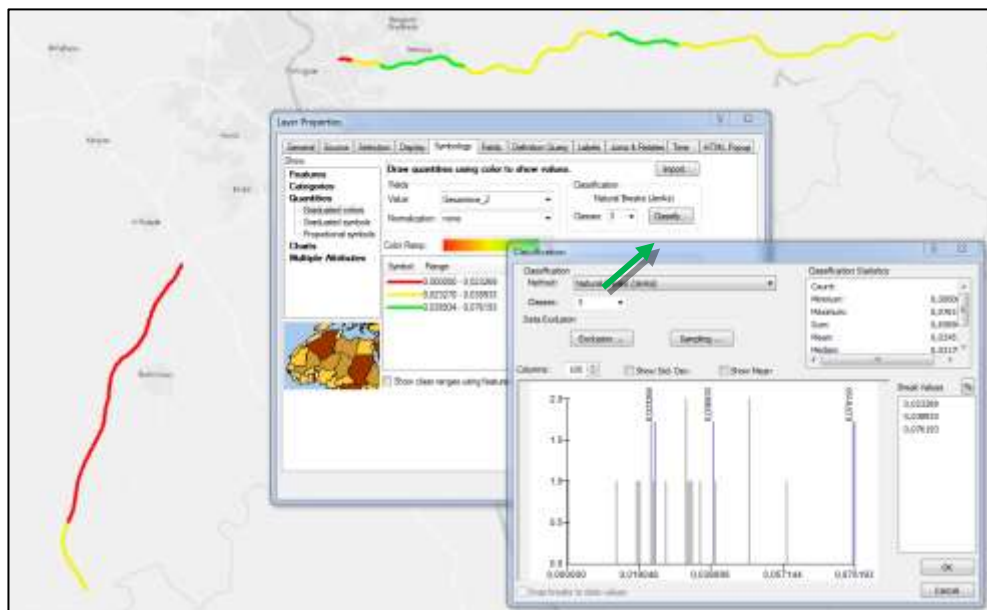


Abbildung 103 Einstellungen der Klasseneinteilung unter ArcGIS

Mit dieser kartografischen Visualisierungseinstellung wurde die Ergebniskarte für die Untersuchungsgebiete BAB 1 und BAB 4 angefertigt.

Neben der in diesem Kapitel abgebildeten Karte ist im Anhang B eine Karte mit einer differenzierten Ansicht der Umwelt- und Bauwerkswerte vor dem Hintergrund des Additionsrasters der naturschutzfachlichen Daten aufgeführt.

Anhang C und Anhang D zeigen weitere kartografische Abbildungen der Untersuchungsräume BAB 1 und BAB 4.

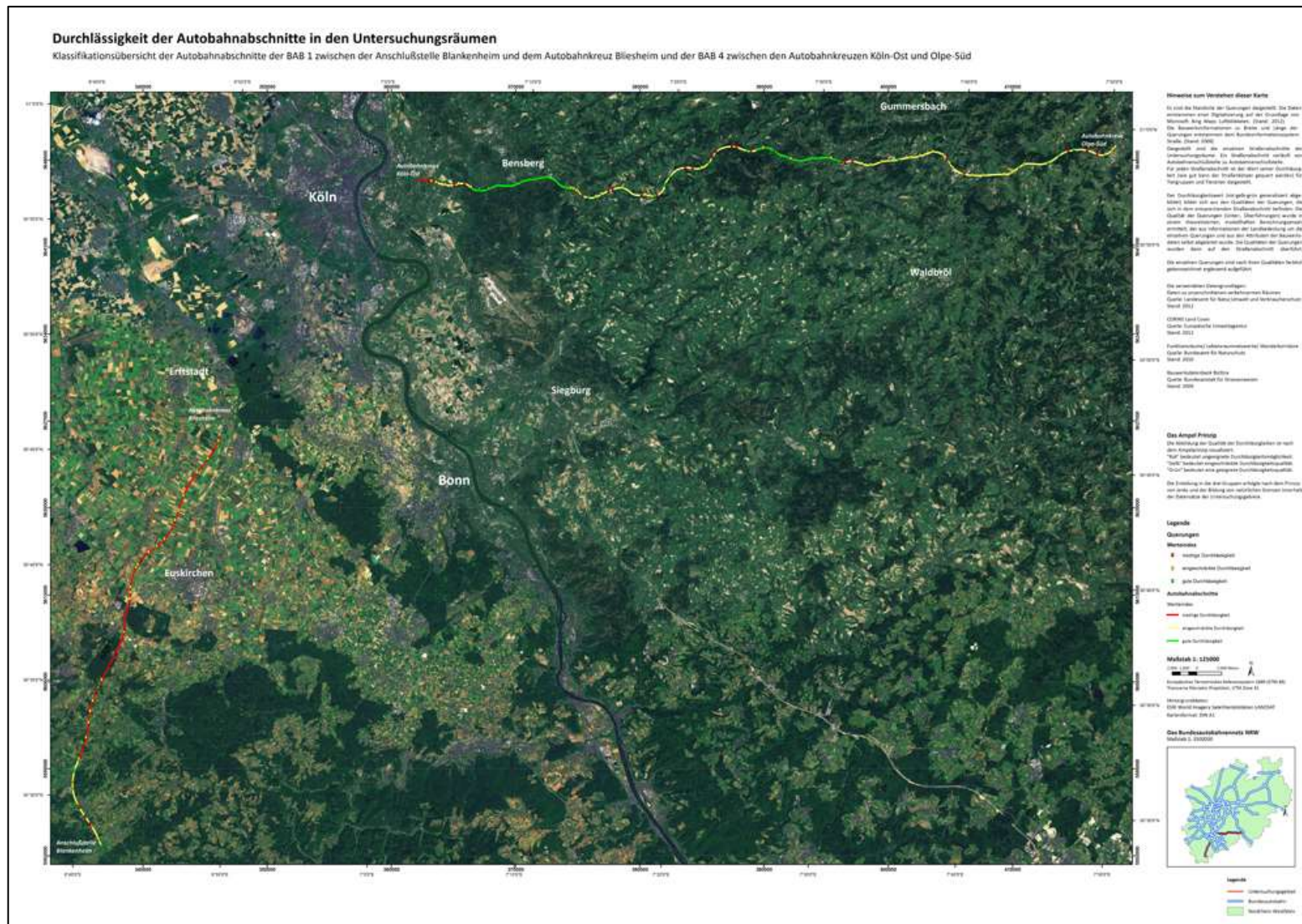


Abbildung 104 Karte Durchlässigkeit von Autobahnabschnitten

Die nachfolgenden Abbildungen sind Auszüge der Abbildung 103.

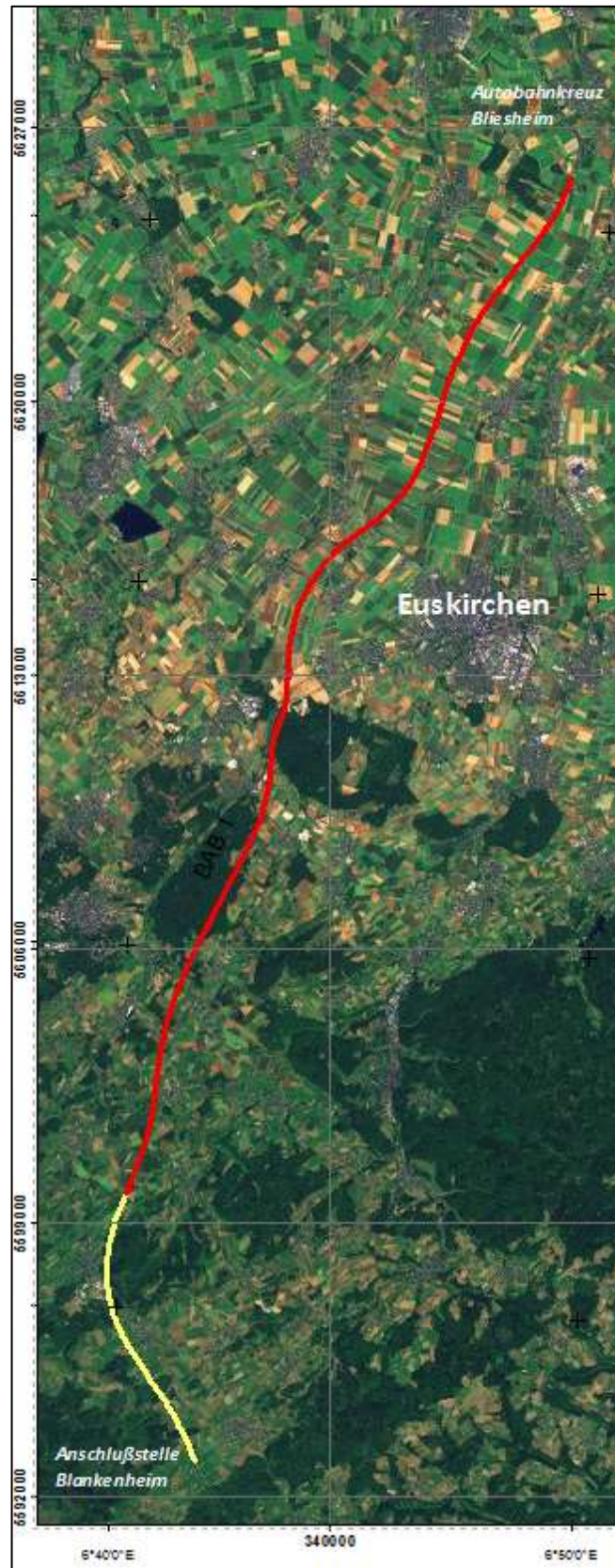


Abbildung 105 Durchlässigkeit des Autobahnabschnitts BAB 1 (vergrößert dargestellt)

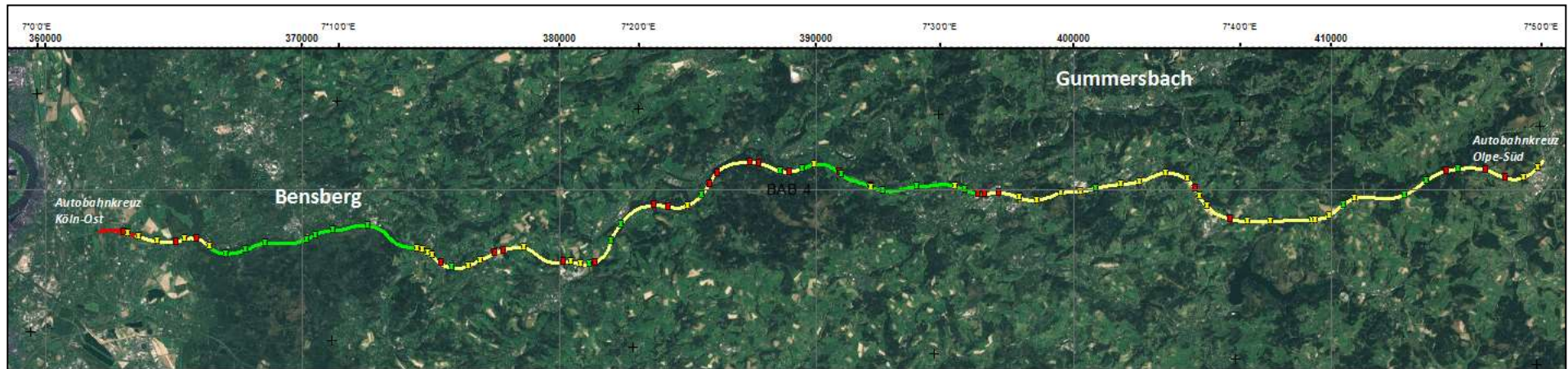


Abbildung 106 Durchlässigkeit des Autobahnabschnitts BAB 4 (vergrößert dargestellt)

Am Beispiel des Straßenabschnitts 'Köln-Ost - Bensberg' der BAB 4 soll die Ergebnisvaluierung erläutert werden. Dieser Teilabschnitt beinhaltet die drei Autobahnabschnitte Köln-Ost...Köln-Merheim, Köln-Merheim...Refrath und Refrath...Bensberg mit insgesamt 11 Querungen.

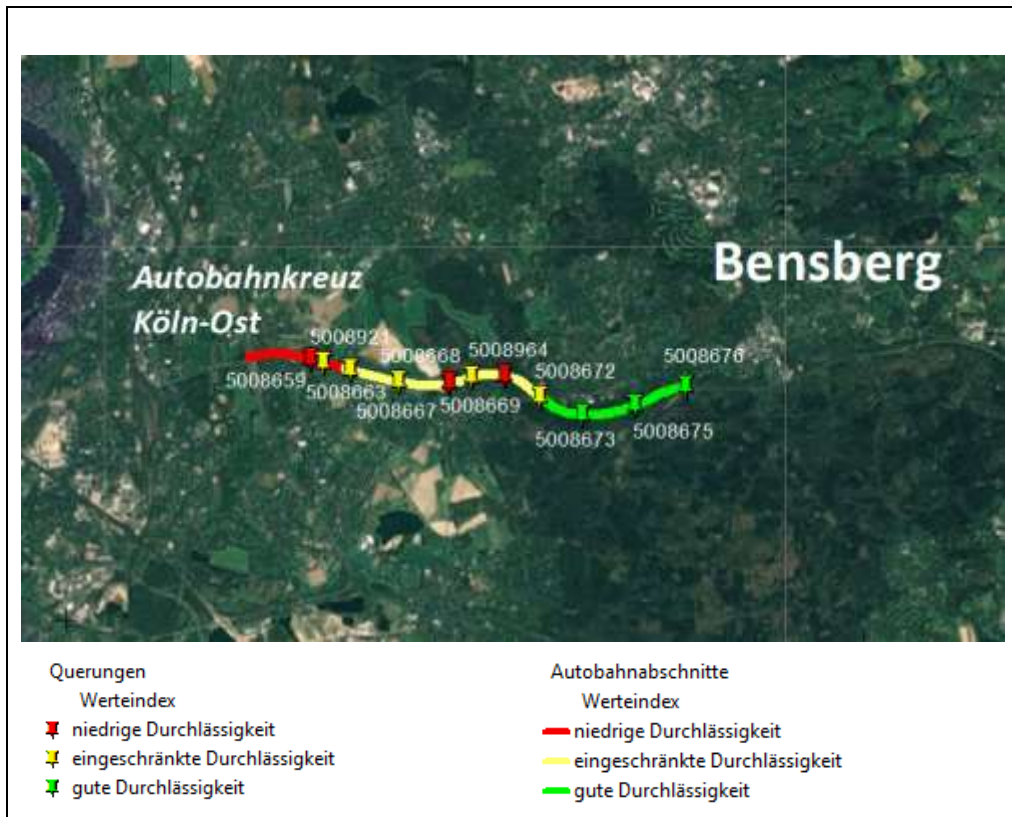


Abbildung 107 Autobahnabschnitt Köln-Ost – Bensberg – Durchlässigkeit und Bauwerke

Die drei Abschnitte weisen einen niedrigen, einen eingeschränkten und einen guten Durchlässigkeitsindex auf, die Querungen innerhalb der Abschnitte zeigen ebenfalls niedrige, eingeschränkte und gute Durchlässigkeiten.

