Schriftenreihe der
Geographischen Kommission für Westfalen

Landschaftsverband Westfalen-Lippe

SIEDLUNG UND LANDSCHAFT IN WESTFALEN

Herausgegeben von der Geographischen Kommission für Westfalen durch
Heinz Heineberg (Vorsitzender), Klaus Temlitz (Geschäftsführer),
Alois Mayr, Hans-Hubert Walter, Julius Werner

24

Ein GIS-gestütztes Verfahren zur Flächenausweisung für Windkraftanlagen

von

Ralf Schlusemann

1997

Geographische Kommission für Westfalen · Münster

Bezug: Geographische Kommission für Westfalen
Schriftleitung: Dr. Klaus Temlitz
Robert-Koch-Straße 26, 48149 Münster
Telefon: 0251/83 33929 Telefax: 0251/83 38391

Druck: Gebr. Lensing GmbH & Co. KG, Münster

Vorwort

Das Bemühen um eine verstärkte Nutzung regenerativer Energien hauptsächlich im Interesse des globalen Klimaschutzes sowie der Schonung fossiler Ressourcen ist inzwischen zum festen Bestandteil raumplanerischer Zielvorstellungen auf Länderebene geworden. Diesem Gedanken fühlt sich z.B. auch der Landesentwicklungsplan Nordrhein-Westfalen in der Fassung vom 11.05.1995 verpflichtet; gleichwohl sind in erster Linie die Städte und Gemeinden dazu aufgerufen, diese Zielvorgaben innerhalb ihrer Bauleitplanung durch Flächenausweisungen zu konkretisieren.

Bei der Nutzung regenerativer Energien haben sich moderne Techniken zur Umwandlung von Windkraft in elektrischen Strom rasch fortentwickelt, so daß heute auch bereits im Binnenland hocheffiziente Konverter bis in den MW-Bereich hinein anzutreffen sind. Gerade für diese Anlagen, die das Bild gegenwärtiger Kulturlandschaften in besonderer Weise mitbestimmen, steigt die Nachfrage von Investoren nach genehmigungsfähigen Standorten weiter an. Insbesondere bei der Ausweisung größerer zusammenhängender, für die Errichtung von Windparks geeigneter Flächen sind Städte und Gemeinden, Bezirks- und Landesregierungen in ihrer Verantwortung für eine möglichst konfliktarme Weiterentwicklung der Windkraftnutzung gefordert. Zwar haben sich die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Errichtungsgenehmigungen von Windkraftanlagen v. a. durch die am 01.01.1997 in Kraft getretene Novelle zu § 35 BauGB konkretisiert, dennoch hat der Bundesgesetzgeber nur eine maximale Frist bis zum Jahresende 1998 eingeräumt, bis zu der die gemeindliche Bauleitplanung und ggf. grenzüberschreitende koordinierende Regionalpläne erstellt werden müssen. Es ist also auf allen Ebenen zügiges Arbeiten vonnöten, um im Spannungsfeld mit konkurrierenden Raumnutzungen sachlich wohlbegründete Flächenausweisungen für die Windstromerzeugung realisieren zu können.

Hier setzt die vorliegende Studie an, indem sie versucht, an zwei Fallbeispielen auf kommunaler Ebene Flächen aufzufinden, die für eine zukunftsverträgliche und konfliktarme Windkraftnutzung in Frage kommen. Zwar haben sich seit der Anfertigung dieser praxisrelevanten Arbeit (1995) von Herrn Dipl.-Geogr. Ralf Schlusemann einige der rechtlichen Rahmenbedingungen geändert (nachträglich als kleine Modifikationen bzw. Ergänzungen in den Text eingearbeitet); die entwickelte mehrstufige Methodik der Flächenanalyse unter Zuhilfenahme von Geoinformationssystemen und Computer-Kartographie darf aber nach wie vor als zweckoptimiert und aktuell gelten.

Die Stadt Dortmund hat früh die Notwendigkeit erkannt, ihre Gesamtfläche systematisch auf Möglichkeiten zur Errichtung von Windkraftanlagen zu untersuchen. Dieser aus einem Forschungsauftrag 1994/1995 hervorgegangenen Analyse hat Herr Schlusemann eine Fallstudie zur Flächenanalyse aus dem ländlichen Raum des nordwestlichen Münsterlandes (Ortsteil Weseke der Stadt Borken) gegenübergestellt. Zwar konnte hier nicht - wie bei Dortmund - auf Daten zurückgegriffen werden, die bereits größtenteils im digitalen Format vorlagen; gleichwohl veranschaulicht gerade das Beispiel

Weseke, daß sich auch analoge Ausgangsdaten nach digitaler Aufbereitung durchaus für ein derart aufwendiges Flächenanalyseverfahren (mit einer Visualisierung als vierter Stufe) eignen.

Durch die Drucklegung dieser Arbeit hofft die Geographische Kommission im Landschaftsverband Westfalen-Lippe, der Nachfrage unterschiedlicher Akteure - potentielle Investoren und Betreiber von Windkraftanlagen eingeschlossen - nach derartigen Fallstudien zu entsprechen. So wollen Text und Computerkarten (deren Werkstattcharakter bewußt beibehalten wurde) als Handreichung für einen nachhaltigen und konsensfähigen Ausbau der Windkraftnutzung verstanden werden.

Münster, im Juli 1997 *Julius Werner*

INHALT

1. Einleitung und Zielsetzung 1
1.1 Problemstellung 1
1.2 Ziel der Arbeit 3

2. Geo-Informationssysteme 4
2.1 Datentypen und Aufbau von Geo-Informationssystemen 4
2.2 Anforderungen an ein GIS zur Umsetzung des Flächenanalyseverfahrens 6
2.3 Das Geo-Informationssystem ArcCAD 7

3. Aspekte der Windkraftnutzung 8
3.1 Stand der Windkraftnutzung 8
3.2 Wirkungen von Windkraftanlagen 9
3.2.1 Avifauna 9
3.2.2 Landschafts- und Ortsbild 11
3.2.3 Schallimmissionen 12
3.2.4 Elektromagnetische Störungen 12
3.2.5 Schattenwurf und Lichtreflexe 13

4. Rechtliche Grundlagen zur Windkraftnutzung 13
4.1 Bauplanungsrechtliche Grundlagen 13
4.1.1 Der qualifiziert beplante Innenbereich 14
4.1.2 Der nicht qualifiziert beplante Innenbereich 16
4.1.3 Der Außenbereich 17
4.2 Bauordnungsrechtliche Grundlagen 20
4.3 Natur- und landschaftsschutzrechtliche Grundlagen 21
4.4 Sonstige gesetzliche Grundlagen 22
4.4.1 Immissionsschutzrecht 22
4.4.2 Straßenrechtliche Vorgaben 22
4.4.3 Denkmalschutzrechtliche Vorgaben 22
4.4.4 Luftverkehrsrechtliche Vorgaben 23

5. Flächenanalyse für die Errichtung von Windkraftanlagen 23
5.1 Stand der Flächenausweisung 25
5.2 Entwicklung des GIS-gestützten kommunalen Flächenanalyseverfahrens 29
5.2.1 Bewertungs- und Datengrundlage 29
5.2.2 Aufbau des GIS-gestützten Flächenanalyseverfahrens 31

6. Anwendung des Flächenanalyseverfahrens auf zwei ausgewählte Beispiele 34
6.1 Beispiel I: Dortmund 36
6.1.1 Datengrundlage 36
6.1.2 Anwendung und Ergebnisse des Flächenanalyseverfahrens 37
6.2 Beispiel II: Weseke 40
6.2.1 Datengrundlage und Datenaufbereitung 42
6.2.1.1 Die Softwareanwendung CAD-DIA-ESP 42
6.2.1.2 Vorgehensweise bei der Datenaufbereitung 43
6.2.2 Anwendung und Ergebnisse des Flächenanalyseverfahrens 43
6.2.3 Visualisierungsbeispiel 46

7. Schlußbemerkung und Ausblick 46

Literaturverzeichnis **50**
Verzeichnis der Gerichtsentscheidungen und Gesetzestexte **52**
Verzeichnis der verwendeten Datengrundlagen **53**

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Mögliche Datenquellen für Geo-Informationssysteme 5
Abb. 2: Übersicht der Leistungsanforderungen an ein GIS für kommunale Flächenanalysen 6
Abb. 3: Schema des Baugenehmigungsverfahrens bei WKA-Vorhaben 14
Abb. 4: Bauplanungsrechtliche Beurteilung der Zulässigkeit von WKA-Vorhaben 15
Abb. 5: Allgemeine Konzeption von Flächenanalyseverfahren 28
Abb. 6: Schema des vom Verfasser entwickelten kommunalen Flächenanalyseverfahrens 32
Abb. 7: Größenordnung möglicher Vollaststunden von WKA der 500 kW-Klasse mit Nabenhöhen von 50 m über Grund (mesoklimatisch generalisiert) 35
Abb. 8: Die Reliefverhältnisse im Dortmunder Stadtgebiet 37
Abb. 9: Weseke im Westmünsterland 41
Abb. 10: Digitale Datenaufbereitung im Fall Weseke 43
Abb. 11: Visualisierung der Konverter 4-6 am Standort 1 in Weseke (Simulation) 47

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Anteile regenerativer Energieträger an der öffentlichen Stromversorgung 1994 1
Tab. 2: Notwendige GIS-Funktionalitäten zur Anwendung des Flächenanalyseverfahrens 7
Tab. 3: Der WKA-Inlandsmarkt in Deutschland 8
Tab. 4: Grenzwerte der Schallimmissionen nach der TA Lärm 1968 12
Tab. 5: Abstandsvorgaben der "Empfehlungen zur Standortsicherung und raumordnerischen Beurteilung von Windenergieanlagen" in Niedersachsen (03.07.1991) 23
Tab. 6: Abstandsvorgaben des Runderlasses "Grundsätze zur Planung von Windenergieanlagen" in Schleswig-Holstein (04.07.1995) 24
Tab. 7: Abstandsvorgaben für ein GIS-gestütztes kommunales Flächenanalyseverfahren auf Basis des Flächennutzungsplans 30
Tab. 8: Flächenanteile der verschiedenen Nutzungen innerhalb des Dortmunder Stadtgebiets 36
Tab. 9: Flächenanteile der verschiedenen Nutzungen innerhalb des Gebiets von Weseke 42

Verzeichnis der Karten im Anhang

Karte 1: Flächennutzungen in Dortmund

Karte 2: Prinzipiell zur Verfügung stehende Flächen (Untersuchungsgebiete) sowie die ausgewählten Primär- und Sekundärgebiete in Dortmund

Karte 3: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 1 in Dortmund

Karte 4: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 2 in Dortmund

Karte 5: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 3 in Dortmund

Karte 6: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 4 in Dortmund

Karte 7: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 5 in Dortmund

Karte 8: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 6 in Dortmund

Karte 9: Flächennutzungen in Weseke

Karte 10: Prinzipiell zur Verfügung stehende Flächen (Untersuchungsgebiete) sowie die ausgewählten Primär- und Sekundärgebiete in Weseke

Karte 11: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 1 in Weseke

Karte 12: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 2 in Weseke

Karte 13: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 3 in Weseke

Verzeichnis der Abkürzungen

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
ADS	Arc-Digitizing-System
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
Az.	Aktenzeichen
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BauO NW	Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen
BGBl	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
CO_2	Kohlendioxid
dB(A)	Dezibel (Meßgröße für bewerteten Schallpegel)
DGM	Digitales Geländemodell
DEWI	Deutsches Windenergie-Institut
DGK 5	Deutsche Grundkarte 1 : 5.000
DSchG NW	Denkmalschutzgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen
ebd.	ebenda
EDB	Einheitliche Datenbank
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FNP	Flächennutzungsplan
FstrG	Bundesfernstraßengesetz
GIS	Geo-Informationssystem
GV NW	Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen
i.S.	im Sinne
i.V.m.	in Verbindung mit
IZE	Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft
Kap.	Kapitel
KVR	Kommunalverband Ruhrgebiet
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LG NW	Landschaftsgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen

LÖBF	Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten / Landesamt für Agrarordnung
LuftVG	Luftverkehrsgesetz
mdl.	mündlich
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
MURL NW	Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen
MWMTV NW	Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen
MW	Megawatt
Nds. MBl.	Niedersächsisches Ministerialblatt
NN	Normal Null
NNA	Norddeutsche Naturschutzakademie
OVG	Oberverwaltungsgericht
StrEG	Stromeinspeisungsgesetz
StrWG NW	Straßen- und Wegegesetz des Landes Nordrhein-Westfalen
Tab.	Tabelle
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
TK	Topographische Karte
ULB	Untere Landschaftsbehörde
VDEW	Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke
WKA	Windkraftanlage

1. Einleitung und Zielsetzung

1.1 Problemstellung

Die weltweite Energieversorgung basiert derzeit noch zu ca. 90 % auf der Verbrennung der fossilen Energieträger Erdöl, Erdgas und Kohle (IZE 1994). Damit ist eine Freisetzung großer Mengen des klimarelevanten Gases CO_2 verbunden, das als Hauptverursacher des Treibhauseffektes gilt. Der Lösung dieser Problematik wird weltweit eine große Bedeutung zugemessen. Vor dem Hintergrund der drohenden Klimaveränderungen haben insbesondere die Wissenschaft, Wirtschaft und Politik damit verstärkt die Aufgabe, Strategien zu erforschen, zu entwickeln und umzusetzen, mit denen die Folgen des Treibhauseffektes verhindert bzw. in ihren Auswirkungen gemindert werden können. Neben der Ausschöpfung von Maßnahmen zur Energieeinsparung konzentriert sich das Interesse dabei auf neue Wege der Energieerzeugung. In diesem Zusammenhang kommt der Weiterentwicklung und dem Einsatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energieträger wie Sonne, Wind und Wasser eine große Bedeutung zu.

