

Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

„Digitale Sichtfeldanalysen in der natur- schutzrechtlichen Eingriffsregelung“

Potenziale der digitalen Landschaftsbildanalyse und
Ansätze zur Modifizierung eines
Bewertungsverfahrens für mastenartige Eingriffe

vorgelegt von

Dipl.-Geogr. Marc Weitkowitz
U1294, UNIGIS MSc Jahrgang 2006

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

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

Oberhausen, 31.10.2008

Erklärung der eigenständigen Abfassung

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.

Oberhausen, 31.10.2008

Marc Weitkowitz

Mein Dank gilt an dieser Stelle dem Geodatenzentrum der Bezirksregierung Köln für die Bereitstellung der ausgewählten Kartengrundlagen und Höhenmodelle, der Deutschen Funkturm GmbH, ein Unternehmen der Deutschen Telekom Gruppe sowie der E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG für die Bereitstellung der Ausführungsplanung für die ausgewählten Standorte.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, meiner Liebe und meinen Freunden für die Kraft, die Nähe und die unendliche Geduld.

II Kurzfassung

Die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung in der Bundesrepublik Deutschland soll negative Folgen von Eingriffen in Natur und Landschaft, zum Schutz der Vielfalt, Eigenart und Schönheit – und damit des Landschaftsbildes – sowie der Erhaltung des Erholungswertes, vermeiden und minimieren. Nicht vermeidbare Eingriffe sind auszugleichen oder zu ersetzen und im Rahmen der Erstellung eines eingriffsbezogenen landschaftspflegerischen Begleitplans auf naturschutzrechtlicher Grundlage zur Erlangung der landschaftsrechtlichen Genehmigung zu beschreiben, zu bewerten und zu bilanzieren. Das Potenzial der dreidimensionalen Landschaftsbildanalyse soll genutzt werden, um eine zeitgemäße und praxistaugliche Ermittlung landschaftsästhetischer Beeinträchtigungen unter Berücksichtigung der heute verfügbaren digitalen Datengrundlagen in der Eingriffsregelung zu etablieren.

Die im Rahmen der Masterarbeit durchgeführten Sichtfeldanalysen zur Ermittlung der tatsächlich beeinträchtigten Fläche erfolgen in Anlehnung an die in Nordrhein-Westfalen empfohlenen Verfahrensansätze von NOHL als Bewertungsgrundlage von mastenartigen Eingriffen in das Landschaftsbild. Ziel der Arbeit ist es, die heutigen Potenziale der digitalen Landschaftsbildanalyse auf die angesprochenen Verfahrensansätze zu übertragen, deren Anwendung zu vereinfachen sowie die Genauigkeit der Ergebnisse zu erhöhen und die Aussagen transparenter zu gestalten. Der Verfahrensansatz für Masten bis 50 m Höhe wird um die digitale Geländemodellierung, die Berücksichtigung der Objekthöhen der Landschaftselemente und des Eingriffsobjekts sowie die partielle Sichtbarkeit auf Augenhöhe eines menschlichen Betrachters erweitert.

Auf der Grundlage ausgewählter Standorte von Mobilfunkstationen in *Lüdinghausen*, *Swisttal-Mömerzheim* und *Kürten-Biesfeld* werden digitale Sichtfeldanalysen durchgeführt und die partielle Sichtbarkeit in den Wirkzonen diskutiert. Die Erkenntnisse werden im Vergleich mit fotografischen Darstellungen, bezogen auf Sichtachsen zum Eingriffsobjekt und unter Berücksichtigung der theoretischen Grundlagen der menschlichen Wahrnehmung dargestellt und bewertet.

Der Vergleich der Ergebnisse der Sichtfeldanalysen mit der fotografischen Dokumentation kann die hohe Qualität der Sichtfeldanalysen bestätigen. Insbesondere vor dem Hintergrund der Reliefverschattung und der partiellen Sichtbarkeit, bezogen auf eine Betrachtung des Eingriffsobjekts in Augenhöhe, werden die Erwartungen noch übertroffen. Ungenauigkeiten der Sichtfeldanalysen resultieren bereits aus der Aufnahme der Objektmaße der Landschaftselemente sowie aus der notwendigen Generalisierung.

III Abstract

The impact regulation under nature protection law of the Federal Republic of Germany shall avoid and minimize negative consequences of interference with nature and landscape, protect the diversity, uniqueness and beauty – and thus the visual landscape – as well as preserve the recreational value. Not preventable interventions have to be compensated or replaced and within the scope of creating a landscape conservation plan according to interferences with landscape on the basis of nature protection law for obtaining approval of *landscape law* have to be described, assessed and balanced. The potential of three-dimensional landscape analysis will be used to establish a contemporary and practicable ascertainment of the impairment of esthetical scenery, taking into account the currently available digital data bases in the impact regulation.

Within the scope of the master thesis conducted viewshed analyses to determine the actual affected area are in line with the North Rhine-Westphalia approaches recommended by NOHL as the valuation basis of pylon-type impacts in the visual landscape. The object of the treatise is to transfer today's potential of digital landscape analysis to the mentioned procedure approaches, to simplify their application as well as to increase the accuracy of the results and the transparency of the statements. The procedure approach for pylons up to 50 m in height is to be extended to the digital terrain modelling with regard to the object heights of the landscape elements and the encroachment object and the partial visibility at eye height of a human observer.

Based on selected locations of mobile stations in *Lüdinghausen*, *Swisttal-Mömerzheim* and *Kürten-Biesfeld* digital viewshed analyses are conducted and the partial visibility in the radius of action is discussed. The findings in comparison with photographic representations relating to visual axes to the encroachment object and taking into account the theoretical foundations of human cognition are presented and evaluated.

The comparison of the results of the viewshed analyses with the photographic documentation is able to confirm the high quality of the viewshed analyses. Particularly against the background of relief shading and partial visibility, based on a view of the encroachment object at eyelevel, the expectations are even exceeded. Inaccuracy of viewshed analysis already results from the survey of the object extents of the landscape elements and the necessary generalization.

IV Inhaltsverzeichnis

I	Vorwort	
II	Kurzfassung	
III	Abstract	
IV	Inhaltsverzeichnis	
V	Abbildungsverzeichnis	
VI	Tabellenverzeichnis	
VII	Abkürzungsverzeichnis	
1	EINLEITUNG	1
1.1	Problemstellung und Untersuchungsgang	1
1.2	Motivation und Zielsetzung.....	3
1.3	Aufbau und Gliederung.....	4
1.4	Nicht behandelte Themen	5
2	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	7
2.1	Mobilfunk – Infrastruktur und Technik	7
2.1.1	Technische Grundlagen und Funktion.....	7
2.1.2	Funknetzplanung.....	9
2.1.3	Entwicklung des Mobilfunksektors.....	11
2.2	Planungsrechtliche Grundlagen in Deutschland	12
2.2.1	Ziele und Grundsätze des Naturschutzes.....	13
2.2.2	Schutz von Natur und Landschaft	14
2.2.2.1	Eingriffe in Natur und Landschaft.....	15
2.2.2.2	Das Landschaftsbild in der Eingriffsregelung.....	17
2.2.2.3	Landschaftspflegerische Begleitplanung	18

3	METHODIK UND DISKUSSION	53
3.1	Sichtfeldanalyse	53
3.1.1	Digitale Sichtfeldanalyse in ArcGIS Spatial Analyst 9.2	54
3.1.1.1	Kartengrundlage	55
3.1.1.2	Digitales Geländemodell – DGM 5.....	55
3.1.1.3	Interpoliertes Oberflächenmodell	57
3.1.1.4	Spezielles Oberflächenmodell entsprechend der Nutzungsstruktur	59
3.1.1.5	Festlegung des Eingriffsobjektes	60
3.1.1.6	Berechnung des Sichtfeldes – Viewshed Analysis	60
3.1.2	Partielle Sichtbarkeit.....	61
3.1.3	Darstellung der Sichtbarkeit und Sichtverschattung	62
3.2	Standorte und Untersuchungsgebiete.....	63
3.2.1	Kriterien der Standortauswahl	63
3.2.2	Kartierung der Biotop- und Nutzungsstruktur	64
3.2.3	Höhenaufnahme der Landschaftselemente.....	64
3.2.4	Standort Lüdinghausen (T-Mobile).....	66
3.2.4.1	Naturraum Westmünsterland	66
3.2.4.2	Landschaftsstruktur im Untersuchungsraum.....	67
3.2.4.3	Sichtfeldanalyse Lüdinghausen	67
3.2.4.4	Darstellung des tatsächlichen Einwirkungsbereichs	69
3.2.5	Standort Swisttal-Mömerzheim (E-Plus).....	69
3.2.5.1	Naturraum Zülpicher Börde.....	70
3.2.5.2	Landschaftsstruktur im Untersuchungsraum.....	71
3.2.5.3	Sichtfeldanalyse Swisttal-Mömerzheim	71
3.2.5.4	Darstellung des tatsächlichen Einwirkungsbereichs	73
3.2.6	Standort Kürten-Biesfeld (E-Plus)	73
3.2.6.1	Naturraum Bergische Hochflächen	74
3.2.6.2	Landschaftsstruktur im Untersuchungsraum.....	75
3.2.6.3	Sichtfeldanalyse Kürten-Biesfeld	75
3.2.6.4	Darstellung des tatsächlichen Einwirkungsbereichs	77

IV Inhaltsverzeichnis

3.3 Fotoanalyse.....	77
3.3.1 Grundlagen und Methode.....	78
3.3.1.1 Fotoreportage Standort Lüdinghausen	79
3.3.1.2 Fotoreportage Standort Swisttal-Mömerzheim.....	80
3.3.1.3 Fotoreportage Standort Kürten-Biesfeld	81
3.3.2 Darstellung von Fotoreportagen und Sichtfeldanalysen	82
4 AUSWERTUNG.....	86
4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	86
4.2 Ausblick	90
4.2.1 Potenziale digitaler Sichtfeldanalysen	90
4.2.2 Vergleich pauschaler mit digitaler Sichtfeldanalyse.....	92
4.2.3 Möglichkeiten der Weiterentwicklung	93
4.2.4 Ansätze zur Modifizierung des Bewertungsverfahrens.....	94
VIII Literaturverzeichnis	
IX Rechtsgrundlagen	
X Kartengrundlagen	
XI Eingesetzte Geräte und Programme	

V **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 2–1: Gesprächsvermittlung in Mobilfunknetzen.....	7
Abb. 2–2: Verfügbarkeit von Mobilfunkwellen in Abhängigkeit von der Topographie	11
Abb. 2–3: Wahrnehmungsebenen: Mikrotop, Mesotop, Makrotop.....	22
Abb. 2–4: Horizontalverhältnis.....	24
Abb. 2–5: Relative Höhe im Blickfeld.....	24
Abb. 2–6: Erweiterte schematische Darstellung des Wahrnehmungsprozesses	26
Abb. 2–7: Zusammenhang von Landschaft, Betrachter und Landschaftsbild	27
Abb. 2–8: Sichtverschattung durch die nah gelegene Sichtbarriere zum nahen Objekt	29
Abb. 2–9: Sichtverschattung durch die nah gelegene Sichtbarriere zum fernen Objekt	30
Abb. 2–10: Eingeschränkte Sichtverschattung durch die entfernte Sichtbarriere.....	30
Abb. 2–11: Sichtverschattung durch die Entfernung von Sichtbarriere und Mobilfunkmast.....	31
Abb. 2–12: Turmdrehkran in Mülheim an der Ruhr	32
Abb. 2–13: Ausgewählte Eingriffe in das Landschaftsbild	33
Abb. 2–14: Erheblichkeit eines Eingriffs aus landschaftsästhetischer Sicht	34
Abb. 2–15: Zusammenhang zwischen Masthöhe und Entfernung vom Eingriffsobjekt	40
Abb. 2–16: Wirkzonen von Masten entsprechend der Höhe und der angewandten Fassung.....	49
Abb. 2–17: Konstruktion der sichtverschatteten Bereiche mit pauschal 90 m Breite	51
Abb. 3–1: Gesamtansicht eines Stahlgittermastes	62
Abb. 3–2: Partielle Sichtbarkeit eines Stahlgittermastes	62
Abb. 3–3: Lage des Maststandorts und des Untersuchungsraums (LVermA, 4209, 4210)	66
Abb. 3–4: Lage des Maststandorts und des Untersuchungsraums (LVermA, 5307).....	70
Abb. 3–5: Lage des Maststandorts und des Untersuchungsraums (LVermA, 4909).....	74
Abb. 3–6: Detailansicht der Sichtfeldanalyse Kürten-Biesfeld mit Standorten der Fotoreportage	85

V Abbildungsverzeichnis

Abb. 4-1: Reliefverschattung südwestlich der Ortslage <i>Dahl</i> (Gefälle: Südost).....	89
Abb. 4-2: Reliefverschattung östlich <i>Lüdinghausen</i> (Gefälle: Süden und Osten)	89
Abb. 4-3: Sichtfeldberechnung an der K 32 (Spitzkehre) aus ‚Froschperspektive‘	89
Abb. 4-4: Sichtfeldberechnung auf Augenhöhe an der K 32 (Spitzkehre).....	89
Abb. 4-5: Sichtfeldberechnung nördlich der Ortslage <i>Dahl</i> (‚Froschperspektive‘).....	90
Abb. 4-6: Sichtfeldberechnung auf Augenhöhe nördlich der Ortslage <i>Dahl</i>	90

VI Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Ausgewählte Kriterien zur Wahrnehmung räumlicher Tiefe und Größe	23
Tab. 2-2: Intensitätsbestimmende Eigenschaften eines Eingriffsobjektes.....	38
Tab. 2-3: Verfahren der Länder zur Landschaftsbildbewertung bei mastenartigen Eingriffen	47
Tab. 3-1: Höhenwerte der bei der Sichtfeldanalyse berücksichtigten Landschaftselemente.....	65
Tab. 4-1: Eingesetzte Geräte und Programme	120

VII Abkürzungsverzeichnis

BauGB	Baugesetzbuch
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BY	Bayern
DGM	Digitales Geländemodell
DOM	Digitales Oberflächenmodell
et al.	et alii (und andere)
GIS	Geographisches Informationssystem
Grid	Gitter (auch: GRID)
GSM	Global System for Mobile Communications
HB	Hansestadt Bremen
i. w. S.	im weiteren Sinne
IDW	Inverse Distance Weighted
k	Kompensationsflächenfaktor
kV	Kilovolt, das tausendfache der Einheit Volt [V]
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LG NW	Landschaftsgesetz Nordrhein-Westfalen
LVermA	Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen
MURL	Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NRW	Land Nordrhein-Westfalen
S	Sichtfreiheitswert
Tab.	Tabelle
TIN	Triangular Irregular Network
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
v. l.	von links
w	Wahrnehmungskoeffizient
WEA	Windenergieanlage
WKA	Windkraftanlage

1 EINLEITUNG

1.1 Problemstellung und Untersuchungsgang

Die vorliegende Masterarbeit behandelt die Bewertung von mastenartigen Eingriffen in das Landschaftsbild sowie die Potenziale der digitalen Sichtfeldanalysen in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. Bei dieser Bewertung und der Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs stoßen, wie Beispiele aus der Praxis zeigen, auch anerkannte Bewertungsverfahren an ihre Grenzen, insbesondere dann, wenn es darum geht, Eingriffe naturraumspezifisch zu bewerten.

Im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung in der Bundesrepublik Deutschland sollen negative Folgen von Eingriffen in Natur und Landschaft (Beeinträchtigungen) vermieden und minimiert sowie nicht vermeidbare Eingriffe durch Maßnahmen des Naturschutzes ausgeglichen werden; der Ausgleichsbedarf wird im Rahmen der Erstellung von eingriffsbezogenen landschaftspflegerischen Begleitplänen (LBP) ermittelt. Rechtsgrundlage für die Eingriffsregelung als Instrument des Naturschutzes bildet das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) mit den §§ 18 und 19; weitere Regelungen ergeben sich aus den Naturschutzgesetzen (in Nordrhein-Westfalen Landschaftsgesetz - LG NW) der Bundesländer (vgl. § 4 LG NW). Als Ziel des Naturschutzes wird im § 1 BNatSchG u. a. der Schutz der Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft formuliert; dem Schutzziel Folge leistend, sind Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes als Eingriffe einzustufen. Bei der Errichtung von Gebäuden und Masten im planungsrechtlichen Außenbereich sind gemäß Baugesetzbuch (BauGB) § 35 u. a. die Auswirkungen auf das Landschaftsbild zu beschreiben, zu bewerten und zu bilanzieren. Die Zuständigkeit für die landschaftsrechtliche Genehmigung der Eingriffsmaßnahme liegt bei den unteren Landschafts-/Naturschutzbehörden.

Ausgangspunkt für die Bewertung und die Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs für einen mastenartigen Eingriff stellt in vielen Bundesländern der vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL NRW) herausgegebene Fachbeitrag „Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe“ (NOHL 1993) dar, in dem Verfahrensansätze dargestellt werden, die je nach Art und Höhe eines Eingriffsobjektes anzuwenden sind. Gemäß diesen landesweit empfohlenen

Verfahrensansätzen wird bei mastenartigen Eingriffen die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes als kompensationsbestimmender Faktor dargestellt und bewertet.

Im Rahmen dieser Masterarbeit stehen Mobilfunkstationen (-masten), aufgrund der hohen Bedeutung im Genehmigungsverfahren und der hohen Dichte von Mobilfunkmasten im Bundesgebiet, im Fokus der Betrachtung und sollen stellvertretend für weitere landschaftsästhetische Beeinträchtigungen (Freileitungsmasten, Windenergieanlagen, Hochregallager u. a.) die Entwicklungs- und Bearbeitungsgrundlage in Anlehnung an die Verfahrensansätze von NOHL bilden.

Auf Basis ausgewählter Standorte von Mobilfunkstationen bis 50 m Höhe in *Lüdinghausen*, *Swisttal-Mömerzheim* sowie *Kürten-Biesfeld* werden digitale Sichtfeldanalysen mit *ESRI ArcGIS* und der Extension *Spatial Analyst* innerhalb spezifischer und differenziert betrachteter Landschaftsräume durchgeführt und die visuelle Transparenz und Verletzlichkeit von Landschaftsräumen sowie die erkannten Muster und Strukturen diskutiert. Hinsichtlich des ästhetischen Erlebens eines Landschaftsraumes spielt die visuelle Transparenz einer Landschaft eine bedeutende Rolle. In einer ebenen, ausgeräumten Bördelandschaft¹, die eine hohe Transparenz (weit reichende Sichtbeziehungen) aufweist, besitzt ein neu eingebrachtes Element ein landschaftsästhetisch stärkeres Gewicht, als in einer strukturierten Landschaft mit ausgeprägter Situation, die ein Element nahezu „absorbieren“ kann. Die Möglichkeit, im Gegensatz zu den Ursprüngen der Verfahrensansätze, Landschaftsräume digital dreidimensional zu analysieren, gestattet eine differenzierte Ermittlung der landschaftsästhetischen Beeinträchtigungen in Augenhöhe eines menschlichen Betrachters in Abhängigkeit zur Masthöhe und unter Berücksichtigung der ausgebildeten Reliefstruktur sowie des Vorhandenseins von Sichtbarrieren. Die Vorteile dieser Analysemethode werden vergleichend herausgestellt und Genauigkeiten bzw. Unschärfen im Vergleich mit Begehungen im Gelände einschließlich der fotografischen Dokumentation, bezogen auf Sichtachsen zum Eingriffsobjekt, aufgezeigt. Die Vorteile der digitalen Landschaftsanalyse sollen zudem die Möglichkeiten der Modifizierung der Verfahrensansätze von NOHL (1993) sowie die Bedeutung eines Naturraumbezuges im Rahmen eines Bewertungsverfahrens begründen.

¹ Börde ist die Bezeichnung für eine Ebene in der norddeutschen Kulturlandschaft, deren naturräumliche Ausstattung aus besonders fruchtbaren, vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Lössböden besteht (vgl. LESER 1997, S. 107).

1.2 Motivation und Zielsetzung

Verständlicherweise ist der Interessenkonflikt bei Eingriffen in Natur und Landschaft zwischen Betreibern auf der einen und den Naturschutzbehörden auf der anderen Seite groß, und so kommt es im Rahmen der Landschaftsbildbewertung stets zur Forderung nach transparenten und nachvollziehbaren Bewertungsergebnissen (vgl. PLANUNGSVERBAND BALLUNGSRAUM FRANKFURT/RHEIN-MAIN 2006). Ein entsprechendes Bewertungsverfahren zur Betrachtung und Bewertung des Landschaftsbildes ist gleichsam für Ministerien, Ordnungsbehörden (Untere Landschaftsbehörden, Naturschutzbehörden), Betreiber und Planer von Interesse. Das Potenzial der dreidimensionalen digitalen Landschaftsanalyse sollte genutzt werden, um ein zeitgemäßes und praxistaugliches Bewertungsverfahren unter Berücksichtigung der heute verfügbaren digitalen Datengrundlagen in der Eingriffsregelung zu etablieren. Denn trotz der über 60-jährigen Erfahrung in der Landschaftsbildbewertung bestehen immer noch zahlreiche methodische Unsicherheiten, die häufig als Begründung herhalten müssen, warum die Landschaftsplanung ihrem gesetzlichen Auftrag zur Sicherung und Entwicklung der Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft nur unzureichend nachkommt (vgl. BLUMENTRATH 2008, S. 2).

Die Beurteilung eines Eingriffs in das Landschaftsbild muss sich auf die ästhetische Qualität der Landschaft als Lebensraum und ihrer Erholungseignung stützen, doch die Bandbreite der subjektiven Einstellungen zur Landschaft ist groß (vgl. BARSCH 2003, S. 361), umso wichtiger sind transparente Aussagen mit einem Geographischen Informationssystem (GIS). JÜNEMANN et al. berichten, dass die Umsetzung von Planungen in der Praxis oft auf Widerstände stößt oder vollständig scheitert, weil die Vorhaben nicht oder mittels kartographisch unzulänglicher Präsentationen nur unverständlich vermittelt werden können (vgl. JÜNEMANN 2001, S. 200). Die Möglichkeit, positive und negative Auswirkungen – der jeweils an die topologischen Beziehungen angepassten und mit GIS nachvollziehbar aufbereiteten Modelle – optimal und transparent gegeneinander abzuwägen, lässt Konflikte offensichtlich und damit verhandel- und abwägbar werden (vgl. LIENHARD 2007, S. 17). Denn letztendlich ist auch aus monetärer Sicht (Ausgleich/Ersatz) eine Harmonisierung der Anforderungen, insbesondere aus Sicht der Betreiber erstrebenswert (vgl. KOLLECKER 2007).

1.3 Aufbau und Gliederung

Die vorliegende Masterarbeit gliedert sich zunächst in vier, der Gliederungslogik entsprechende Hauptbereiche, welche den grundsätzlichen Aufbau der Arbeit verdeutlichen sollen; die weitere Untergliederung folgt den in Problemstellung, Untersuchungsang und Zielsetzung skizzierten Ansätzen. Während das erste Hauptkapitel *Einleitung* eine Einführung bezüglich Aufgabenstellung, Motivation, Lösungsansatz und Struktur der Arbeit liefert, widmen sich die *theoretischen Grundlagen* in den Kapiteln 2.1 ff. der Einführung in den *Mobilfunk*, um einen Überblick über die Funktionsweise und Informationsübertragung von Mobilfunksendestationen zu geben. Innerhalb der *theoretischen Grundlagen* wird in den Kapiteln 2.2 ff. ferner eine grundsätzliche Einführung in die *planungsrechtlichen Grundlagen in der Bundesrepublik Deutschland* im Hinblick auf den *Schutz von Natur und Landschaft* im Sinne der *Eingriffsregelung* gegeben. Es folgt eine Betrachtung des *Landschaftsbegriffs* hinsichtlich *Landschaftsbild* und *Landschaftsästhetik* sowie die grundlegende Beleuchtung des weiten Themengebietes der *Wahrnehmung*, stets in Verbindung mit der Landschaft, deren Bild bzw. deren Elemente und Strukturen. Einen umfassenden Überblick über die Landschaftsästhetik und deren Zusammenhänge liefert WÖBSE (2004). Bevor in den Kapiteln 2.4 ff. auf den Verfahrensansatz nach NOHL und die *Bewertung mastenartiger Eingriffe in das Landschaftsbild* näher eingegangen wird, war es erforderlich einführende Kapitel zu *Eingriffen in das Landschaftsbild* allgemein und deren ästhetische Erheblichkeit voranzustellen (vgl. Kap. 2.3.4 ff.). Im dritten Hauptkapitel *Methodik und Diskussion* wird die *Sichtfeldanalyse*, ausgehend von den Grundlagen (Karte, Geländemodell), über die Interpolation und die Erstellung eines spezifischen Geländemodells, hin zur Berechnung und Darstellung des Sichtfeldes eines mastenartigen Eingriffsobjekts dargestellt und diskutiert; das Themenfeld wird im Folgenden durch die Einführung der *partiellen Sichtbarkeit* erweitert. Die Entscheidung zur Zusammenfassung von Methodik und Diskussion wurde getroffen, um dem interessierten Leser einen zusammenhängenden Lesefluss gewährleisten zu können. Der technische Part, die Arbeit mit *ArcGIS Spatial Analyst*, wird ab den Kapiteln 3.1.1 ff. durch eine seitliche Markierung in Form eines roten Balkens kenntlich gemacht; diese Verknüpfung des methodischen Teils mit dem konkreten Bearbeitungsstand ermöglicht eine leichtere Nachvollziehbarkeit der einzelnen Schritte. Die Kapitel 3.2 ff. stellen das Ergebnis der zuvor erarbeiteten Sichtfeldanalyse, einschließlich der sichtverschatteten Bereiche sowie der partiellen Sichtbarkeit an drei konkreten Standorten und Untersuchungsgebieten vor. Neben allgemeinen Aussagen zur *Standortauswahl*

und der *Kartierung* im Gelände einschließlich der *Höhenaufnahme*, werden der jeweilige *Naturraum* sowie die *Landschaftsstruktur* des Untersuchungsraums der Standorte *Lüdinghausen*, *Swisttal-Mömerzheim* und *Kürten-Biesfeld* zur späteren Einordnung der Ergebnisse der Sichtfeldanalyse beschrieben. Die Ergebnisse der jeweiligen Sichtfeldberechnung werden anhand der *Karten der Sichtfeldanalysen* (vgl. 3.2.4.3, 3.2.5.3, 3.2.6.3) gezeigt und in den darauf folgenden Kapiteln dargestellt. Nachdem im Kapitel 3.3.1 auf die Grundlagen und die Methode der *Fotoanalyse* eingegangen wurde, wird das Ergebnis anhand standortbezogener *Fotoreportagen* (vgl. 3.3.1.1, 3.3.1.2, 3.3.1.3) dargestellt und im Rahmen der *Darstellung* diskutiert. Das abschließende Hauptkapitel *Auswertung* fasst die Ergebnisse der Sichtfeldanalysen zusammen, zeigt als Ausblick deren *Potenziale* auf und vergleicht die *pauschale* mit der *digitalen Sichtfeldanalyse*. Im Anschluss folgen Möglichkeiten zur *Weiterentwicklung* dieser Analysemethode sowie an die Sichtfeldanalyse angelehnt Ansätze zur *Modifizierung des Bewertungsverfahrens*.

1.4 Nicht behandelte Themen

Um den vorgegebenen Rahmen der Masterarbeit nicht zu überschreiten, wurde auf die Ausarbeitung verschiedener Teilbereiche verzichtet oder deren Detailtiefe eingeschränkt. So wurden innerhalb der technischen Beschreibung des Mobilfunks lediglich die Grundlagen behandelt und auf das spezifische Ausbreitungsverhalten von Funkwellen und deren Eigenschaften sowie auf die detaillierte Funknetzplanung nur ansatzweise eingegangen. Im Kapitel der planungsrechtlichen Grundlagen werden nur die für diese Arbeit und die im Rahmen der Eingriffsregelung relevanten rechtlichen Grundlagen aufgeführt; Schutzgebietsausweisungen wurden in diesem Zusammenhang nicht berücksichtigt und auf die spezifische Ermittlung von Kompensationsflächen oder die Berechnung von Ersatzgeldern wurde verzichtet. Weitere Ausführungen im Bereich der Wahrnehmungspsychologie, die über die Wahrnehmung von Landschaft und deren Landschaftselemente und -strukturen hinausgehen, wurden nicht vertieft.

Die methodische Bearbeitung und Beschreibung des Fachbeitrags (NOHL 1993) beschränkte sich auf Mobilfunkstationen als mastenartige Eingriffe, die stellvertretend für weitere Elemente dieser Art, wie Windenergieanlagen oder Freileitungsmasten betrachtet wurden und bei der Durchführung der digitalen Sichtfeldanalyse als Beispielobjekte fungierten. Die Fokussierung auf einen Typus von mastenartigen Eingriffen war not-

wendig, um sich auf einen Anwendungsbereich, den der kleinen nadelartigen Antennenträger bis 50 m Höhe, gemäß dem Verfahrensansatz nach NOHL (1993) konzentrieren zu können. Obwohl dieser zur Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs quantitative und qualitative Faktoren unterscheidet und diese im Rahmen der Vorstellung auch angesprochen wurden, lag der Schwerpunkt der Betrachtung auf dem quantitativen Faktor, der differenzierten Ermittlung der ästhetisch beeinträchtigen Fläche. Auf diesem Verfahrensansatz aufbauend, blieb die digitale Sichtfeldanalyse auf Masten bis 50 m Höhe und deren empfohlenen Untersuchungsraum beschränkt.

Der Fokus der Betrachtung lag nicht auf der spezifischen Erörterung einzelner Naturräume oder deren qualitative Bewertung für die Eignung als Maststandort, sondern der Schwerpunkt lag vielmehr auf der Durchführung der Sichtfeldanalyse in unterschiedlichen Naturräumen sowie auf der Betrachtung und Diskussion des berechneten Sichtfeldes vor dem Hintergrund der partiellen Sichtbarkeit; Genauigkeiten und Unschärfen dieser Methode wurden mit fotografischen Abbildungen, bezogen auf Sichtachsen zum Eingriffsobjekt, festgehalten. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es nicht, das landschaftsästhetische Potenzial einer Region zu ermitteln, sondern die Schwere eines Eingriffs in eine Landschaft primär anhand der beeinträchtigten Fläche zu ermitteln.

2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1 Mobilfunk – Infrastruktur und Technik

Mobilfunk ist die Sammelbezeichnung für eine Technologie, die es Teilnehmern mit gleicher technischer Ausstattung ermöglicht, standortunabhängig miteinander zu kommunizieren. Heute wird unter Mobilfunk insbesondere die Mobiltelefonie verstanden, doch grundsätzlich gehört jeglicher Betrieb von beweglichen Funkgeräten, wie z. B. der Amateur-, Polizei- und Taxifunk, die mobile Datenerfassung oder der Seefunkdienst in den Anwendungsbereich des Mobilfunks.

2.1.1 Technische Grundlagen und Funktion

Die technische Infrastruktur eines Mobilfunknetzes besteht im Wesentlichen aus wenigen elementaren Bestandteilen; dem Mobilfunktelefon, der Mobilfunkbasisstation (Sende- und Empfangsanlage) sowie der Funkvermittlungsstelle. Lediglich der kleine Teil des Mobilfunknetzes zwischen Mobilfunktelefon und -basisstation wird über den Funkübertragungsweg (elektromagnetische Wellen) abgewickelt. Mit Ausnahme von einigen peripheren Gebieten, die ausschließlich über Richtfunk angebunden werden können, erfolgt der Großteil der Übertragungsstrecke kabelgebunden.

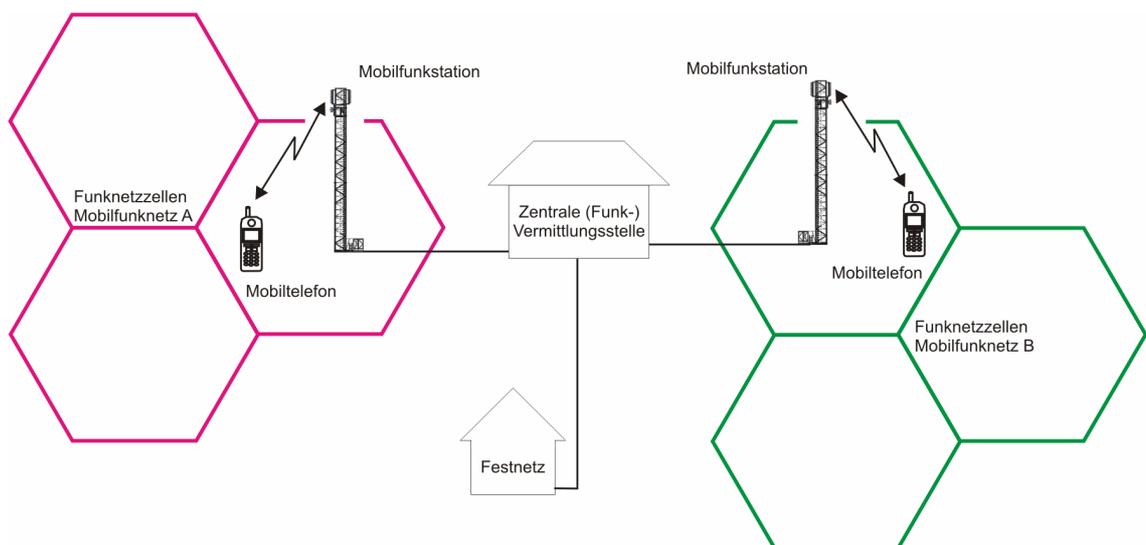


Abb. 2–1: Gesprächsvermittlung in Mobilfunknetzen

Der Raum, in dem die Mobilfunktelefone für den Teilnehmer scheinbar völlig frei betrieben werden können, ist in miteinander vernetzte Mobilfunkzellen unterteilt (vgl. Abb. 2–1), in denen eine Basisstation des Mobilfunknetzbetreibers mit relativ geringer Sendeleistung installiert ist (vgl. ELEKTRONIK-KOMPENDIUM 2008). Stark vereinfacht kann man sich die Funknetzzellen wie Sechsecke vorstellen, die wabenartig möglichst lückenlos aneinandergrenzen, um eine leistungsstarke, qualitativ hochwertige und lückenlose Versorgung gewährleisten zu können. Die Größe der Zellen reicht von wenigen hundert Metern Durchmesser („Mikrozellen“) bis zu Flächen von mehreren Quadratkilometern („Makrozellen“) und ist abhängig von der Situation², der Topographie und des (erwarteten) Gesprächsaufkommens (vgl. IZMF 2005, S. 21). Alle Mobilfunktelefone, die sich innerhalb einer Mobilfunkzelle befinden, nehmen zu den Basisstationen Kontakt auf, welche die ein- und ausgehenden Gespräche und Datenübertragungen innerhalb der Funknetzzelle verarbeiten und die Versorgung der Funknetzzelle eines Mobilfunknetzes gewährleisten (vgl. IZMF 2005, S. 20-21, 35). Da es sich um einen bidirektionalen Verbindungsaufbau handelt, muss jedes Mobiltelefon ein Identifikationssignal aussenden (Abstrahlwinkel von 360°), anhand dessen die Position des Teilnehmers festgestellt und die jeweils günstigste Mobilfunkzelle zugewiesen werden kann. Die Verbindungsqualität zu den im Umkreis befindlichen Basisstationen wird ständig überprüft; bewegt sich ein Mobilfunkteilnehmer zum Rand einer Mobilfunkzelle, so wird automatisch die Basisstation mit der besten Verbindungsqualität zugewiesen. Die jeweils günstigste Mobilfunkstation nimmt die Funksignale eines Mobiltelefons und die zu vermittelnden Daten über ihre Empfangsantenne auf und leitet sie entweder via Richtfunk an die nächstgelegene bzw. empfangstechnisch günstigste Basisstation oder kabelgebunden an eine entfernte Funkvermittlungsstelle weiter, von wo die Gespräche zum Empfänger weitergeleitet und die Verbindungsabläufe gesteuert werden (vgl. IZMF 2008 A).

Jede Funknetzzelle und damit jede Mobilfunkbasisstation kann aus technischen Gründen nur eine begrenzte Anzahl an Gesprächen respektive Datenübertragungen abwickeln. Die bereits angesprochenen elektromagnetischen Wellen (Funkwellen) haben neben einer begrenzten Kapazität auch nur eine eingeschränkte Reichweite und werden

² Situation bezeichnet die Lage der auf der Erdoberfläche vorhandenen und mit ihr verbundenen Gegenstände wie Gebäude, Verkehrswege, Gewässer, Bodenbedeckungen usw. (vgl. HAKE 2002, S. 300).

auf ihrem Weg vom Sender zum Empfänger von zahlreichen Hindernissen abgeschwächt; ein guter Versorgungspegel ist also nur auf begrenztem Raum möglich. Die Funkwellen breiten sich ähnlich wie Lichtstrahlen aus und werden ebenso wie diese durch Hindernisse oder atmosphärische Störungen reflektiert, gebündelt oder gebeugt. Durch die Einführung der Digitaltechnik in den Bereich der Mobiltelefonie konnte die Übertragungsqualität (insbesondere auch bei niedriger Strahlungsleistung) und die Abhörsicherheit erheblich verbessert sowie die Störanfälligkeit reduziert werden.

Für die digitale Übertragungstechnik haben sich weltweit die Mobilfunkstandards GSM (Global System for Mobile Communications) und UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) durchgesetzt, so dass ein Mobiltelefon im Regelfall international nutzbar ist, sofern die entsprechende Versorgung mit Mobilfunkzellen gegeben ist (vgl. RUPERT 2003; IZMF 2008 A). Sowohl bei UMTS als auch bei GSM besitzen die Mobilfunkgeräte und Basisstationen ein intelligentes Leistungsmanagement zur automatischen Leistungsregelung, so dass die Sendeleistung jeweils auf das erforderliche Mindestmaß reduziert wird, das für eine qualitativ gute Übertragung erforderlich ist (vgl. BMWi 2008).

2.1.2 Funknetzplanung

Zur Ermittlung der optimalen Standorte für Mobilfunkbasisstationen, sind aus Sicht der Funknetzplanung sowohl technische als auch abstimmungsintensive rechtliche Anforderungen zu berücksichtigen. Obwohl neben der Wahl des funktechnisch günstigsten Standorts auch baurechtliche, landschaftsrechtliche und immissionsschutzrechtliche Aspekte sowie die Belange des Eigentümers der Grundfläche zu berücksichtigen sind, soll dieses Kapitel ausschließlich die Sicht der technischen Netzarchitektur betrachten.

Um eine umfassende Mobilfunkversorgung gewährleisten zu können, müssen das Mobilfunknetz möglichst flächendeckend aufgebaut sein und ein ausreichend dichtes Netz von Mobilfunkzellen bestehen. Dabei muss jeder Mobilfunknetzbetreiber entsprechend den kartellrechtlichen Bestimmungen zur Steigerung des Wettbewerbs ein eigenes GSM-/UMTS-Netz planen und realisieren; dennoch ergibt sich die Gesamtanzahl der aktiven Basisstationen in Deutschland rein aus den Kapazitätsanforderungen der Mobilfunkteilnehmer und nicht aus der Anzahl der Betreiber (vgl. IZMF 2005, S. 26). Im GSM-Netz dürfen aneinander angrenzende Funkzellen nicht die gleiche Sendefrequenz

nutzen, da es ansonsten zu Interferenzen, d. h. zu Störungen und Qualitätsverlusten in der Sprach- und Datenkommunikation durch Überlagerungen kommt; voneinander getrennt liegende Zellen dürfen wieder auf der selben Frequenz arbeiten (vgl. ELEKTRONIK-KOMPENDIUM 2008).