Splittet man die Querungsqualitäten hinsichtlich ihrer Umweltwerte und Bauwerkswerte auf, so zeigt sich, dass die elf Querungen das Gesamtspektrum der Umweltklassifikation von '5' bis '50' abdecken (Abbildung 108) und die Bauwerkswerte die gesamte Klassifikation der Bauwerkswerte von '0' bis '50' (Abbildung 109). Die Umweltwerte werden auf dem Additionsraster der naturschutzfachlichen Daten visualisiert. Die Abbildung zeigt die sich ergebenden Abhängigkeiten.

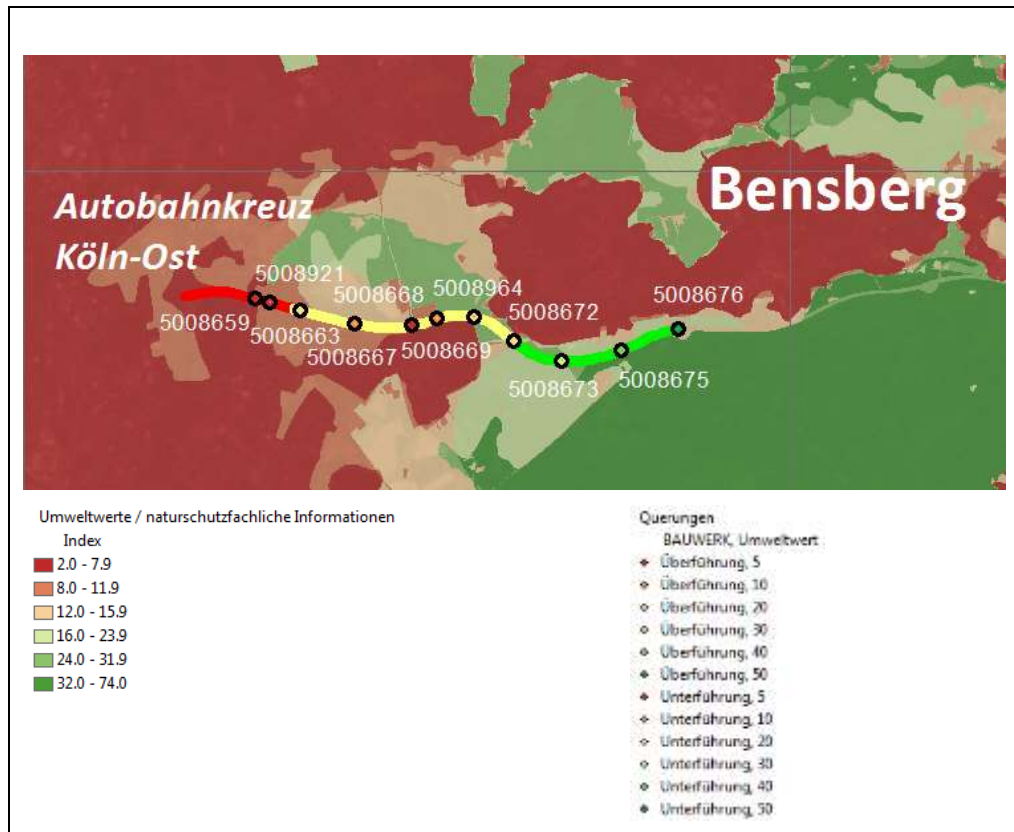


Abbildung 108 Autobahnabschnitt Köln-Ost – Bensberg – Umweltwerte

Die Bauwerkswerte sowie die Bauwerksart, unterteilt in Überführungen und Unterführungen, zeigt die nachfolgende Abbildung.

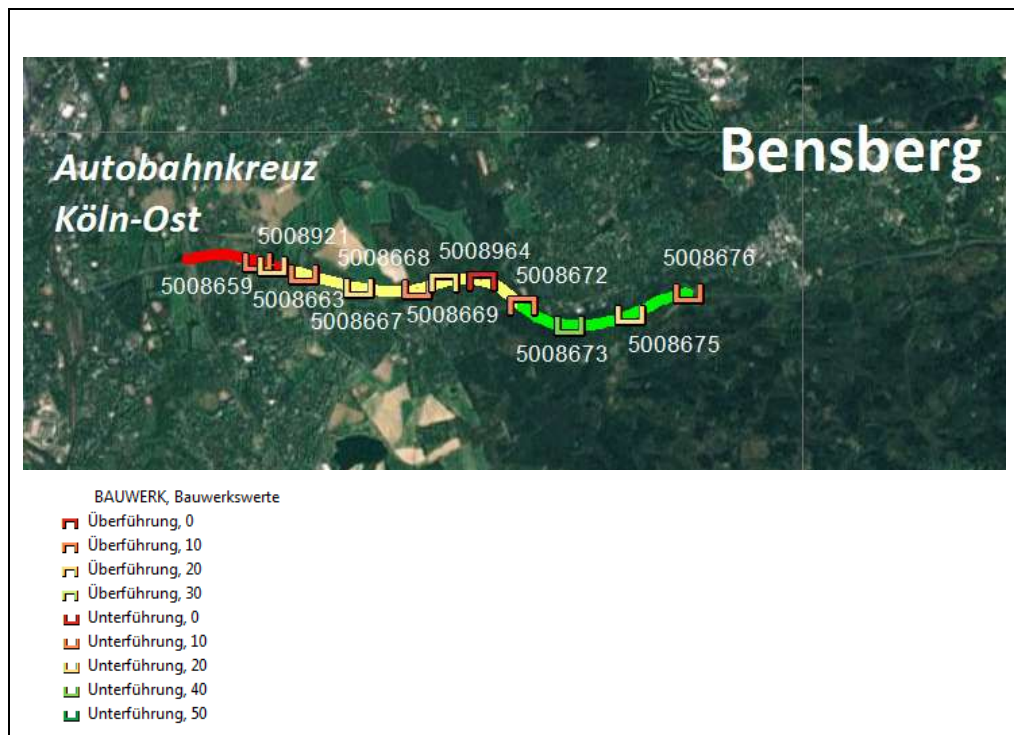


Abbildung 109 Köln-Ost – Bensberg – Bauwerkswerte

Die Tabelle 28 ergänzt die Abbildungen mit Zahlenwerten. Der Abschnitt Köln-Ost...Köln-Merheim besitzt 2 Querungen. Eine Querung ist mit niedriger Durchlässigkeit klassifiziert (BISStra ID 5008659 – Gesamtwert 12,5), die zweite mit eingeschränkter Durchlässigkeit (BISStra ID 5008921 – Gesamtwert 20). Die Summe der beiden Querungswerte ergibt 32,5. Der Streckenabschnitt misst eine Länge von 1463 m. Teilt man nun den Summenwert von 32,5 durch die Streckenlänge, erhält man den Durchlässigkeitsindex von 0,02220 für den Streckenabschnitt Köln-Ost...Köln-Merheim.

Tabelle 28 Auswertung des Streckenabschnitts Köln-Ost - Bensberg

Querung BISStra ID	Bauwerks- wert	Umwelt- wert	Gesamt- wert (B*0,75+U)	Abschnitt	Strecke [m]	Index
5008659	10	5	12,5	Köln-Ost... Köln- Merheim	1463	32,5/1463 = <u>0,02220</u>
5008921	20	5	20			
5008663	10	20	27,5	Köln- Merheim... Refrath	3018	117,5/3018 = 0,03893
5008667	20	10	25			
5008668	10	5	12,5			
5008669	20	10	25			
5008964	0	20	0			
5008672	10	20	27,5			
5008673	40	30	60	Refrath... Bensberg	2264	172,5/2264 = 0,07619
5008675	20	40	55			
5008676	10	50	57,5			

Für die anderen beiden Autobahnabschnitte vollziehen sich die Berechnungen analog.

Anmerkung: Die Querung mit der BISStra ID 5008964 hat einen Gesamtwert von '0', weil ihr Bauwerkswert von '0' ein k. o. Kriterium darstellt.

Für den Untersuchungsraum BAB 4 ergibt sich ein relativ guter Durchlässigkeitswert. Nur im Westen, an der Peripherie der Großstadt Köln, steht die Ampel auf 'rot'. Das entspricht 2,4 % der Gesamtstrecke. Im weiteren Verlauf in Richtung Autobahnkreuz Olpe-Süd sind zwei Abschnitte mit 'grün' gekennzeichnet. Der mit 71 % größte Teil des Untersuchungsraumes liegt im mittleren, 'gelben' Durchlässigkeitsbereich.

Im Untersuchungsraum der BAB 1 sind keine mit 'grün' gekennzeichneten Straßenabschnitte zu verzeichnen, nahezu 80 % dieses Teilabschnittes weisen eine niedrige Durchlässigkeitsstufe (rot) auf. Die BAB 1 zwischen Blankenheim und Kreuz Bliesheim weist eine Zweiteilung auf. Nördlich der Anschlussstelle Nettersheim ist der Durchlässigkeitswert permanent niedrig, der südliche Abschnitt von Nettersheim bis zur Anschlussstelle Blankenheim bietet einen durchschnittlichen Durchlässigkeitswert. Bedenkt man die landschaftliche Umgebung der Voreifelregion, so ist dieses Ergebnis nicht unbedingt zu erwarten. Allerdings ist die neu errichtete Wild-

brücke Heinzenberg bei Nettersheim nicht Bestandteil der Auswertungen, weil sie in den BISStra Daten zum Zeitpunkt der Auswertungen noch nicht erfasst war. Unter Umständen ist der Durchlässigkeitswert dieses Straßenabschnittes unter Berücksichtigung dieses optimalen Querungsbauwerkes höher. Auf der anderen Seite kann festgestellt werden, dass die Errichtung der Wildbrücke Heinzenberg an genau dieser räumlichen Position sinnvoll ist, um die Durchlässigkeit eines weniger durchlässigen Autobahnbereiches zu erhöhen. Die Tabelle 29 zeigt in Ergänzung zur Abbildung 104 die prozentuale Auflistung der Durchlässigkeitsbereiche.

Tabelle 29 Prozentuale Durchlässigkeit der BAB 1 und BAB 4 im Untersuchungsraum

	Untersuchungsraum BAB 1		Untersuchungsraum BAB 4	
	in [km]	in [%]	in [km]	in [%]
Rot	28,97	79,6	1,46	2,4
Gelb	7,51	20,4	43,65	71,0
Grün	-	-	16,35	26,6
Gesamtlänge Auto- bahnabschnitt	36,48		61,46	

7.2 Darstellung der Durchlässigkeit der Schutzeinrichtungen

Ergänzend wurden die Schutzeinrichtungen entlang der beiden Bundesautobahnen in den Untersuchungsgebieten betrachtet. Auch in dieser Kartendarstellung wurde das Ampelprinzip angewandt. Die Farben stehen dabei für:

- rot: kein Durchlass (Wildschutzzaun oder Lärmschutzeinrichtung der Objektart 'Wand')
- gelb: bedingter Durchlass (kein Wildschutzzaun, aber Lärmschutzeinrichtungen, die ohne Feldvergleich keine Durchlässigkeitsaussage zulassen.)
- grün: Straßenabschnitte ohne Wildschutzzaun und Lärmschutzeinrichtung