Die Stromerzeugung in Deutschland lag 1994 bei rd. 449 Mrd. kWh (VEW 1995). Davon wurden ca. 19 Mrd. kWh durch die regenerativen Energieträger Sonne, Wind, Wasser und Biomasse erzeugt, die somit lediglich mit rd. 4,2 % zur öffentlichen Stromversorgung beitrugen (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Anteile regenerativer Energieträger an der öffentlichen Stromversorgung 1994
(Daten: VEW 1995)

Regenerative Energieträger	Anteil in Prozent	Anteil absolut (Mio. kWh)
Wasser	3,9	17.499
Wind	0,2	909
Biomasse	0,1	570
Sonne	0,001	4

Aufgrund der Klimaproblematik sollte es ein gesellschaftliches Ziel sein, den Anteil regenerativer Energien zur Deckung des Energiebedarfs deutlich zu steigern und den Energieverbrauch durch Einsparungen und einen rationelleren Umgang drastisch zu reduzieren. Gleichwohl müssen die Energiepotentiale erneuerbarer Energien realistisch betrachtet werden, da die Unterschiede zwischen dem technischen und dem derzeit wirtschaftlich nutzbaren Potential deutlich voneinander abweichen. Der Einsatz regenerativer Energien kann momentan daher nur ein Bestandteil innerhalb eines umfassenden Maßnahmenpaketes zur Lösung der derzeitigen Energieprobleme sein. Inwieweit Techniken zur Nutzung regenerativer Energien zukünftig zur Deckung des Energiebedarfs beitragen können, ist neben dem technischen Entwicklungsstand nicht zuletzt auch entscheidend von der gesamtgesellschaftlichen Akzeptanz und den politischen Rahmenbedingungen abhängig.

Unter den erneuerbaren Energien hat in den letzten Jahren in Deutschland insbesondere die Windkraftnutzung einen regelrechten Boom erfahren. Das verstärkte Interesse an dem Energieträger Wind wurde vor allem durch das Inkrafttreten des Stromeinspeisungsgesetzes (StrEG) am 01.01.1991 und die Förderprogramme von Bund und Ländern ausgelöst. Aufgrund des gegenüber dem Binnenland deutlich höheren Windstrompotentials hat die Konverterzahl in den Küstenbereichen besonders schnell zugenommen. Mit der Entwicklung neuartiger und leistungsfähigerer Kon-

vertertypen und den damit verbundenen spezifisch geringeren Investitionskosten pro kW ist es auch für potentielle Investoren im i.d.R. windschwächeren Binnenland zunehmend interessanter geworden Windkraftanlagen (WKA) zu errichten. Mit der zunehmenden Errichtung von Windkraftanlagen und Konzentration im Außenbereich von Gemeinden haben sich jedoch - insbesondere in den norddeutschen Küstengebieten Schleswig-Holsteins und Niedersachsens - auch Konfliktbereiche herauskristallisiert, die den weiteren Ausbau und die Akzeptanz der Windkraftnutzung momentan beeinträchtigen.

Dabei sind vornehmlich unterschiedliche Ansichten in bezug auf den Natur- und Landschaftsschutz, die Sicherung der Grundlagen für den Fremdenverkehr sowie die bislang häufig unkoordinierte Errichtung von Windkraftanlagen innerhalb des gemeindlichen Außenbereichs Gegenstand der Diskussion. Aufgrund der Vielzahl von Konvertern mit einer breiten Streuung innerhalb des Gemeindegebiets besteht bei einigen Gemeinden die Befürchtung, daß die Umsetzbarkeit der angestrebten Entwicklungsziele im Hinblick auf andere räumliche Nutzungen nicht mehr gewährleistet sei. Gleichzeitig ist weiterhin ein großes Interesse potentieller Investoren an der Windkraftnutzung vorhanden, so daß die damit verbundene hohe WKA-Antragszahl bei den genehmigenden Kommunen und Kreisen zu der Notwendigkeit einer verstärkten raumordnerischen Planung von Windkraftanlagen führt. Für einige Gebiete Norddeutschlands sind daher auf regionaler und überregionaler Ebene Flächenpotentialstudien durchgeführt worden. Ziel derartiger Flächenanalysen ist es, unter Berücksichtigung der verschiedenen Raumnutzungsansprüche Flächen auszuweisen, auf denen die Bündelung von Windkraftanlagen ohne nennenswerte Konflikte möglich ist.

Im Juni 1994 wurde die bis dahin gängige Genehmigungspraxis, Windkraftanlagen in vielen Fällen unter Anwendung des § 35 Abs. 1 Baugesetzbuch (BauGB) im Außenbereich als privilegierte Bauvorhaben zu genehmigen, durch ein Urteil des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG) in einigen Punkten hinfällig. Die Genehmigungsfähigkeit von Windkraftanlagen im Außenbereich ist seitdem nur noch stark eingeschränkt möglich. Seit diesem Urteil gibt es vor dem Hintergrund der angesprochenen Problemkreise einige Unsicherheiten in bezug auf die bauplanungsrechtliche Behandlung von Windkraftanlagen, da Genehmigungen derzeit nur noch in eingeschränktem Umfang ausgesprochen werden (vgl. Kap. 4.1.3).

Damit die Windkraftnutzung einen nennenswerten Beitrag zur öffentlichen Stromversorgung in Deutschland leisten kann, sind Rahmenbedingungen erforderlich, die in Zukunft einen sinnvollen Ausbau der Windkraftnutzung ermöglichen. Ansätze zur Schaffung dieser Rahmenbedingungen sind vorhanden. Im Sommer 1995 wurden zwei Gesetzentwürfe zur Änderung des Baugesetzbuches eingebracht mit dem Ziel einer Verbesserung der Planungssicherheit von Windkraftanlagen im Außenbereich. In diesem Zusammenhang wurde auch die Standortausweisung potentieller WKA-Standorte auf der Basis von Flächenanalyseverfahren als kommunales Planungsinstrument in Betracht gezogen zur räumlichen Steuerung des weiteren WKA-Ausbaus bei gleichzeitiger Minimierung potentieller Raumnutzungskonflikte.

Bei der Durchführung von Flächenanalyseverfahren für die Windkraftnutzung werden umfangreiche Daten über die Flächennutzung, Natur und Landschaft, den Verlauf von Versorgungsleitungen etc. innerhalb des zu bearbeitenden Gebiets benötigt. Wie bei vielen anderen raumbezogenen Fragestellungen, für deren Analyse eine komplexe Datenbasis Voraussetzung ist, bietet sich auch bei Flächenanalyseverfahren zur Windkraftnutzung der Einsatz von Geo-Informationssystemen (GIS) an.

1.2 Ziel der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines GIS-gestützten kommunalen Flächenanalyseverfahrens für die Windkraftnutzung sowie die Anwendung und Erprobung des Verfahrens in zwei konkreten Fällen. Bei der Durchführung des Flächenanalyseverfahrens steht die Ausweisung von Standorten im Vordergrund, auf denen eine Bündelung von Windkraftanlagen möglich ist. Einzelstandorte dagegen werden bei diesem Flächenanalyseverfahren nicht berücksichtigt. Als Datenbasis für die Flächenanalysen wird der jeweilige Flächennutzungsplan (FNP) der untersuchten Gemeinde herangezogen.

Die GIS-gestützte Umsetzung des Flächenanalyseverfahrens setzt den Einsatz eines Geo-Informationssystems voraus, das über ein leistungsfähiges Analysemodul verfügt, mit dem die notwendigen raumbezogenen Untersuchungen durchgeführt werden können. Gegenstand des zweiten Kapitels ist neben einer Einführung in die Funktionsweise und den Aufbau von Geo-Informationssystemen die Darstellung von Leistungsmerkmalen, die ein zur Umsetzung des kommunalen Flächenanalyseverfahrens geeignetes GIS aufweisen sollte. Abschließend erfolgt eine kurze Beschreibung des GIS Arc-CAD, das für ein Flächenanalyseverfahren angewandt werden kann (vgl. Kapitel 6).

Die Errichtung von Windkraftanlagen ist an eine Baugenehmigung gebunden. Die Prüfung der Zulässigkeit eines WKA-Vorhabens erfolgt im Verlauf von Baugenehmigungsverfahren. Dabei müssen vor dem Hintergrund der möglichen Wirkungen von Windkraftanlagen auf Mensch und Natur einige rechtliche Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Neben dem Bauplanungs- und Bauordnungsrecht sowie dem Naturschutzrecht sind dabei u.a. auch straßenrechtliche Vorgaben sowie das Denkmalschutzrecht von Bedeutung. Diese wesentlichen rechtlichen Grundlagen werden im vierten Teil dargestellt. Zuvor werden in Kapitel 3 die bei der Planung von WKA-Vorhaben zu berücksichtigenden möglichen Wirkungen von Windkraftanlagen herausgearbeitet. Dabei sind beispielsweise die viel diskutierten Auswirkungen auf die Avifauna Gegenstand der Ausführungen.

In Kapitel 5 wird zunächst ein Überblick über eine Auswahl bisher durchgeführter Flächenanalyseverfahren gegeben, die i.d.R. für die regionale und überregionale Ebene konzipiert wurden. Aufbauend auf diesen Ausführugen sowie in Anlehnung an ein von ALLNOCH (1992) vorgestelltes Konzept zur Standortausweisung wird im Anschluß daran das GIS-gestützte Flächenanalyseverfahren entwickelt und vorgestellt. Bei dem vorgeschlagenen Modell handelt es sich um ein vierstufiges Verfahren, wobei im ersten Schritt zunächst die Ermittlung von prinzipiell für die Windkraftnutzung geeigneten Flächen sowie von Ausschlußflächen erfolgt. Auf der Grundlage der prinzipiell für die Windkraftnutzung zur Verfügung stehenden Flächen schließt sich im zweiten Schritt unter Anwendung verschiedener Beurteilungsverfahren die Ermittlung von sog. Primär- und Sekundärflächen an. Im Unterschied zu einem Großteil bisheriger Flächenanalyseverfahren liegt ein Schwerpunkt des entwickelten Verfahrens in der Erarbeitung von standortspezifischen WKA-Konfigurationsvorschlägen und zugehörigen Schallimmissionsprognosen für die zuvor ermittelten Primär- und Sekundärflächen (Schritt 3). Abschließend ist für die vierte Stufe vor dem Hintergrund der Diskussionen um mögliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch WKA die Durchführung von EDV-gestützten Standortvisualisierungen vorgesehen.