Bei der Funknetzplanung sind die einzelnen Frequenzkanäle effizient zu verteilen sowie die Standorte der Sende- und Empfangsstationen an die topographischen Gegebenheiten und die Anzahl der Stationen an das Gesprächs- und Datenvolumen anzupassen; die Vor- und Nachteile der physikalischen Effekte bei der Versendung elektromagnetischer Funkwellen sind zu berücksichtigen. So werden die Funkwellen, wie in der Abbildung 2–2 dargestellt, durch Vegetation oder Mauerwerk in unterschiedlichem Maße gedämpft, durch Gebäudeflächen reflektiert oder an Kanten in ihrem Verlauf geändert, wie z. B. an Häusern oder in bergigen Gebieten. Die genannten Effekte haben ebenso wie die Abschattung (eingeschränkte oder ungenügende Versorgung durch topographische Hindernisse) oder die Absorption (Einschränkung durch meteorologische Einflüsse) Auswirkungen auf die Reichweite und die Qualität des Versorgungspegels, so dass sie bei der Funknetzplanung berücksichtigt werden müssen. Insbesondere sind die Dämpfungs- und Abschattungseffekte in den Planungsprozess mit einzubeziehen und nur durch eine hohe Anzahl an Mobilfunkbasisstationen mit einem pro Funknetzzelle hohen Versorgungspegel auszugleichen. Einen Sonderfall für Dämpfungseffekte stellen die stark gedämmten modernen Personenwagen und Schnellzüge dar; erschwert wird hier die Versorgung zudem durch die hohe Geschwindigkeit der Fahrzeuge auf entsprechenden Trassen. Die Abschattungseffekte treten insbesondere aufgrund der morphologischen Oberflächenstruktur in Landschaftsräumen mit hoher Reliefenergie auf, die man zudem versucht durch exponierte Standorte (i. d. R. auch höher als die Bebauung) auszugleichen. Müller liefert weitere Einzelheiten zur Funknetzplanung, insbesondere zu Funkausbreitungsmodellen und deren Anforderungen (vgl. MÜLLER 2005, S. 392 ff.).

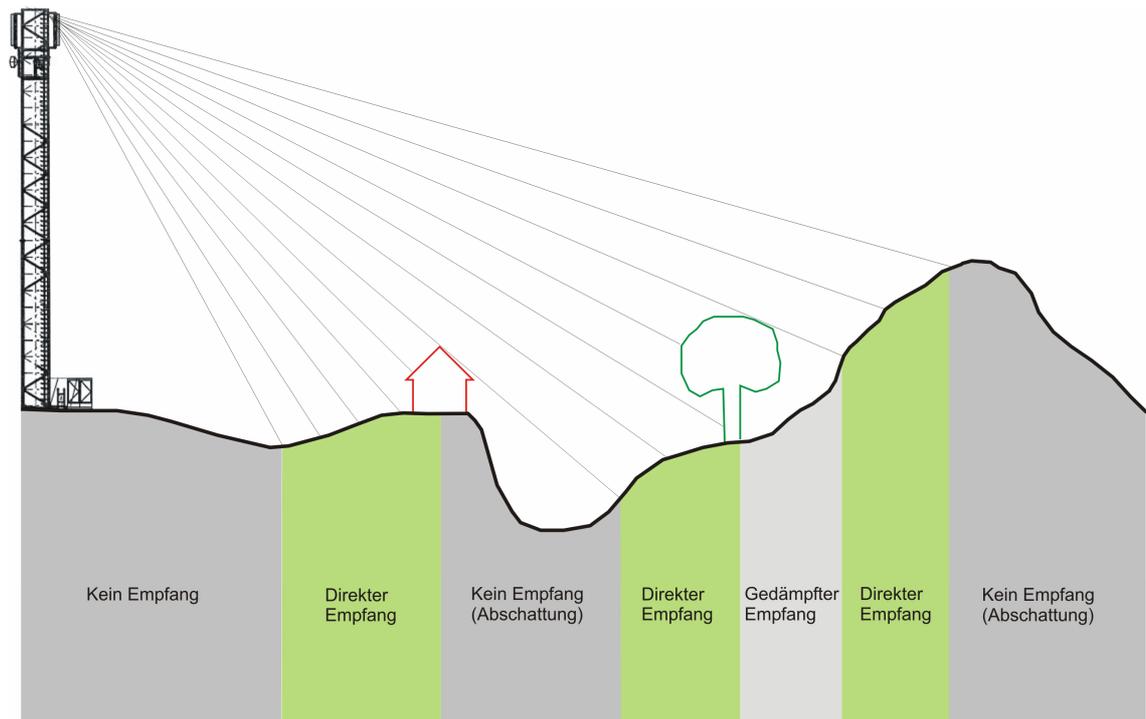


Abb. 2–2: Verfügbarkeit von Mobilfunkwellen in Abhängigkeit von der Topographie
(Schematische Darstellung, vgl. IZMF 2005, S. 22)

2.1.3 Entwicklung des Mobilfunksektors

Die Geschichte der mobilen Kommunikation reicht zurück bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts,³ heute ist der Mobilfunk eine weit verbreitete Technologie, die sich zu einem wichtigen Wirtschaftsfaktor entwickelt hat. Die Bundesnetzagentur gibt in ihrem Tätigkeitsbericht 2006/2007 einen Umsatzerlös von 22,1 Mrd. Euro auf dem Gesamtmarkt der Mobilfunkdienste an (vgl. BUNDESNETZAGENTUR 2007, S. 283). Im ersten Quartal 2008 lag die Anzahl der Mobilfunkteilnehmer nach Angaben der Netzbetreiber bei knapp 100 Millionen, im Vergleich zum Jahr 2003 eine Steigerung um etwa 67 %; 1998 waren es kaum mehr als 9 Millionen Teilnehmer, die mobil telefonierten (BUNDESNETZAGENTUR 2008 A).

³ Erste Tests der Deutschen Reichsbahn erfolgten 1918, bereits 1926 konnten Bahnreisende der 1. Klasse auf der Strecke Berlin-Hamburg mobil telefonieren; bis in die 50er-Jahre wurden zudem verschiedene Funknetzsysteme wie Hafen-, Zug- und Stadtfunkdienste eingerichtet (vgl. IZMF 2008 B).

Die stetig wachsende Zahl der Mobilfunknutzer und mit ihr die steigende Sprach- und Datenübertragung im Mobilfunksektor erfordert ein flächendeckendes und engmaschig aufgebautes Funknetz sowie den weiteren Ausbau des GSM- und UMTS-Netzes (vgl. BUNDESNETZAGENTUR 2008; IZMF 2005, S. 20). Während es bis Mitte der 90er-Jahre große und zusammenhängende Flächen mit Mobilfunkdienstleistungen zu versorgen galt, dient heute die Errichtung weiterer Mobilfunkbasisstationen dem Ausbau der flächendeckenden Versorgung auch in dünn besiedelten Gebieten sowie der Erhöhung der Netzkapazität und der Verbesserung der Grundversorgung. Der Trend geht heute zu einer Reduktion der Sendeleistung (Immissionsschutz), allerdings ist damit die Notwendigkeit verbunden, das Funkzellennetz noch weiter zu verdichten, denn die Verringerung der Sendeleistung reduziert zwar die Strahlenbelastung, allerdings werden auch die Funkzellen engmaschiger, was zwangsläufig zu einem erhöhten Bedarf an Basisstationen führt, um eine flächendeckende Versorgung gewährleisten zu können (vgl. REGTP 2004, S. 4).

Als weiteres Ziel soll UMTS u. a. die drahtlose Breitbandübertragung gewährleisten und so die Grundlage für multimediale Anwendungen schaffen; insbesondere bei UMTS ist die regelmäßige Anordnung der Basisstationen zu einem dichten Mobilfunknetz aus Kapazitätsgründen von großer Bedeutung (vgl. BUNDESNETZAGENTUR 2008 B).

2.2 Planungsrechtliche Grundlagen in Deutschland

Die im Rahmen dieser Masterarbeit bedeutende Landschaftsplanung und die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung sind verfassungsrechtlich fundiert und stellen das in Rechtsvorschriften zusammengeführte Ergebnis fachlicher Erkenntnisse dar. Im Grundgesetz ist festgelegt, dass der Staat „in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung“ schützt (GRUNDGESETZ ART. 20 A). Doch das Staatsziel⁴, der Schutz der natürlichen Umwelt, hat keinen Absolutheitsanspruch, und so sind Umwelt und Natur beeinträchtigende Vorhaben nicht prinzipiell

⁴ Staatsziele (Staatszielbestimmungen) sind in der Verfassung niedergelegte Leitbilder, die ein Staat zu erreichen sucht und deren konkrete Umsetzung durch Gesetz, Verordnung oder Satzung geregelt wird.

dem Umwelt- und Naturschutz nachrangig, sondern es muss ein Ausgleich von Zielkonflikten durch Gesetzgebung, Verwaltung und Planung gefunden werden (vgl. BARSCH 2003, S. 28). Im Rahmen des Naturschutzrechts obliegt dem Bund die Rahmengesetzgebung (Bundesnaturschutzgesetz), welche die Landesgesetzgebung (Landesnaturschutzgesetze) durch konkrete Rechtsvorschriften ausfüllt.

2.2.1 Ziele und Grundsätze des Naturschutzes

Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) enthält den Rahmen für die Landesnaturschutzgesetze und darüber hinaus einige unmittelbar wirkende Regelungen für konkrete Naturschutzmaßnahmen. Das BNatSchG und das Landschaftsgesetz NRW (LG NRW)⁵ stimmen in den Zielen und Grundsätzen (§§ 1 und 2) überein, allerdings ist damit der gesteckte Zielrahmen relativ weit und unkonkret und bedarf im Einzelfall der Interpretation (vgl. KÖHLER 2000, S. 36). Die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege sind in § 1 Bundesnaturschutzgesetz sowie Landschaftsgesetz NRW in Anlehnung an die Staatszielbestimmung des Grundgesetzes formuliert. So sind Natur und Landschaft aufgrund ihres eigenen Wertes und als Lebensgrundlagen des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln und wiederherzustellen, dass

1. die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts,
2. die Regenerationsfähigkeit und nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter,
3. die Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensstätten und Lebensräume sowie
4. die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert sind.

Indikatoren für die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes im Sinne dieses Gesetzes sind die Naturgüter Boden, Wasser, Klima/Luft und insbesondere die Flora und Fauna (vgl. BARSCH 2003, S. 36). Die ästhetische Beurteilung des Landschaftsbildes anhand der Variablen *Vielfalt*, *Eigenart* und *Schönheit* sowie des *Erholungswerts* ist aufgrund inhaltlicher und methodischer Probleme mit Unstimmigkeiten und Gegensätzen behaftet

⁵ Das Landesnaturschutzgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen wird in NRW als Landschaftsgesetz (LG), Gesetz zur Sicherung des Naturhaushalts und zur Entwicklung der Landschaft, bezeichnet.

und unterliegt daher vielfach der persönlichen Auffassung einzelner Planer oder Institutionen (vgl. KRAUSE 1996, S. 15).

In § 2 Abs. 1 und 2 BNatSchG sowie LG NW sind die Grundsätze des Naturschutzes und der Landschaftspflege formuliert, wonach die Ziele zu verwirklichen sind, soweit es im Einzelfall zur Verwirklichung erforderlich, möglich und unter Abwägung aller sich aus den Zielen nach § 1 ergebenden Anforderungen untereinander und gegen die sonstigen Anforderungen der Allgemeinheit an Natur und Landschaft angemessen ist. Aufgrund der Ausrichtung dieser Masterarbeit sei hier ausschließlich auf § 2 Abs. 1 (13) BNatSchG sowie LG NW verwiesen: „Die Landschaft ist in ihrer Vielfalt, Eigenart und Schönheit auch wegen ihrer Bedeutung als Erlebnis- und Erholungsraum des Menschen zu sichern. Ihre charakteristischen Strukturen und Elemente sind zu erhalten oder zu entwickeln. Beeinträchtigungen des Erlebnis- und Erholungswerts der Landschaft sind zu vermeiden. Zum Zweck der Erholung sind nach ihrer Beschaffenheit und Lage geeignete Flächen zu schützen und, wo notwendig, zu pflegen, zu gestalten und zugänglich zu erhalten oder zugänglich zu machen. Vor allem im siedlungsnahen Bereich sind ausreichende Flächen für die Erholung bereitzustellen. [...]“

2.2.2 Schutz von Natur und Landschaft

Der Schutz von Natur und Landschaft ist gesetzlicher Aufgabenbereich der Landschaftsplanung (als eigenständige Fachplanung der Länder) mit dem Auftrag, die Ziele und Grundsätze des Naturschutzes und der Landschaftspflege (vgl. Kap. 2.2.1) zu verwirklichen und die Erfordernisse und Maßnahmen für den jeweiligen Planungsraum darzustellen und zu begründen (vgl. BNatSchG, § 13). Dies schließt das komplexe Wirkungsgefüge der biotischen und abiotischen Faktoren einschließlich deren Leistungs- und Funktionsfähigkeit sowie die Wahrnehmung in Form von Vielfalt, Eigenart und Schönheit und die Erholungseignung mit ein. Ein umfassender Landschaftsbegriff (vgl. Kap. 2.3) und die Notwendigkeit einer integrierenden Betrachtung von ökologischen und ästhetischen Bedingungen sowie menschlichen Ansprüchen an die Landschaft führen zu diesem umfassenden Aufgabenbereich der Landschaftsplanung (vgl. HAAREN 2004, S. 23).

Die außerordentliche Bedeutung, die dem Schutz der Landschaft beigemessen wird, zeigt sich in der Präambel der Europäischen Landschaftskonvention, in welcher der Schutz der Landschaft aufgrund ihrer außerordentlichen Schönheit, aber auch von alltäglichen Gegenden ausdrücklich festgehalten wird: “[...] the European Landscape Convention is an important part of the quality of life for people everywhere: in urban areas and in the countryside, in degraded areas as well as in areas of high quality, in areas recognised as being of outstanding beauty as well as everyday areas [...]” (EUROPEAN LANDSCAPE CONVENTION). Die Europäische Landschaftskonvention wurde im Jahr 2000 mit dem Ziel verabschiedet, den Landschaftsschutz, die Landschaftspflege und Landschaftsplanung sowie die europäische Kooperation in diesen Bereichen zu fördern. Die Konvention, die sich ausschließlich mit den Aspekten europäischer Landschaften beschäftigt, wurde von der Bundesrepublik Deutschland bisher nicht ratifiziert (vgl. EUROPARAT 2008).

2.2.2.1 Eingriffe in Natur und Landschaft

Gemäß § 18 des Bundesnaturschutzgesetzes und den Vorschriften der Naturschutzgesetze der Länder (vgl. § 4 LG NW) sind Eingriffe gekennzeichnet durch Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen oder Veränderungen des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels, die das Leistungsvermögen und die Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes oder das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen. Eingriffe in Natur und Landschaft sind zu vermeiden, vermeidbare Beeinträchtigungen zu unterlassen und unvermeidbare Beeinträchtigungen auszugleichen (vgl. § 19 BNatSchG; § 4 a LG NW). Die Eingriffsregelung (Eingriffs-Ausgleichsregelung) dient als Instrument des Naturschutzes dazu, die Beeinträchtigungen der Eingriffe auf Grundlage der §§ 18 und 19 BNatSchG zu vermeiden und zu minimieren;⁶ ferner verfolgt sie die naturschutzrechtliche Prüfung der Zulässigkeit von Vorhaben, die Vermeidung bzw. den Ausgleich oder den Ersatz von Beeinträchtigungen durch geplante Eingriffe (vgl. HAAREN 2004, S. 64). Die Eingriffsregelung ist originärer Beitrag der Landschaftsplanung, deren qualifizierte Leistung es ist, eine umfangreiche Bestandser-

⁶ Einzelheiten regeln die Naturschutzgesetze der Länder, in Nordrhein-Westfalen das Landschaftsgesetz (§§ 4-6 LG NW).

hebung sowie die Zusammenstellung der Informationen zu den Schutzgütern, die zur Beurteilung vieler Eingriffsfolgen notwendig sind, sicherzustellen. Der Verursacher eines Eingriffs ist zum Ausgleich zu verpflichten (Ausgleichsmaßnahmen), der primär als Kompensation im geographischen und ökologisch-funktionalen Zusammenhang in Abhängigkeit von der Art und Bedeutung des betroffenen Schutzguts erfolgen sollte. Ist dies nicht möglich, so ist für einen Ersatz zu sorgen (Ersatzmaßnahmen); es wird ein räumlicher Zusammenhang angestrebt, der aber nicht zwingend erforderlich ist (vgl. BARSCH 2002, S. 394). Ist ein Eingriff weder ausgleich- noch ersetzbar (kompensierbar), dieser aber aus zwingenden Gründen des überwiegend öffentlichen Interesses gerechtfertigt (vgl. § 19 Abs. 3 BNatSchG), so ist vom Verursacher ein Ersatzgeld zu leisten, welches sich nach dem Gesamtaufwand der unterbliebenen Ersatzmaßnahme richtet und zweckgebunden für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu verwenden ist. Eingriffe in das Schutzgut Landschaftsbild (§ 4 Abs. 1; § 5 a Abs. 1 LG NW) werden in diesem Fall gesondert betrachtet, hier bemisst sich die Ersatzzahlung bei erheblichen Beeinträchtigungen nach deren Umfang und Schwere (vgl. § 5 LG NW).

Im Rahmen der praktischen Eingriffsregelung sind zunächst Art, Umfang und Intensität der Eingriffe durch das geplante Vorhaben zu bestimmen; seit der „kleinen Novelle“ zur Anpassung des BNatSchG an das europäische Recht, tritt der Artenschutz verstärkt in den Fokus, das Landschaftsbild ist von untergeordneter Bedeutung (vgl. LOUIS 2008, S. 65 ff.). Die Angaben zur Erheblichkeit und Nachhaltigkeit der Eingriffe erlauben, immer in Verbindung mit der Charakteristik der Landschaftsstruktur im Untersuchungsgebiet, die Bestimmung der funktionellen Bedeutung des Naturhaushaltes sowie des Landschaftsbildes (vgl. BARSCH 2003, S. 392). Als Folge dieser Betrachtung sind Aussagen zur Vermeidung, zum Ausgleich und zum Ersatz zu treffen.

2.2.2.2 Das Landschaftsbild in der Eingriffsregelung

Neben der Betrachtung der biotischen und abiotischen Aspekte gehört auf Grundlage des Bundesnaturschutzgesetzes (vgl. § 1 BNatSchG) auch die gleichrangige Berücksichtigung des ästhetischen Potenzials der Landschaft, das unter dem Terminus Landschaftsbild die Begriffe Vielfalt, Eigenart und Schönheit vereint (vgl. AUGENSTEIN 2002, S. 13). Trotz der Gleichstellung des Landschaftsbildes mit den übrigen Schutzgütern erfährt das Landschaftsbild oft nur eine nachrangige Berücksichtigung (PLANUNGSVERBAND BALLUNGSRAUM FRANKFURT/RHEIN-MAIN 2006). Die große Anzahl unterschiedlicher Ansätze zur Landschaftsbildbewertung ist ein Anzeichen für die Komplexität und Schwierigkeit, das Landschaftsbild zu erfassen, zu bewerten und Zielvorstellungen für dieses Schutzgut zu formulieren. Vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Nutzungsansprüche und der Endlichkeit der Ressource Landschaft, ist der Interessenskonflikt zwischen Fachbehörde, Planungsträger und Landschaftsplanung vorprogrammiert. Obwohl zweifelsfrei festgehalten werden kann, dass Eingriffe in das Landschaftsbild nach BNatSchG auszugleichen sind, und Mobilfunkmasten, Windenergieanlagen und Freileitungsmasten etc. Eingriffe in das Landschaftsbild darstellen,⁷ stellt der Kompensations- bzw. Ausgleichsbedarf und dessen Festsetzung (nachfolgend auf die Prinzipien Vermeidung und Minimierung) stets den Kern der Diskussion dar. Aufgrund fehlender eindeutiger gesetzlicher Regelungen wird vom Land Nordrhein-Westfalen der Verfahrensansatz von WERNER NOHL (1993) zur naturschutzfachlichen Bewertung und Kompensationsermittlung (vgl. Kap. 2.4.2) empfohlen, der im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW entwickelt worden ist (vgl. SEELIG 2007).

⁷ Mit der Errichtung mastenartiger Elemente geht zum einen eine Veränderung der Gestalt und Nutzung von Grundflächen und zum anderen eine erhebliche Beeinträchtigung des Landschaftsbildes einher (vgl. Kap. 2.2.2.1 sowie GERBAULET 1994, S. 32).

2.2.2.3 Landschaftspflegerische Begleitplanung

Der Ausgleichsbedarf, der stets mit Kosten für den Planungsträger verbunden ist, wird im Rahmen der Erstellung eines landschaftspflegerischen Begleitplans ermittelt, der bei Bauvorhaben im Außenbereich⁸ zu erstellen ist. In diesem Rahmen ist zu untersuchen, inwieweit die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, das Landschaftsbild oder der Erholungswert der Landschaft erheblich oder nachhaltig beeinträchtigt wird (vgl. BARSCH 2003, S. 391). Bei einem Eingriff in Natur und Landschaft, hat der Planungsträger (Verursacher) einen Fachplan oder landschaftspflegerischen Begleitplan, der Bestandteil des Fachplans ist, vorzulegen und darin alle Angaben aufzuführen, die zur Beurteilung des Eingriffs erforderlich sind. Dazu gehören die Darstellung und Bewertung der ökologischen und landschaftlichen Gegebenheiten (insbesondere der wertvollen Biotope und Waldflächen) sowie die Darstellung von Art, Umfang und zeitlichem Ablauf des Eingriffs und der Maßnahmen zur Verminderung, zum Ausgleich und zum Ersatz der Eingriffsfolgen (vgl. § 6 Abs. 2 LG NW). Die Zuständigkeit für die landschaftsrechtliche Genehmigung liegt bei den unteren Landschafts-/Naturschutzbehörden, die auch den erforderlichen Ausgleichsbedarf festsetzen. Zur Prüfung der Belange von Natur und Landschaft werden diese von der zuständigen Baubehörde am Baugenehmigungsverfahren beteiligt (vgl. SCHLUSEMANN 1997, S. 21). Liegt der Standort eines Vorhabens innerhalb eines gemäß Landschaftsgesetz festgesetzten Schutzgebietes⁹, so kann die entsprechende Behörde unter Beteiligung des Beirates der unteren Landschaftsbehörde im Einzelfall eine Befreiung von den Schutzzieleen erteilen (vgl. § 69 Abs. 1 LG NW).

⁸ Der Außenbereich ist der Teil eines Gemeindegebietes, der nicht zusammenhängend bebaut oder planerisch für eine Bebauung vorgesehen ist und starken Beschränkungen unterliegt (vgl. LESER 1997, S. 57).

⁹ Besonders geschützte Teile von Natur und Landschaft, deren Festsetzung durch den Landschaftsplan nach §§ 20 bis 23 erfolgt und die den Schutzgegenstand, den Schutzzweck und die zur Erreichung des Zwecks notwendigen Gebote und Verbote bestimmt (vgl. § 19 LG NW).

2.3 Landschaft

Landschaft wird von der wissenschaftlichen Literatur unter zwei verschiedenen wissenschaftstheoretischen Ansätzen diskutiert, nämlich unter dem der natur- sowie der geisteswissenschaftlichen Landschaftsbetrachtung (vgl. GRÖNING 1996, S. 11). Während innerhalb der Naturwissenschaften primär die naturräumlichen und ökologischen Fragen im Vordergrund stehen, werden von den Geisteswissenschaften die Wahrnehmungs- und Bewertungsmodalitäten (Landschaftsästhetik) erforscht (vgl. FINKE 1986, S. 286 f). NOHL empfiehlt ebenfalls die Landschaftsästhetik und die Landschaftsökologie als zwei systematische Ansätze zu sehen, deren Gegensätze nicht verwischt werden sollten (vgl. NOHL 1996, S. 215). Während ALEXANDER VON HUMBOLDT Landschaft als Totalcharakter einer Erdgegend definiert haben soll, weiß allein LESER 13 Definitionsvarianten von Landschaft zu nennen (vgl. WÖBSE 2002, S. 13; LESER 1997, S. 439-440). In der Literatur scheint es keine anerkannte einheitliche Definition von Landschaft zu geben und so soll sich der Landschaftsbegriff im Rahmen dieser Arbeit auf folgende Aspekte in Anlehnung an AUGENSTEIN 2002, WÖBSE 2002 und MERZ 1999 stützen.

Landschaft bezeichnet einen Teil der Erdoberfläche mit geographisch-ökologisch-funktional eigenem Charakter, welcher die ganzheitlichen (Erkennungs-) Merkmale und Eigenarten des Raumes sowie die Gesamtheit der sinnlichen, individuellen, subjektiven und emotionalen Wahrnehmungen von Natur und anthropogener Gestaltung in sich vereint. Diese Aspekte verwandeln die Landschaft in Verbindung mit dem Gegebenen, Erinnerung und Erwarteten in ein werthaltiges Landschaftsbild (vgl. NOHL 1993, S. 4; WÖBSE 2002, S. 14).

2.3.1 Landschaftsbild

Nach KÖHLER & PREIB umfasst der Begriff Landschaftsbild die Gesamtwirkung der für den Menschen wahrnehmbaren Merkmale und Eigenschaften von Natur und Landschaft (vgl. KÖHLER 2000, S. 18). Es überrascht nicht, dass viele der bereits in Kapitel 2.3 genannten Aspekte erneut auftauchen, umstritten ist in der Literatur jedoch die Bedeutung des Wortteils „-bild“ innerhalb des Fachbegriffes, und so wird diskutiert, ob dieser lediglich den visuell wahrnehmbaren Teil der Landschaft umfasst oder ob dieser alle Sinne über die Synthese von Vielfalt, Eigenart und Schönheit anspricht. Das Oberverwaltungsgericht Nordrhein-Westfalen stellt in seinem Urteil vom 16.01.1997 klar, dass das

Landschaftsbild als Schutzgut anerkannt ist (vgl. Kap. 2.2.2.1) und dieses zwar maßgeblich durch die optischen Eindrücke, d. h. die wahrnehmbaren Zusammenhänge von einzelnen Landschaftselementen bestimmt wird, aber dass alle tatsächlich vorhandenen Elemente des Landschaftsbildes unter den maßgeblichen Aspekten Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Bedeutung sind und dieses mitprägen.

2.3.2 Landschaftsästhetik - Schönheit der Landschaft

Die Landschaftsästhetik setzt sich mit dem Landschaftsbild auseinander, d. h. mit den erfahrungsbedingten Erscheinungsformen der Landschaft, mit den dazugehörigen emotional-ästhetischen Wirkungen auf den Betrachter, sowie mit den Bedeutungen, welche die Erscheinungsbilder für den Betrachter haben (vgl. NOHL 1996, S. 215; Abb. 2–6). Demnach ist Landschaftsästhetik ein umfassender Begriff, in dem sowohl die Landschaft als auch der Mensch im Fokus der Betrachtung stehen (vgl. HAAREN 2004, S. 248). Die Landschaftsästhetik kann als ein Teilgebiet der Ästhetik definiert werden, das sich mit der Landschaft als dem ästhetischen Objekt befasst, also mit dem Wirkungszusammenhang von Landschaft und ästhetischem Erleben des Menschen (vgl. SCHAFRANSKI 1996, S. 14). WÖBSE vertritt ebenfalls die These, dass sich Landschaftsästhetik auf die direkte Wahrnehmung, die komplexe sinnliche Erfassung von Landschaft bezieht, aber nicht mit Naturästhetik gleichzusetzen ist (vgl. WÖBSE 2002, S. 18–19). Der Begriff wird nicht nur häufig im Zusammenhang mit dem Landschaftsbild und landschaftlicher Schönheit genannt (vgl. KÖHLER 2000, S. 17), sondern in der Planung über das „Landschaftsbild“ berücksichtigt (vgl. BOCKEMÜHL 2002, S. 31). Im Bundesnaturschutzgesetz wird die Landschaftsästhetik nicht aufgegriffen, hier wird die Schönheit von Natur und Landschaft genannt (vgl. § 1 BNatSchG). Schönheit kann als situationsgebundene subjektive Empfindung angesehen werden, d. h. wie der Mensch Objekte – im vorliegenden Fall die Landschaft – wahrnimmt (Ästhetik, griech. aísthesis ~ Wahrnehmung).

2.3.3 Wahrnehmung

Die Wahrnehmung erfolgt über die Sinnesorgane, die Rezeptoren, welche die adäquaten Reize der Umwelt empfangen, in Nervenimpulse umwandeln und entsprechend ihrer Intensität an das Gehirn weiterleiten oder eben nicht. Doch Wahrnehmung ist mehr als die Umwandlung physikalischer Energie; das Gehirn ordnet die eingehenden Reize ein und filtert und entschlüsselt deren Information. Die menschliche Wahrnehmung ist folglich selektiv, nur so ist es dem Organismus möglich, die eintreffenden Informationen zu verarbeiten (vgl. MAYER 2005, S. 34). Was als Sinneseindruck beginnt, beeinflusst ab dem Zeitpunkt der Wahrnehmung die Gefühle, Verhaltensweisen und Reaktionen. Allgemein wird (in Bezug auf von außen auf einen Organismus einwirkende Reize) zwischen den Wahrnehmungssystemen „Visuelles System“ und „Auditives System“, dem Geruchs- und Geschmackssinn sowie der haptisch-taktilen Wahrnehmung (Hautsinne) unterschieden (vgl. KEBECK 1997, S. 17, 113).

Die landschaftsästhetische Erfahrung beginnt mit der sinnlichen Wahrnehmung, die nicht auf das Sehen beschränkt ist (vgl. NOHL 1993, S. 6). Natur und Landschaft wird ganzheitlich wahrgenommen und oft wird eine Landschaft erst durch die Kombination aus akustischer, visueller und olfaktorischer (den Geruchssinn betreffend) sowie seltener durch gustatorische (den Geschmackssinn betreffend) Wahrnehmung in Erinnerung behalten. Durch den Gesamteindruck der Sinneswahrnehmungen entsteht entweder ein Gefühl von Behaglichkeit, Heimat und Genuss oder es bleibt ein Eindruck zurück, der mit negativen Gefühlen belegt ist. Der Rahmen dieser Masterarbeit soll sich jedoch auf die visuelle Wahrnehmung, insbesondere auf die visuelle Wahrnehmung von Eingriffen in Natur und Landschaft beschränken.

2.3.3.1 Visuelle Wahrnehmungsebenen

Je nach Abstand des Betrachters zum Objekt lassen sich in Anlehnung an die topischen Einheiten bzw. Dimensionen der Landschaftsökologie (vgl. LESER 1998, S. 893-894) die Wahrnehmungsebenen Mikrotop, Mesotop und Makrotop unterscheiden. Die Töpfe stellen die räumlichen Basiseinheiten dar, deren Ausdehnung nicht mit einer konkreten Größenangabe beschrieben wird, sondern deren Abgrenzung durch die Reichweiten von Prozessen, das Kriterium der Ähnlichkeit oder das Prinzip der Gegensatzpaare erfolgt (vgl. STEINHARDT 2005, S. 34-36).

Während das Mikrotop von den mit bloßen Augen erkennbaren Details bis zum Vordergrund¹⁰ reicht (z. B. Einzelpflanzen mit deren Blättern und Blüten), beschreibt das Mesotop eine Landschaftseinheit, in der einzelne Strukturelemente klar erkennbar sind (z. B. Landschaftsbild, das in kurzer Zeit zu Fuß erkundet werden kann). Das Makrotop beschreibt eine bis zum Horizont reichende Landschaft, bei deren Betrachtung der Himmel einen großen Anteil der Fläche einnimmt (vgl. WÖBSE 2002, S. 66-67). Die Übergänge zwischen den einzelnen Wahrnehmungsebenen sind allerdings fließend und nicht selten (vgl. Abb. 2–3).



Abb. 2–3: Wahrnehmungsebenen: Mikrotop, Mesotop, Makrotop

Mikrotop: Betrachtung von Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*);

Übergang vom Mesotop zum Makrotop: Wiese, Acker und Mühle mit Hügelkette;

Makrotop: Hügel des Hochsauerlandes

2.3.3.2 Wahrnehmung räumlicher Tiefe und Größe

Aufgrund der Anordnung der menschlichen Augen und der daraus resultierenden Überlappung der Sichtfelder ist der Mensch insbesondere im Nahbereich zu dreidimensionalem Sehen fähig (vgl. AUGENSTEIN 2002, S. 67). Die Tatsache, dass sich die Abbildungen von Objekten auf der rechten und der linken Netzhaut unterscheiden, wird binokulare Disparität genannt, die das Gehirn zu einer Einschätzung von Entfernungen (Tiefen) und Objektmaßen befähigt (vgl. GEGENFURTNER 2008). Die Wahrnehmung von räumlicher Tiefe und Größe in der Umwelt erfolgt anhand diverser Kriterien, von denen eine Auswahl in nachstehender Tabelle aufgeführt wird:

¹⁰ Vordergrund entspricht in diesem Zusammenhang einer Motivebene für bildwichtige Elemente in der Fotografie als ein Mittel der Bildgestaltung (vgl. HEDGECOE 1997, S. 60; WÖBSE 2002, S. 66).

Tab. 2-1: Ausgewählte Kriterien zur Wahrnehmung räumlicher Tiefe und Größe
(vgl. AUGENSTEIN 2002, S. 65-69; GEGENFURTNER 2008; GOLDSTEIN 2001,
S. 215-222, 248 ff.; MAYER 2005, S. 44-48)

Tiefen-/Größenhinweis	Beschreibung
Anordnung von Objekten im Raum	Objekte im Vordergrund überlagern jene im Hintergrund, verdeckte Objekte werden als weiter hinten wahrgenommen. Grundvoraussetzung für die dreidimensionale Wahrnehmung.
Konvergenz(-winkel) und Akkommodation	Augenstellung und Linsenform stehen in Zusammenhang mit der Entfernung eines Objektes und werden als Tiefeninformation wahrgenommen.
Lichtreflexion und Schatten (dreidimensionaler Körper)	Die Distanz zwischen Schatten und Objekt gibt einen Hinweis auf die Entfernung.
Kovarianz von Nähe und Leuchtkraft	Eine stärkere Leuchtkraft eines Objektes erweckt den Eindruck, näher zu sein.
Relative Größe im Blickfeld	Objekte nehmen im Hintergrund einen geringeren Anteil des Blickfeldes ein als im Vordergrund und werden dadurch als unterschiedlich weit entfernt wahrgenommen.
Relative Höhe im Blickfeld	Objekte erscheinen entfernter, wenn sie im Blickfeld näher an der Horizontlinie liegen; diese Wahrnehmung gilt für Objekte oberhalb und unterhalb der Horizontlinie. Bei gleicher Netzhautgröße werden die Objekte über die Distanzskalierung als größer wahrgenommen.
Lineare Perspektive	Parallele Linien (z. B. Eisenbahnschienen) scheinen sich mit wachsender Entfernung anzunähern; diese Konvergenz enthält Tiefeninformation.
Texturgradient	Die Elemente eines Gradienten rücken mit zunehmender Entfernung immer dichter aneinander; die Texturgenauigkeit nimmt mit zunehmender Entfernung ab.
Atmosphärische Perspektive	Entfernte Objekte werden durch Partikel in der Luft weniger scharf gesehen; je weiter ein Objekt entfernt ist, desto mehr Luft und damit Partikel befinden sich in der Sichtlinie.
Größenkonstanz	Objekte werden nicht mit größerer Entfernung kleiner, auch wenn sich das Netzhautbild verkleinert, sondern die gewohnte Größe von Objekten wird unabhängig von der Entfernung wahrgenommen. Die unterschiedlichen Größen gleichartiger Objekte auf der Netzhaut müssen von unterschiedlichen Entfernungen stammen.
Horizontverhältnis	Der Horizont durchschneidet die Beobachtungsobjekte in der Höhe, die gleich der Augenhöhe des Betrachters ist. Liegt im Vergleich ein größerer Anteil eines Objektes über dem Horizont, wird dieses als größer wahrgenommen.
Erfahrung	Das Wissen um die wahre Größe eines Objektes beeinflusst dessen Wahrnehmung; ist die Größe bekannt, lässt sich leichter die Entfernung schätzen.

Als besondere Kriterien für die Wahrnehmung der Objektgröße sollen das Horizontverhältnis sowie die relative Höhe im Blickfeld (vgl. Tab. 2-1) näher beschrieben werden, da diese eine besondere Bedeutung für die Wahrnehmung von Landschaftselementen, insbesondere von mastenartigen Elementen haben.

Das Horizontverhältnis bezieht sich auf den Anteil eines Objektes, der über den Horizont hinausragt, dividiert durch den Anteil, der sich unterhalb des Horizonts befindet (vgl. GOLDSTEIN 2001, S. 250). Dem Prinzip des Horizontverhältnisses folgend durchschneidet der Horizont die Objekte in der Höhe, die gleich der Augenhöhe des Betrachters ist (vgl. GIBSON 1982, S. 179). Objekte, die zum einen Bodenkontakt und zum anderen das gleiche Horizontverhältnis haben, sind gleich groß. Verglichen mit Abb. 2–4 bedeutet dies, dass die drei Telegrafmasten aufgrund des gleichen Horizontverhältnisses die gleiche Größe haben. Nähert sich der Betrachter einem der Masten, so wird zwar der Mast im Gesichtsfeld größer, doch die Anteile unterhalb und oberhalb des Horizonts bleiben gleich. In der Abbildung ist weiter zu erkennen, dass der Baum ein größeres Horizontverhältnis aufweist, was bedeutet, dass der Baum größer ist als die Masten.

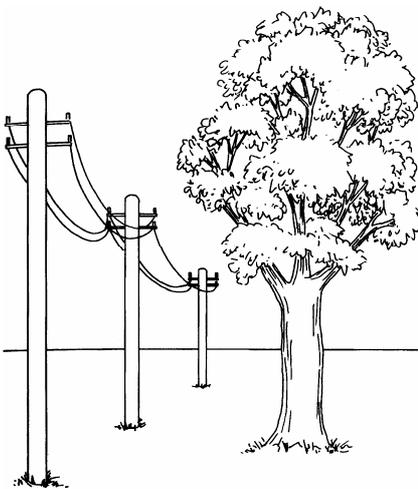


Abb. 2–4: Horizontalverhältnis
(GOLDSTEIN 2001, S. 251)

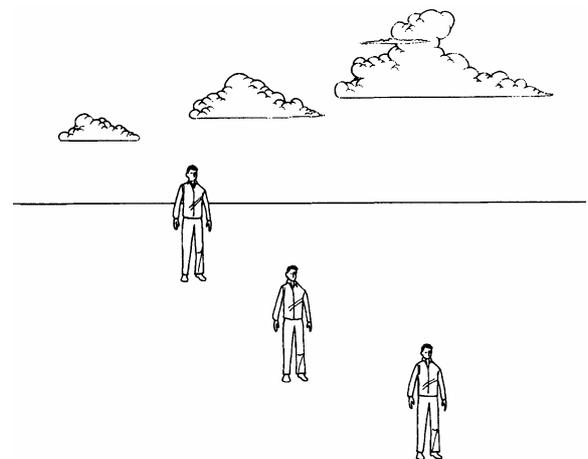


Abb. 2–5: Relative Höhe im Blickfeld
(GOLDSTEIN 2001, S. 219)

Die relative Höhe im Blickfeld ist entscheidend für die Tiefen- und Größenabschätzung. Objekte, die sich im Blickfeld weiter oben, also höher bzw. näher am Horizont, aber unterhalb der Horizontlinie befinden, werden in der Regel bei gleicher Netzhautgröße als weiter entfernt gesehen (vgl. Abb. 2–5). Objekte, wie z. B. Wolken, die über der Horizontlinie liegen, erscheinen entfernter, wenn sie im Blickfeld niedriger (weiter un-

ten) zu sehen sind (vgl. GOLDSTEIN 2001, S. 219). Gleichzeitig werden aber Objekte unterhalb der Horizontlinie oder mit partieller Überschneidung als größer wahrgenommen (vgl. GEGENFURTNER 2008).