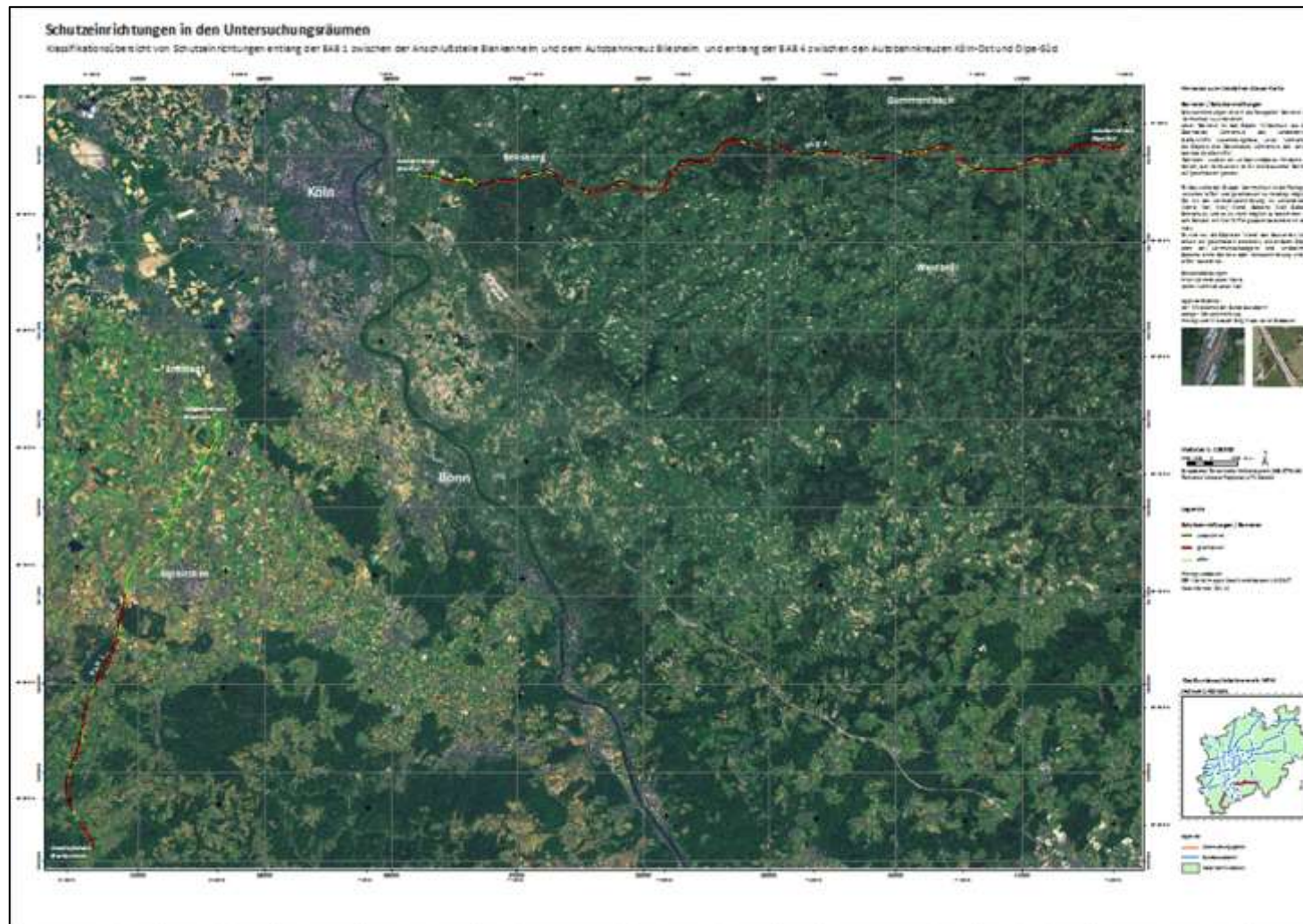


Abbildung 110 Karte Schutzeinrichtungen von Autobahnabschnitte

Tabelle 30 Barrieren/Schutzeinrichtungen der BAB 1 und BAB 4 im Untersuchungsraum

	Untersuchungsraum BAB 1 – Barrieren/Schutzeinrichtungen	Untersuchungsraum BAB 4 – Barrieren/Schutzeinrichtungen
Rot	21,51	74,15
Gelb	3,24	15,45
Grün		
Gesamtlänge Auto- bahnabschnitt	36,48	61,46

Der Mehrwert an Kilometern im Vergleich zur Gesamtstreckenlänge erklärt sich dadurch, dass auch die Schutzeinrichtungen an Abfahrten und in Kreuzen im Datenbestand belassen wurden und die Lärmschutzeinrichtungen uneditiert in die Datenbank übernommen wurden. Letztere liegen jedoch an beiden Seiten des Straßenkörpers, sodass Straßenabschnitte doppelt mit Lärmschutzeinrichtungen verzeichnet sind. Daher ist eine Interpretation der Zahlenwerte schwierig. Alternativ erfolgt die visuelle Ergebnisbetrachtung mithilfe der Karte.

Bezüglich der Barrieren ist der Untersuchungsraum der BAB 4 nahezu dicht. Abseits der Querungen ergeben sich nur vereinzelt kleine Lücken, in denen der Straßenkörper nicht von Schutzeinrichtungen flankiert wird. Es ergeben sich nur durch die Querungsbauwerke Möglichkeiten zum Wechseln der Straßenseiten.

Im Untersuchungsraum BAB 1 ist das Ergebnis unterschiedlich. Der Bereich nördlich der Anschlussstelle Wißkirchen ist frei von Schutzeinrichtungen. Der südliche Teil der Autobahn ist dagegen vollständig eingezäunt, Schutzeinrichtungen versperren hier überall den direkten Zugang zum Straßenkörper. Nur unter den beiden Talbrücken ist eine Querung möglich, da hier der Straßenkörper nicht durch Baumaßnahmen abgeschirmt ist.

7.3 Zusammenfassung Präsentation

In diesem Kapitel wurde die kartografische Darstellung der Analyseergebnisse beschrieben. Es wurde gezeigt, wie nach dem Ampelprinzip die Durchlässigkeit für Straßenabschnitte wiedergegeben werden kann.

Die Zusammenführung der Schutzeinrichtungen und Querungen war nicht möglich. Die Attributierung sowie die modellhafte Umsetzung für eine Durchlässigkeitsanalyse waren bei beiden Objekten zu unterschiedlich, um sie in einer kartografischen Darstellung kombinieren zu können. Dagegen konnte die Idee der Zusammenführung der zwei Qualitätsstränge (Umwelt und Bauwerk) in einen Querungswert umgesetzt werden. Der in Kapitel 4 vorgestellte Lösungsansatz lässt sich in einer kartografischen Präsentation umsetzen.

8 Zusammenfassung, Diskussion, Ausblick

Diese Masterarbeit soll aufzuzeigen, inwieweit sich die bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vorliegenden Datensätze eignen, die Durchlässigkeit von Straßen, hier Bundesautobahnen, zu visualisieren. Als ergänzende Informationen sollten frei verfügbare Datensätze genutzt werden. Anhand von Untersuchungsräumen sollten die Datensätze analysiert und die Möglichkeiten einer kartografischen Visualisierung erarbeitet werden.

Die vorliegenden Kapitel geben einen Einblick in die Möglichkeiten, die mit den Informationen abgebildet werden können. Dabei stellte sich heraus, dass in vielen Bereichen die Analysen erweiterbar sind, was in dieser Master Thesis aufgrund der zeitlichen Vorgaben und des definierten Grundumfangs nicht bewerkstelligt werden konnte. So wurde das Augenmerk primär auf die Schaffung einer datentechnischen Grundlage und auf die konzeptionelle Erarbeitung einer Darstellungsform der Durchlässigkeit gelegt. Die sich daraus ergebenden Erkenntnisse werden in den nachfolgenden Unterkapiteln zusammenfassend genannt.

8.1 Zusammenfassung Daten

Eine Vorgabe der Bundesanstalt für Straßenwesen, die die Datensätze für diese Arbeit zu einem großen Teil zur Verfügung gestellt hat, war eine Plausibilitätsprüfung der Daten. Das Prüfziel der Plausibilitätskontrolle waren Lagekorrektheit und Korrektheit der Attributfüllung. Die Prüfung erfolgte bei der Übernahme in die Datenbank und brachte die in Kapitel 3 aufgezeigten Erkenntnisse.

Die BISStra Daten liegen als Punktdaten vor. Für die Anwendungen, mit denen bei der Bundesanstalt für Straßenwesen gearbeitet wird - zum Beispiel als integrierter Datenlayer im internen GIS BISStra - ist die Abbildung als Punktobjekt ausreichend. Bei der geometrischen Analyse des BISStra Datenauszeuges für die Untersuchungsgebiete war jedoch erkennbar, dass die räumliche Lage der Punktobjekte für eine räumliche Analyseauswertung im Rahmen dieser Arbeit qualitativ nicht genau genug ist. Die Objekte werden nicht auf den Straßenachsen der Bundesautobahnen abgebildet, sondern teilweise neben dem Straßenkörper und / oder im größeren Abstand (bis zu 180 Meter) zum eigentlichen Brückenobjekt (im Vergleich zu orthokorrigierten Luftbildern). Daher wurde eine Neuerfassung auf der Grundlage von Bildmaterial durchgeführt.

Für die Nutzung und den eigentlichen Bestimmungszweck des Bundesinformationssystems Straße (BISStra) ist die Datenqualität der groben räumlichen Lageinformation der Straßenbauwerke jedoch ausreichend.

Die Sachinformationen der BISStra Daten sind insgesamt qualitativ akzeptabel, weisen jedoch in Einzelobjekten Fehleinträge auf. So sind im Untersuchungsraum der BAB 4 fünf Objekte mit fehlerhaften Angaben befüllt, im Untersuchungsraum BAB 1 ein Bauwerk gar nicht verzeichnet.

Der Datensatz 'Wildschutzzäune' besitzt teilweise doppelte Geometrien zur Darstellung von Schutzzäunen am linken und rechten Fahrbahnrand. Da die geometrische Ausprägung der Vektordaten stark differiert, sind die Daten vor der Verwendung zur Darstellung einer Durchlässigkeit zu bearbeiten.

Der Datensatz der 'Lärmschutzeinrichtungen' war von seinen Geometrien und seinen Sachdaten her qualitativ ausreichend und fehlerfrei.

8.2 Zusammenfassung Präsentation

Die Ausgangsfrage dieser Arbeit beinhaltet die Prüfung, ob aus den der Bundesanstalt für Straßenwesen (Bast) zur Verfügung stehenden Datensätze eine Visualisierung der potentiellen Durchlässigkeit (Permeabilität) des Bauwerks Straße für Tiergruppen abgeleitet werden kann. Im Ergebnis dieser Arbeit kann diese Frage bejaht werden, jedoch sind folgende Einschränkungen angezeigt.

Es soll gezeigt werden, welche Straßenabschnitte welche Durchlässigkeitsstufe aufweisen. Die Aufgabe ist dagegen nicht die Darstellung, wo der Bau von Wildbrücken, Querungen, etc. angestrebt werden sollte.

Für die Untersuchungsräume wurden Karten angefertigt. Die Datengrundlage bietet ausreichend Informationen, um eine kartografische Auswertung anzufertigen. Bei der Auswertung des vorliegenden Modellansatzes dürfen jedoch die starke Abstraktion und die Beispielhaftigkeit des Modells nicht vernachlässigt werden. Viele Parametereinstellungen zur Herleitung einer Visualisierungsmethode basieren auf groben Annahmen. Hier existiert ein hohes Optimierungspotential der Analysen (z. B. ein Anpassen auf Tiergruppen, eine andere Landbedeckungs-Gewichtung, eine Verifizierung des Modellansatzes durch Feldvergleiche).

Die Kartendarstellung nach dem Ampelprinzip war eine Vorgabe. Bei der Auswertung der Daten zeigte sich, dass die Klasseneinteilung nach Jenks hinsichtlich der Daten zwar richtig ist (Kapitel 6.3), aber unter Umständen doch eine visuelle Ergebnisverfälschung hervorruft. In weiteren Untersuchungen wäre zu prüfen, ob das Ampelprinzip und die Klasseneinteilung nach Jenks für diese Daten die geeignete Darstellungsform ist oder ob andere Möglichkeiten der kartografischen Darstellung zu realitätsnäheren Ergebnissen führen.

Die grafische Zusammenführung der beiden Objekte Bauwerke und Barrieren zu einer gesamtheitlichen Ableitung der Durchlässigkeit von Straßenabschnitten schlug fehl. Zu unterschiedlich

liegen die Daten vor, als dass ihre Attributinformation zusammenführend in einer Karte symbolisiert werden könnte.

Ein GIS basierter Datensatz als Basis für die Datenanalysen wurde aufgebaut. Die Umsetzung einer Arbeitsplatzlösung über eine proprietäre Softwarelösung wie ArcGIS ist anwendbar. Zur Überführung der BISStra Daten in das Arbeitsplatz-GIS wären Ex- und Importschnittstellen zu erstellen und Schemata zur Überführung der Attribute zu programmieren.

8.3 Ausblick und Diskussion

In den Analysen sind die Methoden, die in dieser Masterarbeit angewandt wurden, als erste Entwürfe anzusehen, die im weiteren modifiziert und diskutiert werden können.

- (1) Allein der Aufbau der Datenbank in Form einer ArcGIS Geodatabase ist ein Kompromiss, der dem Umstand Rechnung trägt, dass die BAST Daten (BISStra) für eine Analyse erst einmal zu sortieren und aufzubereiten sind. Der Aufbau einer Datenbank mit einer externen Datenbanksoftware war nicht erforderlich und notwendig, wäre jedoch ein möglicher erster Absatzpunkt zu einer Weiterentwicklung des Themas dieser Masterarbeit.
- (2) Ferner wurden die Untersuchungen ausschließlich mit vorliegenden Daten durchgeführt. Ein Abgleich mit der realen Welt fand nicht statt. Der ursprünglich eingeplante Feldvergleich zur Überprüfung der theoretisch ermittelten Durchlässigkeitsqualitäten musste abgebrochen werden. Die Installation von Fotofallen oder ähnlichen Messkampagnen zur Untersuchung, ob die Querungen von Tieren tatsächlich so genutzt werden, wie es die Daten aus umwelttechnischer und bauwerkstechnischer Sicht erwarten lassen, wäre eine weitere mögliche Fortführung der Arbeit. Ein Vorschlag wäre daher, über eine Langzeitbeobachtung ausgewählter Querungen den 'Wahrheitsgehalt' der Ergebnisse dieser Masterarbeit empirisch zu verifizieren.
- (3) Bei der Wertedefinition der Umwelten und der Bauwerksdaten wurden erste Überlegungen und Abschätzungen getroffen, die eine ausführlichere Betrachtung erfordern. Die Parameter der Rasteraddition und die Wertaufstellungen der eingehenden Layer sind Grobannahmen, die vorrangig zum Ziel hatten, das Funktionieren dieses Analyseansatzes zu testen. In diesem Zusammenhang bleiben Fragen offen: Wie könnten die Wertebereiche der Landbedeckungen signifikanter klassifiziert werden, wie genau sind die Abhängigkeiten der einzelnen Sachlayer (also Landbedeckung, Funktionsräume, Korridore, unzerschnittene Lebensräume) definierbar, wie sind ihre Wertigkeiten zueinander bestimmbar? Hier handelt es sich um Punkte, die in dieser Arbeit nicht untersucht werden können, weil der Schwerpunkt auf dem GIS-technischen Lösungsanteil liegt und nicht auf einer ökologischen Analyse.