Gegenstand des sechsten Kapitels ist die Anwendung des kommunalen Flächenanalyseverfahrens auf zwei Beispiele mit unterschiedlichen Raumstrukturen, wobei für alle ausgewiesenen Standorte WKA-Konfigurationsvorschläge mit entsprechenden Schallimmissionsprognosen erarbeitet werden. Im

ersten Anwendungsfall wird das Gebiet der Stadt Dortmund in bezug auf Möglichkeiten zur Errichtung von Windkraftanlagen untersucht. Im zweiten Beispiel erfolgt die Analyse der Fläche der zur Stadt Borken gehörenden Ortschaft Weseke. Für einen Standort dieser Ortschaft wird abschließend auch die exemplarische Visualisierung der vorgeschlagenen WKA-Konfiguration durchgeführt.

2. Geo-Informationssysteme

Der Einsatz von Geo-Informationssystemen (GIS) hat heute bei der Verarbeitung und Analyse raumbezogener Daten einen hohen Stellenwert. Ein großes Anwendungsfeld liegt vor allem in den Bereichen Ökologie sowie Natur- und Landschaftsschutz, da bei der Analyse umweltrelevanter Fragestellungen große Datenmengen benötigt werden. Diese können mit herkömmlichen analogen Analysemethoden kaum bearbeitet werden.

Zur Definition des Begriffes Geo-Informationssystem liegen verschiedene Ansätze vor. BILL und FRITSCH beispielsweise definieren ein Geo-Informationssystem als "... ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfaßt und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden" (BILL u. FRITSCH 1994, S. 5). Diese Definition deutet bereits an, daß GIS komplexe Systeme sind, deren Leistungsfähigkeit nicht allein von der Soft- und Hardware, sondern auch von der Qualität der Datenbasis abhängig ist.

2.1 Datentypen und Aufbau von Geo-Informationssystemen

In Geo-Informationssystemen werden raumbezogene Einheiten bzw. Objekte verwaltet. Zur Durchführung von Analysen sind in GIS neben Geometriedaten, über die der Raumbezug von Objekten hergestellt wird, zugehörige Sachdaten notwendig. Geometriedaten enthalten geometrisch-topologische Informationen und können - je nach Erfassungsart - im Vektor- oder Rasterformat vorliegen. Vektordaten basieren auf dem Punkt (Knoten) als Grundelement. Durch die Verbindung von Punkten entstehen Linien (Kanten), die als geschlossene Linienzüge wiederum Flächen (Maschen) bilden. Die topologischen Beziehungen (Nachbarschaftsbeziehungen) zwischen Punkten, Linien und angrenzenden Flächen werden bei Vektordaten explizit angegeben und innerhalb des GIS verwaltet. Die grafische Grundstruktur von Rasterdaten ist das Pixel, ein quadratisches oder rechteckiges Element, das in einer Matrix angeordnet ist und eine einheitliche Flächenfüllung aufweist (BILL u. FRITSCH 1994). Bei Rasterdaten kann keine Unterscheidung nach Punkten, Linien und Flächen getroffen werden. Somit gibt es auch keine logischen Verbindungen zwischen den einzelnen Pixeln. Pixel sind lediglich Träger von Eigenschaften (Grau- oder Farbwerte, Emissionswerte etc.). Durch die Anordnung von Pixeln innerhalb eines Rasterdatensatzes ist die Topologie implizit in der Pixelposition (Zeilen- und Spaltennummer) enthalten.

Über einen sog. Objektidentifikator werden den Geometriedaten Sachdaten zugeordnet, die die Thematik der räumlichen Objekte beschreiben. Sachdaten können beispielsweise Angaben zu Flächennutzungsformen, Bodentypen oder Baumschadensklassen enthalten. Zusammen mit den Geometriedaten bilden die Sachdaten die Grundlage für die Analyse innerhalb des GIS. Je nach Art der Geometriedaten, die mit einem Geo-Informationssystem verarbeitet werden können, unterscheidet man zwischen Vektor- und Raster-GIS. Darüber hinaus gibt es noch hybride GIS, die als eine Kombination von vektor- und rasterorientierten Systemen anzusehen sind.

Die Präsentation raumbezogener Informationen erfolgt über Grafikdaten, die beschreibende Informationen zur Darstellungsweise von räumlichen Objekten (Geometriedaten und Sachdaten) auf Ausgabegeräten wie Bildschirmen oder Druckern enthalten. Grafikdaten beinhalten beispielsweise Angaben zu der Farbe, dem Linienstil, der Schraffur oder zu den Grauwerten der darzustellenden Objekte.

Gegenüber CAD-Systemen unterscheiden sich Geo-Informationssysteme in erster Linie durch die umfangreichen Möglichkeiten zur Sachdatenhaltung. Diese fehlen i.d.R. in CAD-Systemen oder sind nur ansatzweise vorhanden. Des weiteren bieten GIS vielfältige Analysemethoden zur Bearbeitung der Sachdaten an. Echte GIS besitzen z.B. die Fähigkeit, für verschiedene thematische Ebenen eine Verschneidung von Flächen durchzuführen, bei der neue Flächen generiert werden und eine Verknüpfung von Merkmalskombinationen der Ausgangsdaten erfolgt. Bei CAD-Systemen hingegen besteht lediglich die Möglichkeit, verschiedene thematische Darstellungsebenen additiv zu überlagern. Die Übergänge zwischen CAD-Systemen und GIS sind fließend.

Die Software eines Geo-Informationssystems besteht im wesentlichen aus einem **E**ingabe-, **V**erwaltungs-, **A**nalyse- und **P**räsentationsmodul (EVAP). Man spricht in diesem Zusammenhang auch von dem Vierkomponenten-Modell der Aufgaben (BILL u. FRITSCH 1994). In dem Eingabemodul erfolgt die gesamte Erfassung des mit dem GIS zu bearbeitenden Datenbestandes. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Datenaufnahme. Geometriedaten können beispielsweise über das Digitalisieren oder Scannen analoger Karten in das GIS überführt werden. Des weiteren können digitale Daten verarbeitet werden, die von Vermessungsämtern, statistischen Landesämtern etc. angeboten werden. Abbildung 1 gibt einen Überblick über Datenquellen für Geo-Informationssysteme. Die Verwaltung der digitalen Daten innerhalb der GIS-Software erfolgt über eine Datenbank mit dem zugehörigen Datenbankmanagementsystem (DBMS). Dabei kann es sich um eine Eigenentwicklung des GIS-Herstellers oder aber um eines der verbreiteten Datenbanksysteme, wie z.B. dBase, Oracle, Informix, handeln.

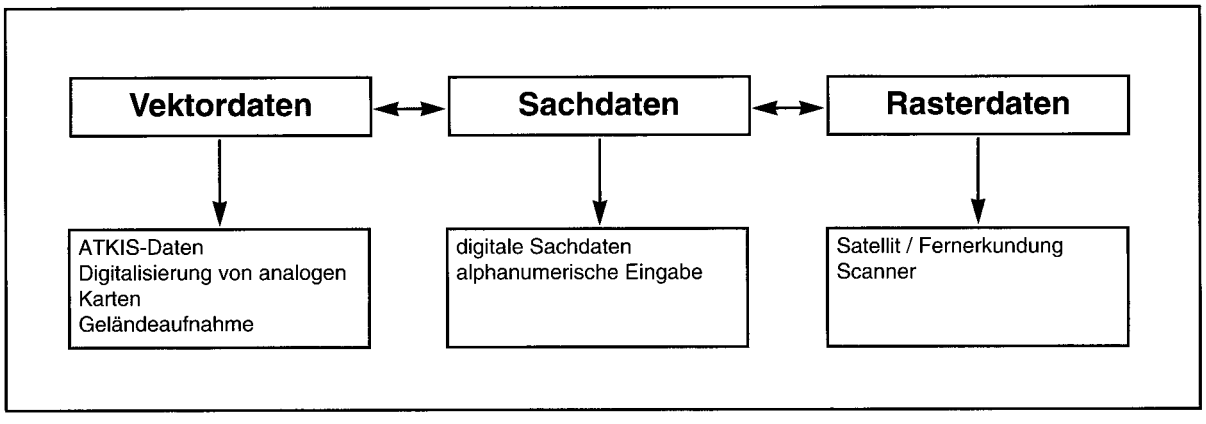


Abb. 1: Mögliche Datenquellen für Geo-Informationssysteme (Quelle: BILL u. FRITSCH 1994)

Das Analysemodul ist der Teil eines GIS, der für die Gewinnung neuer Informationen eingesetzt wird, um Entscheidungsgrundlagen für die jeweilige Fragestellung bereitzustellen. Bei den Analysemethoden handelt es sich um logische und relationale Verknüpfungen sowie geometrische und statistische Verfahren. Wichtige Analysemethoden sind z.B. die Verschneidung verschiedener thematischer Informationsebenen, die Generierung von Pufferzonen oder die Durchführung von Abfragen und Selektionen. Mit dem Präsentationsmodul erfolgt die grafische Darstellung der Analyseergebnisse in Form von thematischen Karten. Die Leistungsfähigkeit dieses Moduls ist neben den Präsentationsalgorithmen der GIS-Software entscheidend von der eingesetzten Hardware (Qualität, Auflösung und Größe von Bildschirmen und Plottern) abhängig.

2.2 Anforderungen an ein GIS zur Umsetzung des Flächenanalyseverfahrens

Auf dem Softwaremarkt wird eine Vielzahl von Programmen angeboten, die von den Herstellern in die Rubrik GIS eingestuft werden. Es hat sich allerdings gezeigt, daß sich die angebotenen Systeme insbesondere hinsichtlich der Leistungsfähigkeit des Erfassungs- und Analysemoduls z.T. erheblich voneinander unterscheiden (Stadt Nürnberg 1993; GROHMANN 1994). Um die Umsetzung des in Kapitel 5 vorgestellten Flächenanalyseverfahrens zu gewährleisten, müssen daher an die Leistungsmerkmale des zu verwendenden GIS einige Anforderungen gestellt werden, die in den folgenden Ausführungen erläutert werden (s. auch Abbildung 2).

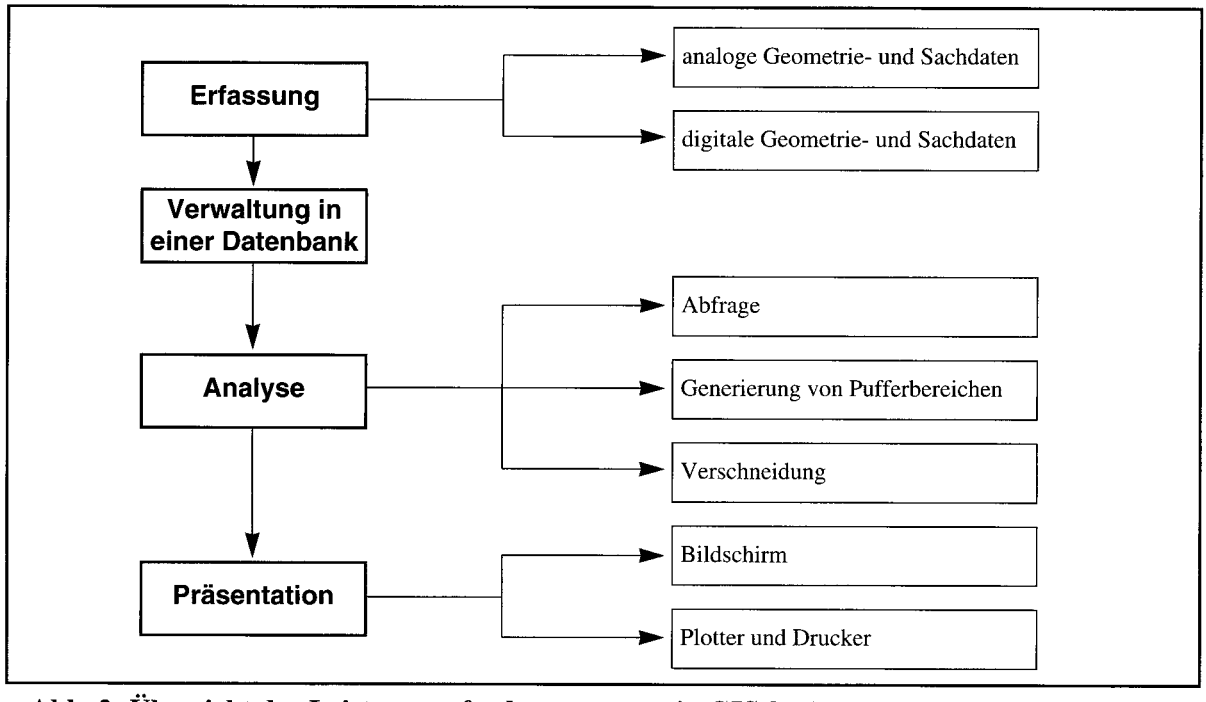


Abb. 2: Übersicht der Leistungsanforderungen an ein GIS für kommunale Flächenanalysen

Neben den Möglichkeiten der analogen Datenerfassung wie beispielsweise der Aufnahme von Geometriedaten mit Hilfe eines Digitalisiertabletts oder der Eingabe von Sachdaten in eine Datenbank sollte ein geeignetes GIS auch über die Möglichkeit verfügen, digitale Daten über entsprechende Schnittstellen einzulesen. Der Import von ATKIS-Daten (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem), die in einem normierten Format ausgegeben werden, setzt beispielsweise voraus, daß das GIS über eine EDB-Schnittstelle (Einheitliche Datenbank-Schnittstelle) verfügt bzw. optional damit ausgestattet werden kann.