Im Rahmen der visuellen Wahrnehmung soll hier ferner auf eine, auch für das Kapitel 3.2.3 bedeutsame, geometrisch-optische Sinnestäuschung¹¹ eingegangen werden, die „Vertikalen-Überschätzung“ oder auch „Vertikalen-Täuschung“. In der Literatur gibt es mehrere erklärungs-theoretische Ansätze, die alle vorwiegend auf physiologische Besonderheiten des Gesichtsfeldes, funktionale Bedingungen (z. B. Handlungszusammenhänge) oder evolutions-biologische Entwicklungen zurückgehen (vgl. GUSKI 2006, Kap. 6.5; DITZINGER 2006, S. 35 ff.). Das Ergebnis dieser Sinnestäuschung ist, dass der Mensch in der Regel zur Überschätzung vertikaler Strecken neigt. Auf der anderen Seite ist es eine große Leistung unseres Wahrnehmungssystems, überhaupt Größenabschätzungen durchführen und sich in der dreidimensionalen Welt zurechtfinden zu können; verantwortlich dafür ist u. a. die Größenkonstanz (vgl. DITZINGER 2006, S. 25). Betrachtet man ein Objekt, so wird dieses auf der Netzhaut¹² des Auges abgebildet (Netzhautbild), welches mit zunehmender Entfernung immer kleiner wird; es ändert sich der Sehwinkel¹³ des Objektes. Größenkonstanz bezeichnet die Fähigkeit, das Abbild eines Objektes trotz unterschiedlicher Blickwinkel, Entfernung, Ausrichtung und Eigenbewegung als stabil wahrzunehmen, was die Interpretation der Umwelt erleichtert (vgl. AUGENSTEIN 2002, S. 67). Es werden nicht die unterschiedlichen Größen gleichartiger Objekte auf der Netzhaut, sondern die unterschiedlichen Entfernungen dieser Objekte wahrgenommen (vgl. Tab. 2-1).

¹¹ Als Sinnestäuschungen gelten Situationen, in denen das Wahrnehmungsergebnis nicht mit den messbaren Eigenschaften des Wahrgenommenen übereinstimmt. Ursache für dieses unrealistische Wahrnehmungsergebnis könnte z. B. fehlende perzeptive Information sein. (vgl. GUSKI 2006, Kap. 6.5)

¹² Die Netzhaut (Retina) ist eine Schicht aus Neuronen, die den hinteren Teil des Augapfels auskleidet. Sie besteht aus einem komplexen Netzwerk aus Fotorezeptoren, die auf Licht mit elektrischen Signalen reagieren, welche an das Gehirn weitergeleitet werden. (vgl. GOLDSTEIN 2001, S. 41-42)

¹³ Als Sehwinkel eines Objektes wird der Winkel zwischen zwei Linien bezeichnet, die vom Auge des Betrachters ausgehen und von denen die eine zum unteren, die andere zum oberen Rand des Objektes führt (vgl. GOLDSTEIN 2001, S. 196-197).

2.3.3.3 Visuelle Wahrnehmung des Landschaftsbildes

Wir leben in einer räumlichen Welt; aus dem flächigen Bild, das auf unsere Augennetzhaut projiziert wird,¹⁴ entsteht im Wahrnehmungsprozess eine räumliche Außenwelt. Sehen und Wahrnehmen ist eine aktive Leistung des menschlichen Gehirns, auf die sich unsere Erfahrungen und Erwartungen in komplexer Weise auswirken, die man aber nicht als statisch ansehen darf, da sich diese laufend weiterentwickeln (vgl. ALBERTZ 1997, S. 37). Entspricht eine Landschaftswahrnehmung nicht der erwarteten, entsteht zunächst ein wertfreies Interesse, sie wird für den Betrachter „beobachtungswürdig“. Die Wahrnehmung trifft auf eine Wahrnehmungserwartung, mit der sie verglichen und mit Erlerntem oder Erinnerungtem in Zusammenhang gebracht wird; es entsteht positives Interesse oder Widerstand, bei häufigem Auftreten ggf. Gewöhnung (vgl. KÖHLER 2000, S. 20).

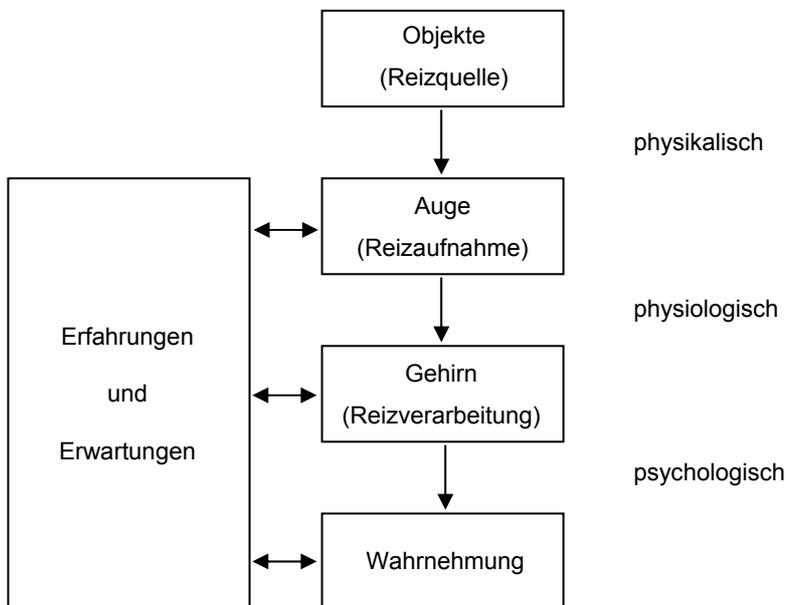


Abb. 2–6: Erweiterte schematische Darstellung des Wahrnehmungsprozesses
(ALBERTZ 1997, S. 37)

¹⁴ Der Aufbau des menschlichen Auges und der Prozess des Sehens werden als bekannt vorausgesetzt. Eine prägnante Einführung bietet ALBERTZ 1997, S. 13-15, eine ausführliche Abhandlung GOLDSTEIN 2001, S. 87 ff.

Aus den Ausführungen wird ersichtlich, dass die Wahrnehmung allgemein in hohem Maße selektiv und subjektiv ist und vom Einzelfall, den Umgebungsvariablen und der Persönlichkeit (Betrachter) abhängt. Im Vergleich zu den in Kapitel 2.3.3 genannten Wahrnehmungssystemen ist die visuelle Wahrnehmung ein gerichteter, bewusst steuerbarer Sinn. Der Mensch kann angenehmen Ansichten folgen und unangenehmen ausweichen, was allerdings in einer immer knapper werdenden Landschaft stets schwieriger wird; „der Wandel des Landschaftsbildes und die Verringerung der landschaftlichen Schönheit vollziehen sich immer rascher“ (WÖBSE 2002, S. 286).

Die Wahrnehmung einer Landschaft stellt das Resultat einer Objekt-Subjekt-Beziehung dar, die aus der sinnlich wahrnehmbaren, äußeren Welt (reale Landschaft) und der subjektiven inneren Welt des Betrachters entsteht (vgl. NOHL 1993, S. 5; WEIDENBACH 1998, S. 44). Die subjektive Befindlichkeit des Betrachters bewirkt auf Grundlage von Erwartungen, Erfahrungen, Vorlieben, Vorstellungen etc., dass ein Landschaftsbild nur selektiv gesehen wird, dafür aber mehr hineingedeutet wird, als tatsächlich sichtbar ist. Dieser Zusammenhang von Landschaft, Betrachter und Landschaftsbild soll anhand folgender Abbildung verdeutlicht werden:

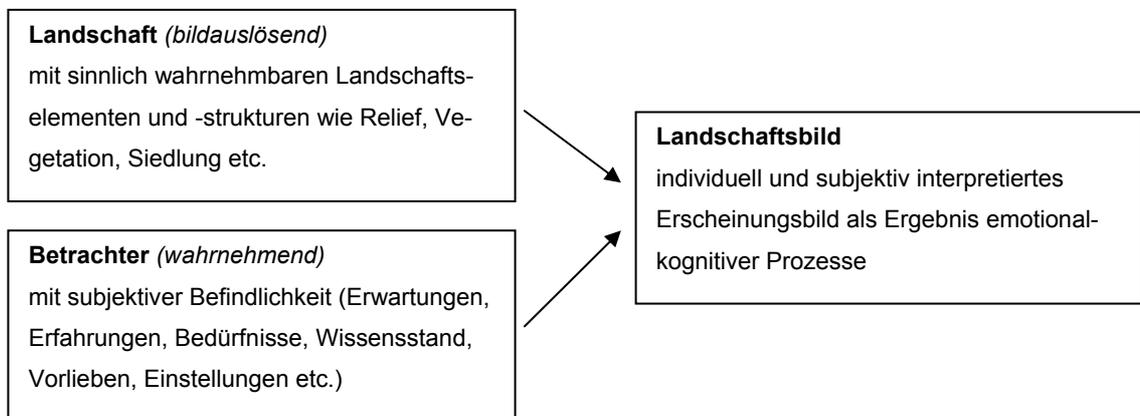


Abb. 2–7: Zusammenhang von Landschaft, Betrachter und Landschaftsbild

(vgl. NOHL 1993, S. 5; WEIDENBACH 1998, S. 40)

2.3.3.4 Visuelle Wahrnehmung von Landschaftselementen

Die grundlegenden Teile einer Landschaft sind die Landschaftselemente, welche zum einen in die natürlichen Elemente, die durch anthropogene Einflüsse mehr oder weniger überformt sein können, und zum anderen in die anthropogenen Elemente einer Landschaft unterteilt werden können. Deren Gesamtheit ist in unterschiedlichem Maße in der Lage, das charakteristische Erscheinungsbild einer Landschaft zu prägen¹⁵ (vgl. SCHAFRANSKI 1996, S. 109). Zu den natürlichen Elementen gehören u. a. Oberflächenformen, Gewässer sowie die Tier- und Pflanzenwelt; zu den anthropogenen Elementen sollen in diesem Zusammenhang die in einer Landschaft vorkommenden Raumnutzungen und die damit verbundenen Einzelelemente gezählt werden (z. B. Forstwirtschaft/Baum, Landwirtschaft/Ackerschlag, Siedlung/Haus, Verkehr/Straße, Versorgung/Freileitung). Während die natürlichen Elemente in enger Wechselbeziehung zueinander stehen und die individuelle Ausprägung landschaftlicher Strukturen und damit die Gestalt einer Landschaft prägen, haben die anthropogenen Elemente heute, aufgrund ihrer Unabhängigkeit von den natürlichen Voraussetzungen, keine Gestalt bildende Bedeutung mehr (vgl. SCHAFRANSKI 1996, S. 110 ff.). Ihre Bedeutung hat sich ins gegensätzliche gekehrt und sie wirken in vielen Fällen Gestalt auflösend, u. a. durch nicht landschafts- und ortskerngerechte Einfügung neuer Elemente, durch Überbauung prägender landschaftlicher Strukturen oder Landschaftsteile mit hoher Freiraumqualität, durch Ausräumung der Flur und Vergrößerung der Schläge ohne Bezug zu landschaftlichen Gegebenheiten oder durch die Technisierung der Landschaft durch Freileitungen, Sendemasten und Windenergieanlagen.

Welche gestalterische Bedeutung die einzelnen natürlichen oder anthropogenen Elemente in den unterschiedlichen Landschaftsräumen haben, hängt sowohl von der Größe des Landschaftsraumes, des flächenmäßigen Anteils der Elemente als auch von deren Anzahl im Landschaftsraum ab. Zu den weiteren wirkungsverändernden Faktoren der in nahezu unbegrenzten Variationsmöglichkeiten vorkommenden Landschaftselemente gehören zudem deren Größe, Form und Farbe, das Licht, Bewegung und Zeit (vgl. WEIDENBACH 1998, S. 48), auf die nicht im Einzelnen eingegangen werden soll. Ver-

¹⁵ Wetterabhängige, klimatische oder jahreszeitliche Erscheinungen (Aspektwechsel) werden im Rahmen dieser Masterarbeit außer Acht gelassen.

einzel vorkommende Landschaftselemente bewirken ein anderes Landschaftsbild als deren wiederholtes Vorkommen, doch in beiden Fällen können sie dem Landschaftsbild ein auf ihre Art charakteristisches Erscheinungsbild verleihen, gleichzeitig bilden sie die Grundlage für die eigenen Interpretationen des Betrachters. Von besonderer Bedeutung ist die Größe, sie ist verantwortlich dafür, ob das Element einen bestimmten Landschaftsausschnitt optisch beherrscht und damit ggf. bestimmend für einen Landstyp ist oder ob es von untergeordneter Bedeutung für das Landschaftsbild ist (vgl. WEIDENBACH 1998, S. 49).

Die Wahrnehmung von Landschaftselementen erfolgt zu 80-90 % über die Augen (vgl. AUGENSTEIN 2002, S. 66; WEIDENBACH 1998, S. 42), mit denen sowohl auf den Nahbereich (z. B. Insekten, Blüten) als auch auf entfernte Objekte (z. B. Wolken, Gebirge) fokussiert werden kann. Das visuelle System, der Gesichts- oder Sehsinn, wird weniger durch Entfernungen als durch das Vorhandensein von Sichtbarrieren wie Relief, Vegetation oder Bebauung eingeschränkt, die wie ein Filter der visuellen Wahrnehmung wirken. Das Ausmaß der Filterfunktion (Sichtverschattung) ist abhängig von dem Standort und der Augenhöhe des Betrachters (z. B. stehend oder sitzend) sowie von der Höhe der Landschaftselemente und deren Entfernung zum Betrachter. Diesen Zusammenhang verdeutlichen die folgenden Abbildungen 2–8 bis 2–11.

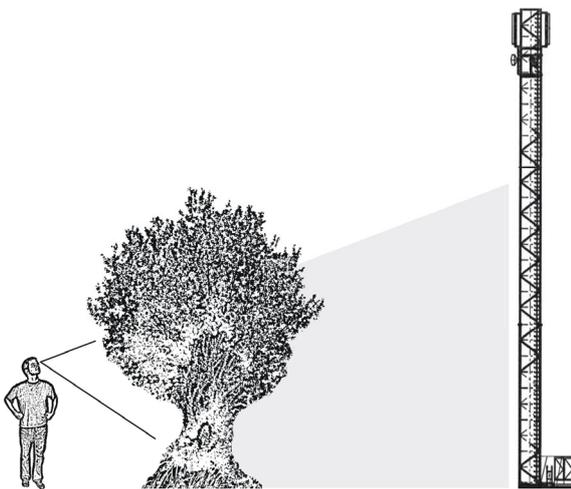


Abb. 2–8: Sichtverschattung durch die nah gelegene Sichtbarriere zum nahen Objekt

Der nah gelegene Baum (Sichtbarriere) lässt keine Sichtbeziehung zu dem nah gelegenen Mobilfunkmast zu.



Abb. 2–9: Sichtverschattung durch die nah gelegene Sichtbarriere zum fernen Objekt

Der nah gelegene Baum lässt keine Sichtbeziehung zu dem Mobilfunkmast zu, auch wenn dieser in größerer Entfernung zur Sichtbarriere steht.

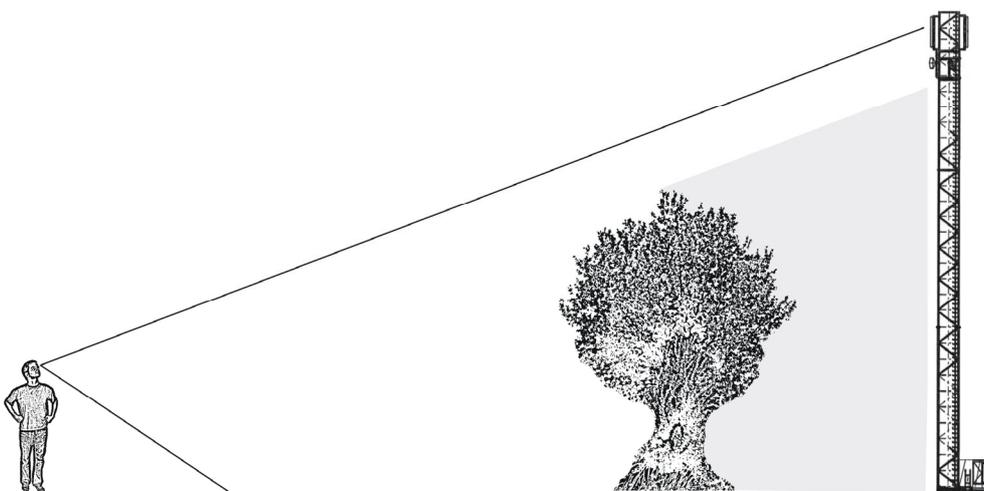


Abb. 2–10: Eingeschränkte Sichtverschattung durch die entfernte Sichtbarriere

Es besteht eine partielle Sichtbeziehung zwischen dem weiter entfernt gelegenen Baum (Sichtbarriere) und dem Mobilfunkmast.

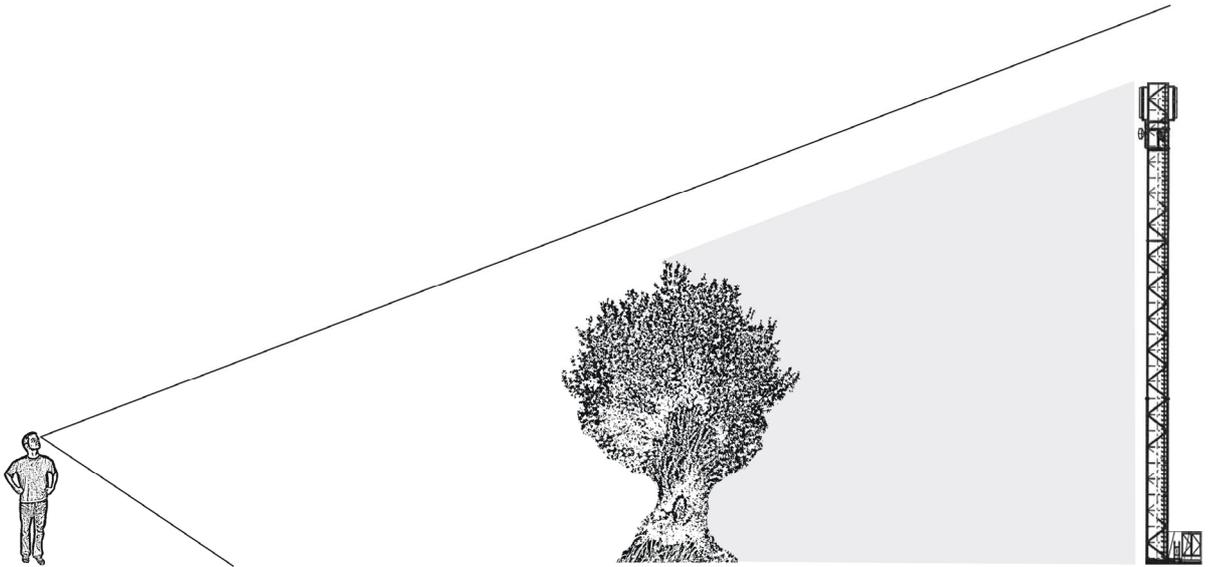


Abb. 2–11: Sichtverschlattung durch die Entfernung von Sichtbarriere und Mobilfunkmast

Aufgrund der Entfernungen zwischen Beobachter und Sichtbarriere sowie Sichtbarriere und Mobilfunkmast besteht keine Sichtbeziehung zwischen Beobachter und Mobilfunkmast.

Ein Betrachter steht vor einer Sichtbarriere (Baum), welche die Sichtbeziehung auf ein Objekt (Mobilfunkmast) unmöglich macht oder reduziert. In der ersten und zweiten Abbildung steht der Betrachter so nah vor dem Sichthindernis, dass er lediglich den Baum sehen kann. Der Mobilfunkmast ist von diesem Standort nicht einsehbar, auch wenn die Entfernung des Mastes zur Sichtbarriere vergrößert wird (vgl. Abb. 2–9). Entscheidend ist zum einen das Verhältnis der Entfernung vom Betrachter zur Sichtbarriere sowie von der Sichtbarriere zum Objekt, und zum anderen die Größe der Sichtbarriere und des Eingriffsobjekts. Sind, wie in der Abbildung 2–10, die oberen Meter des Mastes einsehbar, kann in diesem Zusammenhang von partieller Sichtbarkeit gesprochen werden (vgl. Kap. 3.1.2).

In den Gestaltgesetzen¹⁶ sind die Prinzipien der Gestaltwahrnehmung zusammengefasst. Eines, das Gesetz von Figur und Grund, beschreibt die Fähigkeit der Trennung eines Gegenstandes von seinem Hintergrund als einen entscheidenden Faktor der Objektwahrnehmung, der auch als Prozess der Aufteilung des Wahrnehmungsfeldes bekannt ist (vgl. GOLDSTEIN 2001, S. 174 ff.; GUSKI 2006, Kap. 6.1). Bei fehlender Gliede-

¹⁶ Die Gestaltgesetze sind ein Satz von Regeln, die beschreiben, welche Wahrnehmungen entstehen, wenn bestimmte Reizbedingungen gegeben sind (vgl. GOLDSTEIN 2001, S. 170 ff.).

rungsmöglichkeit des Wahrnehmungsfeldes werden Objekte vielfach nicht wahrgenommen, eine Eigenschaft, die sich z. B. manche Tierarten zu Tarnzwecken zu Nutze machen und als zum Hintergrund zugehörig betrachtet werden. Die fehlende Aufteilungsmöglichkeit zwischen Figur und Grund kann auch bei anthropogenen Elementen beobachtet werden. Als Beispiel sei hier ein in der Mülheimer Innenstadt fotografiertes Turmdrehkran angeführt (vgl. Abb. 2–12), dessen vertikaler Turm sich recht deutlich vom Hintergrund absetzt, sein horizontaler Ausleger ist aufgrund seiner Stahlgitterkonstruktion nahezu transparent, so dass es bereits zu Auflösungserscheinungen vor dem bewegten Hintergrund kommt; hier fällt es schwer, Figur und Grund zu trennen.



Abb. 2–12: Turmdrehkran in Mülheim an der Ruhr

Im Gegensatz zum vergleichsweise massiven Turm kommt es bei dem transparenteren Ausleger zu Auflösungserscheinungen.

Ein besonderes Augenmerk muss auch auf die visuelle Fernwirkung von Landschaftsobjekten gelegt werden. Deren visueller Einfluss wirkt nicht nur an deren Standort (Vordergrund), sondern auch über den Mittelgrund bis in die Ferne (Hintergrund). Allerdings nimmt dieser mit zunehmender Entfernung ab, um sich schließlich ganz aufzulösen oder an einem Hindernis zu enden (vgl. NOHL 1993, S. 11, vgl. Kap. 2.3.4.1.2).

2.3.4 Eingriffe in das Landschaftsbild - Visual impact

Wie bereits im Kapitel 2.2.2.1 *Eingriffe in Natur und Landschaft* gezeigt wurde, sind Eingriffe u. a. durch eine Gestaltveränderung, eine Nutzung von Grundfläche oder eine Beeinträchtigung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes oder des Landschaftsbildes gekennzeichnet. Unter den für diese Arbeit bedeutenden Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes werden erkenn- und feststellbare negative Wirkungen und Nutzungen auf das Landschaftsbild verstanden (vgl. KÖHLER 2000, S. 10), von denen lediglich mastenartige Eingriffe Berücksichtigung finden sollen. Zu den in der englischsprachigen Literatur unter *Visual Impact* geführten (hier mastenartigen) Eingriffen in das Landschaftsbild zählen u. a. Mobilfunkbasisstationen, Antennenträger, Fernsehtürme u. Ä., Freileitungen und Windenergieanlagen (vgl. Abb. 2–13). Nach NOHL sind es allgemein technische Elemente beträchtlicher Höhe, die weithin in die Landschaft hinein wirken und damit oftmals ganz erheblich und wegen ihrer Langlebigkeit zugleich nachhaltig den landschaftsästhetischen Wert ihrer Umgebung mindern (vgl. NOHL 1993, S. 3).



Abb. 2–13: Ausgewählte Eingriffe in das Landschaftsbild

Stahlgittermast einer 220 kV-Freileitung, Bottrop-Vonderort;

Stahlgittermast einer Mobilfunkstation, Kürten-Biesfeld;

Windenergieanlagen (WEA), Erwitte-Schallern

2.3.4.1 Ästhetische Erheblichkeit eines Eingriffs

Die ästhetische Erheblichkeit eines Eingriffs, die aus landschaftsästhetischer Sicht als Summe der ästhetischen Verluste einer Landschaft bezeichnet werden kann, ergibt sich aus dem Empfindlichkeitsgrad einer Landschaft sowie aus dem Intensitätsgrad der Eingriffsmaßnahme (vgl. Abb. 2–14). Die ästhetische Empfindlichkeit einer Landschaft gegenüber störenden Eingriffen ist umso ausgeprägter, je größer die visuelle Transparenz und Verletzlichkeit, je größer die Schutzwürdigkeit und je höher der ästhetische Eigenwert (vgl. 2.3.4.1.1) einer Landschaft ist. Die Eingriffsintensität ergibt sich aus der ästhetisch wirksamen Intensität des Eingriffs, also der Gestalt, der Lage und der Funktion des Eingriffsobjektes. (vgl. NOHL 1993, S. 16) Zwar kann die Wahrnehmung einer Landschaft und deren ästhetisches Empfinden bereits durch das Wissen um eine Schutzgebietsausweisung subjektiv beeinflusst werden, dennoch sei die Schutzwürdigkeit hier aus Gründen der Vollständigkeit erwähnt; sie ist für die weitere Bearbeitung der Masterarbeit jedoch nicht von Bedeutung.

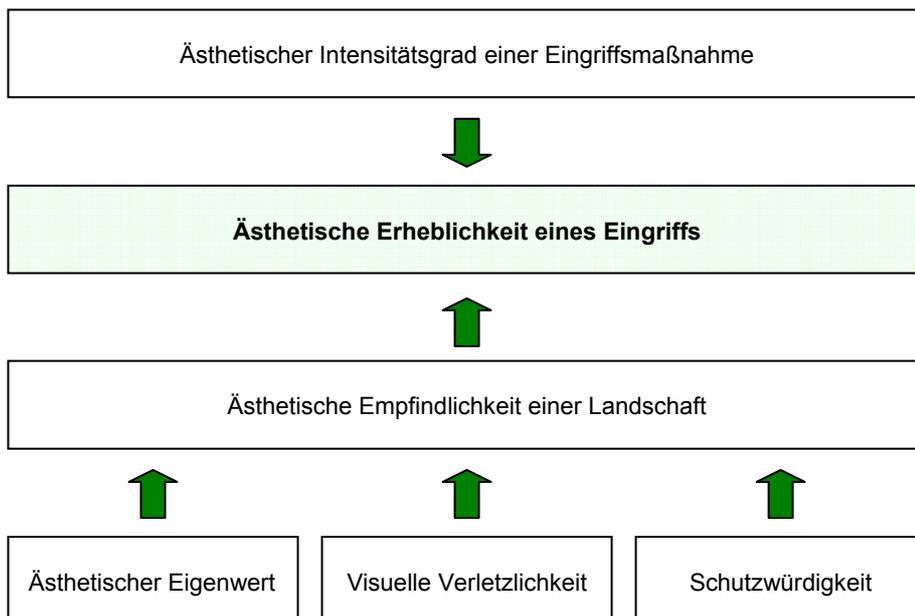


Abb. 2–14: Erheblichkeit eines Eingriffs aus landschaftsästhetischer Sicht
(vgl. NOHL 1993, S. 16)

2.3.4.1.1 Ästhetischer Eigenwert

Das ästhetische Erleben von Landschaft, u. a. zum Zwecke der Erholung, ist dem Menschen ein grundlegendes Bedürfnis und ein häufiger Grund für einen Landschaftsbesuch. Besonders geeignet sind in diesem Zusammenhang Landschaften, die vielfältig strukturiert sind, sich durch Naturnähe auszeichnen und geringe Verluste der Eigenart aufweisen. Der ästhetische Eigenwert (vgl. Abb. 2–14) der Landschaft ist die Synthese der Einzelkriterien Vielfalt, Naturnähe und Eigenart.

In den ersten landschaftsästhetischen Grundsätzen beschreibt NOHL die Vielfalt als eine sich durch Reichtum an typischen Gegenständen und Ereignissen auszeichnende Landschaft, die dem Bedürfnis des Betrachters nach Information und Erkenntnissen entgegenkommt (vgl. NOHL 1993, S. 7). Eine vielfältige Landschaft ist demnach eine Landschaft, die reichlich mit naturraumtypischen¹⁷ Vegetationsstrukturen sowie charakteristischer Wald-, Wiesen-, Weide- und Ackernutzung ausgestattet ist; Beachtung finden ferner Relief, Gewässerformen, Gebäude- und Baustrukturen sowie Erschließungsarten. Bei der Vielfalt aus landschaftsästhetischer Sichtweise geht es somit nicht um Biodiversität¹⁸, sondern um die Vielfalt der Eindrücke, die sich bei Betrachtung der Landschaft bieten (vgl. AUGENSTEIN 2002, S. 21). WÖBSE beschreibt Vielfalt als einen Faktor, der zur Eigenart und Schönheit von Landschaft beiträgt und damit großen Anteil am Erlebniswert von Landschaft hat (vgl. WÖBSE 2004, S. 247). Es ist insbesondere die Vielfalt, die dazu führt, dass aufgrund der vorhandenen Heterogenität von einem Eingriffsobjekt abgelenkt wird und dieses nicht den alleinigen Bezugspunkt bildet. Doch ist bei der ästhetischen Qualität *Vielfalt* zu berücksichtigen, dass nicht die These gelten kann, dass eine Landschaft umso erlebniswirksamer ist, je vielfältiger sie ist; eine Erhöhung der landschaftlichen Vielfalt bei Landschaften mit charakteristischer Strukturarmut kann zu einem Eigenartsverlust führen (vgl. SCHAFRANSKI 1996, S. 73).

¹⁷ Naturraum ist die Bezeichnung für einen Erdraum, der mit biotischen und abiotischen Geoökofaktoren (Naturfaktoren) ausgestattet ist, wie z. B. Georelief, Boden, Oberflächenwasser, Vegetation, die einer Nutzung durch den Menschen unterliegen (können) (vgl. LESER 1998, S. 261 f., 551).

¹⁸ Allgemein bezeichnet die Biodiversität die ökologische Vielfalt, bezogen auf die räumliche und inhaltliche Heterogenität. Die Landschaftsökologie unterscheidet zwischen der Arten-, strukturellen und räumlichen Diversität (vgl. STEINHARDT 2005, S. 193).

Die Eigenart einer Landschaft entzieht sich einer komparativen Betrachtung und erschließt sich über das Individuelle, Gewachsene und Heimatliche eines Ortes oder eines Teils einer Landschaft. Landschaftliche Eigenart ist demnach bestimmt durch die Unverwechselbarkeit, deren Ausdrucksformen Art, Lage, Größe und Anordnung der Flächennutzungen in Anpassung an die natürlichen Standortgegebenheiten sind und die wie ein Mosaik von natürlichen Elementen durchsetzt werden (vgl. KÖHLER 2000, S. 14). Eigenart bezieht sich auch auf Bauwerke und gewachsene Siedlungsstrukturen aus naturraumtypischen Materialien, die sich in ihrer Dimension, Gliederung und Lage ebenfalls an die naturräumlichen Standortgegebenheiten angepasst haben und Zeugnisse der Geschichte einer Landschaft sind. Aus landschaftsästhetischer Sicht weist eine Landschaft umso geringere Eigenartsverluste auf (heute i. d. R. hervorgerufen durch technisch bedingte Überformungen, Einführungen oder Herausnahmen/Zerstörungen), je weniger die gegenwärtigen Landschaftsformen in ihrer spezifischen Ausprägung und in ihrem typischen Zusammenspiel von denjenigen vor ein bis zwei Generationen abweichen (vgl. NOHL 1993, S. 10).

Eine Landschaft ist umso naturnäher, je weniger sich in Bezug auf die erlebbaren Teile der Landschaftsformen menschliche Einflüsse spüren lassen; Naturnähe lässt sich erleben, wo die landschaftliche Situation durch natürliche Elemente mit erkennbarer Eigenentwicklung geprägt ist (vgl. NOHL 1993, S. 10). Im Rahmen der Masterarbeit soll nicht dem Ansatz der Bestimmung des Natürlichkeitsgrades durch Hemerobiestufen¹⁹ gefolgt werden, sondern es soll durch spezifische Indikatoren das Ausmaß menschlicher Einflüsse abgeschätzt werden. Parameter für Naturnähe sind fehlende Negativfaktoren wie Überbauung und Versiegelung sowie Monoforstkulturen, großflächige Wiesen, Weiden und Ackerflächen.

¹⁹ Hemerobie beschreibt die Wirkung menschlicher Einflüsse auf die Ökosysteme und drückt die Belastung der Landschaft im Vergleich zum Natürlichkeitsgrad in verschiedenen Stufen (von natürlich bis anthropogen) aus (vgl. LESER 1998, S. 316).

2.3.4.1.2 Visuelle Transparenz und visuelle Verletzlichkeit

Die visuelle Transparenz einer Landschaft spielt eine bedeutende Rolle für das ästhetische Erleben eines Landschaftsraums. So hängt die gesamtästhetische Wirkung eines Landschaftselements nicht nur von seinen Merkmalen und Attributen, seiner Funktion oder Qualität ab, sondern auch von seiner Topologie zum landschaftlichen Umfeld, welche die Sichtbeziehungen (ggf. partiell) einschränken oder vollständig unterbrechen kann. In einer ebenen, ausgeräumten Landschaft mit hoher Transparenz wird ein Element aufgrund ausgeprägter Sichtbeziehungen mit seinem ganzen landschaftsästhetischen Selbstwert wahrgenommen; eine strukturreiche Landschaft kann ein Element durch vorhandene Sichtbarrieren fast vollkommen absorbieren (vgl. NOHL 1993, S. 11). Wird ein störendes, ästhetisch prägnantes Element in eine Landschaft eingeführt, entsteht ein landschaftsästhetischer Schaden, der umso größer ist, je transparenter der Charakter einer Landschaft ist, das Element also in seiner Ganzheitlichkeit wahrgenommen werden kann. Mit der Transparenz einer Landschaft nimmt also folglich auch die visuelle Verletzlichkeit einer Landschaft zu.

2.3.4.1.3 Ästhetisch wirksame Intensität eines Eingriffsobjektes

Die ästhetische Erheblichkeit eines Eingriffs ergibt sich, wie in Kapitel 2.3.4.1 beschrieben, aus der ästhetischen Empfindlichkeit einer Landschaft sowie aus der ästhetisch wirksamen Intensität des Eingriffsobjektes. Die Intensität eines Eingriffs steigt umso stärker an, je deutlicher die Eigenschaften eines Eingriffsobjektes der Charakteristik der umgebenden Landschaft widersprechen (vgl. NOHL 1993, S. 15). Zu den Eigenschaften eines Objektes, welche die Eingriffsintensität beeinflussen, zählen u. a. die allgemeinen Baumaße und insbesondere die Bauhöhe, die Konstruktion respektive das Material, dessen Farbe und Textur sowie die Lage des Standortes in Bezug zur Standortumgebung, auf die im Kapitel 2.3.4.1.4 näher eingegangen wird.

Tab. 2-2: Intensitätsbestimmende Eigenschaften eines Eingriffsobjektes

(vgl. NOHL 1993, S. 33 ff., 57, 62, 69 ff.)

Eigenschaft	Beeinflussung	Beispiel
<i>Objekteigener Gestaltwert</i>		
Konstruktion	Beton- und Stahlrohrmaste sind im Vergleich zu Stahlgittermasten weniger voluminös, allerdings besitzen Stahlgittermasten häufig eine ästhetisch verträglichere transparente Fernwirkung.	
Massivität	Mehrfach abgestufte Masten, die Auflösung massiver Stahlbetonschäfte in mehrere schmale Einzelsäulen und die Verwendung von Plattformen mit nach oben abnehmendem Durchmesser verringern die Massivität, erhöhen die Transparenz und lassen sich besser in die Landschaft integrieren.	
Verjüngung	Eine kontinuierliche Verjüngung (konischer Verlauf) von Masten verringert ihre Dominanz und lässt sie schlanker erscheinen.	
Farbe/ Oberflächentextur	Abstechend helle oder glänzende Oberflächen (Metall, Chrom) sowie auffallende, leuchtende Farben ziehen die Blicke auf sich, führen zu auffallenden Lichtreflexionen und können weithin das Sichtfeld dominieren; eine Landschaft ist nicht in der Lage, ein solches Objekt zu absorbieren. Eine angepasste Farbwahl oder Oberfläche (z. B. Feuerverzinkt) kann eine Absorption unterstützen, z. B. fördern sich nach oben aufhellende oder zum Hintergrund passende Farbanstriche die atmosphärische Auflösung.	

Lagebeziehungen des Eingriffsobjekts zum Standortumfeld

Lagediskrepanz	Das technische Eingriffsobjekt hebt sich massiv von dem naturbezogenen bzw. traditionell-kulturlandschaftlichen Charakter seines Umfeldes ab.	
Lagekorrespondenz	Das technische Eingriffsobjekt lagert sich an eine technisch-artifizielle Einrichtung oder entsprechend überformten Standort an (korrespondierende/angeglichene Lage).	

In Tabelle 2–2 wurden ausgewählte Eigenschaften eines Eingriffsobjekts aufgelistet, die Beeinflussung durch diese kurz zusammengefasst und durch eine beispielhafte Abbildung verdeutlicht; auf eine Gegenüberstellung der genannten Beispiele wurde aus platztechnischen Gründen verzichtet. Die Baugröße eines Objektes taucht in der Tabelle nicht auf, da diese in einer Abbildung schwer zu verdeutlichen ist. Es ist allerdings leicht einzusehen, dass ein Objekt mit einer Bauhöhe von 45 m eine höhere Eingriffsintensität verursacht als ein Objekt mit nur 10 m oder noch geringerer Bauhöhe.

Dieser Zusammenhang zwischen Bauhöhe und Entfernung vom Eingriffsobjekt sowie die daraus resultierende ästhetische Beeinträchtigung soll an der Abbildung 2–15 verdeutlicht werden. In der Nahzone (I), die nach NOHL nicht weiter spezifiziert wird, ist die ästhetische Beeinträchtigung durch ein mastenartiges Element am größten. Ein solches wirkt ästhetisch zwar weit in sein Umfeld hinein, allerdings nimmt dessen Wirkung mit zunehmender Entfernung exponential ab (vgl. Abb. 2–15; NOHL 1993, S. 16), was dazu führt, dass eine geringe Fläche in unmittelbarer Umgebung des Eingriffsobjekts übermäßig stark beeinträchtigt wird, während der Großteil der Fläche in weiterer Entfernung (Mittelzone II, Fernzone III) ästhetisch schwächer belastet ist. Gleichzeitig lässt sich in der Abbildung der Zusammenhang von Entfernung und Beeinträchtigung in Abhängigkeit von der Bauhöhe des Mastes ablesen. Sehr hohe Masten rufen stets die größte Beeinträchtigung pro Zone hervor und wirken bis weit in die Fernzone hinein.