- (4) Es wurden die unterschiedlichen Tierarten und Tiergruppen nicht berücksichtigt. In der Auswertung der relativen Engen der Unterführungen wurden Werte herangezogen, die stark generalisiert auf einen großen Teil von Tierarten zutreffen. Eine feinere Unterteilung der Qualität der Durchlässe für verschiedene Tierarten und Tiergruppen wäre ein Optimierungsansatz für die Herleitung der Bauwerkswerte. Auch hier wäre eine empirische Verifizierung des Modellansatzes (Feldvergleich, stärkeres Nutzen ökologischer und biologischer Fachinformationen) denkbar.
- (5) Im Untersuchungsraum der BAB 1 liegen Querungsbauwerke, die nicht von den BAST Daten abgebildet werden. So ist zum Beispiel die Wildbrücke Heinzenberg zu neu, um im Datenbestand abgebildet zu sein. Diese nicht erfassten Bauwerke müssten kartiert und in die Datenbank überführt werden. In einer möglichen Folgearbeit könnte - auf den Ergebnissen dieser Masterarbeit aufbauend - ein vor-Ort Aufnahmekonzept entwickelt werden, das als Ergebnis einen Erfassungsbogen beinhaltet, der alle relevanten Angaben enthält, die zukünftig bei der vermessungstechnischen Aufmessung von Querungsbauwerken erfasst werden müssen. Neben den Ergebnissen aus dieser Masterarbeit könnten die Ergebnisse aus der Studie von SCHMELLEKAMP (2012) herangezogen werden.
- Mit den neu erfassten Querungsobjekten könnte eine aktualisierte Version der Karten erstellt werden und eine Änderungsdetektion der Durchlässigkeit in den entsprechenden Straßenabschnitten durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang wäre zum Beispiel interessant, ob sich durch eine Berücksichtigung der Wildbrücke Heinzenberg auch eine Steigerung der Durchlässigkeit im Autobahnabschnitt Nettersheim...Blankenheim in der Kartendarstellung ergeben würde.

Die Mindmap auf der Seite 145 zeigt weitere Folgearbeiten, die über die Problematiken und Fragestellungen dieser Arbeit hinausgehen.

Als Fazit der Masterarbeit kann abschließend festgestellt werden, dass eine Darstellung zur Permeabilität von Straßenabschnitten mit denen der Bundesanstalt für Straßenwesen zur Verfügung stehenden Daten aus geoinformatischer Sicht möglich ist, jedoch verschiedene Arten des Handelns in unterschiedlichen Fachdisziplinen denkbar sind, um die erarbeiteten Darstellungsformen zu optimieren und die Ergebnisse dieser Masterarbeit auszubauen und fortzuführen.

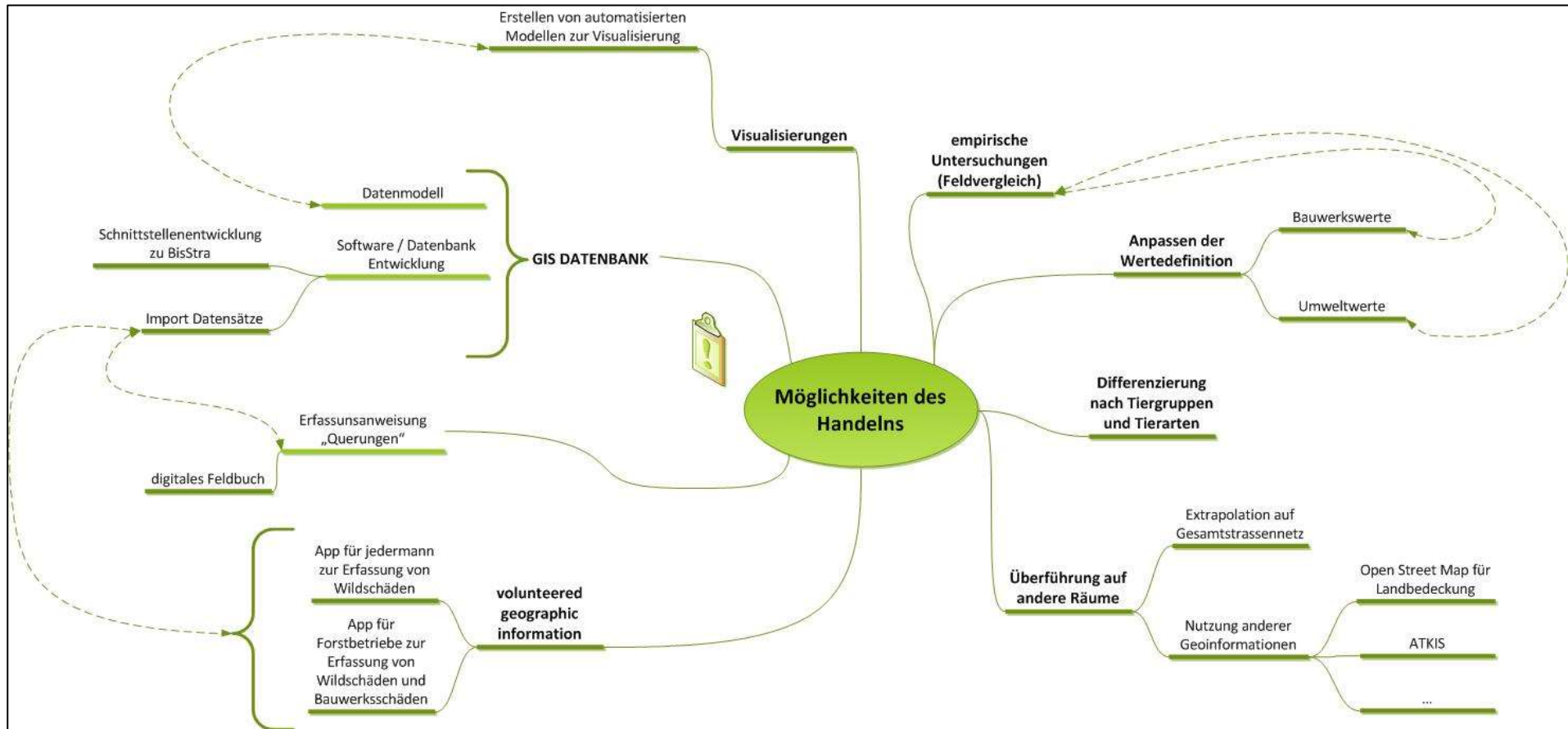


Abbildung 111 Mindmap: Möglichkeiten des Handelns

Anhang

A. Klassifikationskarten

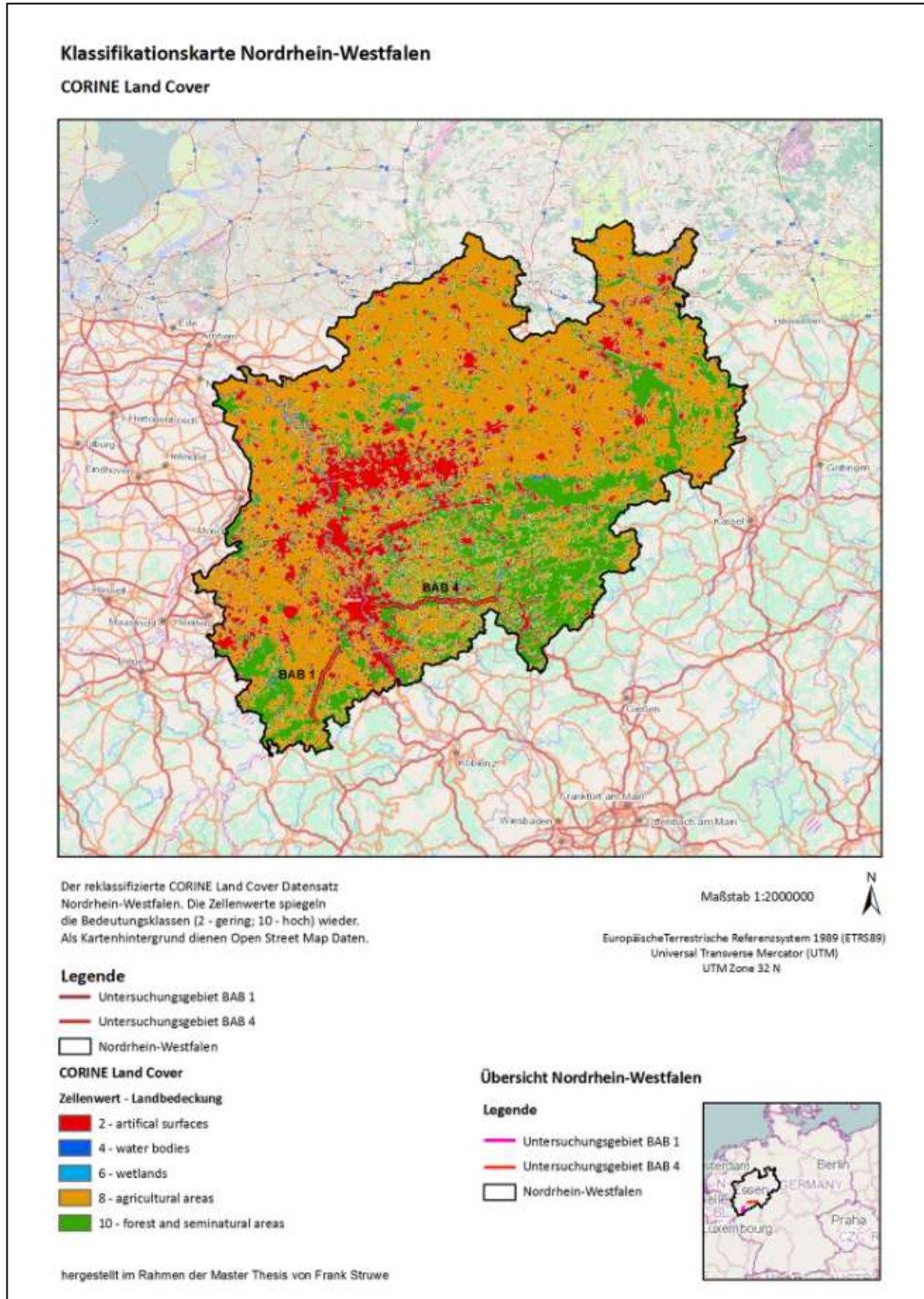
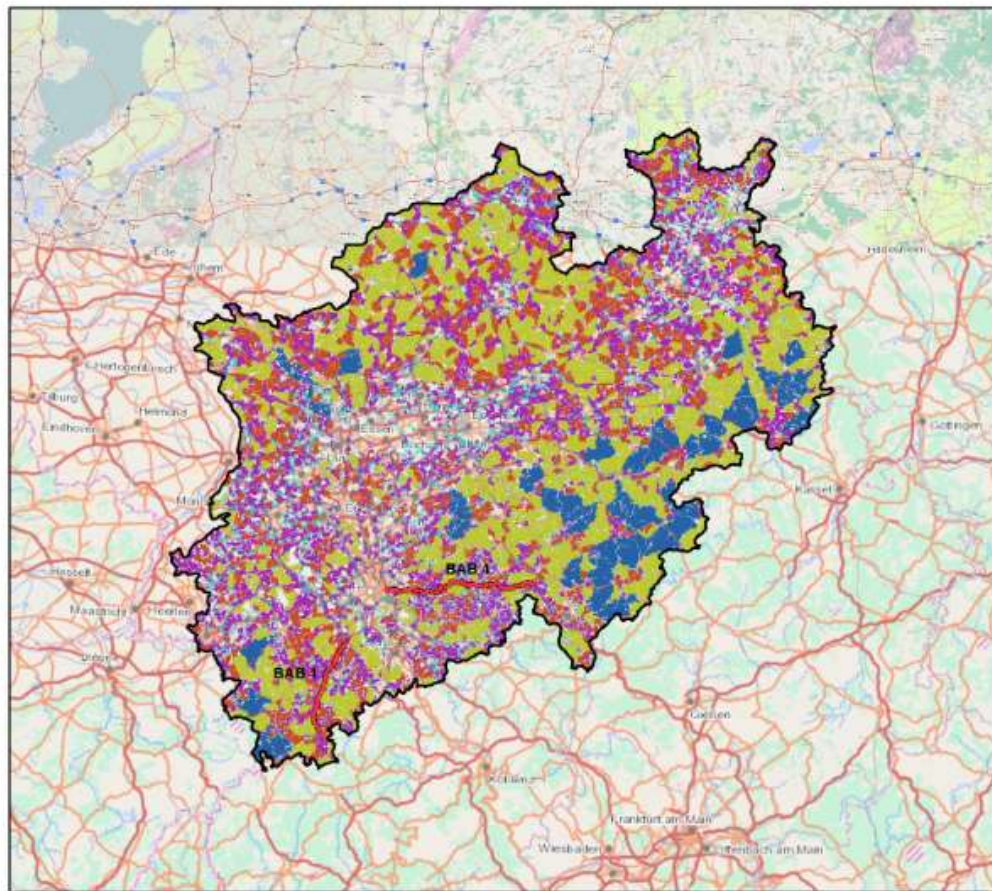


Abbildung 112 Klassifikationskarte CORINE Land Cover

Klassifikationskarte Nordrhein-Westfalen
Unzerschnittene verkehrsarme Räume



Der reklassifizierte Datensatz der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR) in Nordrhein-Westfalen. Die Zellenwerte spiegeln die Bedeutungsklassen (2 - gering; 10 - hoch) wieder. Als Kartenhintergrund dienen Open Street Map Daten.