Eine zentrale Funktion kommt dem Analysemodul zu. Vor dem Hintergrund der Umsetzung des kommunalen Flächenanalyseverfahrens sind dabei insbesondere die Möglichkeiten zur Verschneidung, Pufferbildung und Abfrage von Bedeutung. Nachfolgend werden diese Funktionen an einigen Beispielen erläutert:

Verschneidung
Beispielsweise sollen die digitalen Ausgangsdatensätze eines Flächennutzungsplans und einer Karte schützenswerter Biotope miteinander verschnitten werden. Das Ziel der Verschneidung ist der Aufbau eines Datensatzes, in dem neben der reinen Flächennutzung auch die Bedeutung von Flächen für den Naturhaushalt hervorgehoben werden kann. Durch die Verschneidung wird in dem Verschneidungs-

produkt aus den Flächen der Ausgangsdatensätze ein neuer Datensatz erzeugt, der die geometrischen und attributiven Daten der Ausgangsdatensätze in Kombination enthält. Diese Daten stehen für die weitere Analyse in Form von Abfragen, Flächenberechnungen etc. bereit.

Abfrage
In einem weiteren Schritt könnte nach der Verschneidung z.B. eine Abfrage definiert werden, deren Ziel die Selektion aller schützenswerten Biotope ist, die sich auf landwirtschaftlich genutzten Flächen befinden. Das kartographische Ergebnis dieser Abfrage könnte beispielsweise im Rahmen des zu entwickelnden Flächenanalysekonzeptes zur Windkraftnutzung einen ersten Überblick über die räumliche Anordnung möglicher Ausschlußflächen geben.

Pufferbildung
Auf der Basis der beschriebenen Abfrage wäre die Definition eines Pufferbereiches um die selektierten Biotope denkbar, der als zusätzlicher Abstandsbereich von einer Nutzung durch Windkraftanlagen ausgeschlossen werden könnte.

Weiterhin ist auch die Fähigkeit von Bedeutung, Abfrage- und Analyseergebnisse interaktiv am Bildschirm darstellen und kontrollieren zu können. Dadurch wird eine schnelle Beurteilung der Ergebnisse gewährleistet. Neben einer geeigneten Software sind dazu natürlich entsprechend hoch auflösende Bildschirme und Grafikkarten erforderlich. In Tabelle 2 werden zusammenfassend die Anforderungen dargestellt, die bei der Durchführung eines kommunalen Flächenanalyseverfahrens an ein GIS gestellt werden müssen.

Tab. 2: Notwendige GIS-Funktionalitäten zur Anwendung des Flächenanalyseverfahrens

GIS-Modul:	Anforderungen an ein GIS:
Erfassung	Integration einer EDB-Schnittstelle zum Import von ATKIS-Daten möglich Vorhandensein von Schnittstellen zum Import digitaler Daten anderer Formate Eingabe von Geometriedaten über ein Digitalisiertablett möglich
Verwaltung	Interaktive Verbindung von Sach- und Geometriedaten möglich Speicherung von Geometriedaten in Gauß-Krüger-Koordinaten möglich
Analyse	Verschneidung verschiedener Informationsebenen möglich Puffergenerierung möglich Definition von Abfragen möglich
Präsentation	interaktive Darstellung von Analyseergebnissen am Bildschirm möglich Schnittstellen und Treiberunterstützung zur Ausgabe der Ergebnisse über verschiedene Ausgabegeräte vorhanden

2.3 Das Geo-Informationssystem ArcCAD

Für die Anwendung des vom Autor entwickelten Flächenanalyseverfahrens (vgl. Kap. 5.2) auf die im sechsten Kapitel beschriebenen Beispiele steht das Geo-Informationssystem ArcCAD als zentrale Analysesoftware zur Verfügung. Dabei handelt es sich um ein vektororientiertes Geo-Informationssystem des Anbieters ESRI. ArcCAD ist für den Einsatz auf der PC-Ebene konzipiert und basiert auf

dem weit verbreiteten Geo-Informationssystem PC ARC/INFO, das auch von der Firma ESRI vertrieben wird. Im Gegensatz zu PC ARC/INFO werden bei ArcCAD zur Erfassung der Geometriedaten jedoch nicht die ARC/INFO-Datenerfassungsmodule ADS (Arc-Digitizing-System) und ARCEDIT verwendet. Statt dessen wird in ArcCAD auf die grafischen Funktionen des bekannten CAD-Systems AutoCAD zurückgegriffen. Da es sich bei ArcCAD um eine AutoCAD-Applikation handelt, muß eine AutoCAD-Version vorhanden sein, um das System einsetzen zu können.

Im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit kann man ArcCAD in etwa mit den Merkmalen der PC-Version von ARC/INFO vergleichen. Gegenüber der leistungsfähigeren Workstationvariante von ARC/INFO liegen jedoch deutliche Performance-Unterschiede vor. Durch die Kombination von ArcCAD und AutoCAD kann das gesamte System über eine anwenderfreundliche Oberfläche bedient werden. Über eine Importschnittstelle können in ArcCAD Daten anderer ARC/INFO-Ebenen im sog. Interchange-Format importiert werden. Prinzipiell arbeitet diese Schnittstelle zuverlässig. Beim Import von ARC/INFO-Datensätzen, deren Flächen aus mehr als 5.000 Liniensegmenten aufgebaut sind, treten allerdings Importprobleme auf. Die in Tabelle 2 formulierten Anforderungen an die vier Module eines Geo-Informationssystems werden in der AutoCAD/ArcCAD-Kombination angeboten. Lediglich die angesprochene EDB-Schnittstelle zum Import von ATKIS-Daten ist in der Standardversion der Software nicht enthalten, kann aber optional nachgerüstet werden.

3. Aspekte der Windkraftnutzung

3.1 Stand der Windkraftnutzung

Ende 1994 waren in Deutschland bereits 2.544 netzgekoppelte Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 632,2 MW installiert (ALLNOCH 1995a). Nach den USA mit rd. 1.600 MW liegt Deutschland inzwischen (1995) im weltweiten Vergleich noch vor Dänemark auf dem zweiten Rang. Einen Überblick über wichtige Parameter des WKA-Inlandsmarktes 1994 und deren Veränderungen gegenüber 1993 zeigt Tabelle 3.

Tab. 3: Der WKA-Inlandsmarkt in Deutschland

(Quelle: ALLNOCH 1995b, verändert)

	Ende 1994	Veränderungen gegenüber 1993
Anzahl WKA	2544	+ 48,0 %
Leistung	632,2 MW	+ 94,1 %
Branchenumsatz	800-810 Mio DM	+ 76,9 %
Investitionen pro MW	2,8 Mio DM	- 6,7 %

Nach einer Umfrage unter den WKA-Herstellern war für 1995 davon auszugehen, daß in diesem Jahr ca. 480 MW an zusätzlicher Windkraftleistung installiert werden (ALLNOCH 1995c). Die Entwicklung der Windkraftnutzung in Deutschland ist durch einen kontinuierlichen Trend zu größeren Anlagen gekennzeichnet. Während die durchschnittlich installierte Leistung pro Anlage 1987 noch bei rd. 50 kW lag, erreichte sie im Jahr 1994 bereits ca. 370 kW. Von den 1994 installierten 306,5 MW Windkraftleistung entfielen bereits ca. 250 MW auf Windkraftanlagen der Leistungsklasse > 400-600 kW (ALLNOCH 1995b).

Derzeit liegt bei einigen WKA-Herstellern der Entwicklungsschwerpunkt in der Konstruktion von Konvertern der 1- bzw. 1,5-MW-Klasse, so daß sich mit der Serienreife dieser Anlagen der Trend zur

Errichtung leistungsfähigerer Anlagen voraussichtlich weiter fortsetzen wird. Mit der Entwicklung zu größeren Anlagen und der gleichzeitig anhaltenden Kostendegression ist es für Investoren auch im Binnenland zunehmend möglich, Windkraftanlagen wirtschaftlich zu betreiben.

Die weitere Entwicklung der Windkraftnutzung in den nächsten Jahren erscheint allerdings ungewiß, da derzeit (1997) im Zusammenhang mit der anstehenden Novellierung des Energiewirtschaftsgesetzes Unsicherheiten hinsichtlich der zukünftigen Ausgestaltung des Stromeinspeisegesetzes (StrEG) bei Politikern, Herstellern und Investoren bestehen. Ferner sind aufgrund der Anfang 1997 in Kraft getretenen Novellierung des § 35 BauGB und der damit verbundenen potentiellen Aussetzung von Baugenehmigungsverfahren im Rahmen der Überleitungsvorschrift erst mittelfristig verstärkte WKA-Errichtungsaktivitäten zu erwarten. Zum anderen stellt auch die derzeitige baurechtliche Behandlung von Windkraftanlagen einen nicht unerheblichen Unsicherheitsfaktor dar. Momentan kommt in den meisten Fällen im Außenbereich lediglich eine Genehmigung von Windkraftanlagen nach § 35 Abs. 2 BauGB "als Sonstiges Vorhaben" in Betracht (vgl. Kap. 4.1.3). Hinzu kommen die eingangs erwähnten Akzeptanzprobleme (vgl. Kap. 1.1), die sich durch den schnellen Ausbau der Windkraftnutzung und unzureichende Planungsgrundlagen ergeben haben. Es erscheint daher sinnvoll, die von einem WKA-Betrieb ausgehenden Wirkungen auf Mensch und Natur zu berücksichtigen und verstärkt in die standörtlichen Planungsüberlegungen einzubeziehen. Im folgenden Kapitel werden die wichtigsten möglichen Wirkkomplexe von Windkraftanlagen in ihren Grundzügen erläutert.

3.2 Wirkungen von Windkraftanlagen

3.2.1 Avifauna

Im Zusammenhang mit Auswirkungen der Windkraftnutzung auf die Avifauna sind in verschiedenen wissenschaftlichen Untersuchungen die Beeinflussungen des Zug-, Rast- und Brutverhaltens von Vögeln sowie die Vogelschlaggefahr untersucht worden. Studien zu den Auswirkungen auf die Vogelwelt in verschiedenen Ländern (USA, Großbritannien, Schweden, Dänemark, Deutschland und Niederlande) haben ergeben, daß von Windkraftanlagen ein eher geringes Vogelschlagrisiko ausgeht (GRAUTHOFF 1991).