Mäßig hohe Masten beeinträchtigen insgesamt weniger Fläche, während die Auswirkungen kleinerer Masten nur bis in die Mittelzone reichen. Die ästhetisch wirksame Intensität eines persönlich als besonders negativ empfundenen Eingriffsobjekts nimmt i. d. R. verhaltener ab (vgl. NOHL 1993, S. 17).

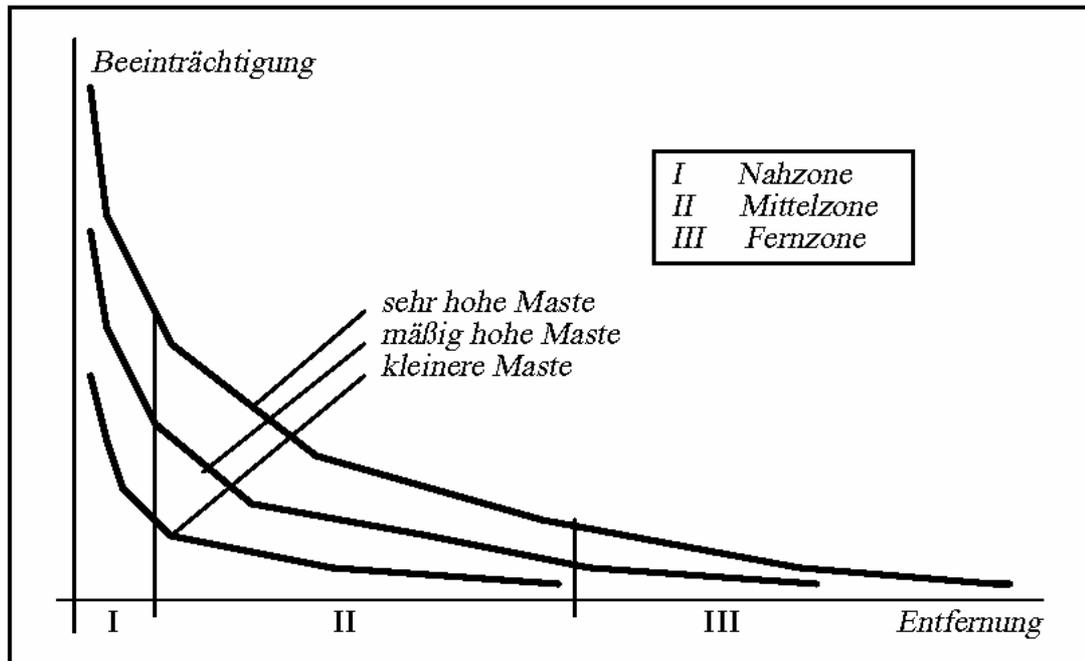


Abb. 2–15: Zusammenhang zwischen Masthöhe und Entfernung vom Eingriffsobjekt sowie der Stärke der ästhetischen Beeinträchtigung (NOHL 1993, S. 18)

2.3.4.1.4 Lagebedingte Landschaftsbildbeeinträchtigungen

Wie bereits in Kapitel 2.3.4.1.3 beschrieben, hängt die ästhetisch wirksame Intensität eines Eingriffsobjekts von zahlreichen Faktoren des Objektes selbst, aber auch von dessen Lage und seiner topologischen Beziehung ab (vgl. Tab. 2-2). Die hier berücksichtigten Mobilfunkstationen sind ebenso wie die übrigen mastenartigen Sende- und Empfangsanlagen (z. B. Fernsehuhmsetzer oder Fernmeldetürme) funktionell an einen exponierten Standort gebunden oder sind in der Art dimensioniert, dass sie die umliegenden Objekte deutlich überragen. Von einer in dieser Hinsicht exponierten Lage kann gesprochen werden, wenn die Errichtung einer solchen Anlage ohne Anlehnung, d. h. in der freien Landschaft auf einer morphologischen Vollform (Hügel, Berg, u. Ä.), in einer Talmitte sowie an einem Fluss oder See erfolgt (vgl. NOHL 1993, S. 35). Zu diesen genannten Lagediskrepanzen zählen ferner die Errichtung einer entsprechenden Anlage vor einem kultur-historischen Ortskern oder Objekt sowie in oder vor einem ästhetisch

wertvollen Landschaftsbestandteil. In diesem Zusammenhang ist stets von einer erheblicheren Eingriffsintensität auszugehen und mit einem größeren Wirkungsbereich des Eingriffsobjekts zu rechnen.

Unterschiedliche ästhetische Beeinträchtigungen durch mastenartige Eingriffe ergeben sich durch deren spezifische geomorphologische Lage im Gelände. Bei der Errichtung von Masten *in der Ebene*, z. B. in Bördelandschaften, weiten Talräumen oder auf Plateaus, ist insbesondere dann mit erheblichen Landschaftsbildbeeinträchtigungen zu rechnen, wenn es sich um ausgeräumte Landschaften handelt, in denen ausgeprägte Vegetations- oder Siedlungsstrukturen fehlen. Auf der anderen Seite ist in diesem Fall mit einem geringen ästhetischen Eigenwert der Landschaft, aufgrund geringer Vielfalt, Naturnähe und Eigenart zu rechnen, so dass die landschaftsästhetischen Verluste geringer ausfallen werden. Bei einem Mobilfunkstandort *in hügeligem Gelände* ist mit ähnlichen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes zu rechnen wie bei einem Standort in der Ebene, da die Ausprägung der Oberflächenformen noch nicht ausreichen, die Sichtverschattung positiv zu beeinflussen. *Bergiges Gelände* kann die ästhetischen Verluste deutlich reduzieren, insbesondere dann, wenn es sich um bewaldete Hänge und Kuppen sowie um kleinere bis mittel hohe Masten handelt. Allerdings ist damit zu rechnen, dass aufgrund der Funktionalität der Masten ein exponierter Standort gewählt wird; hinzu kommt der meist ausgeprägte ästhetische Eigenwert einer solchen Landschaft, so dass bei einem entsprechenden Eingriff mit einem hohen landschaftsästhetischen Verlust zu rechnen ist. *Einzeleinerhebungen* werden bei der Standortwahl aufgrund der Funktionsweise der Masten bevorzugt ausgewählt, allerdings sind durch die exponierte Lage deutliche Landschaftsbildbeeinträchtigungen unvermeidbar. Zwar reduzieren auch hier die ggf. bewaldeten Hänge den ästhetischen Verlust, allerdings führt die morphologisch bedingte Erhöhung des Mobilfunkmastes zu einer erhöhten Wahrnehmbarkeit und gesteigerten Fernwirkung innerhalb des Landschaftsraums und damit zu einer größeren Eingriffsintensität durch den Mast. Eine ausgeprägte Beeinträchtigung des Landschaftsbildes ist ebenso bei der Errichtung von Masten in *stark zertalten Landschaften* zu erwarten. Hier aber weniger durch eine ausgeprägte Fernwirkung – die Sichtbeziehungen sind häufig durch die morphologischen Strukturen eingeschränkt – sondern mehr durch die überaus hohe ästhetische Empfindlichkeit des Landschaftsbildes aufgrund der Vielfalt, Eigenart und Naturnähe.

Eine besondere Schwere eines Eingriffs in das Landschaftsbild lässt sich dann attestieren, wenn es sich um eine aufgrund der Vielfalt, Eigenart und insbesondere der Schönheit sowie des Erholungswerts von Natur und Landschaft als Schutzgebiet festgesetzte Lage des Standortes und damit des Mobilfunkmastes handelt (vgl. i. w. S. § 1 LG NW). Die weiteren Auswirkungen und Bedingungen, die an eine Errichtung einer Mobilfunkstation in einem auf Dauer gesicherten Schutzgebiet gebunden sind, sollen, wie in Kapitel 1.3 dargelegt, nicht Gegenstand dieser Masterarbeit sein. Im Gegensatz zu der besonderen Erheblichkeit im Rahmen von Schutzgebietsausweisungen, kann allgemein davon ausgegangen werden, dass die landschaftsästhetischen Verluste weniger deutlich ausfallen, wenn sich das technische Eingriffsobjekt an eine technisch-artifizielle Einrichtung anlagert (vgl. Tab. 2-2). In diesem Fall spricht NOHL von Lagekorrespondenzen (vgl. NOHL 1993, S. 36), wie z. B. bei der Errichtung einer Mobilfunkstation am Rande einer Siedlung oder in Gewerbegebieten, an ausgebauten breiten Straßen oder Eisenbahnlinien oder an ohnehin bereits stark anthropogen überprägten Einrichtungen und Anlagen wie Kläranlagen oder Deponien.

2.3.4.2 Möglichkeit des ästhetischen Erlebens

Neben den bereits formulierten allgemeinen Grundlagen zur Wahrnehmung von in die Landschaft eingebrachten Elementen, wurde die ästhetische Erheblichkeit eines Eingriffs anhand des *ästhetischen Eigenwerts* und der *visuellen Transparenz* einer Landschaft sowie der *ästhetisch wirksamen Intensität des Eingriffsobjektes* betrachtet. Unberücksichtigt blieb bisher das Potenzial einer Landschaft, deren Erscheinungsbild überhaupt wahrzunehmen, zu erleben und deren Erholungswert und -möglichkeit zu nutzen.

SCHAFRANSKI gibt zwei Parameter vor, die nach seiner Recherche das Landschaftserleben beeinflussen; zu diesen zählen das ästhetische Objekt einschließlich seiner wirksamen Strukturen sowie die Werthaltungen des Wahrnehmenden (vgl. SCHAFRANSKI 1996, S. 70 f.). Im weiteren Teil seiner Arbeit führt SCHAFRANSKI die Wege als eine zentrale Voraussetzung zum Erleben einer Landschaft und zugleich als einen wichtigen Merkmalsträger für landschaftliches Erleben ein (vgl. SCHAFRANSKI 1996, S. 160), verzichtet dann aber auf die weitere Analyse der Bedeutung von Wegen für das Landschaftserleben und widmet sich diesen als gestalterischen Faktor sowie der Entwicklung des Wegenetzes in ausgewählten Landschaftsräumen. Die Bedeutung der Entwicklung

und damit im speziellen Fall die Reduzierung des Wegenetzes wird inhaltlich fundiert, aber nur am Rande der Beschreibung einer Gemarkung (Untersuchungsraum) angerissen: „Sie (*die Reduzierung des Wegenetzes* – Anm. d. Verf.) hat zu einer strukturellen Verarmung geführt und – was mindestens ebenso wichtig ist – die Zugänglichkeit und Erlebbarkeit der Landschaft erheblich eingeschränkt“ (vgl. SCHAFRANSKI 1996, S. 161).

Diese kurze Betrachtung soll zeigen, welche Bedeutung den Wegebeziehungen und der damit verbundenen Erlebbarkeit einer Landschaft in einer Arbeit zur Landschaftsästhetik zugemessen wird; sie kann als stellvertretend für die „stiefmütterliche“ Behandlung dieses Themenbereichs innerhalb des Landschaftsbildes und der -ästhetik betrachtet werden. Wie die Arbeit von MILLONIG (2006) zeigt, gibt es zwar Bewegung auf diesem Gebiet, so wurde u. a. der Begriff „Psychologische Routenqualitäten“ eingeführt, welcher die Struktur und das Erscheinungsbild einer Umgebung, als Attraktivitätsfaktor für Fußgänger bei der Durchquerung einer Umgebung beschreibt (vgl. MILLONIG 2006, S. 526), zu weiteren Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Landschaftsbildbewertung hat es aber nicht geführt. So findet sich in der Fachzeitschrift *Naturschutz und Landschaftsplanung*, recherchiert bis in das Jahr 2003, kein Artikel mit dem Schwerpunkt Erholung oder Erholungseignung, mit Ausnahme eines Artikels zur Erfassung der Erholungsnutzung in alpinen Gebieten.

Eine erstaunliche Entwicklung, haben doch ausgerechnet die Wegebeziehungen innerhalb eines Landschaftsraumes verständlicherweise eine besondere Bedeutung für das Landschaftserleben. So beschreibt NOHL in seinem *landschaftsarchitektonischen und landschaftsästhetischen Gesamtplan Harz*, dass Wege nicht nur als Fortbewegungsstrecken funktionieren, sondern für Wanderer und Landschaftsbesucher auch deren ästhetischer Erlebnisreichtum zählt, und er kommt zu dem Schluss, dass es vielen Wanderwegen und Straßen in bestimmten Streckenabschnitten an ausreichender landschaftsästhetischer Qualität mangelt (vgl. NOHL 1998, S. 22 f.). NOHL hebt ferner die besondere Bedeutung, wie sie z. B. Wander-, Reit- und Radwegen in einer Erholungslandschaft zukommt, deutlich hervor und beschreibt, wie sich Werte wie Panorama, attraktive Einzelelemente, Horizont und Weite, historische Bauwerke usw. visuell erleben lassen und sich auf die landschaftsästhetische Qualität auswirken (vgl. NOHL 1998, S. 32 f.). Weiter weist NOHL darauf hin, dass einer landschaftsästhetischen Beurteilung die Untersuchung nicht auf die Trassen selbst beschränkt bleiben darf, vielmehr seien breitere Blickkorridore zugrunde zu legen, die wiederum in homogene Erlebnisbereiche oder

Landschaftsbilder zu untergliedern seien (vgl. NOHL 1998, S. 23).²⁰ Wichtig ist hier festzuhalten, dass NOHL in diesem Zusammenhang folglich von Sichtachsen ausgeht, deren Anlage er aufgrund ihrer Breite als Blickkorridore empfiehlt; Standort der Betrachtung ist demnach eine Trasse²¹ respektive geht der Blick(-korridor) von einer solchen aus.

Wie in Kapitel 2.3.3.3 beschrieben, kann ein Landschaftsbild bei einem Besucher Interesse wecken, gekoppelt mit der Neugier des Menschen und der Suche nach weiteren Informationen, erfolgt eine Fortbewegung in der Landschaft mit dem Ziel authentischer Landschaftserfahrungen (vgl. NOHL 2005, S. 37), sofern dies die Zugänglichkeit und Begehbarkeit zulässt. Damit sind die übergeordneten Einschränkungen bereits genannt, denn für die Erkundung eines Landschaftsraumes ist die grundsätzliche Betretbarkeit einer Fläche oder einer Trasse maßgebend. Diese kann in Abhängigkeit folgender Faktoren eingeschränkt, nur temporär möglich oder gänzlich untersagt sein, u. a. durch:

- Vegetationsbedingte Unwegsamkeiten (Sträucher)
- Nutzungsspezifische Umstände (Abraumhalden, Deponien, Steinbrüche)
- Jahreszeitliche Umstände (Hochwasser, bestandene Ackerflächen)
- Geländeeigenschaften (Hangneigung, Abbruchkante)
- Sperrgebiete (Truppenübungsplatz, Grenzsicherungsanlagen)
- Privatgrundstücke oder Firmengelände (Umzäunung)
- Schutzgebiete (Wasserschutzzone I – Begehverbot, Naturschutzgebiet – Wegegebot)
- Moor-/Sumpfflächen²²

Wasserflächen wie Seen, Flüsse und Kanäle sind in dieser Zusammenstellung nicht aufgeführt, da diese häufig als Erholungsflächen dienen (z. B. schwimmen, segeln, surfen) und eine Einzelfallentscheidung i. d. R. unumgänglich ist.

²⁰ NOHL geht davon aus, dass der menschliche Blick allgemein und im Besonderen bei Erholungssuchenden umtriebiger und ausschweifender ist (vgl. NOHL 1998, S. 23).

²¹ Als Trasse wird im Folgenden jegliche Art von Verkehrsweg verstanden, der für einen Fußgänger begehbar ist.

²² Moor- und Sumpfflächen sind hier der Vollständigkeit halber aufgelistet; diese sind aufgrund ihrer Ausprägung schlecht oder gar nicht begehbar und stehen aufgrund ihres mittlerweile seltenen Vorkommens häufig unter Schutz.

Eine Sonderstellung nehmen Wirtschaftswege sowie Privatstraßen und -wege ein, die zwar potenziell von Fußgängern und Erholungssuchenden genutzt werden können, aufgrund ihres alleinigen erschließenden Charakters für diese aber häufig unattraktiv sind.

2.3.4.3 Gewichtung eines Eingriffs in das Landschaftsbild

Aufgrund ihrer grundlegenden Konstruktion als technisches Element beträchtlicher Höhe von langer Nutzungsdauer, fügen mastenartige Eingriffe dem Landschaftsbild einen nachhaltigen Schaden zu und mindern den ästhetischen Wert ihrer Umgebung. Dieser nachhaltige Schaden bzw. die Summe der ästhetischen Verluste ergeben sich aus dem Zusammenwirken der Eigenschaften einer Landschaft und der des Eingriffsobjektes. Je einsichtiger und transparenter eine Landschaft ist, desto verletzlicher ist ihr ästhetischer Eigenwert, welcher sich aus Vielfalt, Eigenart und Naturnähe zusammensetzt. Eine vielfältige Landschaft ist in der Lage, von einem einzelnen Mastelement abzulenken oder dieses im Rahmen der Sichtverschattung zu absorbieren; in einer vielfältigen Landschaft fällt ein mastenartiges Element i. d. R. weniger auf. Gleichsam ziehen vielfältige Landschaften Erholungssuchende in besonderer Weise an und laden im Rahmen der Möglichkeiten zu ausgiebigen Spaziergängen ein, so dass das Potenzial der Wahrnehmung durch einen Betrachter in stärkerem Maße gegeben ist. Auch wenn sich die Eigenart einer Landschaft zunächst einer komparativen Betrachtung entzieht, wird das Missverhältnis von über Jahrzehnte und z. T. über Jahrhunderte gewachsenen naturräumlichen Strukturen und dem dominanten, alles überragenden Mast, ohne vergleichbares Element im Landschaftsraum, schnell deutlich. Ferner erübrigt sich jede weitere Diskussion dahingehend, dass die Naturnähe einer Landschaft durch dieses dominante, hoch technisierte Element zweifelsfrei maßgeblich eingeschränkt wird.

Das Gewicht eines mastenartigen Eingriffs wird maßgeblich durch dessen Eigenschaften beeinflusst, die sich aus der Konstruktion, Massivität, Verjüngung, Oberflächentextur sowie der Farbe zusammensetzen und unter der Bezeichnung *objekteigener Gestaltwert* zusammengefasst werden. In Abgrenzung zu den Gestaltwerten des Eingriffsobjekts stehen dessen *Lagebeziehungen zum Standortumfeld*. Ein mit technisch-artifiziellen Einrichtungen korrespondierender Mobilfunkmast fügt sich optisch in den Landschaftsraum ein, während ein massiv von dem Charakter seines Umfeldes abweichendes Eingriffsobjekt nicht absorbiert werden kann. Stark verallgemeinert lässt sich

festhalten, dass je größer und massiver ein Eingriffselement ohne konstruktive Verjüngung und ohne Anpassung der Oberflächentextur oder -farbe an seine Umgebung errichtet wird, desto weit reichender wirkt dieses in den Landschaftsraum hinein und desto stärker ist dessen Eingriff zu gewichten. Die farbliche oder bauartbedingte Anpassung an den Hintergrund (z. B. Auflösungserscheinungen vor einem Waldbestand oder in Kombination mit der Himmelswahrnehmung oberhalb der Horizontlinie) spielt dabei eine zentrale Rolle. Weiterhin ist festzuhalten, dass die Beeinträchtigung durch den Mobilfunkmast im Nahbereich überdurchschnittlich groß ist und mit zunehmender Entfernung abnimmt; ein ähnliches Verhältnis gilt bei der Auswahl der Lage eines Standortes. Je exponierter ein Standort, desto weit reichender die Sichtbeziehungen in den ästhetischen Wirkraum, verbunden mit der Größenüberschätzung aufgrund der relativen Höhe im Blickfeld oberhalb der Horizontlinie (vgl. Kap. 2.3.3.2). Auf der anderen Seite kann ein Standort in hügeligem bis bergigem Gelände, trotz exponiertem Standort, zumindest teilweise absorbiert werden, ein Umstand, der in ebenen Lagen wie Bördelandschaften nicht auftritt; generell ist hier die Verschattung des Mastes aufgrund der i. d. R. ausgeräumten Landschaften nur unzureichend.

2.4 Bewertung mastenartiger Eingriffe in das Landschaftsbild

Wie im Kapitel der planungsrechtlichen Grundlagen (vgl. Kap. 2.2) bereits diskutiert wurde, fußt die Notwendigkeit der Landschaftsbildbewertung auf den dort angesprochenen und zitierten Rechtsinstrumenten. Mastenartige Eingriffe, wie in Kapitel 2.3.4 vorgestellt, beeinträchtigen als technische Elemente beträchtlicher Höhe und Langlebigkeit das Landschaftsbild nachhaltig (vgl. NOHL 1993, S. 3). Der geforderte Umgang mit der gesetzlich festgeschriebenen Eingriffsregelung ist nur über ein entsprechendes Verfahren zur Landschaftsbildbewertung leistbar, eine Betrachtung der Vermeidung, Minimierung und Ausgleichsberechnung findet sich in einer pauschalen Ersatzgeldfestsetzung nicht wieder. „Die Bewertung eines Eingriffs und die Festsetzung einer adäquaten Kompensation erfolgen je nach Sichtweise des jeweiligen Bundeslandes oder der zuständigen Behörden mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen“ (PAUL 2004, S. 139).

2.4.1 Verfahren in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland

Im Bundesgebiet gibt es eine Vielzahl von Methoden zur Bewertung des Landschaftsbildes; ROTH geht von etwa 150 Verfahren aus (vgl. ROTH 2006, Folie 18), von denen in dieser Masterarbeit aber nur die für Nordrhein-Westfalen empfohlenen Verfahrensansätze nach NOHL zur naturschutzfachlichen Beurteilung und Kompensationsermittlung bei *Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe* näher betrachtet werden sollen (vgl. NOHL 1993). Die angesprochenen Verfahrensansätze nach NOHL bilden in mehreren Bundesländern die Bewertungsgrundlage bei Eingriffen in das Landschaftsbild. Eine Orientierung zu den Verfahren, Methoden oder Vorgehensweisen der Länder gibt die folgende Tabelle (vgl. Tab. 2-3).

Tab. 2-3: Verfahren der Länder zur Landschaftsbildbewertung bei mastenartigen Eingriffen

Bundesland	Verfahren
Nordrhein-Westfalen, Saarland, Sachsen, Schleswig-Holstein, Thüringen	NOHL (empfohlen)
Bayern, Bremen	Baukostenanteil der oberirdischen Bauteile (BY z. T. NOHL; HB Anlagen ab 20 m)
Brandenburg	Antennenträgererlass: Berechnung pro lfd. Meter Mast (Schwere/Lage)
Hamburg	Entsprechend möglicher Aufwertungsmaßnahmen (< 10% der Baukosten), auch NOHL
Hessen	Zusatzbewertung Landschaftsbild: Anlehnung an NOHL
Mecklenburg-Vorpommern	Hinweise zur Eingriffsbewertung und Kompensationsplanung für Antennenträger in MV nach KRIEDEMANN
Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt	Verbal-argumentativ
Baden-Württemberg, Berlin, Niedersachsen	Verfahren freigestellt/WEA pauschal

Eine Recherche in den Kreisen und kreisfreien Städten in Nordrhein-Westfalen hat ergeben, dass trotz eindeutiger Empfehlung der Verfahrensansätze von NOHL durch die Landesregierung NRW das Vorgehen uneinheitlich ist und vereinzelt auch pauschale Ersatzgeldermittlungen angewandt werden.

2.4.2 Verfahrensansatz nach NOHL

Die von WERNER NOHL im Jahre 1991 im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MURL NRW) entwickelten und 1993 geänderten *Materialien für die naturschutzrechtliche Bewertung und Kompensationsermittlung bei Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe* gehen zurück auf die von ADAM, K., NOHL, W., VALENTIN, W. (1986) entwickelten *Bewertungsgrundlagen für Kompensationsmaßnahmen bei Eingriffen in die Landschaft*. Der Autor selbst bezeichnet sie als landschaftsästhetisch relevante Arbeitsmaterialien und Verfahrensansätze, deren Zusammenstellung den Planungsträgern, Genehmigungsbehörden und Landschaftsbehörden vergleichbare Bewertungen und Stellungnahmen ermöglichen, keineswegs aber Rezepturen liefern sollen (vgl. NOHL 1993, S. 3). „Selbst dort, wo formale Verfahren beschrieben werden, sind sie beispielhaft gedacht, und lassen daher dem Bearbeiter Spielraum für sachlich begründete Abweichungen“ (NOHL 1993, S. 3). Die Arbeitsmaterialien gliedern sich in drei Fassungen, die allesamt derselben Modellvorstellung folgen, dass „je stärker die Eingriffserheblichkeit als Zusammenspiel von Eingriffsintensität und Landschaftsempfindlichkeit ist (qualitativer Aspekt), und je größer die Räume sind, von denen aus das Eingriffsobjekt gesehen werden kann (quantitativer Aspekt), umso gravierender sind die ästhetischen Funktionsverluste der Landschaft im Eingriffsgebiet und damit die sich daraus ableitenden Kompensationsansprüche“ (NOHL 1993, S. 44).

2.4.2.1 Ästhetische Wirkzonen in Abhängigkeit von der Masthöhe

Der Fachbeitrag gliedert sich in drei Verfahrensansätze (vgl. NOHL 1993, S. 45 ff. *Langfassung*, S. 55 ff. *Verkürzte Fassung* und S. 61 ff. *Kurzfassung*), die je nach Typ und Höhe des Mobilfunkmastes zur Anwendung kommen und anhand derer die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes in einer ästhetischen Wirkzone um das Eingriffsobjekt als kompensationsbestimmender Faktor dargestellt und bewertet wird. Während die Langfassung auf Antennenträgermasten bis 130 m Höhe, Freileitungen bis 80 m Höhe und Windenergieanlagen > 100 m Höhe ausgelegt ist, zählen zu den Anwendungsbereichen der Verkürzten Fassung Masten, Freileitungen und WEA bis 90 m, 35 m bzw. 100 m Höhe (vgl. Abb. 2–16); beide Fassungen sollen aber nicht Bestandteil der Betrachtung

innerhalb der Masterarbeit sein.²³ Die Anwendungsbereiche der Kurzfassung beziehen sich auf die nadelartigen Antennenträger ohne Plattformen bis 50 m Höhe, Freileitungen im Mittelspannungsbereich (bis 30 kV) bis 20 m Höhe und Windenergieanlagen bis 75 m Höhe (vgl. NOHL 1993, S. 61; Abb. 2–16).

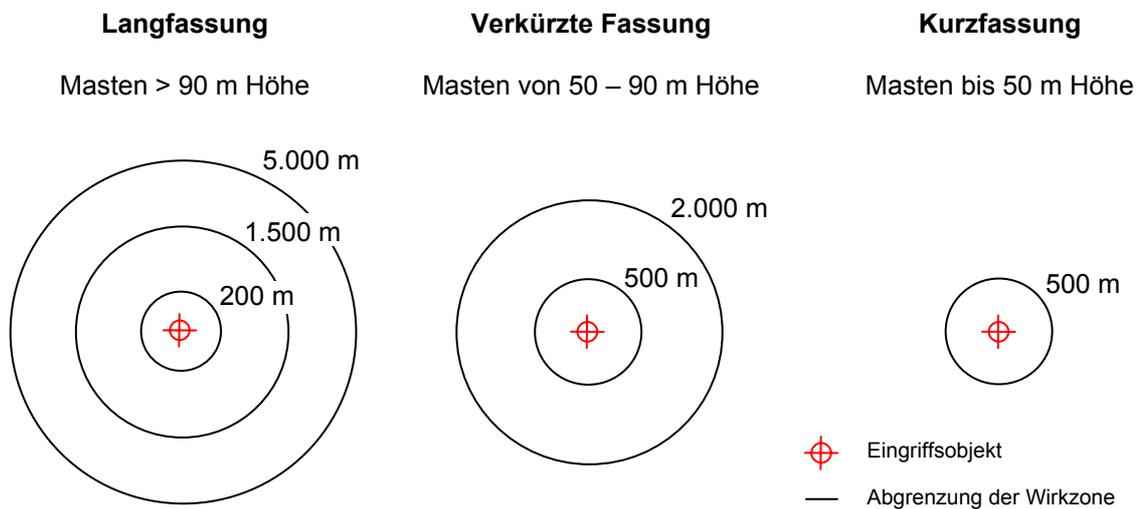


Abb. 2–16: Wirkzonen von Masten entsprechend der Höhe und der angewandten Fassung

Bei Anlehnung an die Kurzfassung, die bei Mobilfunkmasten i. d. R. zur Anwendung kommt, wird eine ästhetische Wirkzone um das Eingriffsobjekt (Mast) mit einem Radius von 500 m gebildet (vgl. Abb. 2–16, rechts), was einer Flächengröße von etwa 785.400 Quadratmetern entspricht und in der die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes dargestellt und bewertet wird.

2.4.2.2 Ermittlung des »tatsächlichen« Einwirkungsbereichs

Nach Abgrenzung der ästhetischen Wirkzone in Abhängigkeit von der Masthöhe, wird im zweiten Schritt der Kurzfassung die Größe des tatsächlichen Einwirkungsbereichs (F) bestimmt (vgl. NOHL 1993, S. 61). Als tatsächlich beeinträchtigt werden die Flächen gewertet, „von denen aus das Eingriffsobjekt deutlich gesehen werden kann, wobei Wälder und Siedlungsgebiete grundsätzlich nicht zu den beeinträchtigten Flächen ge-

²³ Weitere Informationen zu den Anwendungsbereichen der entsprechenden Fassungen finden sich in NOHL 1993 „Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe“ ab S. 45 ff. Die Differenzierung der mastenartigen Eingriffsformen nach Typen (Höhe u. a.) nimmt NOHL ab S. 19 ff. vor.

zählt werden“ (NOHL 2007, S. 3). Die Größe des tatsächlichen Einwirkungsbereichs, welche in Quadratmetern [m²] angegeben wird, wird innerhalb der Kurzfassung nach NOHL mit Hilfe des Sichtfreiheitswertes (S) zum Ausdruck gebracht. Der Sichtfreiheitswert ist das Produkt aus der tatsächlich beeinträchtigten Fläche, dem Kompensationsflächenfaktor (k) und dem Wahrnehmungskoeffizienten (w) und lässt sich in folgender Formel zusammenfassen: $S = F * k * w$

Die tatsächlich beeinträchtigte Fläche ergibt sich aus der Differenz des potenziellen Sichtbereichs in Quadratmetern und den nicht beeinträchtigten Flächen [m²], wobei zu letzteren die baumbestandenen und bebauten sowie die sichtverschatteten Flächen (vgl. 2.3.3.4) zählen. Die Wälder, Feldgehölze, Obstwiesen etc. sowie die Siedlungsbereiche, Gehöfte, Gewerbeflächen u. a. werden analog oder digital auf der Deutschen Grundkarte erfasst und deren Flächengröße kartometrisch²⁴ ermittelt. Die sichtverschatteten Bereiche ergeben sich über die Konstruktion einer pauschal 90 m breiten Fläche hinter einem sichtverschattenden (blickverstellenden) Element (vgl. Abb. 2–17; NOHL 1993, S. 56). Ausgangspunkt ist der Standort des Eingriffsobjekts, von dem eine Sichtachse über die äußeren Eckpunkte des sichtverstellenden Elements (baumbestandene oder bebaute Flächen) konstruiert wird. Die Verlängerungen der Sichtachsen haben ab den Eckpunkten bei gleichem Winkel (Ausgangspunkt der Standort) eine Länge 90 m und werden letztendlich zu einer Fläche verbunden.

Der Kompensationsflächenfaktor wird im Allgemeinen mit 0,1 angesetzt und stellt eine Größe zur rechnerischen Ermittlung des Kompensationsflächenumfangs dar. Er fußt auf der Überlegung, dass für eine intakte Kulturlandschaft durchschnittlich 10 % der Fläche für Naturschutz und Landschaftspflege und damit die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen bereitgestellt werden sollten, um den durch den Eingriff hervorgerufenen Funktionsverlust in unmittelbarer Umgebung kompensieren zu können.

Durch den Wahrnehmungskoeffizienten wird die Abnahme der ästhetischen Wirkung (abnehmende Fernwirkung) eines Eingriffsobjektes in Abhängigkeit von der Höhe

²⁴ Die Kartometrie beschäftigt sich als Teilgebiet der Kartographie mit der Messung geometrischer Größen (u. a. Flächenbestimmung), in konventionellen Karten auf Papier und in digitalen Kartenmodellen (vgl. MEIER 2002, Kartometrie).

(-nkklasse) und der relativen Entfernung erfasst. Allerdings ist anzumerken, dass in der Fassung für Masten bis 50 m Höhe der Wahrnehmungskoeffizient stets gleich ist und erst bei höheren Masten variiert (vgl. NOHL 1993, S. 53 f.).

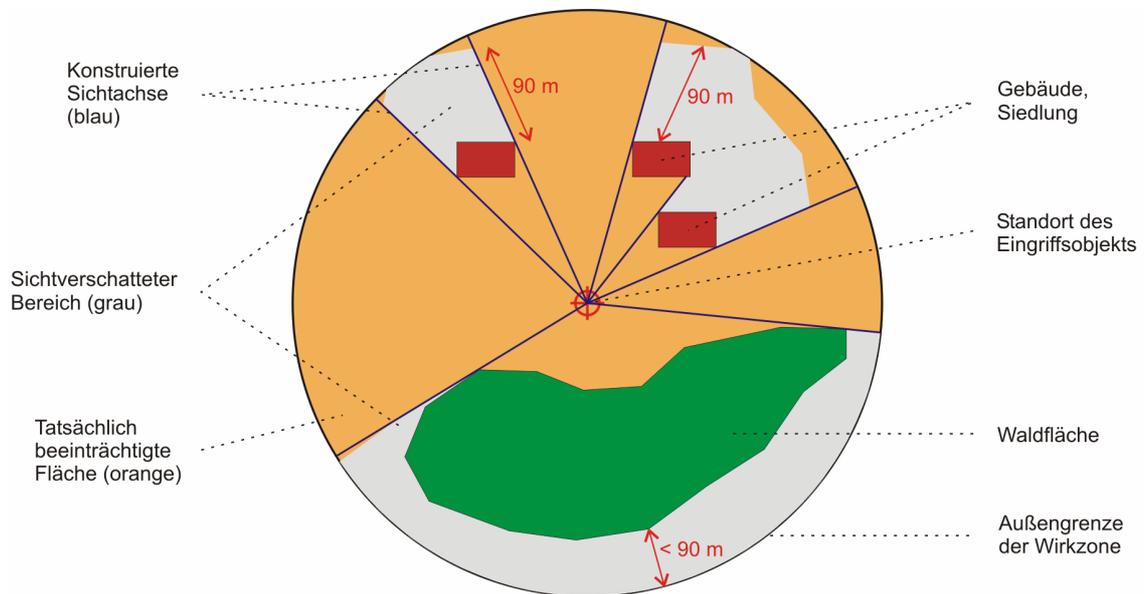


Abb. 2–17: Konstruktion der sichtverschatteten Bereiche mit pauschal 90 m Breite

2.4.2.3 Pauschale Ermittlung der ästhetischen Erheblichkeit

Im dritten Schritt wird im Rahmen der Kurzfassung in der entsprechenden Wirkzone (vgl. 2.4.2.1) die ästhetische Erheblichkeit auf einer empfohlenen Skala von 1 - 10 anhand der Hilfskriterien *ästhetischer Eigenwert* (vgl. 2.3.4.1.1), *visuelle Transparenz* (vgl. 2.3.4.1.2), *Schutzwürdigkeit* und *ästhetisch wirksame Intensität* (vgl. 2.3.4.1.3) bestimmt; die Skala der ästhetischen Erheblichkeit reicht von 1 = sehr gering bis 10 = sehr hoch. Die Beurteilung des Eingriffs in das Landschaftsbild stützt sich auf die verbal-argumentative Bewertung der ästhetischen Qualität der Landschaft als Lebensraum und ihrer Erholungseignung durch den Fachplaner. Die ästhetische Eingriffserheblichkeit wird als Mittelwert der Wertstufen der oben genannten Bewertungskriterien angegeben. Mit diesem Ansatz ist ein methodisches Problem bei der Ermittlung der ästhetischen Erheblichkeit bereits aufgezeigt, denn bei so komplexen Untersuchungsge-

genständen wie dem Landschaftsbild ist auch bei optimal gewählten Kriterien eine objektive und allgemeingültige Bewertung oft nicht möglich.²⁵

2.4.2.4 Ermittlung der erheblich beeinträchtigten Fläche und des Kompensationsflächenumfangs

In Schritt vier des bisher genutzten Verfahrensansatzes wird die erheblich beeinträchtigte Fläche im tatsächlichen Einwirkungsbereich ermittelt. Dies geschieht durch die Umrechnung des Wertes für die ästhetische Eingriffserheblichkeit in einen Flächenprozentsatz, wobei der Prozentanteil der erheblich beeinträchtigten Fläche des Einwirkungsbereichs bestimmt wird. Diese Anteilsfläche ist als Gewichtungsfaktor, in der Terminologie nach NOHL als Erheblichkeitsfaktor (e), zu interpretieren. Der Erheblichkeitsfaktor multipliziert mit dem Sichtfreiheitswert (S, vgl. Kap. 2.4.2.2) ergibt den Kompensationsflächenumfang (K) in Quadratmeter: $K = S * e$

Wie in den Kapiteln zu den planungsrechtlichen Grundlagen (vgl. Kap. 2.2 ff) beschrieben wurde, ist ein Ziel der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung die Festsetzung des Kompensationsbedarfs. Der Kompensationsflächenumfang wird für die landschaftsästhetischen Beeinträchtigungen im Eingriffsgebiet mittels der oben angeführten Formel errechnet.

²⁵ POSCHMANN et al. bieten in ihrem Werk Umweltplanung und -bewertung ein eigenständiges Kapitel, welches sich mit den externen Einflüssen auf den Bewerter befasst (vgl. POSCHMANN 1998, S. 71 ff.).

3 METHODIK UND DISKUSSION

3.1 Sichtfeldanalyse

Wie bereits in der Einleitung hervorgehoben, sollen auf der Basis der ausgewählten Standorte *Lüdinghausen*, *Swisttal-Mömerzheim* und *Kürten-Biesfeld* digitale Sichtfeldanalysen in Anlehnung an die Verfahrensansätze von NOHL (1993) durchgeführt werden. Obwohl der Fachbeitrag quantitative und qualitative Faktoren zur Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs berücksichtigt (vgl. Kap. 2.4.2), liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der GIS-gestützten quantitativen Berechnung der tatsächlich beeinträchtigten Fläche. Die Vorteile dieser Analysemethode könnten in der Vereinfachung der Methode (Geschwindigkeit, Effizienz), der differenzierten Ermittlung der landschaftsästhetischen Beeinträchtigungen sowie der Erhöhung von Genauigkeit und Transparenz liegen.