Maßstab 1:2000000



Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 (ETRS89)
 Universal Transverse Mercator (UTM)
 UTM Zone 32 N

Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen

Zellenwert - Klassengröße

- 2 - kleiner 1 km²
- 4 - 1 bis 5 km²
- 6 - 5 bis 10 km²
- 8 - 10 bis 50 km²
- 10 - 50 bis über 100 km²

hergestellt im Rahmen der Master Thesis von Frank Struwe

Übersicht Nordrhein-Westfalen

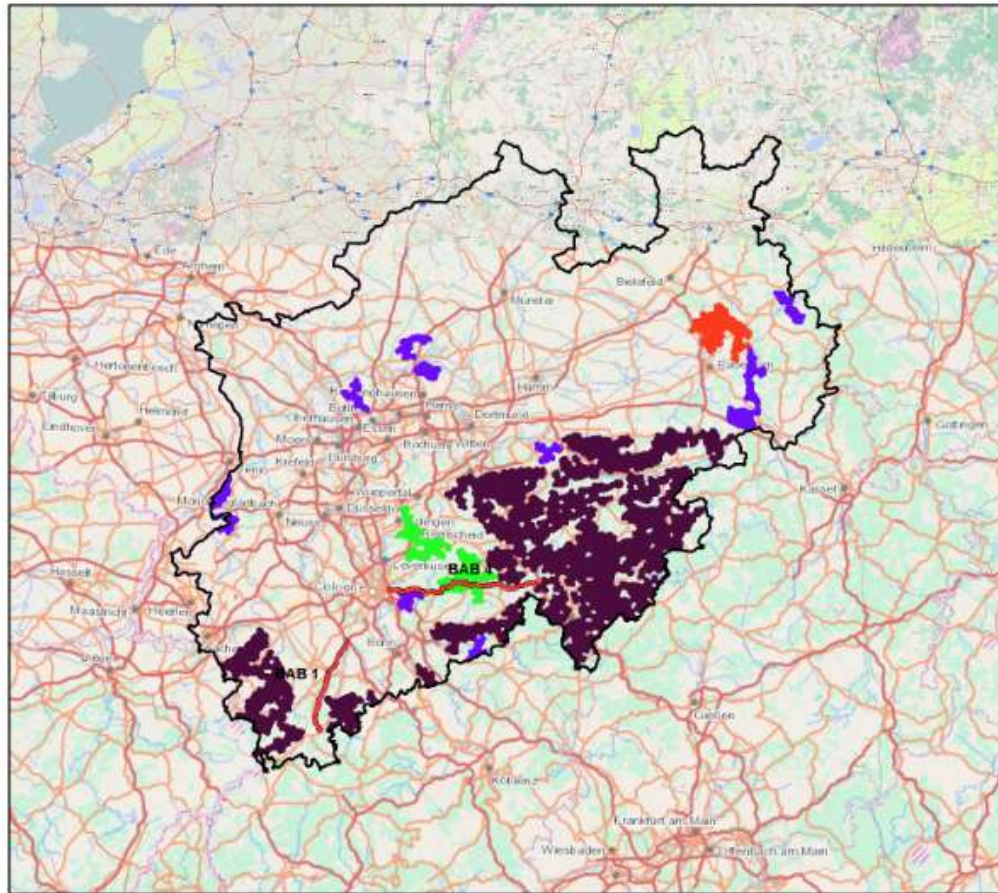
Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen



Abbildung 113 Klassifikationskarte unzerschnittene, verkehrsarme Räume

Klassifikationskarte Nordrhein-Westfalen
Funktionsräume Wald bewohnender größerer Säugetiere



Der reklassifizierte Datensatz der Funktionsräume Wald bewohnender größerer Säugetiere (GS Räume) in Nordrhein-Westfalen. Die Zellenwerte spiegeln die Bedeutungsklassen (4 - gering; 10 - hoch) wieder. Als Kartenhintergrund dienen Open Street Map Daten.

Maßstab 1:2000000



Europäische Terrastrische Referenzsystem 1989 (ETRS89)
 Universal Transverse Mercator (UTM)
 UTM Zone 32 N

Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen

Zellenwert - Bedeutung

- 4 - niedrige Bedeutung
- 6
- 8
- 10 - hohe Bedeutung

Übersicht Nordrhein-Westfalen

Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen



hergestellt im Rahmen der Master Thesis von Frank Struwe

Abbildung 114 Klassifikationskarte Wald bewohnender größerer Säugetiere

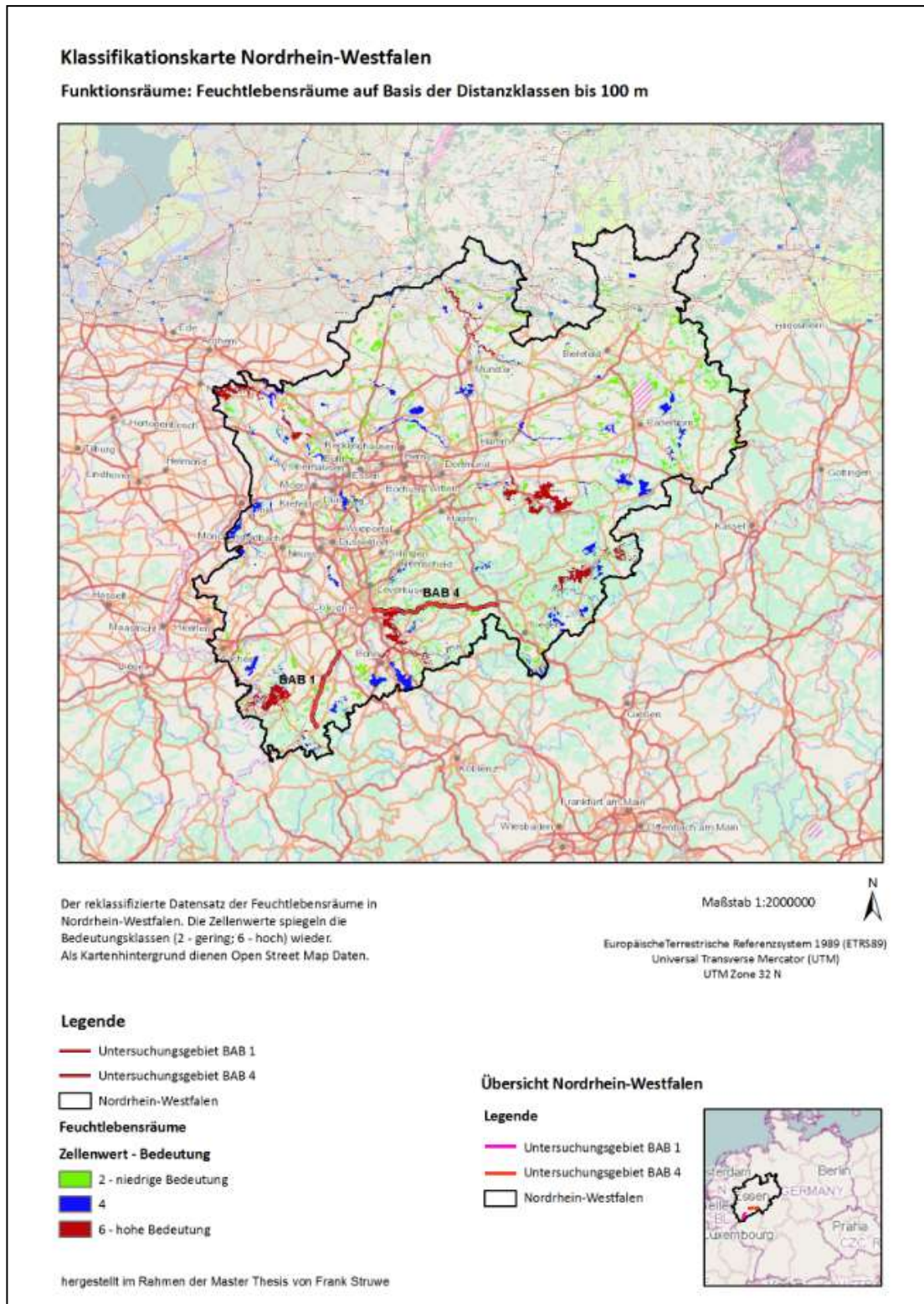
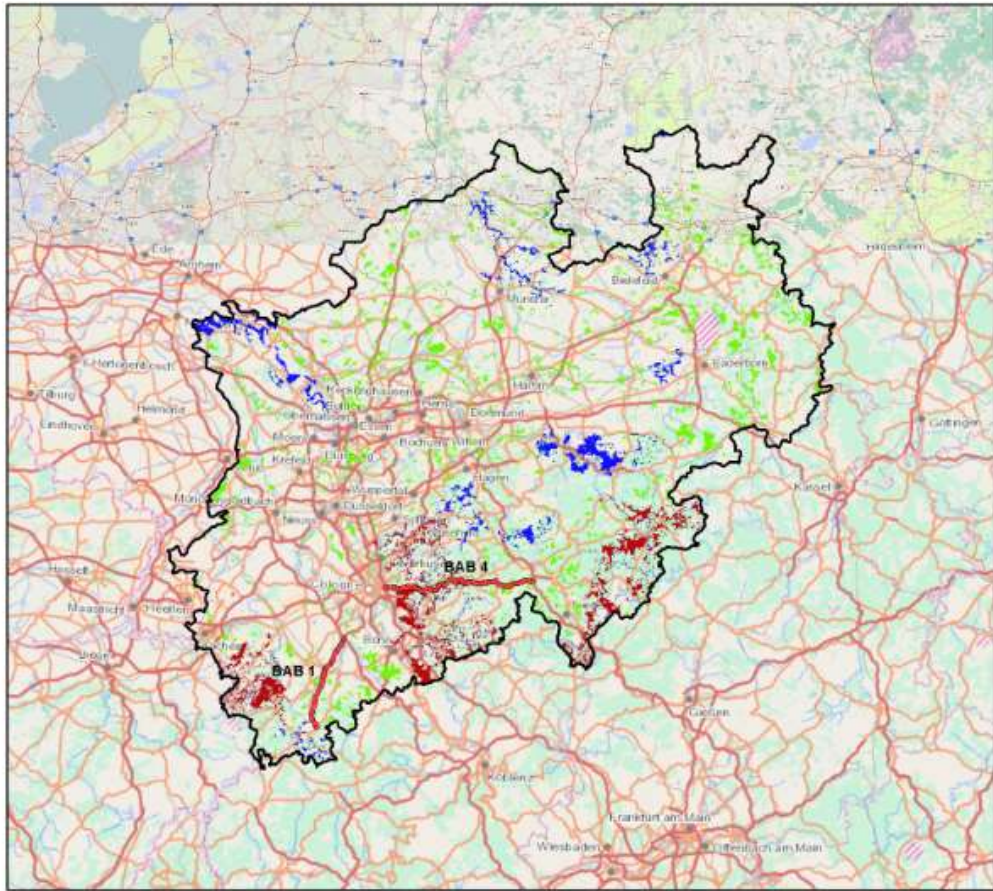


Abbildung 115 Klassifikationskarte Feuchtlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 100 m

Klassifikationskarte Nordrhein-Westfalen

Funktionsräume: Feuchtlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 500 m



Der reklassifizierte Datensatz der Feuchtlebensräume in Nordrhein-Westfalen. Die Zellenwerte spiegeln die Bedeutungsklassen (2 - gering; 6 - hoch) wieder. Als Kartenhintergrund dienen Open Street Map Daten.

Maßstab 1:2000000



Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 (ETRS89)
Universal Transverse Mercator (UTM)
UTM Zone 32 N

Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen

Feuchtlebensräume

Zellenwert - Bedeutung

- 2 - niedrige Bedeutung
- 4
- 6 - hohe Bedeutung

hergestellt im Rahmen der Master Thesis von Frank Struwe

Übersicht Nordrhein-Westfalen

Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen



Abbildung 116 Klassifikationskarte Feuchtlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 500 m