Im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) führte die Norddeutsche Naturschutzakademie (NNA) "Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen" durch. Die Studien erfolgten im Zeitraum von Februar 1989 bis Oktober 1990 an 11 Einzel- bzw. Windparkstandorten im Küstenbereich von Schleswig-Holstein und Niedersachsen. Hinsichtlich des Vogelschlags hat sich dabei das Ergebnis bisheriger Untersuchungen bestätigt. Es wurde festgestellt, "... daß sowohl in Niedersachsen als auch in Schleswig-Holstein z.Z. weder durch Einzelanlagen noch durch Windparks ein ernsthaftes und bedeutendes Vogelschlagrisiko besteht..." (VAUK 1990, S. 106). Massenkollisionen, wie sie z.B. vereinzelt an Leuchttürmen auftreten, sind bislang bei Windkraftanlagen nicht bekannt (GRAUTHOFF 1991). Im Hinblick auf die Größenordnung ist der Vogelschlag an Windkraftanlagen "gegenüber dem an anderen anthropogenen Bauwerken oder dem im Straßenverkehr von untergeordneter Bedeutung" (VAUK 1990, S. 106). Es ist jedoch vermutlich davon auszugehen, daß "das Vogelschlagrisiko rapide ansteigt, wenn Windkraftanlagen im Vordeichsgelände, auf Buhnen und Molen oder vor dem Deich im Wattenbereich errichtet werden" (ebd., S. 107). Der Hauptgrund für die zu erwartende Verstärkung des Vogelschlags ist darin zu sehen, daß "Wasserkante und Deich zahlreichen Zugvogelarten als Leitlinie dienen" (ebd., S. 107).

In bezug auf das Brutverhalten wurde deutlich, daß sich die beobachteten Schwankungen in der Brutpaar- und der Vogelartenanzahl während des Untersuchungszeitraumes innerhalb eines natürlichen Rahmens bewegten. Im Hinblick auf bestimmte Vogelarten sind definitive Aussagen jedoch erst nach längeren Untersuchungszeiten möglich, da "... verschiedene Brutvogelarten erst mit einer gewissen Verzögerung auf permanente Störung reagieren, d.h. eine negative Entwicklung der Brutbestände sich erst im Laufe mehrerer Jahre zeigt" (ebd., S. 104). So ergaben laut VAUK z.B. Untersuchungen zum Brutbestand des Kiebitzes in der Tjæreborg-M¢lle bei Esbjerg, daß der Vogelbestand nach Anlagenerrichtung im Jahr 1987 in den nächsten zwei Brutperioden abnahm und der Abstand zwischen den Brutorten und der Windkraftanlage deutlich größer wurde. Während die Distanz zwischen den ersten Nestern und der Windkraftanlage 1987 nur bei ca. 50 m lag, betrug er im Jahr 1989 rd. 200 m. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen stehen allerdings Brutvogeluntersuchungen im Umfeld von Großturbinen in Schweden. Hier wurden über einen Zeitraum von 6 Jahren (1979-1984) Untersuchungen an WKA-Standorten durchgeführt. Beim Vergleich der Verhältnisse vor und nach Errichtung der Windkonverter ließ sich in bezug auf die Artenvielfalt und Abundanz kein Einfluß durch die Anlagen erkennen. Bei einigen Vogelarten, wie z.B. Bachstelze und Hänfling, die als Kulturfolger bekannt sind, konnte sogar eine Zunahme bzw. Neuansiedlung nach der Errichtung von WKA festgestellt werden.

Beeinträchtigungen der Vogelwelt durch die Windkraftnutzung können sich auch in einem veränderten Zug-, Rast- und Nahrungsverhalten äußern. In den Untersuchungen der NNA zeigte sich dabei beispielsweise, daß Zugvögel häufig mit einer deutlichen Veränderung der Flugbahn beim Anflug auf Einzelanlagen bzw. Windparks reagieren. Besonders größere Zugvögel, wie z.B. Graugans, Stockente, Kiebitz, Goldregenpfeifer und Kampfläufer, hielten einen deutlichen Abstand beim Überfliegen bzw. Umfliegen von Einzelanlagen und Windparks ein. Bei Kleinvögeln, wie z.B. Bachstelze, Feldlerche und Hänfling, waren die Verhaltensänderungen gegenüber den Windkraftanlagen weit weniger ausgeprägt.

Bei Untersuchungen an Windparks bei Pilsum und in der Krummhörn sowie einem Einzelstandort in der Westermarsch, an dem die Errichtung eines Windparks geplant ist, wurde von Mitte August bis Ende Oktober 1992 an zehn Terminen das Rastverhalten von Großvögeln analysiert (SCHREIBER 1993). Gegenstand der Untersuchungen waren die Entfernungen der Vogelbestände zu den Anlagen sowie die Individuenzahl der Vögel im Umfeld der Konverter. Die Untersuchungsgebiete wurden dazu mit dem PKW abgefahren und mit einem Fernglas bzw. Spektiv kartiert. Zur Ermittlung der Entfernungen zu den Windkraftanlagen "...wurde der Schwerpunkt der Verteilung innerhalb eines Schwarmes bzw. bei gleichmäßiger Verteilung dessen Mittelpunkt als Bezug gewählt" (SCHREIBER 1993, S. 133).

Bei diesen - aufgrund der gewählten Methoden nicht unproblematischen - Untersuchungen zeigte sich, daß die beobachteten Vogelarten Großer Brachvogel und Goldregenpfeifer die nähere Umgebung von Windparks meiden. Die von den Vögeln eingehaltenen Mindestabstände zu den Windkonvertern lagen nach SCHREIBER bei 90 % des Brachvogelbestandes bei 370 m. 90 % des Goldregenpfeiferbestandes hielten einen Mindestabstand von 326 m ein. Bei der Errichtung einer Einzelanlage während des Untersuchungszeitraumes in der Westermarsch zeigte sich, daß die beobachteten Vögel ihr Rastverhalten nach Errichtung der Windkraftanlage änderten und die nähere Umgebung kaum noch als Rastplatz nutzten (ebd.). Gegen eine Realisierung des geplanten Windparks mit 11 Anlagen am Standort Westermarsch wurden von SCHREIBER erhebliche Bedenken aufgeführt, da es sich bei diesem Standort um den größten binnendeichs gelegenen niedersächsischen Rastplatz des Großen

Brachvogels handelt. Um die daraus erwachsenden Konflikte zwischen WKA-Betreibern, Behörden und Naturschützern bei der Planung weiterer Windparks bereits im Vorfeld der Planung zu unterbinden, fordert SCHREIBER die Durchführung ornithologischer Untersuchungen im Küstenstreifen Niedersachsens, um "das Defizit an Informationen über bedeutende Rastplätze im Nahbereich des Nationalparks 'Niedersächsisches Wattenmeer' mit seinen weitreichenden Konsequenzen" zu beheben (ebd., S. 137).

Die bisher durchgeführten avifaunistischen Untersuchungen erfolgten überwiegend in Küstenregionen. Aufgrund der unterschiedlichen Lebensraumstrukturen zwischen Küsten- und Binnenlandregionen ist eine Übertragbarkeit auf binnenländische Verhältnisse allerdings nur bedingt gegeben. Definitive Aussagen über das Ausmaß der Auswirkungen auf die binnenländische Avifauna sind demzufolge erst dann möglich, wenn auch für deren Lebensraum umfassendere Untersuchungsergebnisse vorliegen. BÜNZEL-DRÜKE und SCHULZE-SCHWEFE (1994) weisen z.B. für die Wiesenweihe und andere Vogelarten der offenen Feldflur darauf hin, daß insbesondere in den offenen Agrarlandschaften Beeinträchtigungen der Avifauna erwartet werden können. Generell erscheint es sinnvoll, bei der Planung von Windparkstandorten bedeutende Rast-, Brut- und Überwinterungsgebiete sowie Vogelzuglinien von der Windkraftnutzung auszuklammern, um diese nicht in ihrer Funktion einzuschränken bzw. zu gefährden.

3.2.2 Landschafts- und Ortsbild

Die Erheblichkeit der Auswirkungen von Windkraftanlagen in bezug auf das Landschafts- und Ortsbild wird kontrovers diskutiert, da eine landschaftsästhetische Bewertung des "Eingriffs Windkraftanlage" stark subjektiven Einflüssen unterliegt. Viele Befürworter sehen bei Windkraftanlagen in erster Linie den positiven Aspekt der umweltschonenden Energieerzeugung. Eine mögliche Beeinträchtigung des Landschaftsbildes wird von ihnen häufig verneint oder - ihrer Meinung nach - durch die positiven Umwelteffekte zumindest kompensiert. Auf der anderen Seite stehen die Kritiker der Windkraftnutzung. Sie vertreten häufig die Meinung, daß Windkonverter technische Bauwerke darstellen, die die natürliche Eigenart einer Landschaft negativ beeinflussen. Diese unterschiedlichen Sichtweisen wurden in der Vergangenheit auch bei den von den Unteren Landschaftsbehörden (ULB) und Umweltämtern dem Investor auferlegten und in ihrem Umfang häufig stark schwankenden Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen deutlich (vgl. Kap. 4.3).

Mit dem Ziel, eine objektivere und standardisierte Beurteilung der Auswirkungen von Eingriffen auf das Landschafts- und Ortsbild sowie den Naturhaushalt zu ermöglichen, wurde vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MURL NW) ein Gutachten bei der Arbeitsgemeinschaft ADAM, NOHL und VALENTIN (1986) in Auftrag gegeben. Dieses Gutachten steht den Unteren Landschaftsbehörden als Bewertungsgrundlage bei Eingriffen in Natur und Landschaft zur Verfügung. In der Praxis hat sich allerdings gezeigt, daß diese Studie zur Bewertung der Auswirkungen mastenartiger Eingriffe - wie sie z.B. Windkraftanlagen darstellen - nur bedingt geeignet ist. Deshalb wurde speziell für mastenartige Vorhaben ein weiteres Gutachten in Auftrag gegeben (NOHL 1993). Je nachdem, welcher Anlagenkategorie ein geplantes WKA-Vorhaben zugeordnet werden kann, kommen dabei entsprechende Bewertungsverfahren zur Anwendung, die sich in der Größenordnung der ermittelten Kompensationsflächen unterscheiden. Dabei werden folgende Anlagenkategorien unterschieden: 1. Windkraftanlagen mit Höhen von mehr als 100 m und Windenergieparks mit mehr als drei Windkraftanlagen, 2. Windkraftanlagen mit Höhen von mehr als 75 m bis 100 m und 3. Windkraftanlagen mit Höhen bis 75 m. Seit dem Abschluß der Erprobungspha-

se bei den Unteren Landschaftsbehörden Nordrhein-Westfalens kann das Verfahren u.a. zur Bewertung von geplanten WKA-Vorhaben herangezogen werden (mdl. Auskunft der Bezirksregierung Münster vom 24.11.1995).

Mittlerweile ist die Beurteilung möglicher Auswirkungen von Windkraftanlagen auf das Landschaftsbild auch mit Hilfe entsprechender Computerprogramme möglich. Dabei werden die an einem potentiellen WKA-Standort geplanten Windkonverter über EDV-technische Verfahren in das Photo eines entsprechenden Landschaftsausschnitts projiziert (vgl. Kap. 6.2.3).

3.2.3 Schallimmissionen

Mit dem Betrieb von Windkraftanlagen sind Betriebsgeräusche des Getriebes bzw. Generators oder aerodynamische Geräusche der Rotorblätter verbunden. Die Größenordnung der Schallimmissionen ist anlagenspezifisch, so daß im Rahmen einer Standortanalyse für jeden WKA-Typ - in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten - die Durchführung einer Schallprognose zu empfehlen ist. Die Geräuschbelastung durch den Betrieb von Windkraftanlagen hat jedoch in den letzten Jahren aufgrund der verbesserten Anlagentechnik deutlich abgenommen. In der 'Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm' (TA Lärm) vom 16.07.1968 finden sich Angaben über einzuhaltende Schallimmissionsgrenzwerte für verschiedene Raumnutzungen (vgl. Tabelle 4), die bei einer Standortplanung zu berücksichtigen sind. Da Windkraftanlagen normalerweise im 24-Stunden-Betrieb arbeiten, sind zur Beurteilung der jeweils zulässigen Schallimmissionsgrenzwerte nach der TA Lärm die nachts zulässigen Werte maßgeblich, die deutlich unter den tagsüber zulässigen Grenzwerten liegen. Zur

Tab. 4: Grenzwerte der Schallimmissionen nach der TA Lärm 1968

Gebiete nach BauNVO	Tag [dB(A)]	Nacht [dB(A)]
Industriegebiet	70	70
Gewerbegebiet	65	50
Mischgebiet, Kerngebiet, Dorfgebiet	60	45
Allgemeines Wohngebiet	55	40
Reines Wohngebiet	50	35
Kurgebiet, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	45	35

Abschätzung von Schallimmissionen können bei der Standortplanung Softwarepakete benutzt werden, mit denen sich die anlagenspezifischen Schalldruckkurven einer gewählten WKA-Konfiguration für den jeweiligen Standort berechnen lassen. Ein derartiges Simulationsprogramm wird in dieser Arbeit für die Abschätzung der zu erwartenden Schallimmissionen bei den in Kapitel 6 vorgestellten WKA-Standorten verwendet.