Die Sichtfeldanalyse (*viewshed analysis*) gehört mit ihrem breiten Anwendungsgebiet u. a. in Bereichen der Telekommunikation, der Windenergie, der Archäologie, der Stadt- und Routenplanung sowie des Artenschutz mittlerweile zum den Standardreportoire innerhalb eines Geographischen Informationssystems (vgl. KIM 2004, S. 1019).

So bietet eine Sichtfeldanalyse die Möglichkeit, Landschaftsräume dreidimensional zu analysieren und Sichtbeziehungen in Abhängigkeit von der Geomorphologie, den Objekthöhen der Landschaftselemente, der Objekthöhe eines Eingriffsobjektes (Beobachtungspunkt) und der ‚Augenhöhe‘ eines menschlichen Beobachters zu ermitteln. In die Berechnung eines Sichtfeldes, also einer beeinträchtigten Fläche von der Sichtachsen zu einem spezifischen Objekt bestehen, fließen im speziellen Fall, neben den digitalen, interpolierten Höhendaten der Geländeoberfläche, die Höhen vorhandener und ausgewählter (Landschafts-) Objekte ein, aus denen ein untersuchungsraumspezifisches Oberflächenmodell generiert wird (vgl. ESRI 2007, *Calculate viewshed*). Ergebnis einer Sichtfeldanalyse ist eine Fläche in Quadratmetern (Sichtfeld), von der Sichtbeziehungen zum Eingriffsobjekt bestehen, welche in Abhängigkeit vorhandener Sichtbarrieren (z. B. Landschaftselemente) ermittelt wurden.

3.1.1 Digitale Sichtfeldanalyse in ArcGIS Spatial Analyst 9.2

Die allgemeine Beschreibung der Sichtfeldanalyse (vgl. Kap. 3.1) geht davon aus, dass es sich bei der Methode um eine Ermittlung von Flächen mit Sichtbeziehungen unter Berücksichtigung von Objekthöhen handelt. Demnach müsste eine Sichtbeziehung vom Beobachtungsobjekt zu einer Rasterzelle des Eingangsrasters in Abhängigkeit von der Tatsache bestehen, ob zwischen *observation point* und ausgehender Rasterzelle eine Zelle mit höherer Wertigkeit (Landschaftsobjekt) liegt, welche die Sichtbeziehung unterbricht.

Differenzierter betrachtet handelt es sich bei der *viewshed analysis* um die Bestimmung der Sichtbeziehung von einem *observation point* (berücksichtigt über einen *OFFSETA* in der Attributtabelle) zu jeder einzelnen Rasterzelle (optional: *OFFSETB*). Eine Sichtfeldanalyse liefert also die Rasterzellen, die von einem Beobachtungspunkt eingesehen werden können. Technisch bedeutet das für ein Eingriffsobjekt, dass den Rasterzellen, die von diesem Objekt (*observation point*) eingesehen werden können, der Wert 1 und jenen Zellen auf welche die Sicht versperrt ist der Wert 0 zugewiesen wird (vgl. ESRI 2002, S. 160). Als potenzielle Parameter für die Durchführung der Sichtfeldanalyse dienen das vertikale sowie das horizontale Sichtfeld, die Höhe des Eingriffsobjektes (Mobilfunkmast) und die der Rasterzellen (Geländeoberfläche + Augenhöhe) (vgl. Kap. 3.1.1.6).

Für die Berechnung des Sichtfeldes sind als digitale Eingangsdaten ein Höhenraster als eine aus Höhenpunkten abgeleitete immaterielle Oberfläche, attributierte ggf. aus einer Kartierung im Gelände abgeleitete Geometrien, die als Landschaftselemente und -strukturen potenziell sichtverschattende Wirkung haben und der Standort des Eingriffsobjektes (*observation point*) mit bekannter und zugewiesener Höhe erforderlich. Da eine Sichtfeldanalyse aus Sicht eines menschlichen Betrachters durchgeführt werden sollte, der die Landschaft vorwiegend mit seinen Augen wahrnimmt (vgl. Kap. 2.3.3 ff), wird jeder Zelle des Oberflächenmodells als potenzieller Standort eines Betrachters, während der Durchführung der Sichtbarkeitsanalyse die angenommene, durchschnittliche menschliche Augenhöhe von 1,5 m hinzuaddiert. Diese vertikale Entfernung von Oberfläche bis Augenhöhe wird dem Höhenwert (z-Wert) der Rasterzelle über die Angabe eines *OFFSETB* hinzugerechnet. Ohne die Angabe des *OFFSETB* und die Addition des Höhenwertes zum Zeitpunkt der Betrachtung der Sichtbeziehung zwischen

Mastspitze (*observation point*) und Rasterzelle, käme es aufgrund der Betrachtungshöhe null (Geländeoberfläche) zu unrealistischen und fälschlichen Flächenschätzungen.

Die Aufbereitung der Daten und deren Verwendung zur Berechnung des Sichtfeldes werden in den folgenden Kapiteln zur *viewshed analysis* eingehend betrachtet.

3.1.1.1 Kartengrundlage

Als Kartengrundlage für die Durchführung der Sichtfeldanalyse dient die Deutsche Grundkarte im Maßstab 1 : 5.000, die NOHL als Bearbeitungsgrundlage empfiehlt (vgl. NOHL 1993, S. 61). Die Kartierung der Biotop- und Nutzungsstruktur (vgl. Kap. 3.2.2) und damit die Aufnahme sämtlicher relevanter Landschaftsbildelemente des Untersuchungsraums hinsichtlich Lage und Höhe ist die Grundvoraussetzung für die anschließende Durchführung einer aktuellen und realitätsnahen Sichtfeldanalyse. Vor dem Hintergrund, dass nach KÖHLER im Rahmen der Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes als typische und prägende Objekte u. a. Einzelbäume und Alleen sowie kulturhistorische Landschaftsteile wie historische Bauobjekte und Gärten als relevante Landschaftsbildelemente zu berücksichtigen sind (vgl. KÖHLER 2000, S. 48 f.), ist die Wahl der Grundkarte leicht nachvollziehbar; grundrisstreue Darstellungen z. B. der Verkehrswege sind etwa bis zu einem Maßstab von 1 : 5.000 möglich (vgl. HAKE 2002, S. 417 ff).

3.1.1.2 Digitales Geländemodell – DGM 5

Ein digitales Geländemodell stellt die Erdoberfläche in einer datenverarbeitungsgerechten Form dar (vgl. BILL 1996, S 123). „Das Digitale Geländemodell 5 (DGM 5) beschreibt die natürliche Geländeform der Erdoberfläche durch in Lage und Höhe georeferenzierte regelmäßig angeordnete Gitterpunkte mit einer Gitterweite von 10 m“ (BEZIRKSREGIERUNG KÖLN 2008 A). DGM-Daten (digitale Geodaten) liefern auf der Grundlage dieses regelmäßigen Gitters von Höhenpunktdaten die Basis für die digitale Geländemodellierung (vgl. BUZIEK 2002, DGM-Daten). Während das DGM 5 anfänglich mittels photogrammetrischer Auswertungen sowie Digitalisierungen von Höhenfolien der Deutschen Grundkarte 1 : 5000 abgeleitet wurde, erfolgt dessen Ableitung seit 1996 aus den von Laserscannererfassungen (Laserbefliegungen) gewonnenen Daten mit

einem Punktabstand von 1 - 5 m oder durch Ausdünnung vorhandener Daten aus dem digitalen Geländemodell 2. Das DGM 2 wird seinerseits durch flugzeuggestütztes Laserscanning mit Punktabständen von weniger als 1 m und einer Höhengenaugigkeit von 30 cm gewonnen, das bisher aber nur für 1/3 der Landesfläche zur Verfügung steht (BEZIRKSREGIERUNG KÖLN 2008 B). Die Genauigkeit der Höhendaten des DGM 5 beträgt im Allgemeinen 50 cm, die in bewaldeten Bereichen, auf Industrie- und Siedlungsflächen sowie in künstlich umgestalteten Gebieten z. T. aber nicht erreicht werden kann. Das Digitale Geländemodell 5 steht für die gesamte Landesfläche Nordrhein-Westfalens zur Verfügung.

Da im Gesamtzusammenhang der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung (vgl. Kap. 2.2.2.1) die Ermittlung der beeinträchtigten Fläche in Quadratmetern von Bedeutung ist, deren Ermittlung monetäre Auswirkungen auf die Ausgleichsmaßnahmen oder direkt auf die Ausgleichszahlungen haben kann, besteht das berechtigte Interesse an einer möglichst exakten Flächenschätzung. Während BUHMANN et al. für deren Anwendungsgebiet im Bereich der Sichtanalyse die Qualität der Radar-Daten der *Shuttle Radar Topography Mission* der NASA mit einer Rasterweite von 90 m für ausreichend halten, sind für einen Bearbeitungsradius von 500 m, in dem die geomorphologischen Bedingungen Auswirkungen auf die Sichtbarkeit haben können, höher aufgelöste Daten notwendig (vgl. BUHMANN 2005, S. 85). ROTH geht in seiner Arbeit zur Analyse, Bewertung und Darstellung des Landschaftsbildes auf Grundlage des digitalen Landschaftsmodells 25 (ATKIS-DGM-25)²⁶ davon aus, dass die Beschreibung des Reliefs auf dessen Grundlage für Sichtfeldanalysen im Rahmen der Landschaftsplanung und Maßnahmenfindung innerhalb der Eingriffsregelung hinreichend genau ist (vgl. ROTH 2002, S. 155, 159).

Die Berechnung des Sichtfeldes im Rahmen der *viewshed analysis* dieser Masterarbeit wurde auf Grundlage des digitalen Geländemodells 5 des Geodatenzentrums der Bezirksregierung Köln durchgeführt, das bei Planern aufgrund des günstigsten Verhältnis von Detailgenauigkeit, Verfügbarkeit und Kosten im Bereich der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung Anwendung finden könnte. Aufgrund seiner Genauigkeit ermöglicht das DGM 5 neben der Aufnahme der allgemeinen Oberflächenform auch die Erfassung linearer Strukturen wie Dämme und Einschnitte von Eisenbahnlinien, Straßen und We-

²⁶ Das DGM 25 beschreibt die natürliche Geländeform durch regelmäßige Gitterpunkte mit einer Gitterweite von 25 m und einer Höhengenaugigkeit von +/- 1 bis 3 m (vgl. BEZIRKSREGIERUNG KÖLN 2008 C).

gen. Der Detaillierungsgrad des DGM 5 scheint insbesondere vor dem Hintergrund der Untersuchungen von ROTH als gut geeignet. SCHMIDT et al. sehen grundsätzlich neben der Erhältlichkeit der Daten die Höhe des Preises als limitierenden Faktor für eine Verwendung (vgl. SCHMIDT 2003, S. 459).

Die gelieferten Punktraster-Dateien der Bezirksregierung Köln müssen für eine Verwendung in ArcGIS in folgender Art aufbereitet werden: Zum einen ist der trennende Punkt durch ein Komma zu ersetzen, so dass das Ergebnis eine siebenstellige Gauß-Krüger-Koordinatenangabe sowie eine kommaseparierte Höhenangabe ist. Zum anderen sind der Datei (ggf. auch den zu einem Datensatz kombinierten Punktrastern) einmalig die Spaltenbezeichnungen *x*, *y* und *z* zuzuweisen, damit sie mit der Funktion *Create Feature Class From XY Table* des *ArcCatalog* umgewandelt und als *Shape* gespeichert werden kann.

3.1.1.3 Interpoliertes Oberflächenmodell

Die Umsetzung eines digitalen Geländemodells kann grundsätzlich über zwei verschiedene Ansätze erfolgen, entweder über den rasterbasierten Ansatz, der zu einem *Grid* (Gitter zur Verwaltung von Höheninformationen zur Erstellung einer Oberfläche) führt oder den vektorbasierten Ansatz, der ein TIN (Flächenmodell zur Darstellung von Geländeoberflächen) liefert; eine Entscheidung welcher Ansatz zur Anwendung kommt, erfolgt entsprechend der Ausgangsdaten oder anhand der Anforderungen an das generierte Modell (vgl. FREIWALD 2006, S. 15 f.).

Speziell Datensätze der deutschen Landesvermessung haben bereits einen Interpolationsprozess²⁷ durchlaufen und wurden bis auf wenige Ausnahmen zu regelmäßigen Punktnetzen verschiedener Maschenweiten verdichtet, welche meist in einem äquidistanten Raster vorliegen (vgl. OSTER 2006, S. 42). Aus der regelmäßigen Punkteverteilung des Höhengitters (DGM 5, vgl. Kap. 3.1.1.2) wird durch ein festzulegendes Interpolationsverfahren eine immaterielle resp. plastische Darstellung der Oberfläche (*Git-*

²⁷ Interpolation heißt Zuweisung eines berechneten Wertes für nicht direkt gemessene Punkte unter Annahmen über den Verlauf zwischen den Punkten (vgl. BILL 1996, S. 67).

termethode, Grid) in 2,5-D²⁸ modelliert (vgl. RASE 1998, S. 20; TIEDE 2005, S. 16). Wie SCHMIDT et al. bereits anbringen, wäre ein Vergleich verschiedener Interpolationsalgorithmen zur Verbesserung des digitalen Geländemodells eine eigenständige sehr aufwändige Untersuchung, und so soll im Rahmen dieser Masterarbeit nicht auf die verschiedenen Interpolationsverfahren eingegangen werden (vgl. SCHMIDT 2003, S. 459). Da die Höhenpunkte des Rasters für die Konstruktion einer Oberfläche dicht beieinander liegen und größere Differenzen aufgrund der spezifischen Geomorphologie zu erwarten oder zumindest im Bereich des möglichen liegen, wird im Rahmen der Masterarbeit das Interpolationsverfahren Inverse Distance Weighted (IDW) angewandt (vgl. ESRI 2007, *Spline; How do I determine which interpolation method to use?*).

Allgemein geht die inverse Distanzgewichtung auf das von TOBLER formulierte erste geographische Prinzip zurück, dass alles mit allem in Beziehung steht, sich jedoch nah liegende Dinge ähnlicher sind als entfernte²⁹ (vgl. TOBLER 1970, S. 236). Als lokale Interpolationstechnik werden bei der Methode nach IDW die Distanzen von den Referenzpunkten zu den gesuchten Punkten ermittelt, deren Wert als arithmetisches Mittel der Nachbarpunkte berechnet und diese Mittelwerte in Abhängigkeit ihrer Entfernung zum jeweiligen Referenzpunkt mit dem Kehrwert der Distanzen gewichtet. Über einen Exponenten als Gewichtungsfaktor lässt sich bestimmen, wie stark die Gewichtung mit zunehmender Distanz abnehmen soll; größere Exponenten führen zu einem höheren Einfluss näher liegender Stützpunkte, aber auch zu einer unruhigeren Oberfläche.

Das *Höhen-Grid* wird aus der *Feature Class* der XYZ-Werte des DGM 5 mit der *Extension Spatial Analyst* nach der Methode der inversen Distanzgewichtung zu einer Rasteroberfläche interpoliert. Als Rasterweite wurde eine Einstellung von zwei Metern gewählt, um im Weiteren Verfahren einzelne Landschaftselemente (z. B. lineare Gehölzstrukturen) berücksichtigen zu können.

²⁸ Modelle für die Präsentation von Oberflächen werden als 2,5-D-Oberflächen bezeichnet, um den Unterschied zu echten 3-D-Darstellungen kenntlich zu machen. Bei 2,5-D-Modellen wird zur Lagegeometrie (x, y) auch die Höhe (z) gespeichert, allerdings keine mehrfachen z-Werte (vgl. RASE 1998, S. 20; TIEDE 2005, S. 16).

²⁹ „Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things“ (TOBLER 1970, S. 236).

3.1.1.4 Spezielles Oberflächenmodell entsprechend der Nutzungsstruktur

Entsprechend der Nutzungsstruktur wird ein untersuchungsraumspezifisches hochaktuelles Oberflächenmodell auf Grundlage der Feldkartierung und des *Höhen-Grids* (vgl. Kap. 3.1.1.3) erstellt. Das durch Umwandlung der vektorisierten und attribuierten Landschaftselemente und -strukturen entstandene *Nutzungs-Grid* wird mit dem bereits interpolierten *Höhen-Grid* überlagert und das spezifische Oberflächenmodell berechnet.

Wie bereits in Kapitel 2.4.2.2 im Rahmen der Ermittlung des »tatsächlichen« Einwirkungsbereichs angesprochen wurde, sollten die abgeleiteten Geometrien der Elemente und Strukturen mit sichtverschattender Wirkung auf Grundlage einer Kartierung in die Berechnung des Sichtfeldes eingebracht werden, da diese im DGM 5 nicht berücksichtigt werden. Das digitale Oberflächenmodell (DOM) enthält zwar neben der natürlichen Geländeform auch die auf der Erdoberfläche befindliche Bebauung sowie die Vegetation und würde mit etwa 30 cm auch eine geeignete Höhengenaugigkeit aufweisen (vgl. BEZIRKSREGIERUNG KÖLN 2008 D), allerdings ist das DOM weder landesweit noch in einer ausreichenden räumlichen Auflösung verfügbar; z. T. beträgt der mittlere Punkt-Abstand 3-5 m, was für eine Verortung einschließlich Höhenzuweisung von Einzelobjekten unzureichend ist (vgl. Kap. 3.1.1.1). Nicht zuletzt ist der Faktor Aktualität ein wesentlicher Punkt, der für eine Kartierung der Biotop- und Nutzungsstruktur (vgl. Kap. 3.2.2) spricht. Zwar ist die Landesvermessung um eine stete Fortführung bemüht, allerdings kann eine turnusmäßige Aktualisierung eine Begehung im Gelände nicht ersetzen und z. B. die Rodung von Gehölzbeständen, Windwurf oder bauliche Veränderungen nicht berücksichtigen. Das Vorgehen im Rahmen der Kartierung und der Höhenaufnahme ist in den Kapiteln 3.2.2 und 3.2.3 zusammengefasst.

Die vektorisierten Geometrien der Flächen und der Landschaftselemente bekommen die bei der Durchführung der Sichtfeldanalyse zu berücksichtigende, im Gelände ermittelte Objekthöhe in Metern (Karteneinheit) sowie den Höhenwert der Flächen von 0 m (Acker, Wiese, Weide etc.) in der Attributtabelle zugewiesen. Dieses attributierte *Flächen-Shape* wird mit der *Extension Spatial Analyst* in ein Raster konvertiert (*Nutzungs-Grid*) und dieses mit dem *Raster Calculator* auf das *Höhen-Grid* der interpolierten Oberfläche (vgl. Kap. 3.1.1.3) hinzuaddiert, so dass ein spezifisches *Oberflächen-Grid* unter Berücksichtigung der Nutzung für die weitere Analyse zur Verfügung steht. Die potenziell sichtverschattenden Elemente fließen als Teil des generierten Oberflächenmodells in die Berechnung des Sichtfeldes ein.

3.1.1.5 Festlegung des Eingriffsobjektes

Das Kapitel 2.3.4 zeigt verschiedene Typen von mastenartigen Eingriffsobjekten, von denen in der vorliegenden Masterarbeit im Rahmen der Sichtfeldanalyse lediglich die Mobilfunkmasten berücksichtigt werden. Grundsätzlich unterscheidet sich die *viewshed analysis* eines Mobilfunkmastes nicht von der eines anderen solitären mastenartigen visual impact; Unterschiede bestehen in der Anwendung der entsprechend der Höhe des Eingriffselementes von NOHL empfohlenen Fassung (vgl. Kap. 2.4.2.1) sowie u. a. bei der Betrachtung von Freileitungstrassen aufgrund des mehrfachen Auftretens mastenartiger Elemente.

Zur Berechnung des Sichtfeldes eines einzelnen Eingriffsobjektes wird die Höhe des Elementes in Metern (Karteneinheiten) angegeben; diese Angabe liefert so die Grundlage für die GIS-gestützte Berechnung der Sichtbarkeit jeder einzelnen Rasterzelle über Winkelbeziehungen, ausgehend von der Spitze des Mastes als *observation point*. Technisch wird dem Oberflächenmodell an einem spezifischen Punkt (Standort der Mobilfunkstation) über die Variable *OFFSETA* in der Attributtabelle die Höhe des Mastes (z-value) aufaddiert.

Auf dieses Kapitel der Methodik wird im Folgenden im Rahmen der Berechnung der partiellen Sichtbarkeit (vgl. Kap. 3.1.2) erneut Bezug genommen werden.

3.1.1.6 Berechnung des Sichtfeldes – Viewshed Analysis

Die Berechnung des Sichtfeldes erfolgt über die Funktion *Viewshed* des *Surface Analysis Tools* des *Spatial Analyst*, wobei als *input surface* das spezielle, neu berechnete Oberflächenmodell und als *observer point* der Maststandort in die Berechnung einfließen. Unter Berücksichtigung der Höhenwerte des spezifischen Geländemodells, der Objekthöhe des Mastes (*OFFSETA*) entsprechend der Ausführungsplanung und der Augenhöhe (*OFFSETB*) als Konstante von 1,5 m wird eine Vorstufe des tatsächlichen Sichtfeldes berechnet.

Da sämtliche im Untersuchungsraum vorhandenen und kartierten sichtverschattenden Landschaftselemente zwar mit ihrer ermittelten Objekthöhe in die Berechnung des tatsächlichen Sichtfeldes einfließen sollen, deren Grundflächen nach NOHL aber nicht zu den beeinträchtigten Flächen zu zählen sind (vgl. Kap. 2.4.2.2), werden diese bei einer

kombinierten Abfrage mit dem *Raster Calculator* des *Spatial Analyst* nicht berücksichtigt. Die Abfrage der tatsächlich beeinträchtigten Flächen aus dem zuvor erstellten Viewshed erfolgt über die *Calculation* der Flächen (Rasterzellen), die beeinträchtigt sind, also vom *observation point* aus einsehbar sind und den Rasterwert 1 besitzen sowie gleichzeitig keinen Höhenwert innerhalb des *Nutzungs-Grids* (Rasterwert 0) aufweisen.

Das Ergebnis ist ein Raster des tatsächlichen Sichtfeldes auf Augenhöhe, ausgehend von der Betrachtung der Mastspitze unter Berücksichtigung der Geländeoberfläche sowie der Biotop- und Nutzungsstruktur.

3.1.2 Partielle Sichtbarkeit

Vor dem Hintergrund der Überlegung, dass die Intensität der Beeinträchtigung mit der Größe eines Eingriffsobjektes zunimmt (vgl. Kap. 2.3.4.1.3), wurde das „Bewertungsverfahren für mastenartige Eingriffe“ um die GIS-gestützte Berechnung partieller Sichtbarkeiten des Mastes erweitert (vgl. Kap. 3.1.1.6). Dieses Prinzip bietet die Möglichkeit dem Umstand einer differenzierten Bewertung der Eingriffsintensität Rechnung tragen zu können. Die partielle Sichtbarkeit respektive die partielle Sichtverschattung durch Landschaftselemente wie Bebauung und Vegetation wird in unterschiedlichen Farbschattierungen in den Karten der Sichtfeldanalysen (vgl. Kap. 3.2.4.3, 3.2.5.3, 3.2.6.3) dargestellt. Diese Darstellung ermöglicht es, differenzierte Aussagen über die Beeinträchtigung einer Landschaft in Abhängigkeit von der tatsächlichen Sichtbarkeit des Eingriffsobjektes zu treffen.

Die Bedeutung der partiellen Sichtbarkeit als Maß für die Beeinträchtigungsintensität veranschaulichen die Abbildungen 3–1 und 3–2 im direkten Vergleich. Auch wenn die partielle Sichtbarkeit des Stahlgittermastes im vorliegenden Fall durch eine Auflösungserscheinung (vgl. Kap. 2.3.3.4) hervorgerufen wird, lässt sich die Bedeutung einer differenzierten Betrachtung der Sichtbarkeit erkennen.

Zur Ermittlung der partiellen Sichtbarkeit des Mastes (vgl. Kap. 3.1.2) erfolgte die Berechnung des Sichtfeldes einer jeden Mobilfunkstation ab *Festlegung des Eingriffsobjektes* (vgl. Kap. 3.1.1.5) pro Standort in drei Durchläufen, jeweils mit einer unterschiedlichen, an die ursprüngliche Masthöhe angepassten Objekthöhe (*OFFSETA*). In Anlehnung an die Wirkzonen nach NOHL wurden in 10-Meter-Schritten drei unter-

schiedliche virtuelle Masthöhen durchgerechnet (vgl. NOHL 1993, S 45; Kap. 2.4.2.1); bezogen auf die Mobilfunkstation am Standort Lüdinghausen wurden Sichtfelder für die Masthöhen 48 m (Ausführungsplanung), 38 m sowie 28 m berechnet und dargestellt. Durch die dreifache Berechnung des Sichtfeldes, mit neben der realisierten Masthöhe jeweils 10 m sowie 20 m unterhalb der eigentlichen Masthöhe, ergeben sich Sichtfelder von denen die oberen 10 m des Mastes, die oberen 20 m sowie mehr als insgesamt 20 m des Mastes einsehbar sind.



Abb. 3–1: Gesamtansicht eines Stahlgittermastes



Abb. 3–2: Partielle Sichtbarkeit eines Stahlgittermastes

3.1.3 Darstellung der Sichtbarkeit und Sichtverschattung

Auf Grundlage der Kartierung der Biotop- und Nutzungsstruktur im Maßstab 1 : 5.000 wird die tatsächlich beeinträchtigte Fläche (Sichtfeld) in den Karten der Sichtfeldanalysen dargestellt (vgl. Sichtfeldanalyse Lüdinghausen, Kürten-Biesfeld sowie Swisttal-Mömerzheim). Entsprechend der Abfrage mit Hilfe des *Raster Calculator* nach Rasterzellen mit dem Value 1 (Sichtfeld, sichtbar) und dem Höhenwert 0 (vgl. Kap. 2.4.2.2) werden diese Flächen in Anlehnung an die Verfahrensansätze nach NOHL als beeinträchtigte Bereiche eingefärbt (von gelb bis orange). Zur besseren Orientierung und Kennzeichnung sensibler Bereiche, insbesondere Wegebeziehungen (vgl. Kap. 2.3.4.2), aber auch Erholungsschwerpunkte und Schutzgebiete, wurden in den Karten spezifische Sichtachsen (Pfeile) eingetragen, welche die Sichtbeziehungen von dem entsprechenden Standort zum Mobilfunkmast verdeutlichen sollen. Fachlich abgeleitete und fundierte Aussagen zu den Sichtachsen, ausgehend von den sensiblen Bereichen, ermöglichen eine ausführliche Analyse des Grades der Beeinträchtigung im Rahmen der Eingriffsbi-

lanzierung. Ferner werden die Landschaftselemente (assoziative Farbgebung) als auch die sichtverschatteten Flächen (grau) in der Karte wiedergegeben; von letzteren Bereichen ist die Sichtbeziehung zum Eingriffsobjekt durch die vorhandenen Landschaftselemente unterbrochen.

3.2 Standorte und Untersuchungsgebiete

Die digitalen Sichtfeldanalysen im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung werden am Beispiel von drei ausgewählten Standorten durchgeführt. Die Untersuchungsgebiete ergeben sich aus dem Standort der Mobilfunkstation in Anlehnung an die Verfahrensansätze von NOHL, auf deren Grundlage in den vorliegenden Fällen (in Abhängigkeit von der Masthöhe) die Kurzfassung Anwendung findet (vgl. Kap. 2.4.2.1).

3.2.1 Kriterien der Standortauswahl

Die Standorte wurden anhand der Datenverfügbarkeit hinsichtlich Geländemodell, Ausführungsplanung und Errichtung der Mobilfunkstation ausgewählt; zusätzlich war die Bereitschaft der Mobilfunkbetreiber, die Daten für die Bearbeitung im Rahmen dieser Masterarbeit freizugeben, von Bedeutung. Die Untersuchungsgebiete, die sich aufgrund der Standortwahl ergeben, sollten sich grundsätzlich hinsichtlich ihres Landschaftsraumes, ihrer Struktur und ihres Erlebniswertes deutlich unterscheiden, um zumindest ansatzweise allgemeingültigere Aussagen ermöglichen zu können, auch wenn eine solche geringe Anzahl an Untersuchungsgebieten grundlegende Schlüsse nicht zulassen.

Die Vorüberlegungen zur Standortfindung hatten ergeben, dass sich jeweils ein Untersuchungsgebiet wie folgt charakterisieren lassen sollte:

- Ebene, aber gut strukturierte Landschaft mit hohem Erlebniswert
(repräsentiert durch den Standort Lüdinghausen)
- Ebene, ausgeräumte Landschaft ohne bedeutenden Erlebniswert
(repräsentiert durch den Standort Swisttal-Mömerzheim)
- Landschaft mit bewegtem Relief
(repräsentiert durch den Standort Kürten-Biesfeld)

Zur Standortaufnahme im Vorfeld der digitalen Sichtfeldanalysen gehört die Kartierung der Biotop- und Nutzungsstruktur, einschließlich der überschlägigen Höhenbestimmung und der Einstufung der sichtverschattenden Elemente und Strukturen in festzulegende Höhenklassen.

3.2.2 Kartierung der Biotop- und Nutzungsstruktur

Vegetation und Bebauung unterbrechen als sichtverschattende Elemente und Strukturen die Sichtbeziehungen zum Eingriffsobjekt und haben folglich erheblichen Einfluss auf die kompensationsbestimmende Flächengröße. Daher werden im Rahmen der Kartierung der Biotop- und Nutzungsstruktur im Gelände neben der Lage und Art der Landschaftselemente auch deren Höhen aufgenommen.

Auf der Grundlage der Deutschen Grundkarte im Maßstab 1 : 5.000 werden im Gelände die Nutzungsarten der Flächen bestimmt, die Landschaftselemente aufgenommen sowie deren Höhe bestimmt (vgl. Kap. 3.2.3). Im Gelände entsteht eine analoge Karte der Biotop- und Nutzungsstruktur, welche als Grundlage für die planerische und kartographische Darstellung, für die Attributierung der Höhenwerte der erzeugten Geometrien und im Weiteren für die Durchführung der Sichtfeldanalyse dient. Sondernutzungen, wie nicht zugängliche Flächen o. Ä. (vgl. Kap. 2.3.4.2) müssen im Einzelfall betrachtet und ggf. entsprechend ausgewiesen werden.

3.2.3 Höhenaufnahme der Landschaftselemente

Ab einer Höhe von zwei Metern werden sämtliche Landschaftselemente als potenziell sichtverschattend angesehen, niedrigere Objekte gelten als „überschaubar“ und werden als nicht sichtverschattend eingestuft; Einzelbäume oder lichte Baumreihen ohne Kronenschluss gelten ebenfalls als nicht sichtverschattend. Bebaute Bereiche einschließlich deren (Haus-) Gärten werden wegen des hohen Kartieraufwandes und der oftmals fehlenden Zugänglichkeit in ihrer Gesamtheit als sichtverschattende Elemente betrachtet. Die Höhe aller potenziell sichtverstellenden Elemente oder Strukturen sollte zur Erhöhung der Genauigkeit in untersuchungsraumspezifische Höhenklassen eingeteilt werden, diese fließt als standardisierter Mittelwert in die Berechnung des Sichtfeldes im entsprechenden Untersuchungsraum ein (vgl. Tab. 3-1). Einen Überblick über die ange-

rechneten Strukturen, einschließlich ihrer Höhenklasse und ihres Höhenwertes wie er bei den vorliegenden Sichtfeldanalysen berücksichtigt wurde, zeigt die Tabelle Tab. 3-1; aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit Untersuchungsräume konnten ähnliche Höhenklassen und Höhenwerte angenommen werden.

Tab. 3-1: Höhenwerte der bei der Sichtfeldanalyse berücksichtigten Landschaftselemente

Landschaftselemente (Bebauung/Vegetationsstrukturen)	Höhenklasse [m]	Bei der Sichtfeldanalyse berücksichtigter Höhenwert [m]
Gewächshäuser, Gewerbe	3-6	5
Haus- und Gartenfläche, Gehöfte	3-10	8
Gebüsche, niedrige Heckenstrukturen	2-6	4
Gehölzstreifen, Obstwiesen, frei wachsende Strauchhecken, geschlossene Baumreihen	6-12	10
Wald, Feldgehölze, alte Baumreihen und Gehölzstreifen	> 12	20

Wie bereits in Kapitel zur *Wahrnehmung räumlicher Tiefe und Größe* besprochen, neigt der Mensch zur „Vertikalen-Überschätzung“ (Höhenüberschätzung, vgl. Kap. 2.3.3.2). Zwar ist eine Höhenschätzung von Landschaftselementen und die Einstufung in Klassen für den erfahrenen Planer mit recht hoher Genauigkeit möglich, frei von Überschätzungen, insbesondere bei fehlenden Referenzhöhen oder übergroßen Objekten (WEA, Freileitungsmasten), ist er allerdings nicht. Vor dem Hintergrund der Qualitätsabschätzung der Sichtfeldanalysen im Rahmen dieser Masterarbeit, sollten derartige potenzielle Ungenauigkeiten ausgeschlossen werden und so wurden die Höhen mit Hilfe des DISTO™ A8, einem lasergestützten Höhen- und Entfernungsmesser der Firma Leica Geosystems, durchgeführt.

3.2.4 Standort Lüdinghausen (T-Mobile)

Der Standort der Mobilfunkstation befindet sich im Geltungsbereich der Stadt Lüdinghausen, im Kreis Coesfeld, innerhalb der Gemarkung Seppenrade auf einer ehemaligen Ackerfläche; die Betriebsfläche ist durch einen Stabgitterzaun eingefriedet. Die Mobilfunkstation der T-Mobile Deutschland GmbH besteht aus einem Stahlgittermast von 48 m Höhe sowie einem Technikschränk.

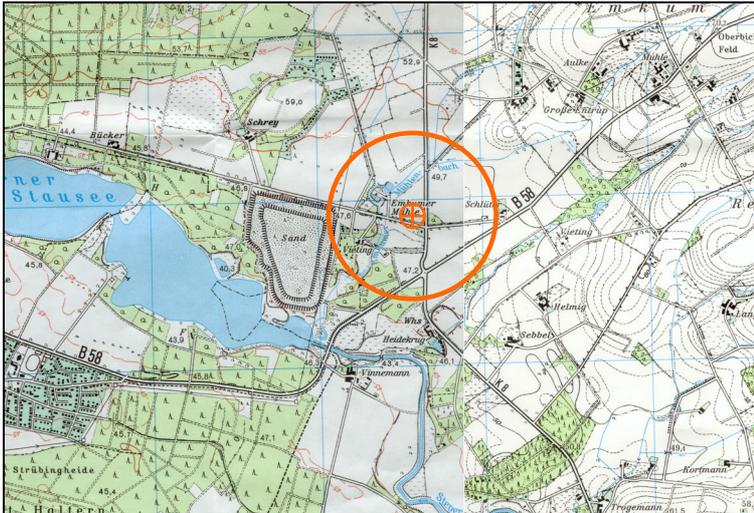


Abb. 3–3: Lage des Maststandorts und des Untersuchungsraums (LVermA, 4209, 4210)

3.2.4.1 Naturraum Westmünsterland

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der naturräumlichen Haupteinheit *Westmünsterland* (544), im Bereich der *Hullerner Sandplatten* (544.61).

Die Böden der Niederterrassenebene haben sich aus geschichteten Fein- oder Mittelsanden entwickelt, die mitunter lehmige Lagen enthalten und in weiten Teilen von mächtigen Flugdecksanden überlagert sind; deren grundwassernahen Böden werden heute meist von Grünland eingenommen. Nach Rodung der natürlichen Waldbestände waren große Teile früher von Calluna-Heiden mit Wacholdergruppen bedeckt und vereinzelt mit Birken, Eichen und Ebereschen bestanden; viele Flurnamen erinnern noch heute daran, Reste der Heideflächen sind zu Naturschutzgebieten erklärt worden.

Große Teile der *Hullerner Sandplatten* sind heute mit Wäldern, Kiefernforsten und einzelnen Beständen der ursprünglichen Eichen-Birken- und Eichen-Buchenwälder bestanden. In der Umgebung der alten Höfe und Hofgruppen des Kirchdorfes *Hullern* werden

die trockeneren Platten an den Talrändern der Fließgewässer ackerbaulich genutzt, die Auen als Grünland. (vgl. BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMORDNUNG 1977, S. 24 f.)

3.2.4.2 Landschaftsstruktur im Untersuchungsraum

Der Großteil des Untersuchungsraums weist eine ebene Geländeoberfläche auf, mit Ausnahme des südwestlichen Bereichs am *Emkumer Bach*, dort zeigt sich eine stark reliefierte Geländeoberfläche, die sich aus kleinräumig wechselnden Biotopstrukturen zusammensetzt. Der östliche und nördliche Untersuchungsraum wird hingegen vorwiegend durch großflächige ackerbauliche Nutzflächen geprägt, wenngleich sich der gesamte Raum durch eine Vielzahl an linearen gliedernden Gehölzstrukturen auszeichnet. Die meist gut entwickelten Gehölzstreifen, Baumreihen, Alleen oder Einzelbäume sowie der Großteil der Feldgehölze (Wälder) im Untersuchungsraum bestehen vorwiegend aus bodenständigen Baum- und Straucharten; kleinflächige Parzellen sind mit Nadel- und Nadel-Laubmischwäldern bestanden sind.

Die alten Hofgruppen im Untersuchungsgebiet liegen am Rand der Bachauen, deren hofnahe Bereiche als Grünland, die höher gelegenen Flächen in der Mehrzahl ackerbaulich genutzt werden. Der *Emkumer Bach*, der sich vor dem Hof *Emkumer Mühle* Mühlenbach nennt, verläuft als naturnaher Sandbach durch den Untersuchungsraum, dessen ehemalige Nutzung zum Mühlenbetrieb sich zur Fischeaufzucht gewandelt hat. Die wenigen neueren Wohnhäuser stehen frei auf den höher gelegenen Lagen und sind durch kleine Zufahrtsstraßen erschlossen.

Der Untersuchungsraum wird von Freileitungstrassen der Dimensionen 10 kV und 110 kV gequert bzw. tangiert.

3.2.4.3 Sichtfeldanalyse Lüdinghausen

Auf der Grundlage des DGM 5, der Kartierung und der Masthöhe wurde eine Sichtfeldanalyse auf Augenhöhe eines menschlichen Betrachters unter Berücksichtigung der partiellen Sichtbarkeit (vgl. Kap. 3.1.2) durchgeführt und das Ergebnis in der Karte der *Sichtfeldanalyse Lüdinghausen* dargestellt.