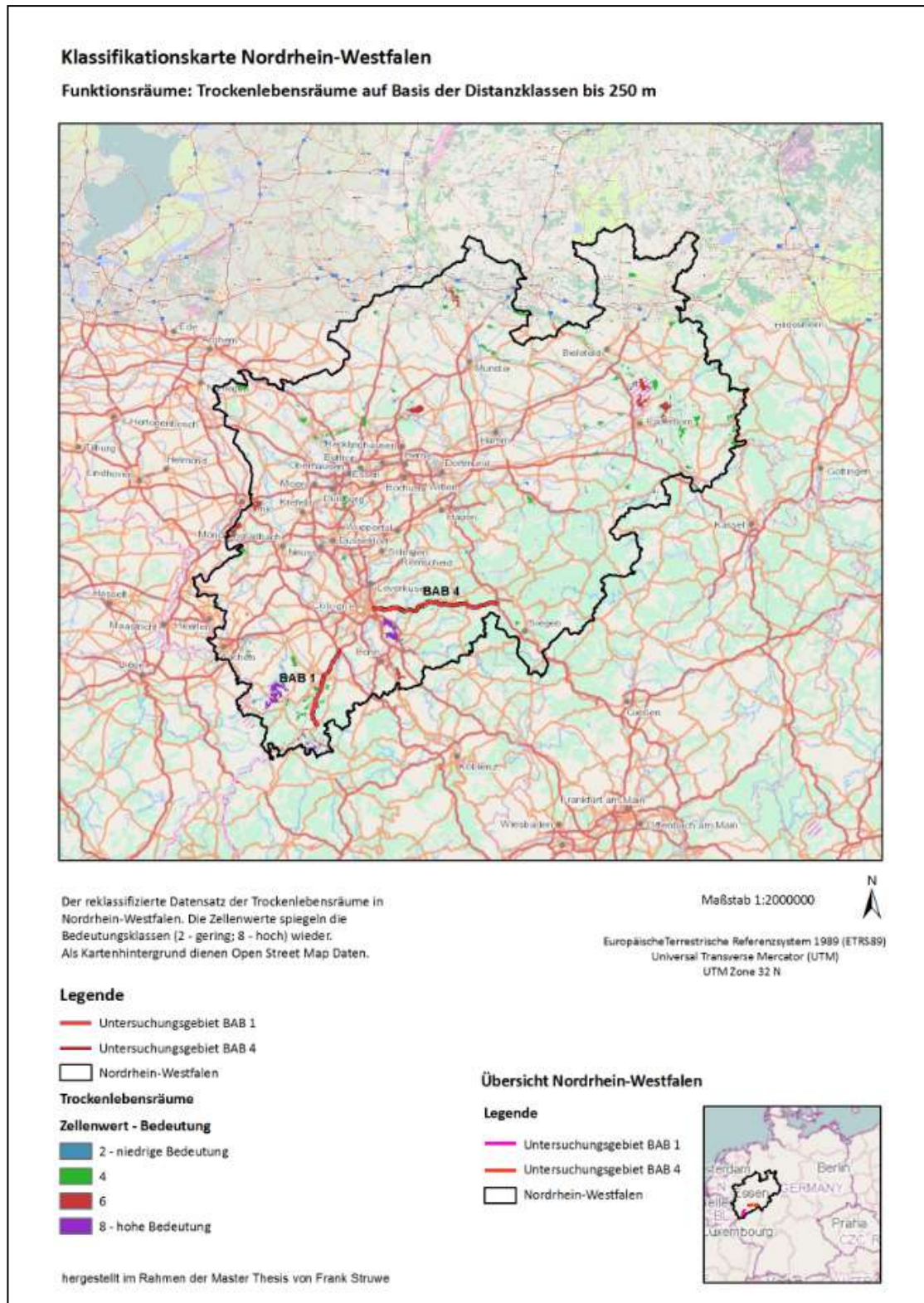


Abbildung 117 Klassifikationskarte Trockenlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 250 m

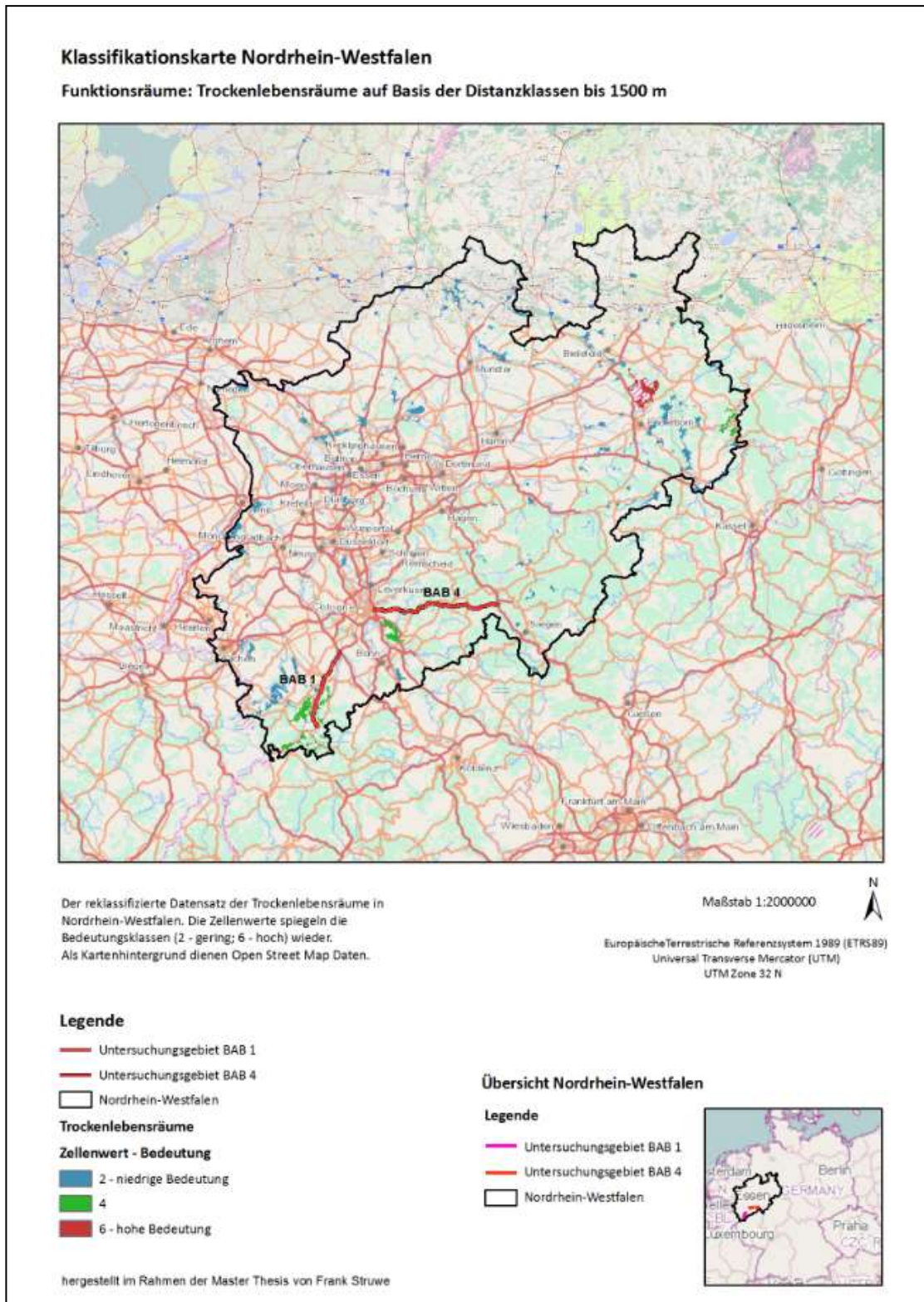
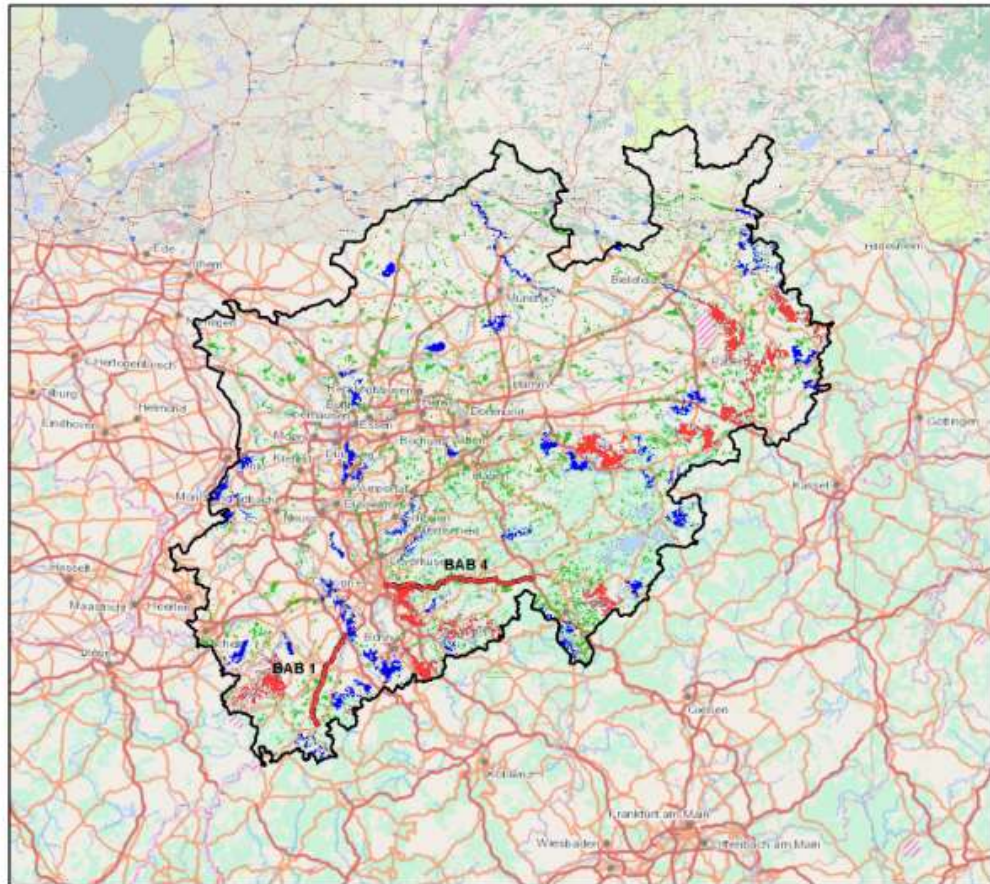


Abbildung 118 Klassifikationskarte Trockenlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 1500 m

Klassifikationskarte Nordrhein-Westfalen

Funktionsräume: Waldlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 100 m



Der reklassifizierte Datensatz der Waldlebensräume in Nordrhein-Westfalen. Die Zellenwerte spiegeln die Bedeutungsklassen (2 - gering; 8 - hoch) wieder. Als Kartenhintergrund dienen Open Street Map Daten.

Maßstab 1:2000000



Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 (ETRS89)
Universal Transverse Mercator (UTM)
UTM Zone 32 N

Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen

Waldlebensräume

Zellenwert - Bedeutung

- 2 - niedrige Bedeutung
- 4
- 6
- 8 - hohe Bedeutung

Übersicht Nordrhein-Westfalen

Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen

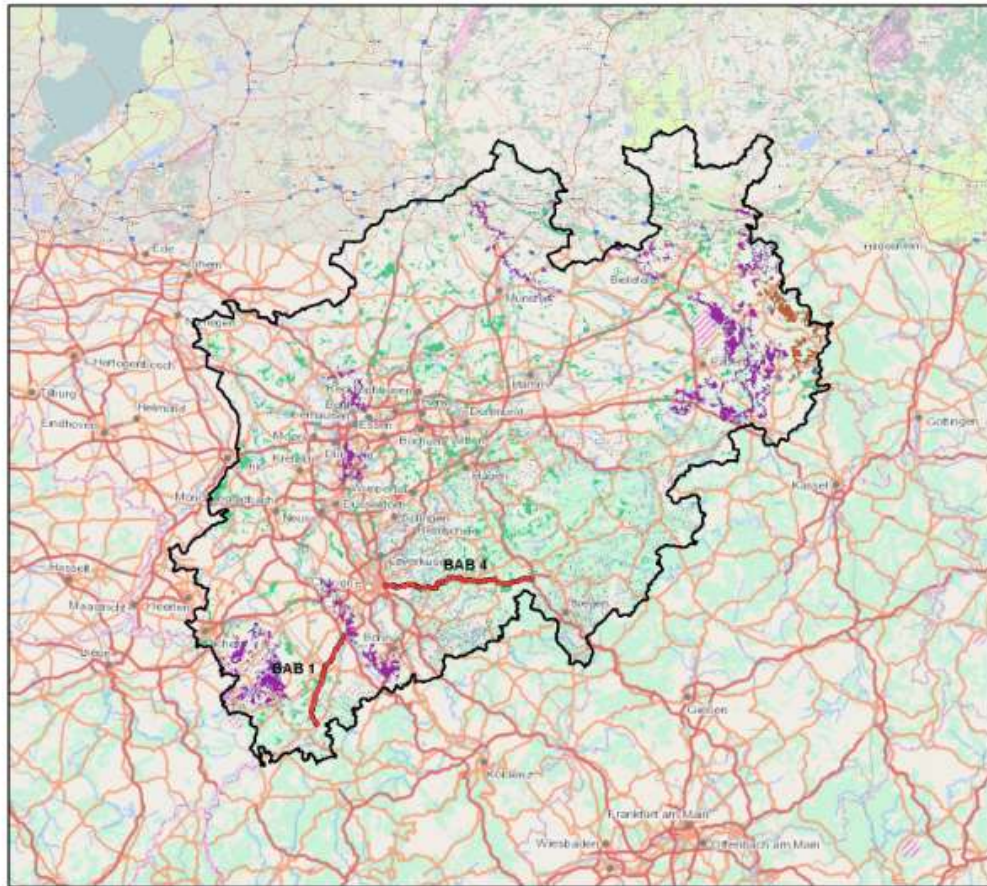


hergestellt im Rahmen der Master Thesis von Frank Struwe

Abbildung 119 Klassifikationskarte Waldlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 100 m

Klassifikationskarte Nordrhein-Westfalen

Funktionsräume: Waldlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 500 m



Der reklassifizierte Datensatz der Waldlebensräume in Nordrhein-Westfalen. Die Zellenwerte spiegeln die Bedeutungsklassen (2 - gering; 10 - hoch) wieder. Als Kartenhintergrund dienen Open Street Map Daten.