3.2.4 Elektromagnetische Störungen

Der Betrieb von Windkraftanlagen kann in der näheren Umgebung Störungen des Fernseh- und Rundfunkempfangs sowie Beeinträchtigungen im Funkverkehr und bei Radaranlagen auslösen. Richtfunktrassen sind in die Bauleitpläne eingezeichnet, so daß bei Baumaßnahmen innerhalb dieser Zone eine Beteiligung der jeweiligen Telekomdirektion bzw. des zuständigen Fernmeldeamtes zur Beurteilung dieses Sachverhaltes notwendig ist.

3.2.5 Schattenwurf und Lichtreflexe

Bei zu geringen Abstandsflächen zwischen Windkraftanlagen und Wohngebäuden kann es durch die Drehung der Rotorblätter unter bestimmten Bedingungen zu unerwünschten periodischen Hell-Dunkel-Wechseleffekten kommen, von denen sich die Anwohner belästigt fühlen. Zur Ermittlung von Schattenwurfzeiten für einen bestimmten Standort werden Angaben zur geographischen Breite und zur geographischen Länge, die Nabenhöhe und die Rotorkreisfläche der Windkraftanlage benötigt; zusätzlich müssen Angaben über die Höhe, die Entfernung und Richtung zum Beobachtungspunkt vorliegen. Über eine Berechnung läßt sich aus diesen Größen die theoretisch mögliche Schattenwurfzeit für einen Tag ermitteln. Die tatsächliche Dauer des Schattenwurfes wird allerdings zusätzlich durch die vorherrschende Bewölkung und die windrichtungsabhängige Ausrichtung des Rotors bestimmt. Dabei können durchaus Reduzierungen der theoretischen Schattenwurfdauer um ca. 70 % auftreten (MICHALK 1995). Eine gesonderte Betrachtung der Abschattungseffekte erscheint jedoch nicht in jedem Fall zwingend erforderlich zu sein, da die aufgrund der Schallimmissionen einzuhaltenden Abstände i.d.R. größer sind als die abschattungsbedingten Entfernungen. Probleme können sich gegebenenfalls in reliefiertem Gelände ergeben, da sich die Sichtbarkeitszone des Schattenwurfes dann u.U. vergrößern kann (GRAUTHOFF 1991). Durch Reflexion des Sonnenlichtes kann es an Windkraftanlagen auch zu periodisch auftretenden "Lichtblitzen" kommen. Dieses Phänomen kann allerdings durch eine entsprechende, nur diffus reflektierende Oberfläche der Rotorblätter weitgehend verhindert werden (GRAUTHOFF 1991).

4. Rechtliche Grundlagen zur Windkraftnutzung

Die Durchführung von WKA-Vorhaben ist an die Erteilung einer Baugenehmigung gebunden. Dazu muß ein Baugenehmigungsverfahren eingeleitet werden. Die Bearbeitung des Baugenehmigungsverfahrens erfolgt durch die Untere Bauaufsichtsbehörde, die die Zulässigkeit des WKA-Vorhabens vor dem Hintergrund aller öffentlich-rechtlichen Normen prüft. Deshalb werden von der Bauaufsichtsbehörde weitere Behörden an dem Genehmigungsverfahren beteiligt, indem ihre fachliche Stellungnahme zu dem Vorhaben eingeholt wird. Sofern das Projekt einen Eingriff in Natur und Landschaft darstellt, ist die Zulässigkeit beispielsweise von der Zustimmung der Unteren Landschaftsbehörde (ULB) abhängig. Durch die Einbeziehung verschiedener Behörden werden die Wirkungen des WKA-Vorhabens insbesondere vor dem Hintergrund der bau-, natur- und landschaftsschutzrechtlichen Vorgaben sowie der straßen-, denkmalschutz- und luftverkehrsrechtlichen Vorschriften geprüft und bei den Planungsüberlegungen berücksichtigt. Abbildung 3 zeigt einen generalisierten Ablauf des Baugenehmigungsverfahrens für Windkraftanlagen. Die in den folgenden Ausführungen dargestellten rechtlichen Grundlagen beziehen sich - sofern sie nicht bundesweit einheitlich geregelt sind - auf die Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen.

4.1 Bauplanungsrechtliche Grundlagen

Bei der Beurteilung der Zulässigkeit eines WKA-Vorhabens unter bauplanungsrechtlichen Aspekten kommen die §§ 29-36 des Baugesetzbuches sowie die Baunutzungsverordnung (BauNVO) zur Anwendung. Je nach Lage des WKA-Standortes auf dem Gemeindegebiet sind verschiedene Paragraphen zur Beurteilung des Bauvorhabens maßgeblich. Dabei werden gemäß BauGB drei Bereiche unterschieden:

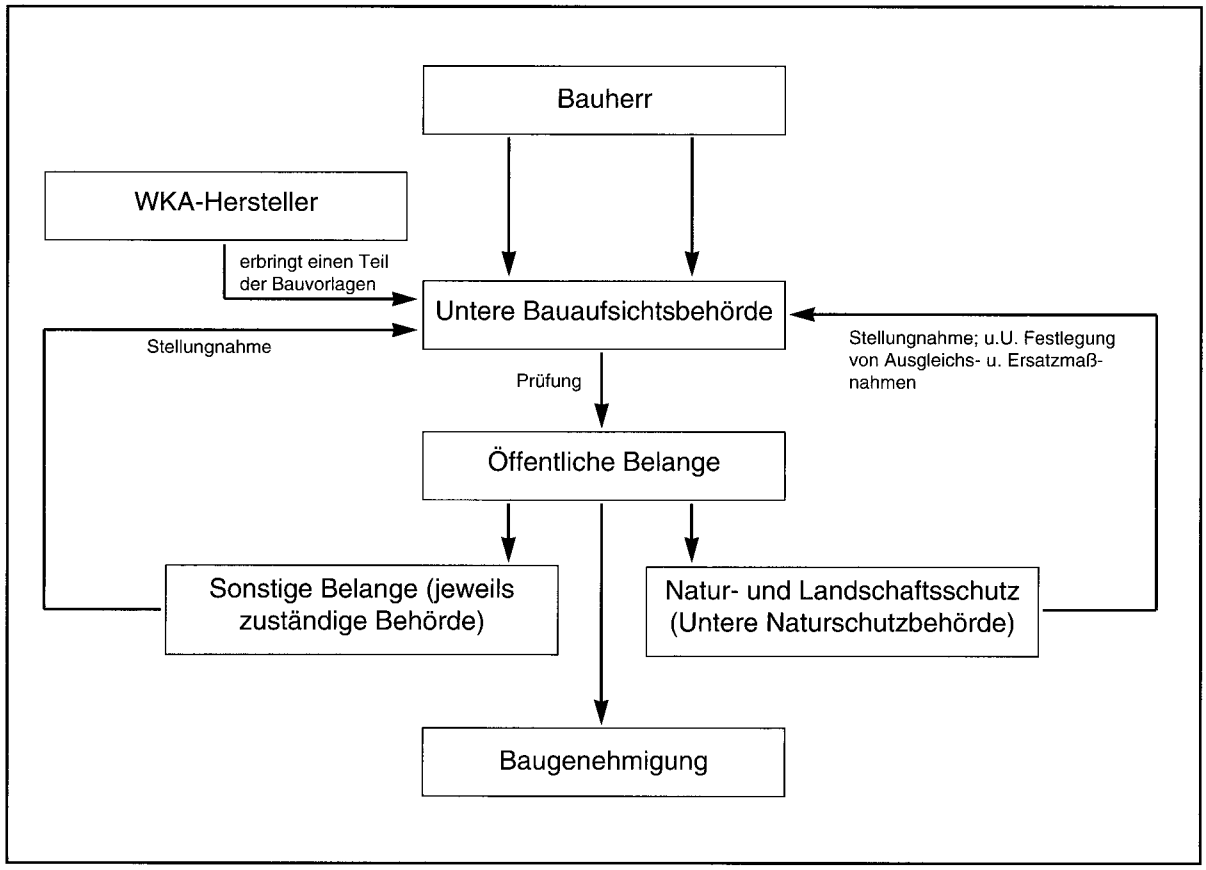


Abb. 3: Schema des Baugenehmigungsverfahrens bei WKA-Vorhaben

1. Der qualifiziert beplante Innenbereich i. S. des § 30 Abs. 1 BauGB
2. Der nicht qualifiziert beplante Innenbereich i. S. des § 34 BauGB
3. Der Außenbereich i. S. des § 35 BauGB

In den folgenden Ausführungen werden die Genehmigungsvoraussetzungen für die drei Bereiche in ihren wesentlichen Zügen erläutert. Abbildung 4 zeigt eine Übersicht über die bauplanungsrechtliche Beurteilung der Zulässigkeit von WKA-Errichtungsvorhaben.

4.1.1 Der qualifiziert beplante Innenbereich

Im qualifiziert beplanten Innenbereich richtet sich die Zulässigkeit eines WKA-Vorhabens nach den Vorgaben von § 30 Abs. 1 BauGB. Demnach ist die Durchführung des Vorhabens im Geltungsbereich eines sog. "qualifizierten" Bebauungsplans dann zulässig, wenn es den darin enthaltenen Festsetzungen nicht widerspricht und die Erschließung gesichert ist". Ein "qualifizierter" Bebauungsplan liegt dann vor, wenn dieser "allein oder gemeinsam mit sonstigen baurechtlichen Vorschriften mindestens Festsetzungen über die Art und das Maß der baulichen Nutzung, der überbaubaren Grundstücksflächen und der örtlichen Verkehrsflächen enthält" (§ 30 Abs. 1 BauGB).