3.2.4.3 Sichtfeldanalyse Lüdinghausen

Sichtfeld der Mobilfunkstation
in der ästhetischen Wirkzone

-  Stahlgittermast 48 m (T-Mobile GmbH)
-  Grenze des Untersuchungsraums, ästhetische Wirkzone, Radius 500 m

Sichtverschattende
Landschaftselemente und -strukturen

-  Vegetationsstrukturen (2 - 6 m)
-  Vegetationsstrukturen (6 - 12 m)
-  Vegetationsstrukturen (> 12 m)
-  Haus- und Gartenfläche (3-10 m)

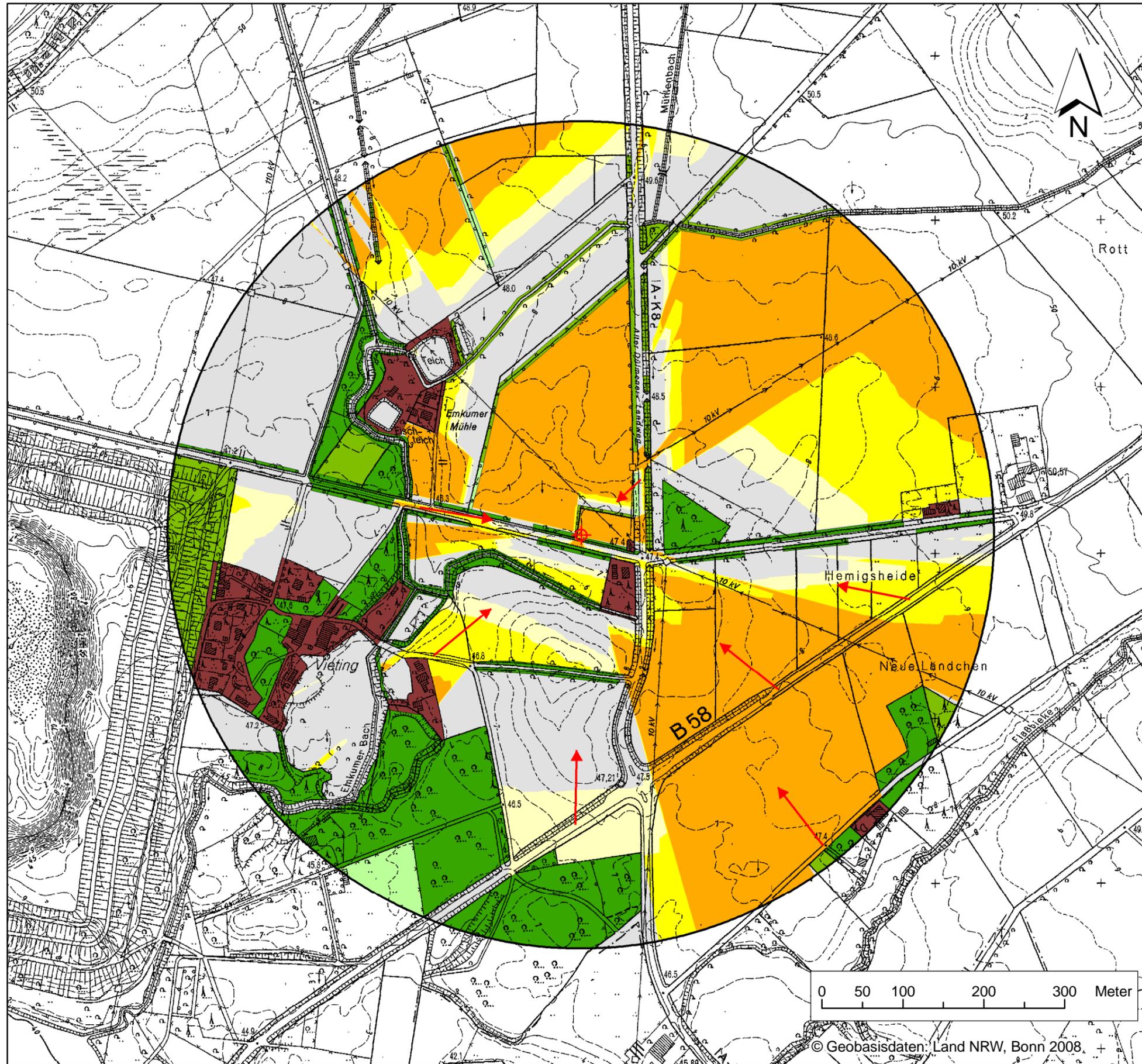
Sichtfeldanalyse

-  Sichtverschattung
Mast ist durch Relief oder sichtverschattende Landschaftselemente nicht einsehbar

Sichtfeld

Berechnung mit ArcGIS Spatial Analyst auf der Grundlage des DGM5, der Biotop- und Nutzungsstruktur, der Masthöhe sowie der Augenhöhe von 1,5 Metern.

-  Obere 10 m des Mastes einsehbar
-  Obere 20 m des Mastes einsehbar
-  Mehr als 20 m des Mastes einsehbar
-  Sichtachse in Richtung Mobilfunkmast



Bearbeitung: Dipl.-Geogr. Marc Weitkowitz
Stand: Oktober 2008

3.2.4.4 Darstellung des tatsächlichen Einwirkungsbereichs

Betrachtet man Wege, Straßen und begehbare Flächen als Bereiche, von denen das Erscheinungsbild einer Landschaft besonders wahrgenommen wird so ergeben sich die in der Karte der Sichtfeldanalyse dargestellten Sichtachsen.

Die Sichtachsen im Untersuchungsraum Lüdinghausen bestehen demnach von der Bundesstraße 58, von deren südwestlichem Bereich lediglich die oberen 10 m des Mastes, von deren nordöstlichem Bereich die oberen 20 m sowie von deren zentralem Bereich mehr als 20 m des Mastes einsehbar sind. Von dem Wirtschaftsweg südöstlich der B 58 sind ebenfalls mehr als 20 m des Mastes einsehbar. Die Bereiche, von denen die oberen 20 m des Mastes einsehbar sind, befinden sich östlich des Siedlungsbereichs *Vieting* sowie im Übergang zu den Sichtbereichen mit mehr als 20 m auf der Straße nahe des Standortes im Bereich der *Emkumer Mühle* und ebenfalls nordöstlich des Standortes auf der Kreisstraße 8. Es lässt sich erkennen, dass zahlreiche Strukturen und Landschaftselemente weitere Sichtbeziehungen auf den Mast unterbrechen und die entsprechenden Straßen- und Wegeabschnitte sichtsverschattet sind; zu diesen gehören der nördliche Bereich des *Alten Dülmener Landweges* (K 8) sowie der Wegeabschnitt östlich des Standortes. Von großen Teilen der Ackerflächen sind aufgrund fehlender gliedernder Strukturen und des nahezu ebene Reliefs allerdings mindestens die oberen 20 m, vorwiegend aber mehr als 20 m des Mastes einsehbar. Zu diesen Bereichen gehören die Flächen nördlich des Standortes, jeweils westlich und östlich der Kreisstraße 8, nordnordwestlich der *Emkumer Mühle* sowie nördlich und südlich der Bundesstraße 58, östlich des Kreuzungsbereichs K 8/B 58.

3.2.5 Standort Swisttal-Mömerzheim (E-Plus)

Der Standort der Funkstation befindet sich im Geltungsbereich der Gemeinde Swisttal, Rhein-Sieg-Kreis, Gemarkung Ollheim auf einer Ödlandfläche an einem Wirtschaftsweg südöstlich der Ortslage Mömerzheim; die Betriebsfläche ist durch einen Stabgitterzaun eingefriedet. Die Mobilfunkstation der E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG umfasst einen 35 m hohen Stahlgittermast sowie einen Technikschränk.

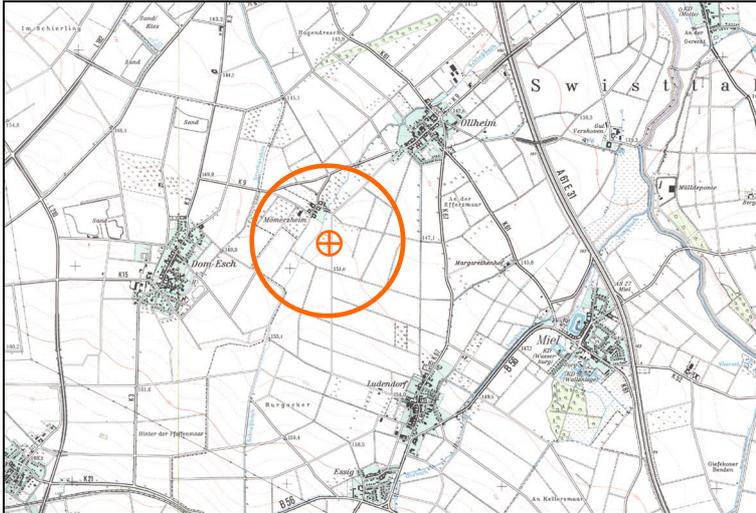


Abb. 3–4: Lage des Maststandorts und des Untersuchungsraums (LVermA, 5307)

3.2.5.1 Naturraum Zülpicher Börde

Das Untersuchungsgebiet liegt in der *Zülpicher Börde* (553), in der naturräumlichen Untereinheit *Escher Lößplatte* (553.00).

Die *Zülpicher Börde*, der Südteil der *Rheinischen Lößbörden*, besitzt eine Gesamtfläche von ca. 880 km², deren Oberflächenformen von tektonischen Vorgängen überprägt sind und deren Schollen- und Bruchzonen von tertiären und jüngeren Sedimenten überlagert sind. Die Tertiärschichten werden von mächtigen Schotterschichten der Haupt- und Mittelterrassen des *Rhein-Maas-Schwemmfächers* bedeckt, die wiederum von einer etwa zwei Meter mächtigen Lössschicht bedeckt sind. Aus dem entkalkten Lösslehm haben sich Brau- und Parabraunerden entwickelt, die sich besonders für den Weizen-, Gerste- und Zuckerrübenanbau eignen und einst mit Wald überzogen waren. Die Täler und Talauen, welche die Lössplatten durchschneiden, stehen in starkem landschaftlichen Gegensatz zu den reinen Anbauflächen. Wurden die Talauen früher von Bruchwäldern eingenommen, stocken hier heute Pappelbestände auf kultiviertem Wiese- und Weideland. Die von Süden nach Norden bzw. Südwesten flach abfallende, weitflächige und offene Agrarlandschaft der *Escher Lößplatte* wird von kleineren Bächen durchquert. Die alten bäuerlichen Siedlungen orientieren sich vornehmlich an den Übergangsbereichen von den trockenen Ackerplatten zu den feuchten Auen. Kulturhistorisch wird allgemein davon ausgegangen, dass die großen Flächen der einstigen Waldvegetation schon in prähistorischer Zeit gerodet und ackerbaulich nutzbar gemacht wurden. (vgl. BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMORDNUNG 1978, S. 36 f.)

3.2.5.2 Landschaftsstruktur im Untersuchungsraum

Der Betrachtungsraum zeichnet sich durch ein nahezu ebenes Relief aus, das mit der Fließrichtung des *Schießbachs* nach Nordosten abfällt. Der Großteil des Betrachtungsraums wird ackerbaulich zum Anbau von Zuckerrüben und Getreide genutzt; die weitere Nutzung gliedert sich in Obstanbau (Erdbeere, Kirsche, Apfel) sowie nahe der Ortsrandlage in Weide- und Wiesenflächen. Die großflächigen, zusammenhängenden Ackerschläge werden von zahlreichen Feld- und Wirtschaftswegen durchzogen, Saumstrukturen sind nur fragmentarisch vorhanden.

Zu den wenigen landschaftsgliedernden Strukturen im Betrachtungsraum zählen der *Schießbach*, ein kleinflächiges, aus bodenständigen Gehölzen zusammengesetztes Feldgehölz sowie die Ortslage Mömerzheim. Der nur temporär wasserführende *Schießbach*, der als begradigter Vorfluter den Betrachtungsraum durchzieht, wird abschnittsweise von Gehölzstrukturen, ansonsten lediglich von einem krautreichen Ufersaum begleitet. Neben Gehölzstreifen, die vornehmlich von Schwarz-Erle, Feld-Ahorn, Birke, Holunder und Hasel gebildet werden, befindet sich bachbegleitend nahe der Ortslage eine Pappel-Baumreihe innerhalb des Betrachtungsraums.

Mömerzheim ist eine alte bäuerliche Ortslage, die sich kaum erweitert hat und deren typische Siedlungsstruktur, aus Gehöften mit Wohnhaus, Stallungen, Scheunen und Innenhof, errichtetet aus Ziegelstein, das Dorfbild prägt. Neben zwei Neubauten befindet sich am Ortstrand eine große landwirtschaftliche Betriebsstätte, die sich auf Obstanbau und -vermarktung spezialisiert hat und aus einer Betriebshalle sowie einer größeren Anzahl von Foliengewächshäusern und Wohncontainern für die Erntehelfer besteht. Zu der Betriebsstätte gehört ferner eine neu errichtete fest stehende Gewächshausanlage von beachtlicher Dimension, die sich direkt westlich an den Standort der Mobilfunkstation anschließt.

3.2.5.3 Sichtfeldanalyse Swisttal-Mömerzheim

Auf der Grundlage des DGM 5, der Kartierung und der Masthöhe wurde eine Sichtfeldanalyse auf Augenhöhe eines menschlichen Betrachters unter Berücksichtigung der partiellen Sichtbarkeit (vgl. Kap. 3.1.2) durchgeführt und das Ergebnis in der Karte der *Sichtfeldanalyse Swisttal-Mömerzheim* dargestellt.

3.2.5.3 Sichtfeldanalyse Swisttal-Mömerzheim

Sichtfeld der Mobilfunkstation in der ästhetischen Wirkzone

-  Stahlgittermast 35 m (E-Plus GmbH)
-  Grenze des Untersuchungsraums, ästhetische Wirkzone, Radius 500 m

Sichtverschattende Landschaftselemente

-  Vegetationsstrukturen (2 - 6 m)
-  Vegetationsstrukturen (> 12 m)
-  Gewächshäuser, Gewerbe (3-6 m)
-  Haus- und Gartenfläche (3-10 m)

Sichtfeldanalyse

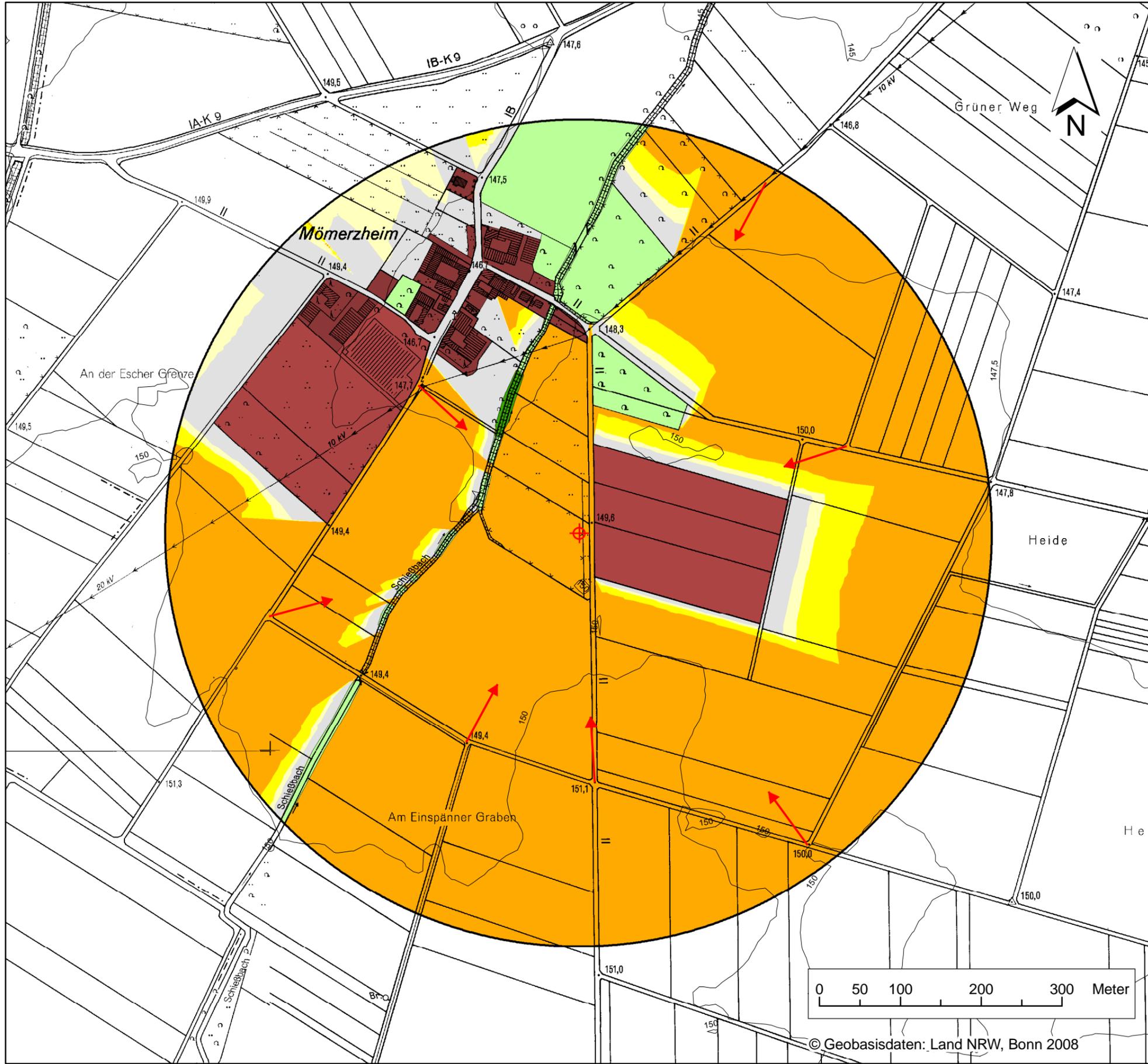
-  Sichtverschattung
Mast ist durch Relief oder sichtverschattende Landschaftselemente nicht einsehbar

Sichtfeld
Berechnung mit ArcGIS Spatial Analyst auf der Grundlage des DGM5, der Biotop- und Nutzungsstruktur, der Masthöhe sowie der Augenhöhe von 1,5 Metern.

-  Obere 10 m des Mastes einsehbar
-  Obere 20 m des Mastes einsehbar
-  Mehr als 20 m des Mastes einsehbar

-  Sichtachse in Richtung Mobilfunkmast

Bearbeitung: Dipl.-Geogr. Marc Weitkowitz
Stand: Oktober 2008



3.2.5.4 Darstellung des tatsächlichen Einwirkungsbereichs

Zu den Bereichen, von denen das Erscheinungsbild einer Landschaft besonders wahrgenommen wird, zählen Wege, Straßen und begehbare Flächen; von diesen ausgehend ergeben sich die in der Karte der Sichtfeldanalyse dargestellten Sichtachsen.

Bei den Verkehrswegen im Untersuchungsraum Swisttal-Mömerzheim, von denen Sichtachsen auf den Mast bestehen, handelt es sich ausschließlich um Wirtschaftswege, welche die vorhandenen landwirtschaftlichen Nutz- und Gewerbeflächen erschließen. Aufgrund der geringen Anzahl an sichtverstellenden Strukturen und der nahezu ebenen Oberflächengestalt sind die Sichtachsen zum einen sehr zahlreich, wobei die vorhandenen beispielhaft ausgewählt und i. d. R. für einen weiten Wegeabschnitt gelten, zum anderen sind stets mehr als 20 m des Mastes einsehbar. Lediglich die wenigen Bereiche hinter den Siedlungs- und Gewerbeflächen, den linearen Vegetationsstrukturen entlang des *Schießbaches* sowie hinter den Vegetationsstrukturen im nördlichen Bereich des Untersuchungsraumes sind sichtsverschattet oder lassen entsprechend der Entfernung vom Betrachter zum Landschaftselement die Sicht nur auf Teile des Mastes zu.

3.2.6 Standort Kürten-Biesfeld (E-Plus)

Der Standort der Mobilfunkstation befindet sich im Geltungsbereich der Gemeinde Kürten, Rheinisch-Bergischer Kreis, innerhalb der Gemarkung Collenbach auf einer Wiesenfläche an einem Waldweg in Kürten-Biesfeld zwischen den Ortsteilen Lenninghausen und Dahl; die Betriebsfläche ist durch einen Stabgitterzaun eingefriedet. Die Mobilfunkstation der E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG besteht aus einem Stahlgittermast von 30 m Höhe sowie einem Technikschränk.

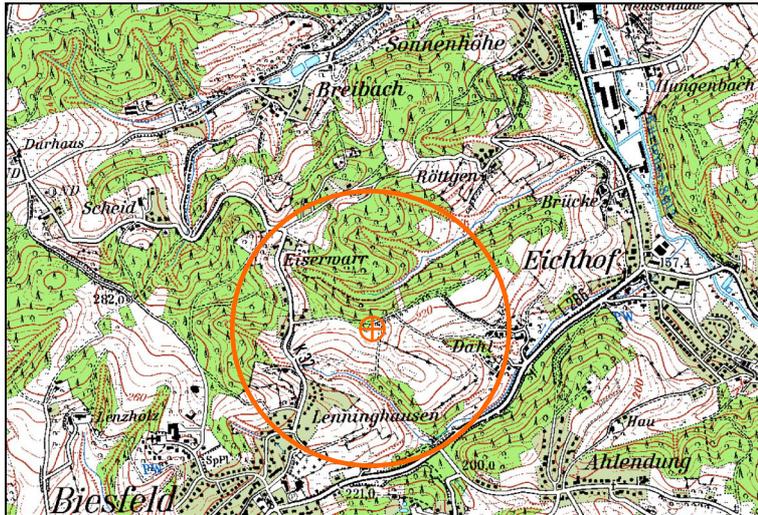


Abb. 3–5: Lage des Maststandorts und des Untersuchungsraums (LVermA, 4909)

3.2.6.1 Naturraum Bergische Hochflächen

Das Untersuchungsgebiet liegt im Naturraum der *Bergischen Hochflächen* (338), in der naturräumlichen Untereinheit *Kürtener Hochfläche* (338.220).

Die *Kürtener Hochfläche*, eine lang gestreckte Hochfläche, die sich von 240 m NN im Südwesten bis auf 350 m NN im Nordosten bis zum Rand der *Wippermulde* hebt, bildet den nordwestlichen Bereich des Höhenrahmens des *Sülzberglandes* (338.22). Die *Kürtener Hochfläche* wird durch das steilhangige, aber breitsohlige *Kürtener Sülztal* in einen nordwestlichen und einen südöstlichen Flügel geteilt sowie von zahlreichen Nebengewässern der *Sülz* und der *Dhünn* durchzogen. Der geologische Sattelbau und die Zerschneidung durch die Nebengerinne wirken sich auf die Oberflächengestalt aus; die gewellte Oberfläche ist hauptsächlich von mittelgründigem, steinigem und sandigem Lehm bedeckt.

Der vorherrschende, großflächige Hainsimsen-Buchenwald ist je nach Exposition und Höhenlage unterschiedlich ausgebildet; in tieferen sonnenexponierten Lagen kommt neben der dominierenden Buche und der begleitenden Stiel-Eiche auch die Traubeneiche vor sowie auf Böden mit hohem Skelettanteil zudem der Berg-Ahorn. In feuchteren Lagen dominiert der Eichen-Hainbuchenwald mit der prägenden Stiel-Eiche. (vgl. BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMORDNUNG 1977, S. 19 f.)

3.2.6.2 Landschaftsstruktur im Untersuchungsraum

Der Betrachtungsraum zeichnet sich durch eine deutlich hügelige Oberflächengestalt mit zum Teil hoher Reliefenergie aus, einzelne Kuppen wie die nahe des Maststandortes und Kerbtäler führen zu einer kleinräumig stark bewegten Oberflächengestalt. Landschaftsraumtypisch unterliegen die schwächer geneigten Flächen der Grünlandnutzung die stärker geneigten Flächen sind mit zusammenhängenden Waldflächen bestanden. In den Wäldern dominiert die Buche, je nach Standort und Lage mischen sich Stiel-Eiche, Hainbuche, Eberesche und Stechpalme bei. Neben den bodenständigen Laubwaldbeständen, die eine forstwirtschaftliche Nutzung erkennen lassen, sind mit geringerem Anteil auch Fichtenforste im Betrachtungsraum vorhanden.

Die Bäche verlaufen aufgrund des Gefälles geradlinig in tief eingeschnittenen Kerbtälern, die von Grünland, Brachen, Wildwiesen und Gehölzstreifen gesäumt werden, letztere setzen sich vorwiegend aus bodenständigen Gehölzen wie Schwarz-Erle, Sal-Weide und Espe zusammen.

Die siedlungsnahen Strukturen sind sehr heterogen und setzen sich aus Obstwiesen und -weiden zusammen, ferner stocken alte bodenständige Gehölzstrukturen (Gehölzstreifen) entlang der hangaufwärts führenden Wege sowie an den Hängen der Kerbtäler, zum Teil reichen Waldbestände bis an die Wohnbebauung heran.

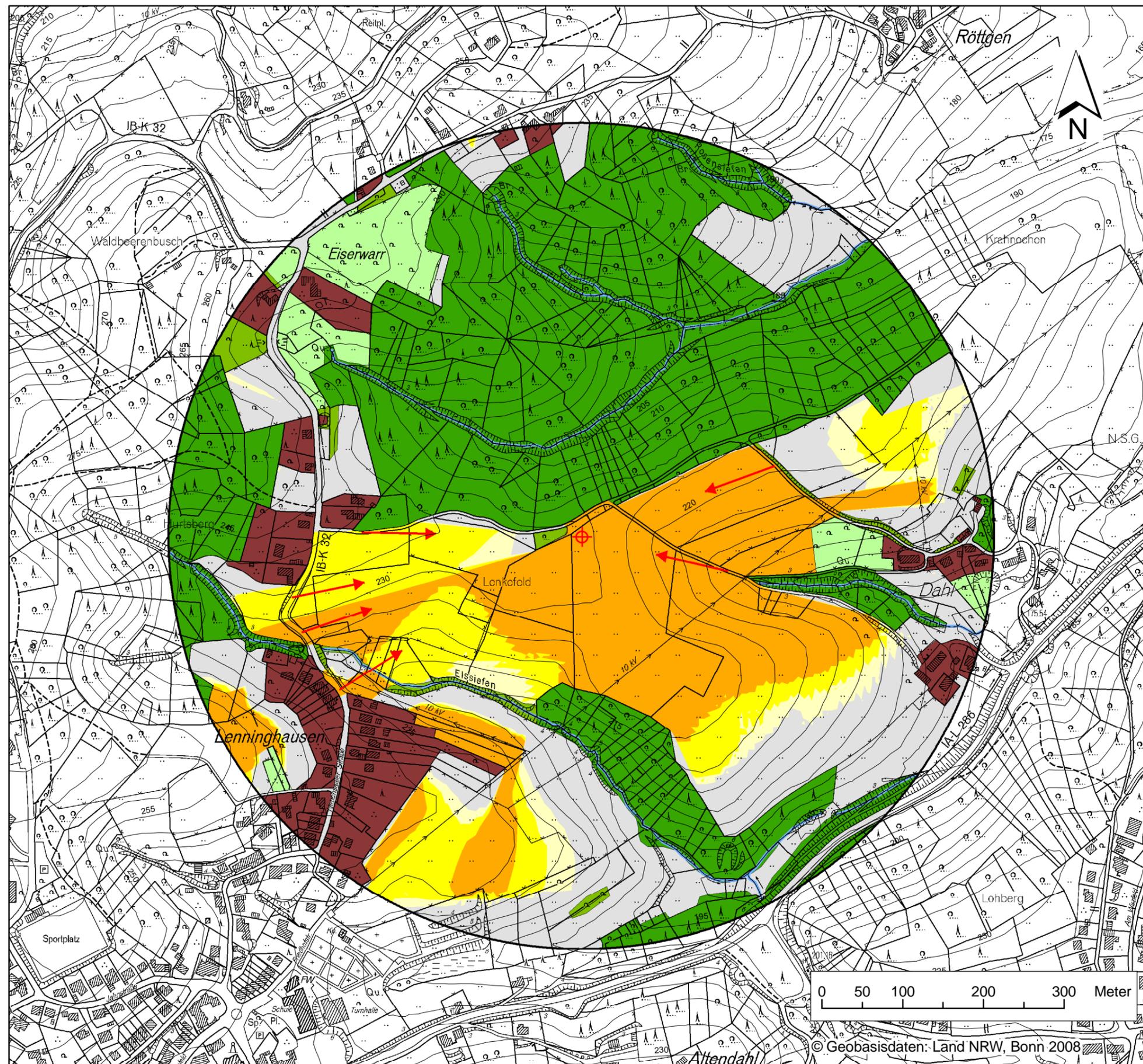
Der Ortsteil *Lenninghausen*, zeichnet sich durch eine Bebauung mit alten Fachwerkhäusern und neuen vorwiegend Mehrfamilienhäusern mit gestalteten Gärten aus. Die älteren Wohnhäuser haben größere Gärten, deren Nutzungen von reinen Ziergärten mit Rasenfläche bis zu Nutzflächen mit und ohne Obstbaumbestand reichen.

3.2.6.3 Sichtfeldanalyse Kürten-Biesfeld

Auf der Grundlage des DGM 5, der Kartierung und der Masthöhe wurde eine Sichtfeldanalyse auf Augenhöhe eines menschlichen Betrachters unter Berücksichtigung der partiellen Sichtbarkeit (vgl. Kap. 3.1.2) durchgeführt und das Ergebnis in der Karte der *Sichtfeldanalyse Kürten-Biesfeld* dargestellt.

3.2.6.3 Sichtfeldanalyse Kürten-Biesfeld

Sichtfeld der Mobilfunkstation
in der ästhetischen Wirkzone



-  Stahlgittermast 30 m (E-Plus GmbH)
-  Grenze des Untersuchungsraums, ästhetische Wirkzone, Radius 500 m

Sichtverschattende
Landschaftselemente und -strukturen

-  Vegetationsstrukturen (2 - 6 m)
-  Vegetationsstrukturen (6 - 12 m)
-  Vegetationsstrukturen (> 12 m)
-  Haus- und Gartenfläche (3-10 m)

Sichtfeldanalyse

-  Sichtverschattung
Mast ist durch Relief oder sichtverschattende Landschaftselemente nicht einsehbar

Sichtfeld

Berechnung mit ArcGIS Spatial Analyst auf der Grundlage des DGM5, der Biotop- und Nutzungsstruktur, der Masthöhe sowie der Augenhöhe von 1,5 Metern.

-  Obere 10 m des Mastes einsehbar
-  Obere 20 m des Mastes einsehbar
-  Mehr als 20 m des Mastes einsehbar
-  Sichtachse in Richtung Mobilfunkmast

Bearbeitung: Dipl.-Geogr. Marc Weitkowitz

Stand: Oktober 2008

© Geobasisdaten: Land NRW, Bonn 2008

3.2.6.4 Darstellung des tatsächlichen Einwirkungsbereichs

Wege, Straßen und begehbare Flächen sind Bereiche, von denen das Erscheinungsbild einer Landschaft besonders wahrgenommen wird und so ergeben sich die in der Karte der Sichtfeldanalyse dargestellten Sichtachsen.

Die Sichtachsen auf die Mobilfunkstation im Untersuchungsraum Kürten-Biesfeld ergeben sich von der steil ansteigenden Kreisstraße 32 (K 32) zwischen der Ortslage *Lenninghausen* und den Wohnhäusern südlich *Eiserwarr*. Aus den Bereichen südlich der Spitzkehre der K 32 besteht nahezu uneingeschränkte Sicht auf die Mobilfunkstation, über 20 m des Mastes sind einsehbar. Nördlich der Spitzkehre ist die Sicht auf den Mast durch den dem Standort vorgelagerten Gehölzbestand unterbrochen respektive eingeschränkt, hier sind bereits nur die oberen 20 m des Mastes einsehbar. Aus dem Nahbereich, insbesondere vom Weg entlang des Waldbestandes, bestehen ebenfalls Sichtbeziehungen auf den Mast; von den beiden nahezu parallel verlaufenden Wegen in Richtung *Dahl* sind mehr als 20 m des Mastes einsehbar.

Der Einfluss des Reliefs auf die Sichtbeziehungen wird besonders am Standort Kürten-Biesfeld deutlich. Betrachtet man die Bereiche abseits der Wege und begibt sich als Betrachter auf das Grünland südöstlich des Standortes in Richtung Landesstraße 286, so lässt sich ein schmaler Übergang von den Sichtfeldern mit mehr als 20 m, über die oberen 20 m und 10 m hin zur Sichtverschattung (grau) erkennen. Hier erfolgt die Unterbrechung der Sichtbeziehungen nicht durch einzelne Landschaftselemente, sondern durch die ausgeprägte Oberflächenstruktur mit einem deutlich in südöstlicher Richtung abfallendem Hang.

3.3 Fotoanalyse

Folgt die Fotografie auch allgemein den Gesetzmäßigkeiten der zentralperspektivischen Darstellung, so dass streng genommen ein nach diesen Regeln angefertigtes Bild nicht der menschlichen Wahrnehmung entspricht, gibt sie unter bestimmten Bedingungen dennoch einen Eindruck von dem wieder, was der menschliche Betrachter als Ausschnitt der Landschaft sieht und in welcher Weise dieser das mastenartige, in die Landschaft eingeführte Element visuell wahrnimmt. Die Fotoanalyse soll als qualitative Methode dem Vergleich der digitalen Sichtfeldanalysen mit den im Gelände erstellten Fotografien realer Bauvorhaben von Mobilfunkmasten dienen.

3.3.1 Grundlagen und Methode

Die Sichtfeldanalysen sowie die in deren Zusammenhang ermittelten und erstellten potenziellen Sichtachsen, welche in die entsprechenden Karten der Sichtfeldanalysen eingetragen wurden, liefern die Ausgangslage für die fotografischen Darstellungen der Landschaft und der Mobilfunkmasten (vgl. Lüdinghausen Kap. 3.2.4.3; Kürten-Biesfeld Kap. 3.2.5.3 sowie Swisttal-Mömerzheim Kap. 3.2.6.3).

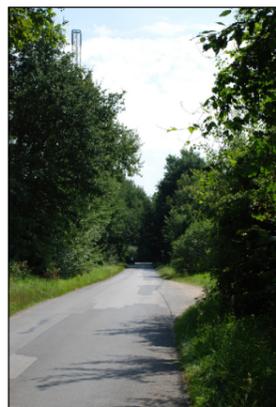
Auf der Grundlage der durchgeführten Sichtfeldberechnungen (vgl. Kap. 3.1 ff.) wurden repräsentative Beobachtungspunkte für die fotografische Betrachtung von Landschaft und Eingriffsobjekt ausgewählt. Dabei fanden sensible Bereiche wie die Übergänge zwischen den klassifizierten Sichtfeldern ebenso Berücksichtigung, wie die Sichtverschattung oder die partielle Sichtbarkeit des Mobilfunkmastes aufgrund der Geländeoberfläche sowie der vorhandenen Landschaftselemente und -strukturen. Die Standorte, die als Aufnahmepunkt für die Fotografie ausgewählt wurden, sind in den entsprechenden Fotoreportagen durch rote Pfeilsignaturen kenntlich gemacht, deren Orientierung dem Betrachter die Blickrichtung im Gelände in Richtung Mobilfunkmast veranschaulichen soll. Jede dieser Signaturen ist mit einem Index (z. B. Sto. 1 = Standort 1) versehen, welcher die Beziehung zwischen Standort im Gelände bzw. auf der Karte und der Sichtbarkeit im Gelände, d. h. mit der Fotografie herstellt (vgl. 3.3.1.1; 3.3.1.2; 3.3.1.3).

Die Aufnahmen erfolgten mit einer digitalen Spiegelreflexkamera mit einer Brennweite von 50 mm (Normalbrennweite, Normalobjektiv); diese Einstellung führt dazu, dass Objekte in etwa so abgebildet werden, wie das menschliche Auge sie wahrnimmt (vgl. HEDGECOE 1997, S. 24). Auf eine nachträgliche Vergrößerung oder eine Bereichsauswahl mit einem entsprechenden Grafikprogramm wurde ebenfalls aus dem Grund der Annäherung an den menschlichen Sehwinkel und dessen Wahrnehmung mit zwei Ausnahmen verzichtet. Während die Gesamtansicht aller Fotografien auf die gewünschte Darstellungsgröße reduziert wurde, wurden am Standort Lüdinghausen sowie Kürten-Biesfeld jeweils aus der Gesamtansicht zwei Ausschnitte gewählt, um die relative Entwicklung des Sichtfeldes bei Entfernung bzw. Annäherung im Gelände zu dokumentieren (vgl. 3.3.1.1, Sto. 2 a/b; 3.3.1.3, Sto. 4 a/b).

Die fotografische Darstellung ist, bezogen auf den einzelnen Standort, in den Fotoreportagen dargestellt, eine Qualitätsanalyse anhand der erstellten fotografischen Abbildungen findet sich im Kapitel 3.3.2.