Maßstab 1:2000000



Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 (ETRS89)
Universal Transverse Mercator (UTM)
UTM Zone 32 N

Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen

Waldlebensräume

Zellenwert - Bedeutung

- 2 - niedrige Bedeutung
- 4
- 6
- 8
- 10 - hohe Bedeutung

hergestellt im Rahmen der Master Thesis von Frank Struwe

Übersicht Nordrhein-Westfalen

Legende

- Untersuchungsgebiet BAB 1
- Untersuchungsgebiet BAB 4
- Nordrhein-Westfalen



Abbildung 120 Klassifikationskarte Waldlebensräume auf Basis der Distanzklassen bis 500 m

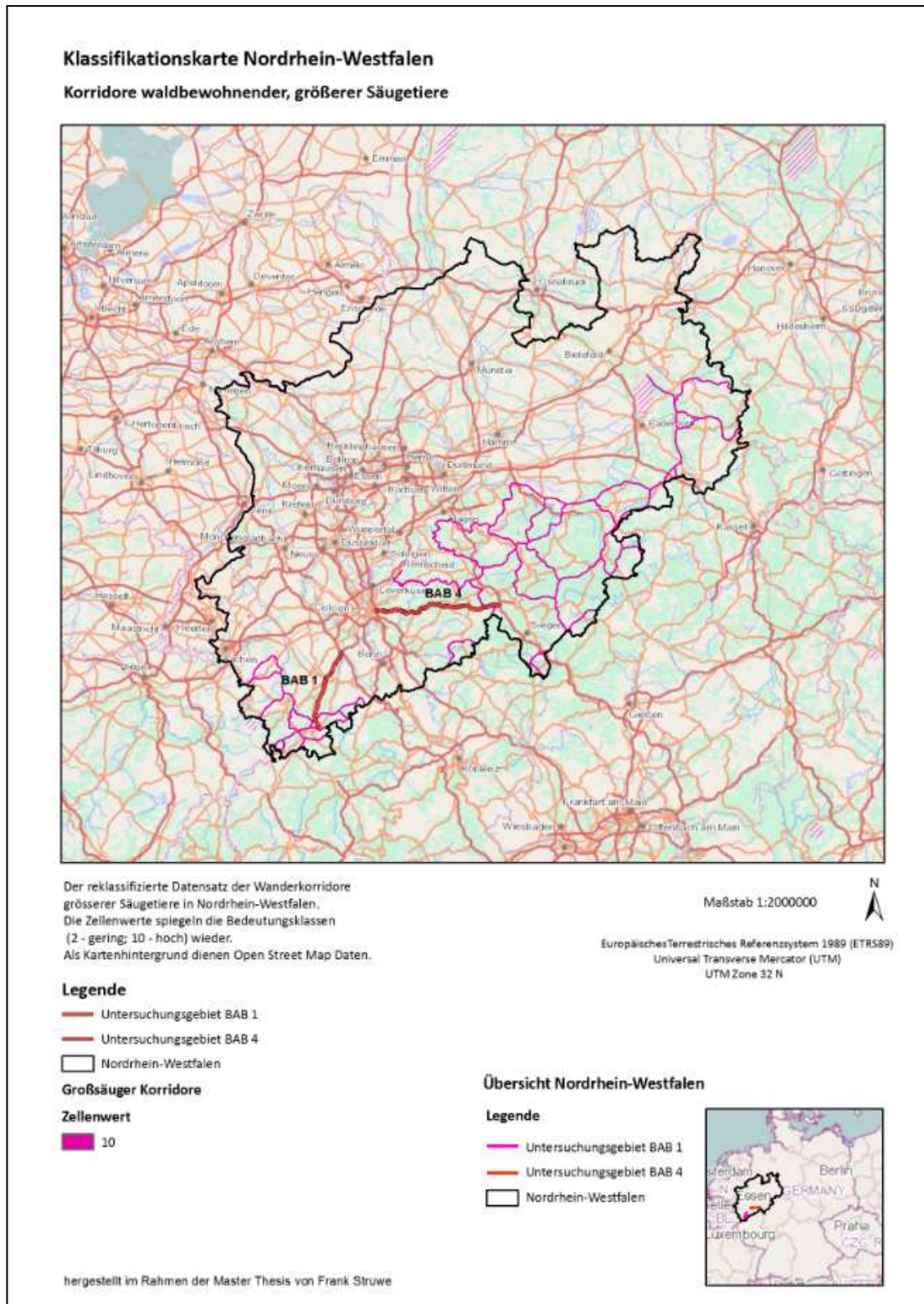


Abbildung 121 Klassifikationskarte Korridore waldbewohnender, größerer Säugetiere

Die Screenshots sind unmaßstäblich abgebildet.

B. Durchlässigkeitskarte

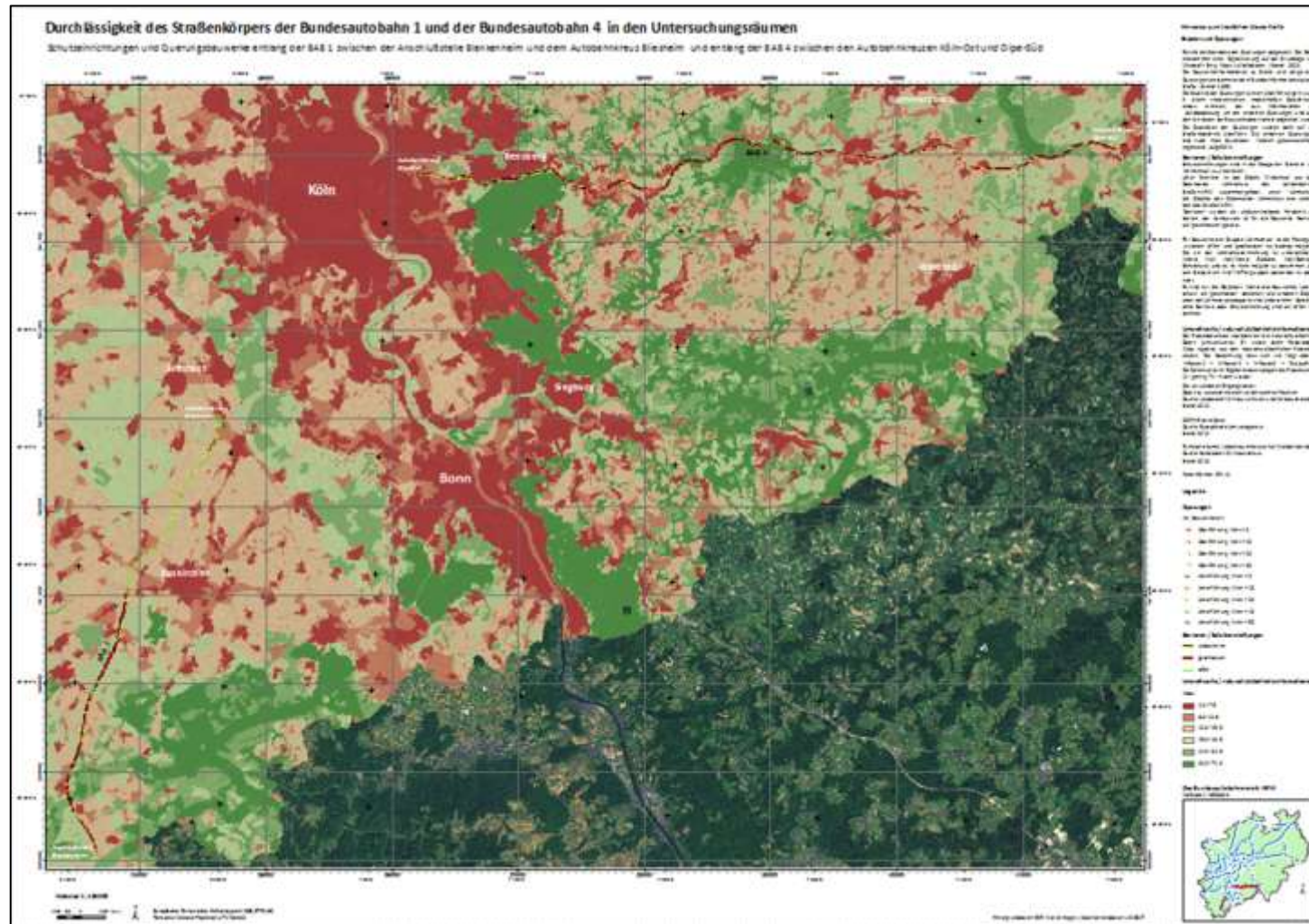


Abbildung 122 Durchlässigkeit von Autobahnabschnitten (unmaßstäblich abgebildet)

C. Permeabilität der Bundesautobahn 1

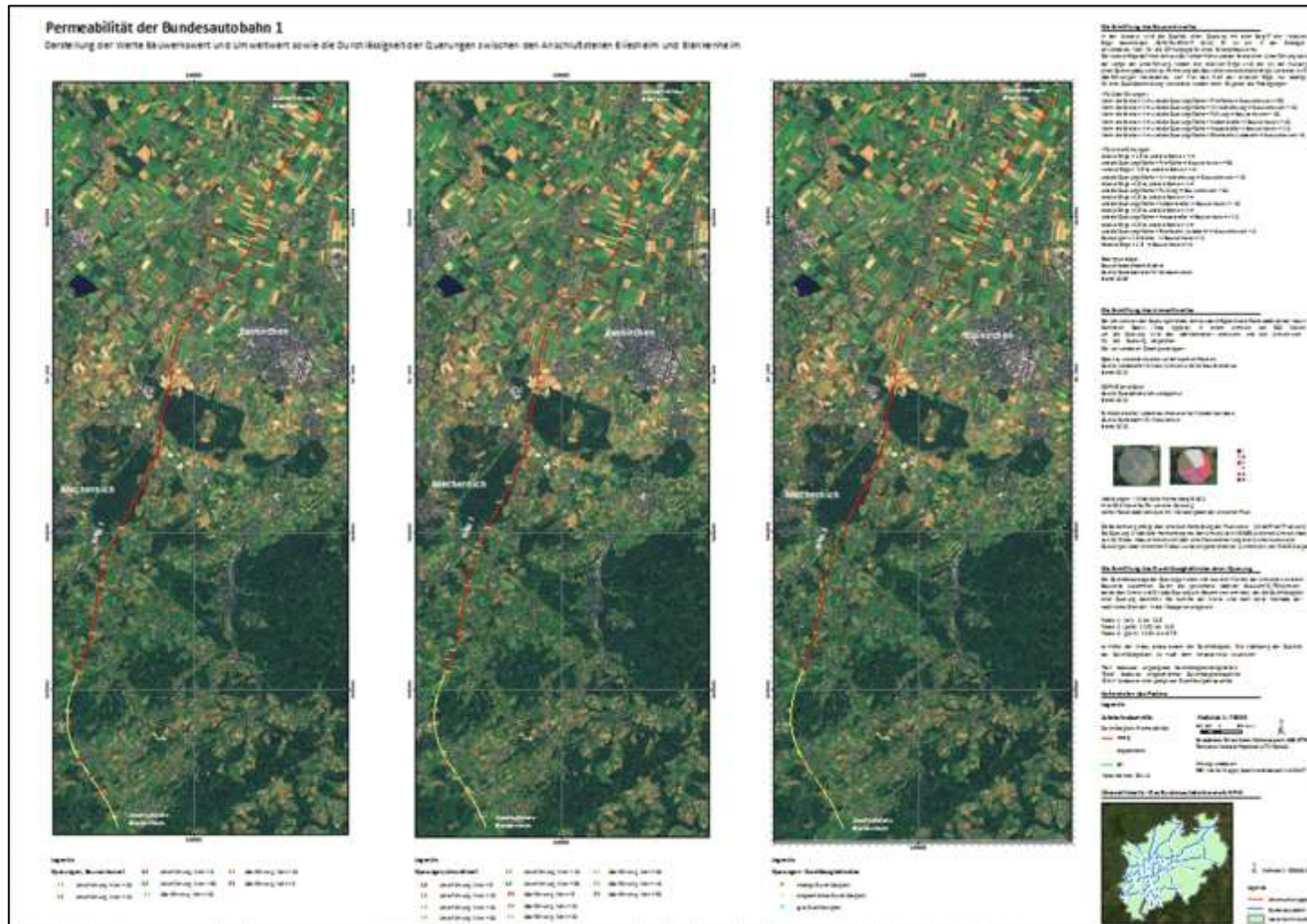


Abbildung 123 Permeabilität der Bundesautobahn 1 (unmaßstäblich abgebildet)

D. Permeabilität der Bundesautobahn 4



Abbildung 124 Permeabilität der Bundesautobahn 4 (unmaßstäblich abgebildet)

Literaturverzeichnis

AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, RAUMORDNUNG, LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, LANDESJAGDVERBAND OÖ., OÖ. UMWELTANWALTSCHAFT (2012): Wildtierkorridorstudie für Oberösterreich. http://www.ooe-umweltanwaltschaft.at/xbcr/SID-82682D01-7536566/wildtierkorridore_ooe_2012.pdf (Stand: ohne Datum)(Zugriff: 10.02.2013).

BAILEY (1993): Vorlesungsskript Geo-Informationssysteme. <http://hpundt.hs-harz.de/5%20GIS%20I.pdf> (Stand: 29.08.2012)(Zugriff: 22.03.2013).

BEHNKE, K. (2007): Einführung in WMS und WFS (mit praktischen Beispielen in UMN MapServer und Mapbender). http://geobeat.tv/tuts/wms_wfs_anleitung.pdf (Stand: 08.08.2012)(Zugriff: 10.03.2013).

BERT, D., BOUCHARD, J., BOWMAN, J., BRENNAN, J., CHARBONNEAU, N., FAHRIG, L., FRANK, K., GRUBER, B., JÄGER, J., TLUK v. TOSCHANOWITZ, K. (2005): Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. <ftp://ftp.odot.state.or.us/techserv/ORWildlifeMoveStrategy/Reading/Jaeger%20et%20al%202005%20Ec%20Mod.pdf> (Stand: 07.12.2006)(Zugriff: 10.02.2013).

BEYER, H. (2012): Geospatial modeling environment – Handbook. <http://www.spatial ecology.com/gme/images/SpatialEcologyGME.pdf> (Stand: 2012)(Zugriff: 11.04.2013).

BEZIRKSREGIERUNG KÖLN (2012): *ETRS89/UTM, DAS AMTLICHE LAGEBEZUGSSYSTEM IN NORDRHEIN-WESTFALEN*. Bonn: Bezirksregierung NRW.

BRETTSCHNEIDER, A., FELDMANN-WESTENDORFF, U., JAHN, C., KREITLOW, S. (2010): *ETRS89/UTM – DER BEZUGSSYSTEMWECHSEL UND DIE AUSWIRKUNGEN AUF DIE GEODATENNUTZUNG*. In: Kartographische Nachrichten. 60. Jahrgang, August 2010, Heft 4, Seiten 179-193.