Zur Ausweisung bestimmter Flächen im Bebauungsplan, die für die Nutzung durch Windkraft zur Verfügung stehen, sind zwei Möglichkeiten von Festsetzungen denkbar. Zum einen können nach § 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB Gebiete als Versorgungsfläche festgesetzt werden, die der Errichtung von Versorgungsanlagen vorbehalten sind. Da zu den Versorgungsanlagen u.a. auch Energieerzeugungsanlagen gehören, werden auch Windkraftanlagen von dieser Festsetzung erfaßt. Nach der vorherrschen-

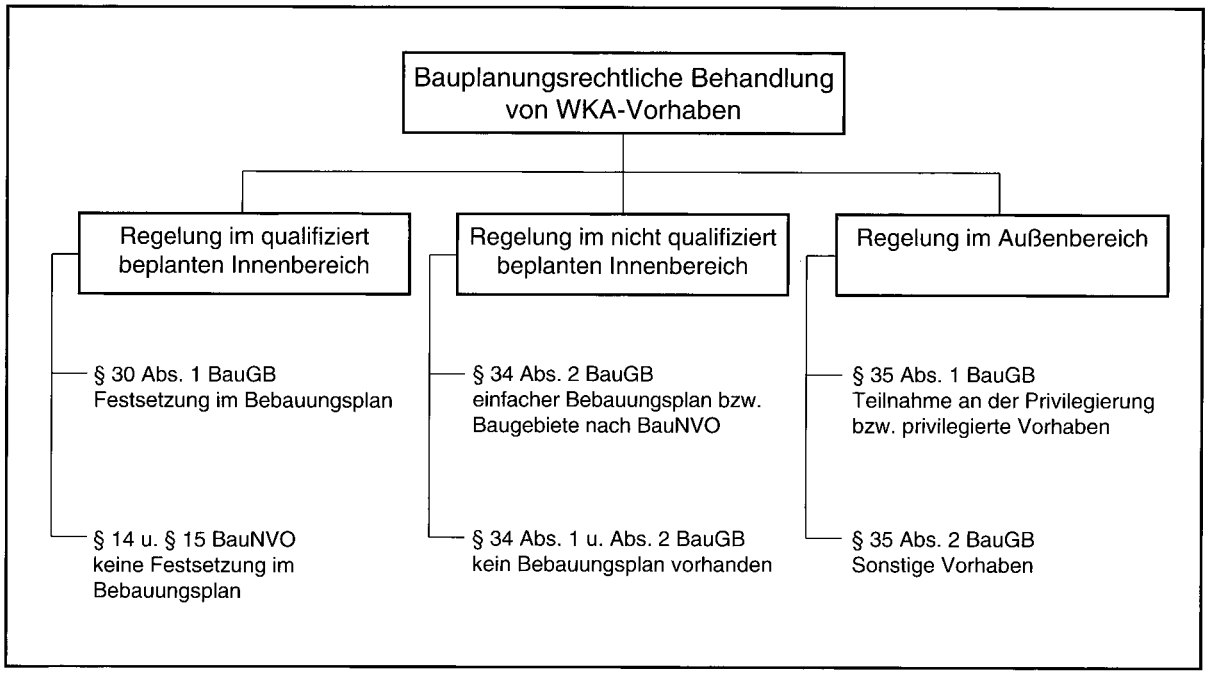


Abb. 4: Bauplanungsrechtliche Beurteilung der Zulässigkeit von WKA-Vorhaben

den Meinung müssen Energieerzeugungsanlagen, die auf Versorgungsflächen errichtet werden, jedoch der öffentlichen Energieversorgung dienen. Demzufolge können auf Versorgungsflächen i.S. des § 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB nur Windkraftanlagen errichtet werden, die nicht primär für die Eigenversorgung des Betreibers konzipiert sind (OGIERMANN 1992). Des weiteren besteht nach § 11 Abs. 2 S. 2 BauNVO die Möglichkeit, im Bebauungsplan Sondergebiete für Anlagen auszuweisen, die "der Erforschung, Entwicklung oder Nutzung erneuerbarer Energien, wie Wind- und Sonnenenergie, dienen". Dadurch wird Gemeinden die Möglichkeit gegeben, größere Gebiete für die Windkraftnutzung durch Windparks auszuweisen (OGIERMANN 1992).

Wenn die aufgeführten Festsetzungen im Bebauungsplan nicht enthalten sind, erfolgt die Prüfung der Zulässigkeit des geplanten Vorhabens nach § 14 BauNVO in Verbindung mit § 15 BauNVO. Gemäß den Vorgaben von § 14 Abs. 1 BauNVO ist die Genehmigung einer Windkraftanlage als "Nebenanlage" möglich, sofern gewährleistet ist, daß sich die Windkraftanlage der Hauptanlage (z.B. Gehöft) unterordnet, "dem Nutzungszweck der in dem Baugebiet gelegenen Grundstücke oder des Baugebiets" dient und der Eigenart des Baugebiets nicht widerspricht.

Nach einem BVerwG-Urteil vom 17.12.1976 (Az. IV C 6.75) muß sich die geplante Anlage der Hauptanlage sowohl funktional als auch räumlich-gegenständlich unterordnen, damit die Zulässigkeit als untergeordnete Nebenanlage i.S. des § 14 Abs. 1 BauNVO gegeben ist. Diese Anforderung ist gerade bei den Windkraftanlagen größerer Leistungsklassen i.d.R. nicht gegeben (OGIERMANN 1992). Falls eine Zulässigkeit nach § 14 Abs. 1 BauNVO nicht möglich ist, können Anlagen für erneuerbare Energien, die der Energieversorgung des Baugebiets mit Elektrizität dienen, nach § 14 Abs. 2 BauNVO i.V.m. § 31 Abs. 1 BauGB als Ausnahme zugelassen werden (BVerwG, ebd.).

Sofern eine Anlage nach § 14 BauNVO zulässig ist, muß allerdings noch geprüft werden, ob eventuell nach den Vorschriften von § 15 BauNVO eine Genehmigung verweigert bzw. mit Auflagen versehen werden muß. Nach § 15 Abs. 1 BauNVO sind bauliche und sonstige Anlagen im Einzelfall

unzulässig, "wenn sie nach Anzahl, Lage, Umfang oder Zweckbestimmung der Eigenart des Baugebiets widersprechen". Durch die partielle inhaltliche Überschneidung zu § 14 Abs. 1 BauNVO wird mit Nachdruck darauf verwiesen, daß insbesondere im Hinblick auf den konkreten Standort eine sehr genaue Prüfung des Vorhabens durchzuführen ist. Des weiteren ist gemäß § 15 Abs. 1 BauNVO zu prüfen, inwieweit vom Standort oder der Zweckbestimmung der geplanten Anlage Belästigungen in bezug auf die Nachbarschaft ausgehen können. Gegebenenfalls werden dann bestimmte Auflagen an die Baugenehmigung geknüpft, ohne deren Einhaltung das geplante Vorhaben unzulässig ist. Die Baugenehmigung für eine WKA könnte z.B. mit der Auflage verbunden werden, den Betrieb der Anlage auf die Tagesstunden zu beschränken oder eine Leistungsdrosselung vorzunehmen. Dadurch könnte vermieden werden, daß bei dem Betrieb der Anlage die Grenzwerte der in dem Baugebiet nachts maximal zulässigen Lärmimmissionen überschritten werden (vgl. Kap. 3.2.3).

4.1.2 Der nicht qualifiziert beplante Innenbereich

Bei WKA-Vorhaben im "nicht qualifiziert beplanten Innenbereich" ergeben sich zwei Genehmigungskonstellationen: 1. WKA-Vorhaben bei Fehlen eines Bebauungsplans und 2. WKA-Vorhaben im Bereich eines einfachen Bebauungsplans.

Fehlen eines Bebauungsplans
Sofern für den Innenbereich kein Bebauungsplan vorliegt, wird die Zulässigkeit des WKA-Vorhabens durch die Anwendung von § 34 Abs. 1 und 2 BauGB geregelt. Die Vorschriften von § 34 Abs. 1 BauGB sind dann maßgeblich, wenn keine Übereinstimmung mit dem Charakter eines der Baugebiete der BauNVO erkennbar ist. Ein Vorhaben ist demnach nur dann zulässig, wenn es sich "in die Eigenart der näheren Umgebung einfügt und die Erschließung gesichert ist". Ferner darf durch das WKA-Vorhaben "das Ortsbild nicht beeinträchtigt werden".

In einem Urteilsspruch vom 26.05.1978 befaßt sich das BVerwG (Az. 4 C 9.77) u.a. mit der Klärung der Frage, wann sich ein Vorhaben "in die nähere Umgebung einfügt". Demnach muß sich ein Vorhaben innerhalb des durch die Umgebung vorgegebenen Rahmens halten. Solange sich in der Umgebung einer geplanten Windkraftanlage keine bereits errichteten Windkraftanlagen oder vergleichbaren Anlagen befinden, überschreiten WKA aufgrund der Höhe i.d.R. den vorgegebenen Rahmen. Damit ist aber nicht zwangsläufig von der Unzulässigkeit des WKA-Vorhabens auszugehen. Um über die Zulässigkeit des Vorhabens zu entscheiden, ist insbesondere das Gebot der Rücksichtnahme gegenüber Dritten anzuwenden (BVerwG 1983, Az. 4 C 18.81). Im Hinblick auf die Windenergie müssen dabei vor allem die mit der Windkraftnutzung verbundenen Schallimmissionen sowie mögliche Schattenwurfzeiten berücksichtigt werden (vgl. Kap. 3.2.3 und 3.2.5).

Nach ständiger Rechtsprechung (BVerwG 1983) ist die "technische Neuartigkeit einer Anlage und die dadurch bedingte optische Gewöhnungsbedürftigkeit allein..." (BVerwG 1983, S. 33) kein Grund, zwangsläufig von einer Beeinträchtigung des Ortsbildes auszugehen. Bei der Beurteilung dieses Sachverhaltes muß geprüft werden, "ob die Anlage das ästhetische Empfinden eines für die Frage der Ortsbildgestaltung aufgeschlossenen Betrachters verletzt" (ebd.).

Wenn die Eigenart der näheren Umgebung, wie in § 34 Abs. 2 BauGB beschrieben, einem der in den §§ 2-11 BauNVO aufgeführten Baugebiete entspricht, erfolgt die Beurteilung der Zulässigkeit eines Vorhabens danach, ob es nach der BauNVO in dem Gebiet zulässig wäre, wobei auch die Vorgaben der §§ 14 und 15 BauNVO angewendet werden (vgl. Kap. 4.1.1).

Vorliegen eines einfachen Bebauungsplans
Ein Bebauungsplan, der die in § 30 Abs. 1 BauGB genannten Festsetzungen nicht enthält, wird als "einfacher" Bebauungsplan bezeichnet. Innerhalb eines im "Zusammenhang bebauten Ortsteils" richtet sich die Zulässigkeit eines Vorhabens dann neben den Festsetzungen des einfachen Bebauungsplans nach den Vorgaben von § 34 BauGB.

4.1.3 Der Außenbereich

Der Großteil der bislang durchgeführten WKA-Errichtungsvorhaben ist auf den Außenbereich von Gemeinden konzentriert. Die Zulässigkeit von Bauvorhaben im Außenbereich wird durch die Vorgaben von § 35 BauGB geregelt. Der Gesetzgeber strebt durch die Vorgaben des § 35 BauGB eine möglichst weitgehende Schonung des Außenbereichs an. Diesem Ziel dient auch die in § 35 Abs. 1 BauGB verankerte "Privilegierung" bestimmter Bauvorhaben. Nur bei Bauvorhaben, die hier aufgeführt werden, ist mit einer Baugenehmigung zu rechnen, sofern öffentliche Belange nicht "entgegenstehen" und die Erschließung gesichert ist. Vorhaben, die nicht privilegiert sind, können nach § 35 Abs. 2 BauGB als "Sonstige Vorhaben" gegebenenfalls zugelassen werden, solange dadurch keine öffentlichen Belange "beeinträchtigt" werden. In § 35 Abs. 3 BauGB wird ausgeführt, wann eine Beeinträchtigung öffentlicher Belange vorliegt.

Mit der unterschiedlichen Wortwahl "entgegenstehen" und "beeinträchtigen" ist eine andere Gewichtung des öffentlichen Belangs verbunden. Durch die Öffnung des Außenbereichs für die in § 35 Abs. 1 BauGB aufgeführten Vorhaben nimmt der Gesetzgeber in Kauf, daß es bei der Durchführung derartiger Vorhaben bis zu einem gewissen Grad zu einer Beeinträchtigung öffentlicher Belange kommen kann (OGIERMANN 1992). Bei der Beurteilung eines Vorhabens nach § 35 Abs. 2 BauGB als "Sonstiges Vorhaben" kommt den öffentlichen Belangen eine weitaus größere Gewichtung zu als bei der Beurteilung nach § 35 Abs. 1 BauGB. In diesen Fällen tritt eher die Situation ein, daß einem Vorhaben die Genehmigung verwehrt wird, weil der Beeinträchtigungsgrad eines öffentlichen Belangs als zu schwerwiegend eingestuft wird.

Obwohl die Errichtung von Windkraftanlagen bislang nicht explizit als privilegiertes Vorhaben im BauGB aufgeführt ist, sind für einen Großteil von WKA-Vorhaben im Außenbereich Genehmigungen im Zusammenhang mit der Privilegierung ausgesprochen worden. Dabei sind zwei Hauptrichtungen in der Genehmigungspraxis der Behörden erkennbar:

1. Bei Windkraftanlagen, die in der Nähe eines landwirtschaftlichen Betriebes errichtet wurden, erfolgte eine Genehmigung häufig nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 BauGB. Danach ist ein Vorhaben zulässig, wenn es "einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb dient und nur einen untergeordneten Teil der Betriebsfläche einnimmt".