Sto.1: Nordwestlich Emkumer Mühle



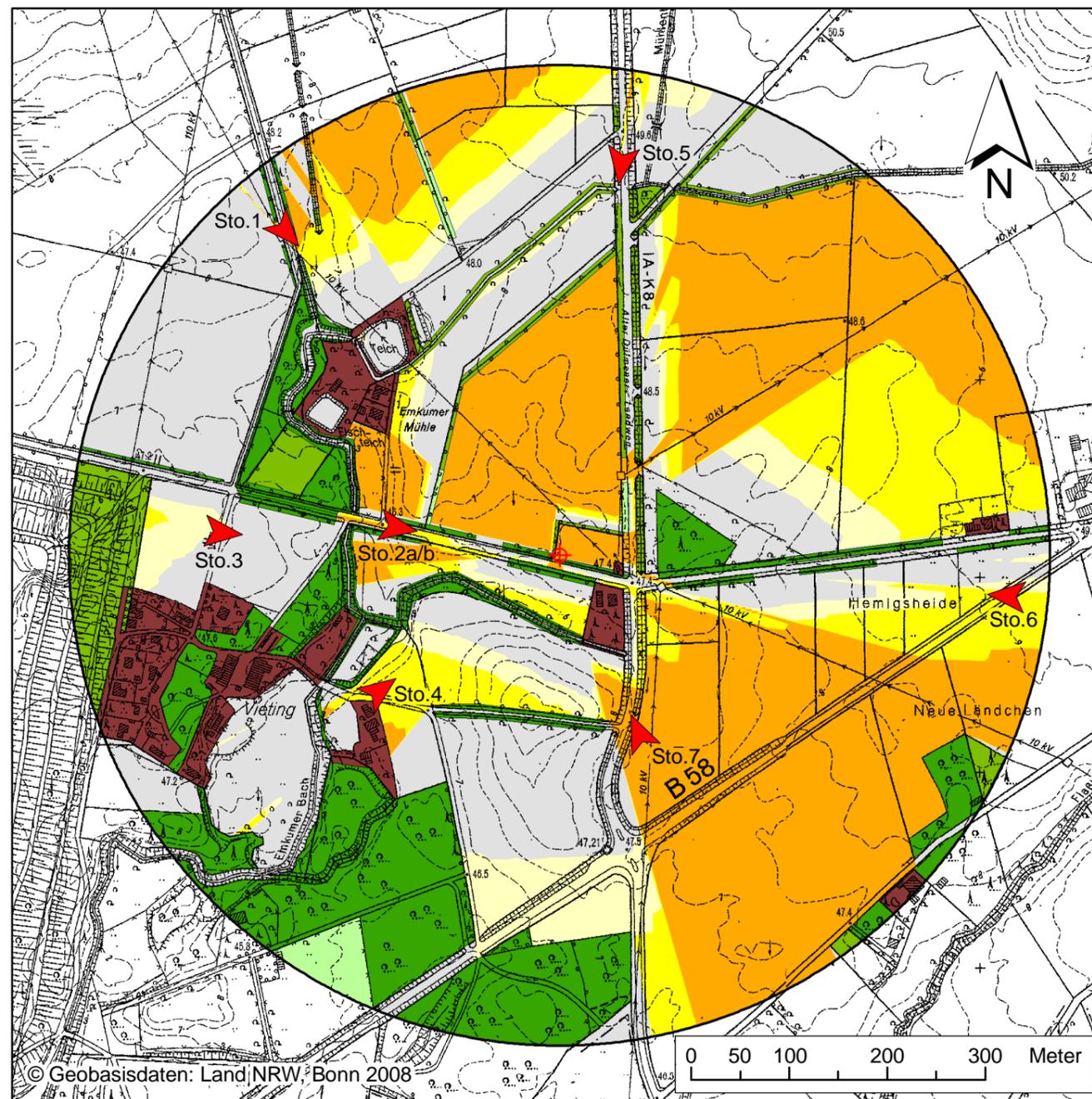
Sto.2a/b: Weg südöstlich Emkumer Mühle



Sto.3: Weg südwestlich Emkumer Mühle



Sto.4: Hof bei Vieting östlich des Emkumer Bach



Sichtverschattende Landschaftselemente

- Vegetationsstrukturen (2 - 6 m)
- Vegetationsstrukturen (6 - 12 m)
- Vegetationsstrukturen (> 12 m)
- Haus- und Gartenfläche (3-10 m)

Sichtfeldanalyse (vgl. Kap. 3.2.4.3)

- Sichtverschattung
- Obere 10 m des Mastes einsehbar
- Obere 20 m des Mastes einsehbar
- Mehr als 20 m des Mastes einsehbar

3.3.1.1 Fotoreportage Lüdinghausen

Sichtfeld der Mobilfunkstation in der ästhetischen Wirkzone

- Stahlgittermast 48 m (T-Mobile GmbH)
- Grenze des Untersuchungsraums
- Standort, Blick in Richtung Mobilfunkmast

Bearbeitung: Dipl.-Geogr. M. Weitkowitz; Stand: 10.2008



Sto.5: Kreisstraße 8 (K8) aus nördlicher Richtung



Sto.6: Bundesstraße 58, Hemigshelde/ Neue Ländchen



Sto.7: Kreuzung K8 und Weg Richtung Vieting



Sto.1: Weg nordöstlich von Mömerzheim



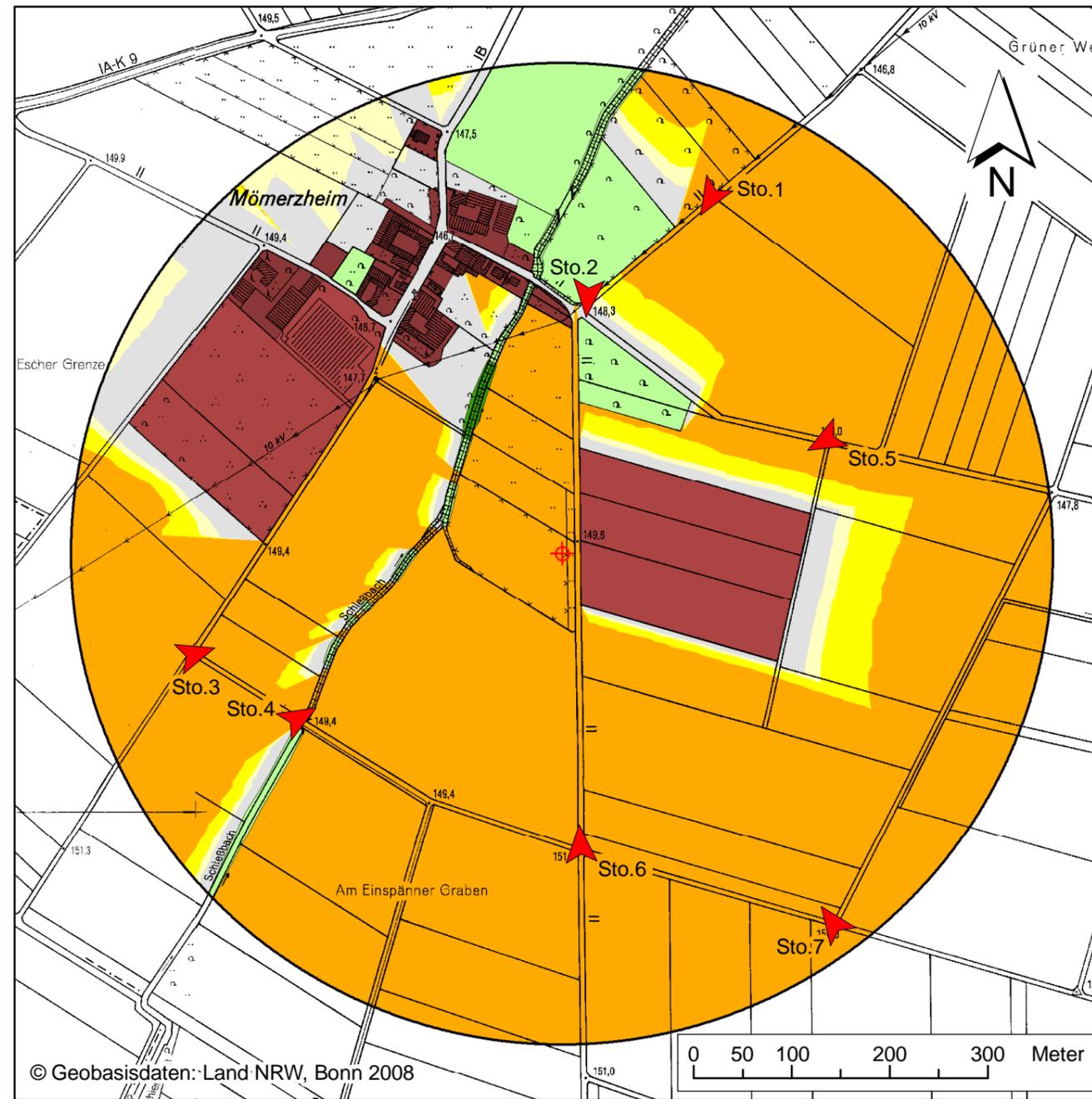
Sto.2: Kreuzungsbereich nahe dem Feldgehölz



Sto.3: Wegekreuzung südwestlich von Mömerzheim



Sto.4: Südliche Brücke am Schießbach



Sichtverschattende Landschaftselemente

- Vegetationsstrukturen (2 - 6 m)
- Vegetationsstrukturen (> 12 m)
- Gewächshäuser, Gewerbe (3-6 m)
- Haus- und Gartenfläche (3-10 m)

Sichtfeldanalyse (vgl. Kap. 3.2.5.3)

- Sichtverschattung
- Obere 10 m des Mastes einsehbar
- Obere 20 m des Mastes einsehbar
- Mehr als 20 m des Mastes einsehbar

3.3.1.2 Fotoreportage Swisttal-Mömerzheim

Sichtfeld der Mobilfunkstation in der ästhetischen Wirkzone

- Stahlgittermast 35 m (E-Plus GmbH)
- Grenze des Untersuchungsraums
- Standort, Blick in Richtung Mobilfunkmast

Bearbeitung: Dipl.-Geogr. M. Weitkowitz; Stand: 10.2008



Sto.5: Wegekreuzung nördlich der Gewächshäuser



Sto.6: Wegekreuzung südlich des Standorts



Sto.7: Wegekreuzung südöstlich des Standorts



Sto.1: Zuwegung zur Mobilfunkstation



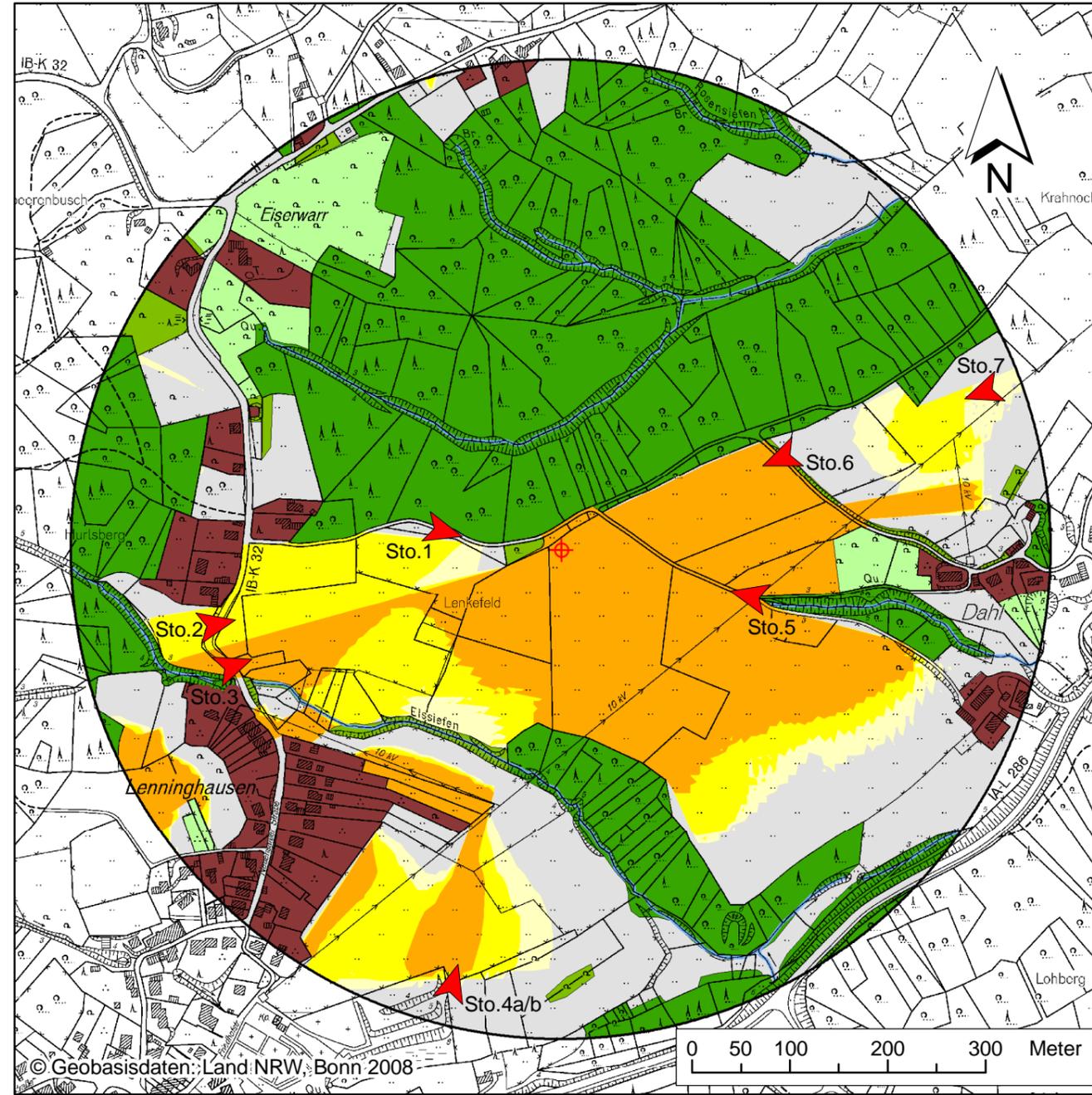
Sto.2: Kreisstraße 32 (K32), nördlich der Spitzkehre



Sto.3: Kreisstraße 32 (K32), südlich der Spitzkehre



Sto.4a/b: Hang, östlich von Lenninghausen



Sichtverschattende Landschaftselemente

- Vegetationsstrukturen (2 - 6 m)
- Vegetationsstrukturen (6 - 12 m)
- Vegetationsstrukturen (> 12 m)
- Haus- und Gartenfläche (3-10 m)

Sichtfeldanalyse (vgl. Kap. 3.2.6.3)

- Sichtverschattung
- Obere 10 m des Mastes einsehbar
- Obere 20 m des Mastes einsehbar
- Mehr als 20 m des Mastes einsehbar

3.3.1.3 Fotoreportage Kürten-Biesfeld

Sichtfeld der Mobilfunkstation in der ästhetischen Wirkzone

- Stahlgittermast 30 m (E-Plus GmbH)
- Grenze des Untersuchungsraums
- Standort, Blick in Richtung Mobilfunkmast

Bearbeitung: Dipl.-Geogr. M. Weitkowitz; Stand: 10.2008



Sto.5: Weg zum südlichen Hof von Dahl



Sto.6: Weg zum nördlichen Hof von Dahl (waldnah)



Sto.7: Grünland nördlich Dahl (waldnah)

3.3.2 Darstellung von Fotoreportagen und Sichtfeldanalysen

Die Beurteilung der Qualität der Sichtfeldanalysen erfolgte anhand der Übereinstimmungen der berechneten Sichtfelder mit den tatsächlichen Ansichten im Gelände, welche fotografisch unter Verwendung der Normalbrennweite festgehalten wurden. Grundlage der Reportage bildete die Sichtfeldanalyse des jeweiligen Standortes (vgl. Kap. 3.2.4.3; 3.2.5.3; 3.2.6.3) auf deren Basis Sichtachsen ermittelt und deren Sichtbereich in den Fotoreportagen vergleichbar dargestellt wurden.

Aufgrund der flächenhaften Ermittlung des Sichtfeldes einer Mobilfunkstation, erfolgt die räumliche Betrachtung in der Ebene und erfordert vom Betrachter einige Erfahrung im Umgang mit kartographischen Darstellungen, wie sie von einem Planer oder Entscheidungsträger einer Fachbehörde mitgebracht werden.

Die Fotoreportage *Lüdinghausen* (vgl. Kap. 3.3.1.1) zeigt sehr anschaulich, dass eine Sichtfeldanalyse, durchgeführt in einem nahezu ebenen Untersuchungsgebiet mit gut strukturierter Landschaft und hohem Erlebniswert, gute Ergebnisse hinsichtlich der Aussagekraft der Sichtbeziehungen liefert. Insbesondere die Fotografien von den *Standorten (Sto.) 1, 4, 5* zeigen, welche differenzierten Aussagen zu treffen sind. Eine Vegetationslücke an *Sto. 1* gibt umgehend die Sicht auf den Mast frei, an *Sto. 4* überragt der Mast deutlich den vorgelagerten Gehölzstreifen, umgekehrt wird der Mast von dem Gehölzstreifen an *Sto. 5* gänzlich verdeckt. Wie nah die Grenzen von Sichtbereich und Sichtverschattung beieinander liegen, zeigt *Sto. 6*; wenige Meter die Bundesstraße 58 weiter in Richtung Nordosten und die Sichtbeziehung auf den Mobilfunkmast wird durch den Gehölzbestand aufgehoben. Differenzierter sind die *Standorte 2 a/b, 3* und *7* zu betrachten, sie zeigen deutlich, in welcher Abhängigkeit die berechneten Sichtfelder von einer nahezu exakten Höhenbestimmung bzw. Klasseneinteilung (Höhe) und der korrekten Verortung bzw. Darstellung der Geometrien stehen. An *Standort 2 a/b* entscheiden wenige Meter über Sichtbeziehung und Sichtverschattung, hervorgerufen durch den offensichtlich an dieser Stelle vorhandenen Kronenschluss³⁰. Es ist vor dem Hintergrund von Zeit, Kosten und Durchführung im Rahmen der praktischen Arbeit der Landschaftsplanung nicht leistbar, jedes einzelne Landschaftselement in seiner exakten

³⁰ Unter Kronenschluss wird der Grad der Überschirmung des Bodens durch Baumkronen verstanden, der grundsätzlich in unterschiedliche Schlussgrade unterteilt werden kann (vgl. LESER 1998, S. 419).

Höhe und Ausdehnung zu bestimmen, ein vertretbarer Grad an Generalisierung³¹ ist an dieser Stelle zwingend erforderlich, allerdings vor dem Bewusstsein, dass eine auf diesem Stand der Kartierung durchgeführte Sichtfeldanalyse nicht genauer sein kann, als der eingehende Datenbestand. Der an diesem Standort vorhandene Kronenschluss ist der Generalisierung zum Opfer gefallen.

An *Standort 3* fällt auf, dass vom Weg entlang der Weidefläche lediglich eine rechnerische Möglichkeit besteht den Mast einzusehen; entlang des Weges ist keine Sichtbeziehung auf den Mast möglich. Der potenzielle Fehler scheint hier aus dem Vorgang der Klassifizierung der Vegetationsstrukturen zu resultieren. Die Fotografie von *Standort 7* lässt Zweifel offen, ob die berechnete Sicht auf den Mast den dargestellten *mehr als 20 m* entspricht, es bleibt aber festzuhalten, dass ein großer Teil des Mastes die vorgelagerten Nadelgehölze überragt.

Am Standort *Swisttal-Mömerzheim* wurde eine Sichtfeldanalyse in einer ausgeräumten Landschaft ohne bedeutenden Erlebniswert mit nahezu ebener Oberflächenstruktur durchgeführt. Die Fotoreportage am entsprechenden Standort (vgl. Kap. 3.3.1.2) zeigt, dass keine reliefbedingten Sichtverschattungen im Untersuchungsgebiet zu verzeichnen sind. Auch die Unterbrechungen der Sichtbeziehungen durch im Gelände vorhandene Landschaftselemente sind stark eingeschränkt, was bereits an dem verhältnismäßig großen Anteil eingefärbter Sichtbereiche zu erkennen ist. Der Vergleich der Fotografien von *Standort 1 (Sto. 1)* und *Sto. 2* zeigen deutlich die Abhängigkeit von Sichtfeld und Sichtverschattung in Abhängigkeit der Entfernung (vgl. Kap. 2.3.3.4). Während am ersten Standort noch mehr als 20 m des Mastes einsehbar sind, wird die Sichtbeziehung durch die im Untersuchungsraum vorhandene Gehölzinsel unterbrochen; dieser Effekt lässt sich sowohl in der Karte als auch auf den Fotografien erkennen. Die *Standorte 3* und *4* befinden sich in relativer räumlicher Nähe südwestlich des Standortes; auf beiden Fotografien wird zum einen die konstruktionsbedingte Auflösungserscheinung erkenntlich (vgl. Kap. 2.3.3.4), zum anderen zeigt der Vergleich der Aufnahmen das Ergebnis

³¹ Generalisierung meint u. a. Verallgemeinerung einer kartographischen Darstellung gegenüber der Wirklichkeit, dabei umfasst der Generalisierungsgrad u. a. die Vollständigkeit und die geometrischen Genauigkeit bzw. Ähnlichkeit eines kartographischen Modells. In den Prozess der Generalisierung ist die Objektauswahl, die Formvereinfachung und Zusammenfassung einbeziehen. (vgl. GROBER 2002, Generalisierungsgrad)

der partiellen Sichtbarkeit, auch wenn in diesem Fall die Gehölze nicht die ausreichende Höhe haben, um mehr als 15 m des Mastes zu verdecken und damit eine andere Klassifizierung des Sichtfeldes zu bedingen. Standort 6 ist mit Standort 4 in so fern vergleichbar, als dass auch hier keine Strukturen die Sicht auf den Mast unterbrechen, gleichzeitig aber eine gewisse Auflösungserscheinung erkennbar ist. Die Strukturen der Gewächshausanlagen nahe der Mobilfunkstation ergeben aus differierenden Blickrichtungen und Entfernungen unterschiedliche Verschattungen der Sendeanlage (vgl. *Sto. 5* und *Sto. 7*). Aufgrund der geringen Anzahl sichtverschattender Strukturen und der daraus resultierenden, relativ geringen Fehleranfälligkeit im Rahmen der Klassifizierung, kann im Vergleich der Ergebnisdarstellung der Sichtfeldanalyse mit den Fotografien hier von einer realitätsnahen Sichtfeldanalyse gesprochen werden.

Der Standort *Kürten-Biesfeld* unterscheidet sich insbesondere durch seine ausgeprägten Reliefstrukturen, wie zahlreiche Böschungen und Hänge, von den übrigen Standorten; gleichsam mit dem Untersuchungsraum bei Lüdinghausen befinden sich auch hier zahlreiche Landschaftselemente innerhalb der ästhetischen Wirkzone, welche die Sicht auf den Mast unterbrechen. Gleich in der ersten Fotografie von *Standort 1 (Sto. 1)* spiegelt sich die Sichtverschattung durch den Waldbestand entlang der Zuwegung zur Mobilfunkstation wieder. Die *Standorte 2* und *3* trennen räumlich nur wenige Meter und dennoch sind sie ein Beispiel für die partielle Sichtverschattung durch vorhandene Vegetationsstrukturen. Innerhalb der Spitzkehre der Kreisstraße 32 verläuft eine scharfe Grenze zwischen zwei Klassen der Sichtfelder (obere 20 m und mehr als 20 m des Mastes einsehbar), hervorgerufen durch einen kleinen Gehölzbestand westlich des Standortes der Mobilfunkstation. Die *Standorte 5* und *6* lassen eine nahezu vollständige Sicht auf den Mobilfunkmast zu, auch wenn bei *Sto. 5* der Technikschränk aufgrund der bewegten Oberfläche bereits nicht mehr zu sehen ist, ist die Reliefenergie nicht so hoch, dass sie für eine partielle Sichtverschattung größerer Mastteile ausreichend wäre. Anders sieht der Sachverhalt der reliefbedingten Sichtverschattung an den *Standorten 7* und *4 a/b* aus. Ausgehend von *Sto. 6* in Richtung *Sto. 7* entlang des *blauen Pfeils* (vgl. Abb. 3–6) befindet sich der Betrachter aufgrund der Nähe zum linearen Gehölzbestand zunächst im sichtverschatteten Bereich. Mit größerem Abstand von den Gehölzen folgt ein Bereich in dem zunächst die oberen 10 m und folgend die oberen 20 m des Mastes einsehbar sind, um dann wieder in einen Bereich überzugehen, in dem erneut nur die oberen 10 m sichtbar sind. Während entlang des *blauen Pfeils* in der Abbildung 3–6 zu-

nächst die Gehölzstruktur der sichtbestimmende Faktor ist, wird dieser im zweiten Bereich der ‘Oberen-10 m-Sichtbarkeit’ von der Oberflächenform abgelöst. Die Hangneigung ist hier so stark (Gefälle in Richtung Nordnordost), dass nur noch wenige Meter des Mastes innerhalb des Untersuchungsraumes erkennbar sind (vgl. *Sto. 7*). Anhand der Fotografien von den *Standorten 4 a/b* soll eine Abfolge der Sichtverschattung, hervorgerufen durch das vorhandene Relief, verdeutlicht werden. Während der Mobilfunkmast an *Sto. 4 a* vom Hang noch vollständig verdeckt ist, wird der Mast hangaufwärts deutlich sichtbar (vgl. *Sto. 4 b*).

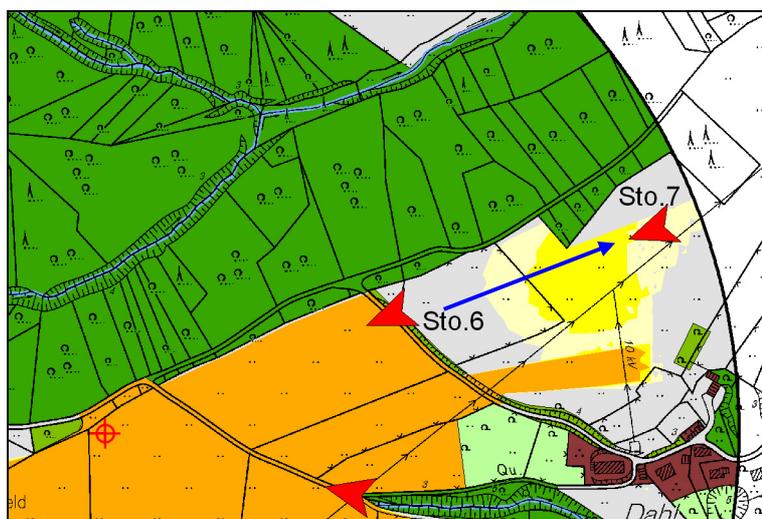


Abb. 3–6: Detailansicht der Sichtfeldanalyse Kürten-Biesfeld mit Standorten der Fotoreportage

4 AUSWERTUNG

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

In Anlehnung an die empfohlene Bewertungsgrundlage zur Kompensationsflächenermittlung bei Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe, wurden an drei ausgewählten Standorten in *Lüdinghausen*, *Swisttal-Mömerzheim* und *Kürten-Biesfeld* digitale Landschaftsbildanalysen durchgeführt. Im Fokus der Betrachtung standen Mobilfunkstationen bis 50 m Höhe, auf deren Datengrundlagen Sichtfeldanalysen mit *ESRI ArcGIS* und der *Extension Spatial Analyst* innerhalb dieser spezifischen Landschaftsräume durchgeführt wurden. Unter Berücksichtigung der menschlichen Wahrnehmung von Landschaft sowie der im Untersuchungsraum vorhandenen und kartierten Oberflächenformen, -elemente und -strukturen, wurden die tatsächlichen, partiellen Sichtbarkeiten der Eingriffselemente berechnet. Das Ergebnis dieser Analyse wurde in den Karten der Sichtfeldanalysen dargestellt (vgl. Kap. 3.2.4.3, 3.2.5.3, 3.2.6.3) und in den entsprechenden Darstellungen diskutiert.

Neben den allgemeinen maßstabsbezogenen Flächenberechnungen mit einem GIS, bieten die GIS-gestützten Berechnungen des Sichtfeldes innerhalb einer ästhetischen Wirkzone die Möglichkeit die Größe der tatsächlich beeinträchtigten Flächen, wie es grundsätzlich in den vorgestellten Verfahrensansätzen vorgesehen ist, zu bestimmen. Durch die Berücksichtigung der unterschiedlichen Objekthöhen der Mobilfunkstation, der Landschaftselemente und -strukturen sowie der Siedlungsstrukturen, ist eine spezifische Berücksichtigung der sichtverschatteten Bereiche mit Auswirkung auf die Gesamtfläche des Sichtfeldes möglich (vgl. Kap. 2.3.3.4). Hinzu kommt die Möglichkeit, die partiellen Sichtbarkeiten des Eingriffsobjektes im Rahmen der Ermittlung der tatsächlich beeinträchtigten Fläche innerhalb des Untersuchungsraumes beschreiben zu können, was differenzierte Aussagen zur ästhetischen Beeinträchtigung des Landschaftsbildes ermöglicht. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass dominant und massiv wirkende Objekte, die mit ihrer gesamten Erscheinung im Wahrnehmungsbereich des Betrachters stehen, als ästhetisch besonders störend empfunden werden, liefert die Berechnung der partiellen Sichtbarkeit Ansätze für eine kritische Auseinandersetzung und Bewertung. Gleichzeitig können realitätsnahe Sichtachsen, welche die Sichtbeziehungen von spezifischen oder sensiblen Bereichen, weil der Erholung dienend oder unter anderem Schutz

stehend, wiedergegeben und zur Abschätzung, Verdeutlichung oder Akzentuierung eingetragen und kartographisch visualisiert werden.

Die Genauigkeiten und Unschärfen der Sichtfeldanalysen wurden anhand von Sichtbeziehungen oder Verschattungen, welche den Darstellungen der rechnerischen Ergebnisse der digitalen Sichtfeldanalysen entnommen wurden, mit denen der während der Begehung im Gelände fotografisch – unter Verwendung der Normalbrennweite – festgehaltenen Sichtbeziehungen bzw. Verschattungen, herausgestellt. Das Ergebnis der Untersuchung ist in den Fotoreportagen zu den einzelnen Standorten vergleichend dargestellt (vgl. 3.3.1.1, 3.3.1.2, 3.3.1.3) und anhand von exemplarischen Beispielen in Kapitel 3.3.2 beschrieben worden. Die Fotoreportagen belegen sehr anschaulich, dass die Sichtfeldanalysen unter rechnerischer Berücksichtigung der Höhen der im Untersuchungsraum vorhandenen Landschaftsstrukturen und -elemente realitätsnahe Ergebnisse hinsichtlich der Aussagekraft der Sichtbeziehungen liefern. Die Möglichkeit differenzierter Betrachtung reicht bei exakter Kartierung und Aufnahme der Objektmaße (Höhe und Ausdehnung) so weit, dass Aussagen bei Vegetationslücken und -unterbrechungen zur partiellen Sichtbarkeit, aber auch bei lokalem Kronenschluss zu kleinräumigen Sichtverschattungen möglich sind. Ferner sind Aussagen zu den Bereichen möglich, die grundsätzlich zwar beeinträchtigt sind, von denen aber aufgrund der vorgelagerten Strukturen oder Objekte lediglich die Mastspitze einsehbar ist. Die Sichtverschattung oder Sichtbeziehung kann ausgehend von einem Standort eines Betrachters auf wenige Meter genau bestimmt werden, so nah liegen die Grenzen von Sichtbereich und Sichtverschattung beieinander.

Ungenauigkeiten der Methode können aus einer unscharfen Maßaufnahme der Landschaftselemente und -strukturen sowie der Siedlungsbereiche hinsichtlich Höhe und Ausdehnung resultieren oder aus einer nicht ausreichend differenzierten Einteilung in Höhenklassen, die jeweils als ein Durchschnittswert in die Berechnung des Sichtfeldes eingegangen ist, hervorgehen. Insbesondere die Aufnahme und Kartierung der Ausdehnung der Vegetationselemente und -strukturen erfordert zum einen ein hohes Maß an Erfahrung, zum anderen ist eine exakte Wiedergabe aufgrund der notwendigen Generalisierung schwierig, die aber wegen eines begrenzten Zeitumfangs (Dauer und Kosten der Durchführung/Kartierung) im Praxisalltag, der eingeschränkten Zugangsmöglichkeiten (Privatgrundstücke, Schutzgebiet u. a) sowie der Darstellung auf einer Kartengrundlage im Maßstab 1 : 5.000 unumgänglich ist.

Für die Darstellung der partiellen Sichtbarkeit wurde im Rahmen der angewandten Methode die Unterteilung des Sichtfeldes in drei Bereiche gewählt: *Obere 10 m des Mastes einsehbar*, *obere 20 m des Mastes einsehbar* sowie *mehr als 20 m des Mastes einsehbar*. In diesem Zusammenhang gilt zu berücksichtigen, dass eine mehrfache Unterteilung differenziertere Ergebnisse liefern kann, allerdings auch die Durchführung weiterer Berechnungen erforderlich ist. Vor dem Hintergrund der drei benannten Bereiche, im weiteren Sinne stellvertretend für weitere potenzielle Unterteilungen, ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Grenzen zum Übergang in einen folgenden Sichtbereich zwar randscharf erscheinen und in der Karte auch entsprechend dargestellt werden, es aufgrund der bereits angesprochenen Klassifizierungen von Vegetation und Siedlung und den damit einhergehenden Unschärfen aber zu Fehleinstufungen kommen kann. Rechnerisch würde eine Sichtbarkeit der oberen Mastteile von 11 m in den Bereich *obere 20 m des Mastes einsehbar* eingestuft, obwohl die Wahrnehmung vor Ort zu einer Einschätzung von 10 m führen würde; diese „Grenzdarstellung“ ist bei der Interpretation der Ergebnisse im Rahmen eines Bewertungsverfahrens zu berücksichtigen.

Von herausragender Bedeutung stellen sich die Ergebnisse der Sichtfeldanalyse unter der Berücksichtigung der Oberflächenform dar. Verständlicherweise tritt diese Bedeutung an den nahezu ebenen Standorten in *Lüdinghausen* und *Swisttal-Mömerzheim* etwas zurück, dafür sind die Ergebnisse am Standort *Kürten-Biesfeld* mit seinem bewegten Relief umso realitätsnaher. Die ausgeprägten Reliefstrukturen in diesem Untersuchungsraum, wie die zahlreichen Böschungen und Hänge, führen zu ausgeprägten Bereichen reliefbedingter Sichtverschattung, die in der rechnerischen Darstellung mit den beobachteten Verhältnissen im Gelände übereinstimmen. Die Reliefverschattung kann besonders deutlich durch die abgestufte Berechnung der partiellen Sichtbarkeit (ähnlich wie Höhenschichtlinien) in der Darstellung erkannt werden (vgl. Abb. 4–1, Abb. 4–2). Ohne die reliefbedingte Sichtverschattung wäre der südwestliche Bereich der Ortslage *Dahl* (vgl. Abb. 4–1) nahezu vollständig beeinträchtigt; gleiches gilt für die Bereiche östlich von *Lüdinghausen* (vgl. Abb. 4–2), auch hier wären die in südlicher (kleine Ellipse) sowie in südlicher und östlicher Richtung (große Ellipse) gelegenen Bereiche nahezu vollständig als Sichtfeld ausgewiesen (vgl. auch Isohypsen 3.2.4.3, 3.2.5.3, 3.2.6.3). Diese Ergebnisse hätten direkte Auswirkungen auf die berechnete Größe der beeinträchtigten Fläche.

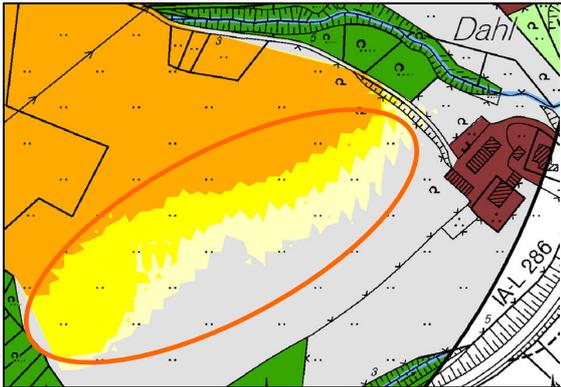


Abb. 4-1: Reliefverschattung südwestlich der Ortslage *Dahl* (Gefälle: Südost)

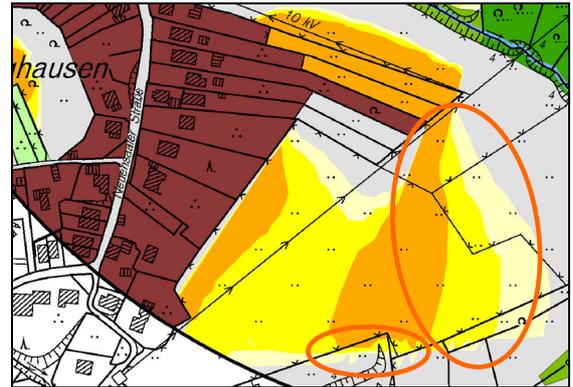


Abb. 4-2: Reliefverschattung östlich *Lüdinghausen* (Gefälle: Süden und Osten)

Ein weiterer und wesentlicher Schritt in Richtung der Erhöhung der Genauigkeit und der Annäherung an die reale Wahrnehmung im Gelände, ist die Berechnung des Sichtfeldes auf Augenhöhe eines Betrachters unter Berücksichtigung der Oberflächenformen. Nur die Durchführung der *viewshed analysis* unter Berücksichtigung des *OFFSETB* kann für die Bestimmung der Eingriffserheblichkeit aussagekräftige Ergebnisse liefern, die Durchführung der Berechnung des Sichtfeldes auf Bodenhöhe („Froschperspektive“) entspricht nicht den im Gelände vorgefundenen Bedingungen (vgl. Abb. 4-3 bis Abb. 4-6). Die folgenden Abbildungen zeigen beispielhaft ausgewählte Standorte als Ausschnitte aus der Sichtfeldanalyse *Kürten-Biesfeld*, jeweils als Vergleich von ‚Froschperspektive‘ (ohne *OFFSETB*) und Berechnung auf Augenhöhe (*OFFSETB* von 1,5 m; vgl. Kap. 3.1.1.6). Für einen Vergleich mit den im Gelände vorgefundenen Sichtbeziehungen wird an dieser Stelle auf das Kapitel 3.3.1.3 Bezug genommen.

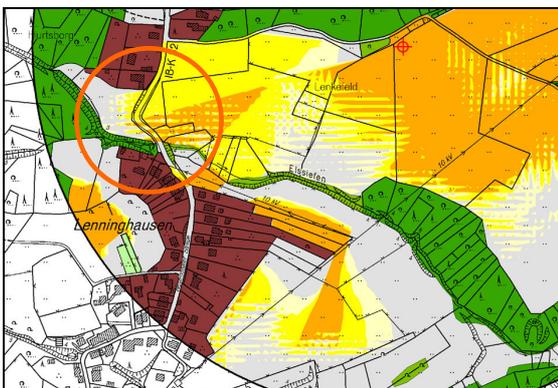


Abb. 4-3: Sichtfeldberechnung an der K 32 (Spitzkehre) aus ‚Froschperspektive‘

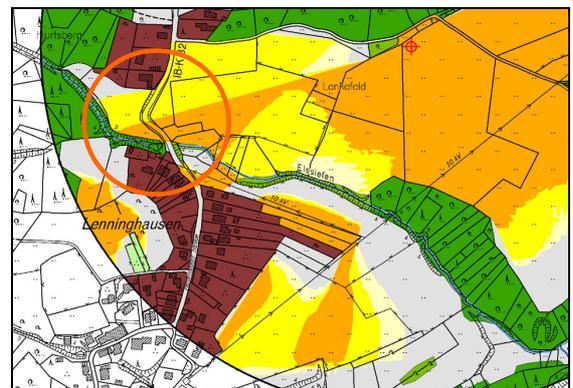


Abb. 4-4: Sichtfeldberechnung auf Augenhöhe an der K 32 (Spitzkehre)



Abb. 4–5: Sichtfeldberechnung nördlich der Ortslage *Dahl* („Froschperspektive“)

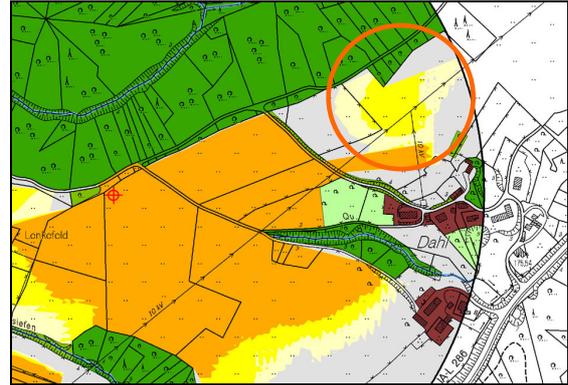


Abb. 4–6: Sichtfeldberechnung auf Augenhöhe nördlich der Ortslage *Dahl*

4.2 Ausblick

Die Durchführung der Sichtfeldanalysen in einem Bearbeitungsmaßstab von 1 : 5.000, die Betrachtung deren Ergebnisse sowie die Beurteilung deren Qualität anhand der Fotoreportagen an den einzelnen Standorten haben aufgezeigt, dass durchaus von realitätsnahen Sichtfeldanalysen gesprochen werden kann. Im Folgenden werden im Rahmen eines Ausblicks die Potenziale der digitalen Sichtfeldanalyse in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung dargelegt, ein Vergleich mit der pauschalen Ermittlung der beeinträchtigten Fläche nach NOHL gezogen sowie Möglichkeiten der (technischen) Weiterentwicklung angesprochen und Ansätze zur Modifizierung des Bewertungsverfahrens zur Ermittlung der Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe aufgezeigt.

4.2.1 Potenziale digitaler Sichtfeldanalysen

BLASCHKE schreibt in seinem Werk *Landschaftsanalyse und -bewertung mit GIS*, dass die simultane Betrachtung mehrerer thematischer Ebenen ohne EDV-Einsatz Probleme bereitet, wenngleich es auch auf analogem Weg – meist über Transparentdarstellungen mit visueller Überlagerungsmöglichkeit – vereinzelt beispielhafte Anwendungen gab (vgl. BLASCHKE 1997, S. 82). BLASCHKE folgt KIAS in der Einschätzung, dass der Einsatz von GIS aus Sicht des Naturschutzes als Hilfsmittel zur Analyse und Planung (einschließlich Bewertungs-, Simulations- und Optimierungsverfahren) als ein bedeutender Aspekt zu sehen ist (vgl. BLASCHKE 1997, S. 82; KIAS 1990, S. 125; LANG 2007, S. 39 f).