BUNDESAMT FÜR KARTOGRAFIE UND GEODÄSIE (2013): Webdienste. http://www.bkg.bund.de/nn_173152/DE/Bundesamt/Geoinformation/Geoinformation-DLZ/Dienstleistungszentrum.html#A_DLZ-Webdienste (Stand: 2013)(Zugriff: 11.02.2013).

BUND.DE (2013): Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). <http://www.bund.de/DE/Behoerden/B/BASt/Bundesanstalt-Strassenwesen.html> (Stand: 2013)(Zugriff: 09.02.2013).

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2013): Natura 2000. http://www.bfn.de/0316_natura2000.html (Stand: 17.02.2011) (Zugriff: 04.06.2013).

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2013): Zerschneidung – Wiedervernetzung. http://www.bfn.de/0306_zerschneidung.html (Stand: 28.02.2012)(Zugriff: 10.02.2013).

BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESEN (Hrsg.) (2012): Bericht zum Forschungsprojekt F-1100.3606004: *VERNETZUNGSEIGNUNG VON BRÜCKEN IM BEREICH VON LEBENSRAUMKORRIDOREN*. Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW.

BUNDESMINISTERIUM FÜR TECHNIK, INNOVATION UND TECHNOLOGIE (2013a): Statistik.
<http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/> (Stand: Juni 2013) (Zugriff: 25.07.2013).

BUNDESMINISTERIUM FÜR TECHNIK, INNOVATION UND TECHNOLOGIE (2013b): Statistik.
http://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/strasse/statistik_strasseverkehr.html
(Stand: Juni 2013)(Zugriff: 25.07.2013).

BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ (2013): Bundesfernstraßengesetz. § 1 Einteilung der Bundesstraßen des Fernverkehrs. http://www.gesetze-im-internet.de/fstrg/_1.html
(Stand: Juni 2013)(Zugriff: 25.07.2013).

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2012): *BUNDESPROGRAMM WIEDERVERNETZUNG*. Berlin: BMU Referat Öffentlichkeitsarbeit.

BÜTTNER, G., KOSZTRA, B., MAUCHA, G., PATAKI, R. (2012): Implementation and achievements of CLC2006. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-2/clc-final-report/clc-final-report/download> (Stand: ohne Datum)(Zugriff: 10.02.2013).

CHEN P. (1976):The entity-relationship model: toward a unified view of data.
http://www.colonese.it/00-Sw-Engineering_Articoli/Entity-Relationship%20Model,%20Peter%20Chen,%201976.pdf (Stand: 2013)(Zugriff: 25.05.2013).

DE SMITH, M., GOODCHILD, M., LONGLEY, P. (2013): Geospatial Analysis, Online Edition.
<http://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html> (Stand: Februar 2013)(Zugriff: 25.07.2013).

DESTATIS (2013): Begriffserläuterungen für den Bereich Unternehmen, Infrastruktur, Fahrzeugbestand.
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/UnternehmenInfrastrukturFahrzeugbestand/Begriffserlaeuterungen/Autobahn.html> (Stand: 2012)(Zugriff: 19.02.2013).

DIN EN ISO 19111 (2007): *GEOGRAPHIC INFORMATION - SPATIAL REFERENCING BY COORDINATES*. Berlin: Beuth.

ESRI (2003): *WAS IST ARCGIS?* ESRI Geoinformatik GmbH. Kranzberg: Eigendruck.

ESRI (2008): GIS project steps.
<http://training.esri.com/Courses/Geoprocessing/index.cfm?page=/Courses/Geoprocessing/menu.cfm>
(Stand: 2008)(Zugriff: 09.02.2013).

ESRI (2012): ArcGIS 10.1 - Geographic and Vertical Transformation Tables.
http://resources.arcgis.com/de/help/main/10.1/003r/pdf/geographic_transformations.pdf
(Stand: 2012)(Zugriff: 25.04.2013).

ESRI (2013a): Geodatabase-Typen.

<http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//003n00000007000000>

(Stand: 07.10.2012)(Zugriff: 05.03.2013).

ESRI (2013b): Clip Feature.

<http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//000800000004000000>

(Stand: 07.10.2012)(Zugriff: 22.03.2013).

ESRI (2013c): Topologie in ArcGIS.

<http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/006200000003000000/>

(Stand: 07.10.2012)(Zugriff: 05.03.2013).

ESRI (2013d): Geodatabase-Topologieregeln und Reparatur von Topologiefehlern.

<http://resources.arcgis.com/de/help/main/10.1/index.html#//01mm0000000m000000>

(Stand: 03.06.2012)(Zugriff: 05.03.2013).

ESRI (2013e). Erstellen und Analysieren von Oberflächen.

<http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/002s0000000m000000/>

(Stand: 07.10.2012)(Zugriff: 05.03.2013).

ESRI (2013f): Reklassifizierung.

<http://resources.arcgis.com/de/help/main/10.1/index.html#/na/009z000000sv000000/>

(Stand: 14.10.2012)(Zugriff: 22.03.2013).

ESRI (2013g): Puffer (Analyse).

<http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//000800000019000000/>

(Stand: 07.10.2012)(Zugriff: 22.03.2013).

EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR (2013): CORINE Land Cover Deutschland.

http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/land-cover-2006-and-changes/germany/image_original (Stand: 29.11.2012)(Zugriff: 10.02.2013).

FÖRSTNER, W. (1996): 10 Pros and Cons against Performance Characterization of Vision Algorithms.

<http://www.ipb.uni-bonn.de/fileadmin/publication/pdf/Forstner199610.pdf>

(Stand: ohne Datum)(Zugriff: 10.06.2013).

FRAUNHOFER IGD (2009): GIS Vorlesung. [http://www.gris.tu-](http://www.gris.tu-darmstadt.de/teaching/courses/ws1011/gis/pdfs/)

[darmstadt.de/teaching/courses/ws1011/gis/pdfs/](http://www.gris.tu-darmstadt.de/teaching/courses/ws1011/gis/pdfs/) (Stand: 2009)(Zugriff: 22.03.2013).

FROHMANN, E. (2001): *WIE WIRKLICH IST DIE WIRKLICHKEIT? ERFAHRUNGEN MIT VERSCHIEDENEN DIMENSIONEN DER RAUMWAHRNEHMUNG*. In: Zolltexte 42(12), Seite 18-22.

FStG (2013): Bundesfernstraßengesetz. § 1 Einteilung der Bundesstraßen des Fernverkehrs.

<http://www.gesetze-im-internet.de/fstrg/BJNR009030953.html> (Stand: 2013) (Zugriff: 20.06.2013).

GEORGII, B. (2005): Durchlässigkeit von Verkehrswegen: Wildbiologische Notwendigkeit und planerische Machbarkeit. http://archiv.lnv-bw.de/pdf_broschueren/zkforum05-Georgi.pdf

(Stand: ohne Datum) (Zugriff: 10.02.2013).

GIS CONSULT (2009): *BUNDESINFORMATIONSSYSTEM STRAÙE - BISSTRA INFORMATIONEN BETRIEBSHANDBUCH*. Haltern am See.

GIULIO, M., TOBIAS, S., HOLDEREGGER, R.: Landschaftszerschneidung in Ballungsräumen.

<http://www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/pdf/7922.pdf>

(Stand: 30.06.2010)(Zugriff: 24.03.2013).

GME (2013): Introducing the Geospatial Modelling Environment.

<http://www.spatial ecology.com/gme/index.htm> (Stand: 2012) (Zugriff: 24.03.2013).

GOOGLE (2013a): Informationen zu Bildern in Google Earth.

<http://support.google.com/earth/bin/answer.py?hl=de&answer=176147&ctx=cbo&cbid=635588010>

(Stand: 2013)(Zugriff: 11.02.2013).

GOOGLE (2013b): Was ist Google Earth?

<http://support.google.com/earth/bin/answer.py?hl=de&answer=176145&topic=2376010&ctx=topic>

(Stand: 2013) (Zugriff: 11.02.2013).

HÄNEL, K., RECK, H. (2010): *GESAMTBERICHT: BUNDESWEITE PRIORITÄTENSETZUNG ZUR WIEDERVERNETZUNG VON ÖKOSYSTEMEN: ÜBERWINDUNG STRAÙENBEDINGTER BARRIEREN*. Endbericht zum F+E-Vorhaben FKZ 3507 82 090. Bonn Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.

HÄNEL, K. (2012): *INTERPRETATIONS- UND ANWENDUNGSHILFEN ZU DEN KARTEN DER LEBENSRAUMNETZWERKE*.

Bonn Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.

HERRMANN, M., MATHEWS, A. (2007): Wirkung von Barrieren auf Säuger & Reptilien.

http://www.jagdnetz.de/jaegerinfos?meta_id=1038&modul_id=8614

(Stand: 12.07.2007)(Zugriff: 08.08.2013).

KALASEK, R., REINBERG, S. (2010): GIS, methodische und technische Grundlagen.

http://www.srf.tuwien.ac.at/LVA/GIS_Vo/arbeitsunterlagen/Einheit5_Analyse_2010.pdf

(Stand: 2010) (Zugriff: 25.04.2013).

KLIEN, E. (2009): Geometrisch-topologische Analysen mit Geoobjekten (II). [http://www.gris.tu-](http://www.gris.tu-darmstadt.de/teaching/courses/ws1011/gis/pdfs/GIS_Vorlesung-05-2.pdf)

[darmstadt.de/teaching/courses/ws1011/gis/pdfs/GIS_Vorlesung-05-2.pdf](http://www.gris.tu-darmstadt.de/teaching/courses/ws1011/gis/pdfs/GIS_Vorlesung-05-2.pdf)

(Stand: 2009)(Zugriff: 25.04.2013).

LANDESAMT FÜR NATUR; UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2010): Definition UZVR.

<http://www.naturschutzinformationen-nrw.de/uzvr/de/fachinfo/definition>

(Stand: 2010) (Zugriff: 11.02.2013).

MÜLLER, A. (2010): Koordinatentransformation in ArcGIS.

http://www.esri.de/about/usergroups/mitteldeutschland_20100610_koordinatentransformationen.pdf

(Stand: 10.06.2010) (Zugriff: 21.02.13).

PFISTER, H.P., V. KELLER, H. RECK & B. GEORGII (1997): *BIO-ÖKOLOGISCHE WIRKSAMKEIT VON GRÜNBRÜCKEN ÜBER VERKEHRSWEGE*. Schlussbericht zum Forschungsprojekt 02.143R91L im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und der Ministerien für Verkehr, für Umwelt und für ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg. Bundesministerium für Verkehr Bonn: Eigenverlag Bonn.

SCHÄFER, M. (2011): *WÖRTERBUCH DER ÖKOLOGIE*. 5. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

SCHMELLEKAMP, C., TEGEHOF, U. (2012): *VERNETZUNGSEIGNUNG VON BRÜCKEN IM BEREICH VON LEBENSRAUMKORRIDOREN*. Heft V 214. Bundesanstalt für Strassenwesen. Bergisch Gladbach: Verlag für neue Wissenschaft GmbH.

SIMON, O. (2012): Ermittlung von Maßnahmenräumen für die Wildkatze (*Felis silvestris silvestris*) in Hessen.

http://www.landesplanung-hessen.de/wp-content/uploads/2012/07/Gutachentext_Juli_2012.pdf

(Stand: Juli 2012)(Zugriff: 10.02.2013).

STATISTIKPORTAL (2013a): Verkehr – Straßen des überörtlichen Verkehrs.

http://www.statistikportal.de/Statistik-Portal/de_jb16_jahrstab36.asp

(Stand: 12.06.2012)(Zugriff: 19.02.2013).

STATISTIKPORTAL (2013b): Flächennutzung. <http://www.statistikportal.de>

(Stand: 09.01.2013)(Zugriff: 19.02.2013).

STRASSEN.NRW (2011): *ERLÄUTERUNGSDOKUMENT ZUM DATENSATZ LÄRMSCHUTZEINRICHTUNGEN UND WILDSCHUTZZÄUNE*. Gelsenkirchen.

TOMLIN, C. (1990): *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND CARTOGRAPHIC MODELING*. Englewood Cliffs: Prentice Hall College.

OLBRICH, P., UECKERMANN, E., (1984): Untersuchung der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren und der Eignung von Wilddurchlässen. <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF02312729.pdf>

(Stand: ohne Datum)(Zugriff: 10.02.2013).

UMWELTBUNDESAMT (2013): Verkehrsnetz. <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2333>

<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2333>

(Stand: November 2012) (Zugriff: 04.05.2013).

VÖLK F., REISS-ENZ, V. (2006): Grünes Band: Wanderkorridor für Wildtiere. Lebensraumvernetzung mittels Bärentunnel und Grünbrücken. http://www.wildkatze-in-oesterreich.at/SendFile.aspx?file=pages_file/en/29/Lebensraumvernetzung_2008.pdf

http://www.wildkatze-in-oesterreich.at/SendFile.aspx?file=pages_file/en/29/Lebensraumvernetzung_2008.pdf

(Stand: ohne Datum)(Zugriff: 10.02.2013).

WEBER, H. (2008): *EIN ÜBERBLICK ÜBER DIE GESCHICHTE UND FUNKTION VON GEOINFORMATIONSSYSTEMEN*. Berlin: Grind.

WIKIPEDIA (2013): European Petroleum Survey Group Geodesy.

http://de.wikipedia.org/wiki/European_Petroleum_Survey_Group_Geodesy

(Stand: 04.02.2013.) (Zugriff: 21.02.2013).

WITT, W. (1970): *THEMATISCHE KARTOGRAPHIE. METHODEN UND PROBLEME, TENDENZEN UND AUFGABEN*, 2. Auflage. Hannover: Gebrüder Jänecke Verlag.