Die Möglichkeit, die partiellen Sichtbarkeiten eines mastenartigen Eingriffsobjektes im Rahmen der Ermittlung der tatsächlich beeinträchtigten Fläche innerhalb des Untersuchungsraumes partiell und in Abhängigkeit von der Masthöhe, der einzelnen Objekthöhen der Landschaftselemente und -strukturen sowie der Geländehöhen in Augenhöhe eines menschlichen Betrachters beschreiben zu können, ermöglicht differenzierte Aussagen zur ästhetischen Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und insbesondere der sensiblen Bereiche. Die allgemein verständliche kartografische Darstellung, insbesondere durch die Visualisierung der partiellen Sichtbarkeiten durch farblich hervorgehobene Flächen und die Wiedergabe von Sichtachsen, liefert eine verbesserte Kommunikationsgrundlage im Rahmen des Genehmigungsverfahrens, so dass den Forderungen nach transparenten und nachvollziehbaren Ergebnissen im Rahmen der Ermittlung des Ausgleichsbedarfs Rechnung getragen wird.

Die allgemeine Qualität der Sichtfeldanalysen ist in großem Maße abhängig von der Kartierung vor Ort und der Höhenbestimmung der Landschaftselemente im Gelände sowie deren Klassifizierung im Rahmen der Durchführung der Sichtfeldberechnung. Auch wenn festzuhalten ist, dass nicht alle Höhen sämtlicher Landschaftselemente unter rentablen Bedingungen erhoben werden können, so sollten die Referenzhöhen einzelner Elemente und Strukturen möglichst exakt bestimmt werden, um dann untersuchungsraumspezifische Höhenklassen bilden zu können. In diesem Zusammenhang ist ferner die geometrische Genauigkeit der vektorisierten Landschaftselemente von Bedeutung; verwiesen sei hier auf den in *Lüdinghausen* beispielhaft angeführten Kronenschluss (vgl. Kap. 3.3.2). Die Größe des Sichtfeldes sowie die Verschattung durch einzelne Landschaftselemente sind abhängig von der Genauigkeit mit welcher diese, auch unter Berücksichtigung der Generalisierung, im Gelände aufgenommen und während der Digitalisierung in die Karte übernommen werden.

Eigentlich als ein zentraler Vorteil der räumlichen Analyse mit GIS bekannt, sei an dieser Stelle auch die Option zur Berücksichtigung von Alternativlösungen im Rahmen der Standortfindung und damit auf die Möglichkeit, unterschiedliche Standorte schnell durchrechnen zu können, eingegangen. Während eine aufwändige Konstruktion, wie in den Verfahrensansätzen nach NOHL empfohlen, nur schwer an einen geänderten Standort anzupassen ist und in der Folge sämtliche Achsen der Sichtbeziehungen manuell anzupassen sind (vgl. Abb. 2–17), ließen sich die Sichtbereiche digital mit geringem Aufwand neu berechnen und die Ergebnisse als Standortempfehlungen nutzen.

4.2.2 Vergleich pauschaler mit digitaler Sichtfeldanalyse

Die Genauigkeit, mit der die beeinträchtigten Flächen ausgewiesen werden können, ist bereits durch die bloße Vektorisierung der Flächen – der Siedlungs- und Landschaftsstrukturen sowie der -elemente – einschließlich deren Berechnung auf einer georeferenzierten Grundlagenkarte um ein Vielfaches höher sowie deren Durchführung deutlich leichter. Hinzu kommt die Erhöhung der Genauigkeit durch die Berücksichtigung der tatsächlichen Masthöhe entsprechend der Ausführungsplanung (NOHL unterteilt in die Kategorien unter und über 50 m), der im Gelände bestimmten und in die Berechnung eingeflossenen Objekthöhen von Landschaftselementen und -strukturen sowie der Geländehöhen in Form eines digitalen Oberflächenmodells, einschließlich der Betrachtung der gesamten Analyse in Augenhöhe eines menschlichen Betrachters. Dass es in den Verfahrensansätzen nach NOHL lediglich zu einer pauschalen Berücksichtigung der Verschattungsbereiche kommt (vgl. Kap. 2.4.2.2) die mit der tatsächlichen Objekthöhe der Elemente und Strukturen nichts gemein haben, wird einem vielfältigen Landschaftsbild nicht gerecht. Die Höhen von Mast sowie den Objekten und Strukturen im Untersuchungsraum werden im Fachbeitrag nach NOHL nicht berücksichtigt und haben keinen Einfluss auf die Sichtverschattung; der verschattete Bereich wird unabhängig von der Objekthöhe mit 90 m angenommen. Eine differenzierte Ermittlung respektive Darstellung der partiellen Sichtbarkeit ist im Verfahrensansatz nach NOHL nicht vorgesehen. Wie den Ausführungen zur Sichtfeldanalyse bzw. zur Fotoreportage am Standort *Kürten-Biesfeld* zu entnehmen ist (vgl. Kap. 3.2.6.3 f. und 3.3.1.3 f.), hat neben den Objekthöhen die Oberflächengestalt mit ihren Hängen und Böschungen maßgeblichen Einfluss auf die Sichtbarkeit des Mastes. Die Ausprägung des Reliefs findet, entsprechend den NOHLschen Verfahrensansätzen, nur unzureichende Berücksichtigung und führt daher zu einer überhöhten Darstellung der beeinträchtigten Fläche aufgrund eines der Realität nicht entsprechenden Ergebnisses.

Die digitale Sichtfeldanalyse führt im Vergleich zur pauschalen Ermittlung der beeinträchtigten Fläche zu transparenteren und nachvollziehbareren Ergebnissen mit hoher Präzision. Sie liefern eine detailreiche Bewertungsgrundlage für die verbalargumentative Betrachtung und Bewertung sensibler Bereiche.

4.2.3 Möglichkeiten der Weiterentwicklung

Aufgrund der flächenhaften Ermittlung des Sichtfeldes eines mastenartigen Eingriffs, erfolgt die räumliche Betrachtung in der Ebene und erfordert vom Betrachter einige Erfahrung im Umgang mit kartographischen Darstellungen, wie sie von einem Planer oder Entscheidungsträger einer Fachbehörde mitgebracht wird. Das Potenzial der flächenhaften Darstellung in 2-D (Karte der Sichtfeldanalyse) ist beschränkt und so bliebe, für die plastische Darstellung im Rahmen einer Präsentation, die Darstellung in der dritten Dimension, verbunden mit nachteiligen Auswirkungen auf die Darstellung und der kartometrischen Auswertung der tatsächlich beeinträchtigten Fläche.

Für noch differenziertere Aussagen hinsichtlich der partiellen Sichtbarkeit, zurzeit eingeteilt in die *oberen 10 m*, die *oberen 20 m* und *mehr als 20 m*, ließen sich die berechneten Mastabschnitte an einen spezifischen Untersuchungsraum anpassen und die Sichtbereiche höher aufgelöster Untereinheiten ermitteln.

Als eine Steuergröße fließt zurzeit die Gesamtfläche der beeinträchtigten Fläche (Sichtflächen) in die Berechnung der Kompensationsfläche ein; für eine Ermittlung der beeinträchtigten Fläche wäre, neben der Berechnung der tatsächlich beeinträchtigten Bereiche, auch die Konzentration auf die tatsächliche Erlebbarkeit (Begehbarkeit) von Wegen und Flächen denkbar sowie die Berücksichtigung der grundsätzlichen Erholungsmöglichkeit und des Erholungswertes des Untersuchungsraumes. Denkbar wäre ein Ansatz in Richtung der quantitativen Auswertung der Begehbarkeit, bezogen auf Straßen und Wege sowie Flächen, von denen der Mast beim Aufsuchen des Bereiches tatsächlich wahrgenommen wird bzw. wahrgenommen werden kann.

Ferner wäre die Berücksichtigung der intensitätsbestimmenden Eigenschaften (vgl. Tab. 2-2) eines Eingriffsobjektes, wie z. B. der objekteneigene Gestaltwert, schon während der Durchführung der Sichtfeldberechnung als aufwändige Erweiterung der *views-hed analysis* denkbar, um Faktoren wie Auflösungserscheinungen, ähnlich der Berücksichtigung der Erdkrümmung, einfließen lassen zu können.

Vor der Berechnung des Sichtfeldes eines neu in den Landschaftsraum einzuführenden Objektes (Mobilfunkmast), wäre die Ermittlung der Sichtbereiche bezogen auf bereits im Untersuchungsraum vorhandene ähnliche Objekte (Vorbelastung) denkbar, um die „Problematik der Vorbelastung“ (NOHL 1993, S. 24) quantitativ erfassen zu können.

Die Einführung eines Naturraumbezugs im Rahmen dieser Bewertungsansätze könnte zu einer objektiveren Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs bzw. Bewertung eines Landschaftsraumes beitragen, diese Erweiterung wäre gleichsam für Investoren, Planer und Behörden von Interesse (vgl. Kap. 4.2.4).

Grundsätzlich wäre es denkbar, zur Vereinfachung der Durchführbarkeit in der Praxis möglichst viele wiederkehrende Arbeitsschritte als automatisierte Prozesse einbinden zu können. Hier bestünde weiteres Entwicklungspotenzial im Bereich der Fachschalenentwicklung.

4.2.4 Ansätze zur Modifizierung des Bewertungsverfahrens

Bereits 1992 zeigt MUHAR auf, dass es ein wesentlicher Beitrag der GIS-Technologie ist, die Ergebnisse simultaner Betrachtungen mehrerer thematischer Ebenen qualitativ und quantitativ auswerten zu können (vgl. MUHAR 1992, S. 10). Doch selbst nach mehr als vier Jahrzehnten der GIS-Entwicklung berichten LANG und BLASCHKE im Jahre 2007, dass das volle Potenzial der Geographischen Informationssysteme, obwohl sie in den meisten Planungsbüros und -ämtern Einzug gehalten haben, noch nicht ausgeschöpft wird (vgl. LANG 2007, S. 39; BILL 1991, S. 17). Im direkten Vergleich der digitalen Sichtfeldanalyse mit den Verfahrensansätzen von NOHL zur Bewertung von mastenartigen Eingriffen in das Landschaftsbild (1993), die in ihrem Konzept und der empfohlenen Umsetzung auf dem Stand von 1986 aufbauen, zeigen sich die Möglichkeiten und Potenziale der digitalen Sichtfeldanalyse sehr deutlich.

Die vorliegende Masterarbeit will in ihrem Konzept zur Modifizierung des ‚Bewertungsverfahrens‘ nicht im Bereich des qualitativen Teils ansetzen, insbesondere vor dem Hintergrund, dass bereits viele Arbeiten in dieser Hinsicht verfasst worden sind, sondern möchte vielmehr den Anreiz liefern und das Bewusstsein dafür wecken, die technischen Möglichkeiten bzw. das Potenzial der GIS-gestützten Berechnungen der Sichtbereiche von mastenartigen Eingriffen auszunutzen. NOHL selbst resümiert im Rahmen Symposiums zu Fragen der Bewertung von Landschaftsbildern bei Windkraftanlagen, Freileitungen und Mobilfunkstationen an der Universität Duisburg-Essen, dass sein Verfahren darauf abzielt, im Falle von Landschaftsbildbeeinträchtigungen das Maß der Kompensation in m² Fläche zu ermitteln (vgl. NOHL 2007, S. 7). Ferner führt er, im Kapitel der kritischen Einschätzung des Verfahrens aus heutiger Sicht, Schwachstellen des

Verfahrens an und spricht von der Bekämpfung der Manipulationsmöglichkeiten, von einer verbesserten Eingriffsbeschreibung in Form einer systematischen Darstellung der visuell beeinträchtigten Flächen im Umfeld des Eingriffsvorhabens und einer stärkeren Orientierung an den tatsächlichen Beeinträchtigungen (vgl. NOHL 2007, S. 7 ff.). Doch konkrete Ansatzmöglichkeiten, die mehrfach angesprochene Subjektivität zumindest in Teilbereichen einzuschränken, liefert NOHL nicht. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass nach seinen Aussagen Manipulationen der Skalenwerte im Bereich der verbalargumentativen Beschreibung fast immer möglich seien, verwundert es, dass nicht zumindest die Forderung nach einer differenzierten und transparenten Flächenermittlung mit einem GIS für den quantitativen Teilbereich auftaucht oder sogar Einzug in die Verfahrensansätze findet. Zumindest ließen sich an die Forderung nach einer systematischen Darstellung der visuell beeinträchtigten Flächen, die Darstellungen der Sichtverschattungen anschließen, vielleicht sogar in dem Stil der Sichtfeldanalysen, die schon im Bereich der Potenziale aufgegriffen wurden.

Die Möglichkeit, im Gegensatz zu den Ursprüngen der Verfahrensansätze, Landschaftsräume digital dreidimensional zu analysieren und die tatsächlich beeinträchtigte Fläche in Bezug auf die partielle Wahrnehmung des Eingriffsobjektes in Augenhöhe eines menschlichen Betrachters zu bestimmen, gestattet eine differenzierte Ermittlung der landschaftsästhetischen Beeinträchtigungen in Abhängigkeit zur Masthöhe unter Berücksichtigung der ausgebildeten Reliefstruktur und des Vorhandenseins von Sichtbarrieren. Die technischen Möglichkeiten sollten genutzt werden, um Unverhältnismäßigkeiten im Bereich enorm hoher Kompensationsforderungen oder Ausgleichszahlungen aufgrund fragwürdiger Flächenschätzungen vorzubeugen, gerechtfertigte Forderungen zu untermauern sowie die Verbindlichkeiten insgesamt transparent und nachvollziehbar darstellen zu können.

Bei der Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs ergibt sich vielfach das Bild, dass in kulturell bedingten, ausgeräumten Landschaften/Naturräumen der Kompensationsbedarf allein aufgrund der beeinträchtigten Fläche überdurchschnittlich hoch ist (vgl. Kap. 3.2.5.3 f.); nur unwesentlich beeinflusst von der tatsächlichen Erlebbarkeit der Landschaft. Das entgegengesetzte Szenario stellt ein landschaftsästhetisch bedeutender Raum in hügeliger bis bergiger Lage mit hoher Erlebbarkeit und bedeutender Erholungsfunktion aufgrund der Erschließung durch Straßen, Rad- und Wanderwege dar. Die Beeinträchtigung an Punkten an denen das Element wahrnehmbar ist, ist massiv

und für den Landschaftsraum nahezu unerträglich, dennoch ergibt sich für den Kompensationsflächenbedarf aufgrund der vorhandenen Situation nur eine geringe Flächengröße. Während in reliefiertem Gelände eine gewisse Annäherung an die Realität durch die Berücksichtigung der Oberflächengestalt bei der Durchführung der Sichtfeldanalyse erreicht wird, könnte eine Verhältnismäßigkeit in ebenen, ausgeräumten Landschaften, die i. d. R. durch landwirtschaftliche Nutzflächen geprägt sind, durch die Einführung eines Naturraumbezuges im Rahmen eines Bewertungsverfahrens erreicht werden. Ein Naturraumbezug, der vermittelnd zwischen den kategorischen Unterschieden der Naturräume (innerhalb des Bewertungsansatzes) eingesetzt wird und für sämtliche Natur- und Landschaftsräume Anwendung findet (vgl. Kap. Lagebedingte Landschaftsbildbeeinträchtigungen), könnte – wie der Vergleich mit weiteren Bewertungsverfahren erkennen lässt – zu einer objektiveren Bewertung eines Landschaftsraumes und Ermittlung des Kompensationsflächenbedarfs beitragen.

IX Literaturverzeichnis

- ADAM, K., NOHL, W., VALENTIN, W. (1986): Bewertungsgrundlagen für Kompensationsmaßnahmen bei Eingriffen in die Landschaft. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 399 S.
- ALBERTZ, J. (1997): Sehen, Wahrnehmen und die Wirklichkeit. In: Albertz, J. (Hrsg.): Wahrnehmung und Wirklichkeit. Wie wir unsere Umwelt sehen, erkennen und gestalten. Schriftenreihe der freien Akademie (17). Mercedes Druck, Berlin, 263 S.
- AUGENSTEIN, I. (2002): Die Ästhetik der Landschaft. Ein Bewertungsverfahren für die planerische Umweltvorsorge. In: Berliner Beiträge zur Ökologie (3). Weißensee Verlag, Berlin, 170 S.
- BARSH, H.; BORK, H.-R.; SÖLLNER, R. (Hrsg. 2003): Landschaftsplanung - Umweltverträglichkeitsprüfung - Eingriffsregelung. Justus Perthes Verlag Gotha, 537 S.
- BEZIRKSREGIERUNG KÖLN, GEOBASIS.NRW (2008 A): Digitales Geländemodell 5.
<http://www.lverma.nrw.de/produkte/landschaftsinformation/hoehenmodelle/gelaendemodelle/dgm5/DGM5.htm> (14.09.2008)
- BEZIRKSREGIERUNG KÖLN, GEOBASIS.NRW (2008 B): Digitales Geländemodell 2.
<http://www.lverma.nrw.de/produkte/landschaftsinformation/hoehenmodelle/gelaendemodelle/dgm2/DGM2.htm> (14.09.2008)
- BEZIRKSREGIERUNG KÖLN, GEOBASIS.NRW (2008 C): Digitales Geländemodell 2.
<http://www.lverma.nrw.de/produkte/landschaftsinformation/hoehenmodelle/gelaendemodelle/dgm25/DGM25.htm> (17.09.2008)
- BEZIRKSREGIERUNG KÖLN, GEOBASIS.NRW (2008 D): Digitales Oberflächenmodell.
<http://www.lverma.nrw.de/produkte/landschaftsinformation/hoehenmodelle/oberflaechenmodelle/dom/DOM.htm> (04.10.2008)
- BILL, R.; FRITSCH, D. (1991): Grundlagen der Geoinformationssysteme. Hardware, Software und Daten. Bd. 1. Wichmann Verlag, Heidelberg, 414 S.
- BILL, R.; FRITSCH, D. (1996): Grundlagen der Geoinformationssysteme. Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen. Bd. 2. Wichmann Verlag, Heidelberg, 463 S.

VIII Literaturverzeichnis

- BLASCHKE, T. (1997): Landschaftsanalyse und -bewertung mit GIS. Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayrischen Salzachauen. In: Deutsche Akademie für Landeskunde (Hrsg.): Forschungen zur Deutschen Landeskunde e. V. (243), Selbstverlag, Trier, 320 S.
- BLUMENTRATH, S.; HAAREN, C. VON (2008): Das ästhetische und rekreative Potenzial landwirtschaftlicher Betriebe – Entwicklung einer EDV-gestützten Erfassungs- und Bewertungsmethode. In: DBU-Reihe »Initiativen zum Umweltschutz«, Tagungsbeitrag zur DBU-Tagung »Nachhaltige Landwirtschaft – Indikatoren, Bilanzierungsansätze, Modelle« (Juni 2007), Osnabrück, 14 S.
- BMWi - BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE: Technik (2008). <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/Telekommunikation-und-Post/mobilfunk,did=187948.html> (Juli 2008)
- BOCKEMÜHL, L. (2002): Anwendung einer landschaftsästhetisch-ganzheitlichen Betrachtungsweise bei der Beurteilung von Projektauswirkungen auf die Landschaft im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie zur Sanierung der Oderdeiche. In: Bastian, O. et al. (Hrsg.): Bewertung und Entwicklung der Landschaft. Tagungsband mit Kurzfassungen der Beiträge zur 3. Jahrestagung der IALE-Region Deutschland. International Association for Landscape Ecology (IALE). Dresden, 117 S.
- BUHMANN, E.; PIETSCH, M.; LEPCSIK, M.; JEDE, I. (2005): GIS-gestützte Sichtbarkeitsanalysen als Entscheidungsunterstützung für die Tourismusentwicklung am Beispiel der Himmelscheibe von Nebra. In: Strobl, J. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2005. Beiträge zum 17. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann Verlag, Heidelberg, S. 82-88.
- BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMORDNUNG (Hrsg. 1963): Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 108/109 Düsseldorf-Erkelenz. Selbstverlag, Bonn-Bad Godesberg, 55 S.
- BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMORDNUNG (Hrsg. 1977): Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 95/96 Kleve/Wesel. Selbstverlag, Bonn-Bad Godesberg, 75 S.

VIII Literaturverzeichnis

- BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMORDNUNG (Hrsg. 1978):
Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 122/123 Köln-Aachen. Selbstverlag, Bonn-Bad Godesberg, 53 S.
- BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (Hrsg. 2007): Tätigkeitsbericht 2006/2007 für den Bereich Telekommunikation. <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/12186.pdf>
- BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (Hrsg.): Mobilfunkdienste (2008 A).
http://www.bundesnetzagentur.de/enid/40761008f982af6d2cb2082412b6af7b,0/Marktbeobachtung/Mobilfunkdienste_vw.html (Juli 2008)
- BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (Hrsg.): Was versteht man unter dem neuen Mobilfunkstandard UMTS? Effizientere Datenübertragung (2008 B).
<http://www.izmf.de/html/de/275.html#subhd1> (Juli 2008)
- BUZIEK, G. (2002): Kartometrie. In: Bollmann, J.; Koch, W. G.; Lipinski, A. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin, CD-ROM.
- DITZINGER, T. (2006): Illusionen des Sehens. Eine Reise in die Welt der visuellen Wahrnehmung. Spektrum Akademischer Verlag, München, 250 S.
- REGTP - REGULIERUNGSBEHÖRDE FÜR TELEKOMMUNIKATION UND POST (Hrsg. 2004): regtp facts. Funk und Umwelt. Informationen zu Funkanlagen. Erfurt, 24 S.
- ELEKTRONIK-KOMPENDIUM: Grundlagen Mobilfunk (2008). <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0406221.htm> (Juli 2008)
- ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. (2002): ArcGIS 9. Using ArcGIS Spatial Analyst. ESRI, New York/Redlands, 232 S.
- ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. (2007): Learning ArcGIS Spatial Analyst (for ArcGIS Spatial Analyst 9.0-9.1). Virtual Campus Course. ESRI Training and Education, Redlands.

VIII Literaturverzeichnis

- FINKE, P. (1986): Landschaftserfahrung und Landschaftserhaltung. Plädoyer für eine ökologische Landschaftsästhetik. In: Smuda, M. (Hrsg.): Landschaft. Suhrkamp Verlag KG, Frankfurt am Main, 309 S.
- FREIWALD, N.; GÖBEL, R.; JANY, R. (2005): Modellierung und Analyse dreidimensionaler Geoobjekte mit GIS und CAD. Ein Arbeitsbuch über den Einsatz von ArcGIS 9 und 3ds max 7. In: Eitel, B.; Gebhardt, H.; Meusburger, P. (Hrsg.): Heidelberger Geographische Bausteine (17). Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg, 139 S.
- GEGENFURTNER, K. R.: Wahrnehmung von Tiefe und Größe.
<http://www.allpsych.uni-giessen.de/karl/teach.html> (Juli 2008)
- GERBAULET, H. (1994): Belastung von Naturhaushalt und Landschaftsbild durch eine Hochspannungsleitung. Eingriff und Kompensation. In: Landschaftsverband Westfalen-Lippe (Hrsg.): Schriftenreihe des Westfälischen Amtes für Landes- und Baupflege. Beiträge zur Landespflege (7), Detmold, 87 S.
- GIBSON, J. J. (1982): Wahrnehmung und Umwelt. Der ökologische Ansatz der visuellen Wahrnehmung. Urban und Schwarzenberg, München/Wien/Baltimore, 356 S.
- GOLDSTEIN, E. B. (2001): Wahrnehmungspsychologie. Eine Einführung. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford, 650 S.
- GRÖNING, G.; HERLYN, U. (Hrsg. 1996): Landschaftswahrnehmung und Landschaftserfahrung. In: Arbeiten zur sozialwissenschaftlich orientierten Freiraumplanung (10). Lit Verlag, Münster, 267 S.
- GROBER, K. (2002): Generalisierungsgrad. In: Bollmann, J.; Koch, W. G.; Lipinski, A. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin, CD-ROM.
- GUSKI, R.: Wahrnehmen - Ein Lehrbuch. 6.5 Optische Täuschungen (2006).
http://eco.psy.ruhr-uni-bochum.de/download/Guski-Lehrbuch/Kap_6_5.html
(August 2008)
- GUSKI, R.: Wahrnehmen - Ein Lehrbuch. 6.1 Segmentierung: Trennen von Figur und Grund (2006). http://eco.psy.ruhr-uni-bochum.de/download/Guski-Lehrbuch/Kap_6_1.html (August 2008)

VIII Literaturverzeichnis

- HAAREN, C. VON (HRSG. 2004): Landschaftsplanung. Ulmer Verlag, Stuttgart 527 S.
- HAKE, G.; GRÜNREICH, D.; MENG, L. (2002): Kartographie. Visualisierung raum-zeitlicher Informationen. Verlag Walter de Gruyter, Berlin/New York, 604 S.
- HEDGECOE, J. (1997): Meine große Fotoschule. Kaleidoskop Buch, Christian Verlag, München, 264 S.
- IZMF - INFORMATIONSZENTRUM MOBILFUNK E. V. (Hrsg. 2005): Thema Mobilfunk. Infrastruktur und Technik. Nutzen und Perspektiven sowie die technischen Voraussetzungen mobiler Kommunikation. Berlin, 36 S.
- IZMF - INFORMATIONSZENTRUM MOBILFUNK E.V.: Wie funktioniert Mobilfunk? (2008 A). <http://www.izmf.de/html/de/247.html> (Juli 2008)
- IZMF - INFORMATIONSZENTRUM MOBILFUNK E.V.: Wie entwickelte sich der digitale Mobilfunk in Deutschland? (2008 B). <http://www.izmf.de/html/de/705.html> (Juli 2008)
- JÜNEMANN, P., P. PAAR UND J. REKITTKE (2001): Landschaftsplanung. Verbreitung und Einsatz von 3D-Visualisierungswerkzeugen in der Planungspraxis. In: Kartographische Nachrichten (4), S. 200-204.
- KEBECK, G. (1997): Wahrnehmung. Theorien, Methoden und Forschungsergebnisse der Wahrnehmungspsychologie. In: Sader, M. (Hrsg.): Grundlagentexte Psychologie. Juventa Verlag, Weinheim/München, 348 S.
- KIAS, U. (1990): Überlegungen zur Aufbereitung biotopschutzrelevanter Daten für die Verwendung in der Raumplanung und deren Realisierung mit Hilfe der EDV. Ergebnisse aus der Fallstudie "Ökologische Planung Bündner Rheintal". In: Biotopschutz und Raumplanung. Berichte zur Orts-, Regional und Landesplanung (80). vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 296 S.
- KIM, Y.-H.; RANA, S.; WISE, S. (2004): Exploring multiple watershed analysis using terrain features and optimisation techniques. In: Computers & Geosciences (30), S. 1019-1032

VIII Literaturverzeichnis

- KÖHLER, B.; PREIB, A. (2000): Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes. Grundlagen und Methoden zur Bearbeitung des Schutzguts »Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft« in der Planung. In: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ). Fachbehörde für Naturschutz (Hrsg.): Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen (1). Hildesheim, 71 S.
- KOLLECKER, P. (2007): Anforderungen aus Sicht der Betreiber. In: Landschaftsbilder zeitgemäß bewerten. Symposium zu Fragen der Bewertung von Landschaftsbildern bei Windkraftanlagen, Freileitungen und Mobilfunkstationen. Tagungsunterlagen, Universität Duisburg-Essen Standort Essen.
- KRAUSE, C. L.; KLÖPPEL, D. (1996): Landschaftsbild in der Eingriffsregelung. Hinweise zur Berücksichtigung von Landschaftsbildelementen. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 808 01 139 des Bundesamtes für Naturschutz. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Angewandte Landschaftsökologie (8), Bonn-Bad Godesberg, 180 S.
- KRIEDEMANN, K. (2006): Hinweise zur Eingriffsbewertung und Kompensationsplanung für Windkraftanlagen, Antennenträger und vergleichbare Vertikalstrukturen. Im Auftrag des Landesamt für Umwelt Naturschutz und Geologie Mecklenburg Vorpommern. Kriedemann Ing.-Büro f. Umweltplanung, Schwerin, 39 S.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. (2007): Landschaftsanalyse mit GIS. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 404 S.
- LESER, H. (HRSG. 1997): Wörterbuch Allgemeine Geographie. Westermann Deutscher Taschenbuch Verlag, München/Braunschweig, 1037 S.
- LIENHARD, A. (2007): Nachhaltig wirkende Planungsentscheide in der Raum- und Landschaftsplanung. System zur räumlichen Entscheidungsunterstützung. In: ESRI Geoinformatik GmbH (Hrsg.): arcaktuell. Für eine nachhaltige Umwelt (4). ESRI, Kranzberg, S. 16-17
- LOUIS, H. W. (2008): Die kleine Novelle zur Anpassung des BNatSchG an das europäische Recht. In: Natur und Recht. Zeitschrift für das gesamte Recht zum Schutze der natürlichen Lebensgrundlagen und der Umwelt (30). Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 65-69.

VIII Literaturverzeichnis

- MAYER, H. O. (2005): Einführung in die Wahrnehmungs-, Lern- und Werbe-Psychologie. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München/Wien, 214 S.
- MEIER, S. (2002): Kartometrie. In: Bollmann, J.; Koch, W. G.; Lipinski, A. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin, CD-ROM.
- MERZ, P. (1999): Ein "Natur"raum als kulturelles Phänomen. In: Kruckemeyer, F. (Hrsg.): Über Landschaften hinter der Landschaft. Urbs et Regio, Kasseler Schriften zur Geographie und Planung, Kassel, 191 S.
- MILLONIG, A. (2006): Routennetze für mobile Fußgänger-Navigationsanwendungen: ein neuer Ansatz für die Optimierung auf Basis von quantitativen Bewegungsdaten. In: Schrenk, M. (Hrsg.): Beiträge zur 11. Internationalen Konferenz zu Stadtplanung und Regionalentwicklung in der Informationsgesellschaft – CORP 2006. Technische Universität Wien, S. 525-530.
- MUHAR, A. (1992): EDV-Anwendungen in Landschaftsplanung und Freiraumgestaltung. Ulmer Verlag, Stuttgart, 248 S.
- MÜLLER, H. (2005): Funknetzplanung als Anwendungsgebiet für 3D-GIS. In: Coors, V. und A. Zipf (Hrsg.): 3D-Geoinformationssysteme. Heidelberg, S. 392-403.
- NOHL, W. (1993): Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe. Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensationsermittlung. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt-, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. Werkstatt für Landschafts- und Freiraumentwicklung, München, 76 S.
- NOHL, W. (1996): Halbierter Naturschutz. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Natur und Landschaft. Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege (5). Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, S. 214-219
- NOHL, W. (1998): Inhaltsbereiche eines landschaftsarchitektonischen und landschaftsästhetischen Gesamtplans Harz. Gutachterlicher Gliederungsvorschlag für die landschaftsästhetische Planungsgrundlage eines 'Harzpark'. Erarbeitet im Auftrag des Landkreises Wernigerode, München, 33 S.

VIII Literaturverzeichnis

- NOHL, W. (2005): Nachhaltige Freizeitlandschaften. Entdeckung der Gegenwelt. In: Politische Ökologie (96). Landschaftskult. Natur als kulturelle Herausforderung. Oekom Verlag, München, S. 36-38.
- NOHL, W. (2007): Landschaftsbildbewertung. Problemaufriss und weiterführende Überlegungen. Symposium zu Fragen der Bewertung von Landschaftsbildern bei Windkraftanlagen, Freileitungen und Mobilfunkstationen. Textfassung des Referats, Universität Duisburg-Essen Standort Essen, 22 S.
- OSTER, M. (2006): Ein neues dynamisches Visualisierungssystem zur Online- und Offline-Präsentation interaktiver 3D-Geländemodelle. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften an der Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum. Ruhr-Universität Bochum, 185 S.
- PAUL, H.-U. ET AL. (2004): GIS-gestütztes Verfahren zur Bewertung visueller Eingriffe durch Hochspannungsfreileitungen. Herleitung von Kompensationsmaßnahmen für das Landschaftsbild. In: Naturschutz und Landschaftsplanung (5), S. 139-144
- PLANUNGSVERBAND BALLUNGSRAUM FRANKFURT/RHEIN-MAIN (Hrsg. 2006): Landschaftsbild und Landschaftsbildbewertung im Gebiet des Planungsverbandes Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main. Frankfurt am Main.
http://www.planungsverband.de/media/custom/1169_1060_1.PDF (24.09.2008)
- POSCHMANN, C.; RIEBENSTAHL, C.; SCHMIDT-KALLERT, E. (1998): Umweltplanung und -bewertung. Justus Perthes Verlag, Gotha, 152 S.
- RASE, W.-D. (1998): Visualisierung von Planungsinformationen. Modellierung und Darstellung immaterieller Oberflächen. In: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): Forschung (89). Selbstverlag, Bonn, 204 S.
- ROTH, M. (2002): Möglichkeiten des Einsatzes geographischer Informationssysteme zur Analyse, Bewertung und Darstellung des Landschaftsbilds. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Natur und Landschaft. Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege (4). Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, S. 154-160

VIII Literaturverzeichnis

- ROTH, M.: Bewertungsverfahren - Landschaftsbildbewertung. Folien zur Vorlesung im Sommersemester 2006 an der Technischen Universität Berlin, 36 Folien.
<http://www2.tu-berlin.de/~landschaftsbild/downloads/Folien%20VL%202006-05-22.pdf> (05.09.2008)
- RUPERT, R. R. (2003): Mobilfunk. In: Microsoft Corporation (2004): Encarta Enzyklopädie. Redmond.
- SCHAFRANSKI, F. (1996) : Landschaftsästhetik und räumliche Planung. Theoretische Herleitung und exemplarische Anwendung eines Analyseansatzes als Beitrag zur Aufstellung von landschaftsästhetischen Konzepten in der Landschaftsplanung. Vom Fachbereich Architektur/Raum- und Umweltplanung/Bauingenieurwesen der Universität Kaiserslautern zur Verleihung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation (D 386). Universität Kaiserslautern, 299 S.
- SCHLUSEMANN, R. (1997): Ein GIS-gestütztes Verfahren zur Flächenausweisung für Windkraftanlagen. In: Geographische Kommission für Westfalen (Hrsg.): Siedlung und Landschaft in Westfalen (24), Münster, 53 S.
- SCHMIDT, R., A. HELLER UND R. SAILER (2003): Die Eignung verschiedener digitaler Geländemodelle für die dynamische Lawinensimulation mit SAMOS. In: Strobel, J., T. Blaschke und G. Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XV – Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2003. Heidelberg 2003, S. 455-464.
- SEELIG, R. (2007): Das Landschaftsbild in Landschaftsplanung und Eingriffsregelung in NRW. In: Landschaftsbilder zeitgemäß bewerten. Symposium zu Fragen der Bewertung von Landschaftsbildern bei Windkraftanlagen, Freileitungen und Mobilfunkstationen. Tagungsunterlagen, Universität Duisburg-Essen Standort Essen.
- STEINHARDT, U.; BLUMENSTEIN, O.; BARSCH, H. (2005): Lehrbuch der Landschaftsökologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 294 S.
- TIEDE, D.; BLASCHKE, T. (2005): Visualisierung und Analyse in 2,5D- und 3D-GIS – von loser Kopplung zu voller Integration? Beispiele anhand kommerzieller Produkte. In: Coors, V.; Zipf, A. (Hrsg.): 3D-Geoinformationssysteme. Wichmann Verlag, Heidelberg, S. 280-292.

VIII Literaturverzeichnis

TOBLER, W. R. (1970): A Computer Movie Simulating Urban Growth in The Detroit Region. In: Journal of Economic Geography 46 (2). Oxford University Press, S. 234-240

WEIDENBACH, M. (1998): Geographische Informationssysteme und neue digitale Medien in der Landschaftsplanung. Inaugural Dissertation der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz, 258 S.

WÖBSE, H. H. (2002): Landschaftsästhetik. Über das Wesen, die Bedeutung und den Umgang mit landschaftlicher Schönheit. Ulmer Verlag, Stuttgart, 304 S.

WÖBSE, H. H. (2004): Definitionen. In: Haaren, C. von (Hrsg.): Landschaftsplanung. Ulmer Verlag, Stuttgart 527 S.

IX Rechtsquellen

BAUGESETZBUCH (BauGB). In der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414) Zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Dezember 2006 (BGBl. I S. 3316)

BUNDESNATURSCHUTZGESETZ (BNatSchG). Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege, vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), Zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. April 2008 (BGBl. I S. 686).

EUROPEAN LANDSCAPE CONVENTION - Europäische Landschaftskonvention des Council of Europe (Europarat) Florence, 20.10.2000. <http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Html/176.htm> (Juli 2008)

EUROPEAN LANDSCAPE CONVENTION. Member States of the Council of Europe (Europarat). <http://conventions.coe.int/Treaty/Commun/CherchSig.asp?NT=176&CM=8&DF=&CL=ENG> (Juli 2008)

GRUNDGESETZ FÜR DIE BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (GG) vom 23. Mai 1949 (BGBl. S. 1), zuletzt geändert durch Gesetz vom 28. August 2006 (BGBl. I S. 2034).

IX Rechtsquellen

LANDSCHAFTSGESETZ (LG). Gesetz zur Sicherung des Naturhaushalts und zur Entwicklung der Landschaft, in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Juli 2000 (GV. NRW. S. 568), Zuletzt geändert durch Artikel I des Gesetzes vom 19. Juni 2007 (GV. NRW. S. 226, 316).

OBERVERWALTUNGSGERICHT FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN (1997): OVG-Urteil vom 16.01.1997 (7 A 310/95). Landschaftsbild - Landschaftsprägende Elemente - Schutzgut - Optische Eindrücke.

X Kartengrundlagen

BEZIRKSREGIERUNG KÖLN, GEOBASIS.NRW: Rasterdaten der Deutschen Grundkarte 1:5.000 (DGK 5), Blätter 25605614, 25605616, 25625614, 25625616. © Land NRW, Bonn 2008.

BEZIRKSREGIERUNG KÖLN, GEOBASIS.NRW: Rasterdaten der Deutschen Grundkarte 1:5.000 (DGK 5), Blätter 25865654, 25885654. © Land NRW, Bonn 2008

BEZIRKSREGIERUNG KÖLN, GEOBASIS.NRW: Digitales Geländemodell DGM 5. © Geobasisdaten: Land NRW, Bonn 2008.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (LVermA): Topographische Karte 1:25.000 Blatt 4210 Lüdinghausen.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (LVermA): Topographische Karte 1:25.000 Blatt 4909 Kürten.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (LVermA): Topographische Karte 1:25.000 Blatt 5307 Rheinbach.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (LVermA): Deutsche Grundkarte 1:5.000, Blätter 25925734, 25905734. © Land NRW, Bonn 2008

XI Eingesetzte Geräte und Programme

Die folgende Tabelle enthält die wichtigste Hard- und Software, die im Rahmen der Masterarbeit eingesetzt wurde; die *Extension Spatial Analyst* mit der Methode *viewshed analysis* war selbst Gegenstand der Untersuchung (vgl. Tab. 4-1). Office-Anwendungen zur Textverarbeitung oder Tabellenkalkulation sind hier nicht aufgeführt.

Tab. 4-1: Eingesetzte Geräte und Programme

Hardware	Software	Einsatzbereich
Fujitsu Siemens Amilo M 7424	ESRI ArcGIS 9.2, ESRI ArcGIS Extension Spatial Analyst 9.2	Kartenerstellung und -gestaltung sowie Berechnung der Sichtfelder
Nikon D80	–	Fotodokumentation mit Normalbrennweite
Leica DISTO™ A8	–	lasergestützte Höhen- und Entfernungsmessung