2. Viele Windkraftanlagen wurden auch nach § 35 Abs. 1 Nr. 4 BauGB genehmigt. Demnach ist ein Vorhaben zulässig, wenn es "dem Fernmeldewesen, der öffentlichen Versorgung mit Elektrizität, ...dient".

Seit dem BVerwG-Urteil vom 16.06.1994 (Az. 4 C 20.93) zur Genehmigungsfähigkeit einer Windkraftanlage im Außenbereich ist diese Genehmigungspraxis jedoch nur noch bedingt anzuwenden. Bei einem Großteil anstehender Baugenehmigungsverfahren erfolgt die Prüfung der Zulässigkeit des geplanten WKA-Vorhabens somit nunmehr nur nach § 35 Abs. 2 BauGB als "Sonstiges Vorhaben".

Da bei der Errichtung von Windkraftanlagen i.S. des § 35 Abs. 2 BauGB jedoch häufig eine Beeinträchtigung öffentlicher Belange vorliegt, wird vielen geplanten WKA-Projekten momentan die Genehmigungsfähigkeit abgesprochen.

BVerwG-Urteil vom 16.06.1994

In dem beim BVerwG zur Verhandlung anstehenden Fall ging es um die Errichtung einer 280 kW-WKA in der Nähe eines landwirtschaftlichen Betriebes, deren Stromproduktion zu ca. 1/5 der Eigenversorgung der Hofgebäude dienen und zu ca. 4/5 ins Netz eingespeist werden sollte. Das BVerwG kommt in seinem Urteil zu dem Schluß, daß eine Privilegierung der Windkraftanlage weder nach § 35 Abs. 1 Nr. 1, 4 noch 5 BauGB gegeben ist und die Prüfung der Genehmigungsfähigkeit der Anlage somit nur nach § 35 Abs. 2 BauGB als "Sonstiges Vorhaben" möglich ist.

In der Urteilsbegründung wird dazu ausgeführt, daß eine Genehmigung der geplanten WKA nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 BauGB als Teil einer privilegierten Hauptanlage nicht möglich ist, weil die Windkraftanlage dem landwirtschaftlichen Betrieb nicht als dienend zugeordnet werden kann. Der Tatbestand des Dienens setze voraus, daß der von der Windkraftanlage erzeugte Strom überwiegend zur Versorgung der Hofgebäude genutzt wird. Im vorliegenden Fall war diese Genehmigungskonstellation jedoch nicht gegeben.

Die Möglichkeit der Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 4 BauGB wird in der Urteilsbegründung ebenfalls abgelehnt. Dort heißt es, daß nach einem Urteil des BVerwG vom 21.01.1977 (Az. 4 C 28.75) an die Zulässigkeit von Anlagen, die der öffentlichen Versorgung mit Energie dienen, ähnliche Voraussetzungen gestellt werden wie für die in § 35 Abs. 1 Nr. 4 BauGB aufgeführten ortsgebundenen gewerblichen Betriebe. Windkraftanlagen können nach Meinung der Richter, sofern ein Teil der Stromproduktion ins Netz eingespeist wird, zwar als Anlagen der öffentlichen Energieversorgung angesehen werden, eine spezifische Standortbindung ist bei WKA jedoch nicht gegeben. Der Aspekt der Ortsgebundenheit ist jedoch unerläßlich, um an einer Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 4 BauGB teilzunehmen. Für die Erfüllung des Tatbestandes der Ortsgebundenheit sei es erforderlich, daß ein Betrieb auf die "geographische oder die geologische Eigenart der Stelle angewiesen ist, weil er an einem anderen Ort seinen Zweck verfehlen würde" (BVerwG 1994, S. 440). Obwohl sich gerade windhöffige Standorte für die Errichtung von Windkraftanlagen anbieten, kann der Aspekt der Ortsgebundenheit für WKA nicht geltend gemacht werden. In der Urteilsbegründung heißt es hierzu: "An einer solchen spezifischen Gebundenheit fehlt es, wenn der Standort im Vergleich mit anderen Stellen zwar Lagevorteile bietet, das Vorhaben aber nicht damit steht oder fällt, ob es hier und so und nirgends woanders ausgeführt werden kann" (BVerwG 1994, S. 440).

Die Möglichkeit zur Privilegierung der geplanten Windkraftanlage nach § 35 Abs. 1 Nr. 5 BauGB als Vorhaben, das "wegen seiner besonderen Anforderungen an die Umgebung, wegen seiner nachteiligen Wirkung auf die Umgebung oder wegen seiner besonderen Zweckbestimmung nur im Außenbereich ausgeführt werden soll", ist nach Meinung der Richter ebenfalls nicht gegeben. Eine Öffnung des Außenbereichs auf der Grundlage dieser Vorschrift läuft "...dem Anliegen des Gesetzgebers, eine geordnete städtebauliche Entwicklung auch im Außenbereich sicherzustellen, erkennbar zuwider" (BVerwG 1994, S. 443). Die Ausweisung bestimmter Flächen im Außenbereich für die Windkraftnutzung kann gemäß des Richterspruchs nur im Zuge kommunaler bzw. regionaler Planungsentscheidungen vorgenommen werden. Falls derartige Planungskonzepte nicht vorliegen, "...richtet sich die Zulassung im Einzelfall nach § 35 Abs. 2 BauGB..." (BVerwG 1994, S. 443).

Räumliche Steuerung von Windkraftanlagen auf kommunaler Ebene / Baurechtsänderung

Eine erste Initiative zur Änderung des § 35 Abs. 1 BauGB mit dem Ziel der Privilegierung von Windkraftanlagen wurde am 31.08.1994 im Vermittlungsausschuß von Bundestag und Bundesrat abgelehnt. Infolge des Scheiterns dieser Baurechtsänderung, des BVerwG-Urteils vom 16.06.1994 sowie aufgrund der Diskussionen um das StrEG waren die Rahmenbedingungen für die Genehmigung und Errichtung von Windkraftanlagen in der Folgezeit eher ungünstig. Durch die Anfang 1997 in Kraft getretene Novellierung des § 35 BauGB ist die von der Windindustrie und WKA-Betreibern geforderte Planungssicherheit nunmehr faktisch gegeben.

Die Baurechtsänderung sieht die Privilegierung von Wind- und Wasserkraftanlagen im gemeindlichen Außenbereich durch die Änderung des § 35 Abs. 1 BauGB vor, indem Wind- und Wasserkraftanlagen explizit als privilegierte Bauvorhaben genannt werden. Um zu gewährleisten, daß der weitere Ausbau der Windkraftnutzung in Abstimmung mit den Zielen der Kommunal- und Regionalplanung erfolgen kann, wird den Gemeinden durch die Überleitungsvorschrift in § 245 b BauGB gleichzeitig eine Steuerungsoption über die Ausweisung von Konzentrationszonen im Rahmen des Flächennutzungsplanes eingeräumt. Diesbezüglich wurde folgender Wortlaut unter § 245 b eingefügt: "Auf Antrag der Gemeinde hat die Baugenehmigungsbehörde die Entscheidung über die Zulässigkeit von Winenergieanlagen im Sinne des § 35 Abs. 1 Nr. 7 bis längstens 31. Dezember auszusetzen, wenn die Gemeinde beschlossen hat, einen Flächennutzungsplan aufzustellen, zu ändern oder zu ergänzen und beabsichtigt zu prüfen, ob Darstellungen zu Windenergieanlagen im Sinne § 35 Abs. 3 Satz 4 in Betracht kommen. Satz 1 gilt entsprechend für einen Antrag der für Raumordnung zuständigen Landesbehörde, wenn diese die Aufstellung, Änderung oder Ergänzung von Zielen der Raumordnung und Landesplanung zu Windenergieanlagen eingeleitet hat." Mit dieser Ausweisung von WKA-Konzentrationszonen erhalten diese den Status eines öffentlichen Belangs, der einer Errichtung von Windkraftanlagen an anderen Stellen des Gemeindegebietes ohne Vorrangcharakter entgegensteht.

Die räumliche Steuerung der WKA-Errichtung im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung war auch Gegenstand einer Erlaßänderung vom 14.11.1994 (Der Minister für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen 1994). Durch diese Erlaßänderung, die in einer Reaktion auf das BVerwG-Urteil vom 16.06.1994 erfolgte, wurde der bis dahin gültige Runderlaß "Baurechtliche Behandlung von Windkraftanlagen" vom 13.03.1989 in einigen Punkten modifiziert (Der Minister für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 1989). Unter Bezugnahme auf ein BVerwG-Urteil vom 22.05.1987 (Az. 4 C 57.84) wurde den Gemeinden in dieser Erlaßänderung u.a. vorgeschlagen, "Konzentrationszonen" für Windkraftanlagen in ihren Flächennutzungsplänen auszuweisen. Am 29. November 1996 verabschiedeten das Ministerium für Bauen und Wohnen (MBW NW), Ministerium für Stadtentwicklung, Kultur und Sport (MSKS NW), Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL NW) sowie das Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr (MWMTV NW) den gemeinsamen Runderlaß "Grundsätze für Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen". Ziel dieses Erlasses ist die Schaffung von Rahmenbedingungen, die das landesplanerische Ziel eines zügigen und umfangreichen Ausbaus der Windkraftnutzung in Nordrhein-Westfalen auf der Basis einer breiten Akzeptanz gewährleisten sollen. Inhaltlich gliedert sich der Erlaß in die Kapitel: 1. Allgemeines, 2. Grundsätze für die Behandlung von Windenergieanlagen in der Landes- und Regionalplanung, 3. Gemeindliche Planung, 4. Baurechtliche Zulässigkeit von Vorhaben und 5. Berücksichtigung von Spezialgesetzen und Beteiligungen anderer Behörden.

4.2 Bauordnungsrechtliche Grundlagen

Im Bauordnungsrecht werden die bei der Errichtung, Gestaltung, Änderung, Benutzung, Unterhaltung und dem Abbruch baulicher Anlagen zu berücksichtigenden Anforderungen definiert. Das Bauordnungsrecht wird auf Länderebene durch die jeweiligen Landesbauordnungen geregelt. Nach § 2 Abs. 1 der Landesbauordnung des Landes Nordrhein-Westfalen (BauO NW) gelten Windkraftanlagen gemeinhin als bauliche Anlagen. Somit ist nach § 60 Abs. 1 BauO NW zur Beurteilung der Zulässigkeit und Durchführung des Bauvorhabens eine Baugenehmigung erforderlich.

In § 6 der BauO NW werden Regelungen über einzuhaltende Abstandsflächen baulicher Anlagen zu Nachbargrundstücken getroffen. Diese Abstandsflächen sollen einerseits sicherstellen, daß eine ausreichende Beleuchtung und Belüftung von Aufenthaltsräumen auf den Grundstücken gewährleistet ist. Eine weitere Funktion der Abstandsflächen ist die des Brandschutzes. Ferner soll durch die Abstandsvorgaben auch der Wohnfrieden gesichert und ein zu enges Aufeinanderrücken der Gebäude verhindert werden (RÖSSLER 1985).

Für bauliche Anlagen, "von denen Wirkungen wie von Gebäuden ausgehen" (§ 6 Abs. 10 BauO NW), kommen zur Bestimmung der Abstandsflächen die Vorgaben von § 6 Abs. 1-9 BauO NW zur Anwendung. In dem Runderlaß vom 13.03.1989 wird WKA in Ziffer 2.2.3 diese Wirkung zwar zugesprochen, eine unmittelbare Anwendbarkeit der Bemessungsregeln des § 6 Abs. 4-7 BauO NW jedoch verneint. Insofern wird für die Berechnung der Abstandsfläche eine gegenüber der BauO NW modifizierte Regelung vorgeschlagen (Der Minister für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 1989). Die Bestimmung der Abstandsflächentiefe erfolgt dabei auf der Grundlage der Masthöhe H, wobei diese senkrecht zur Achse des Mastes von der Geländeoberfläche bis zur Achse des Rotors gemessen wird. Die Tiefe der Abstandsfläche ergibt sich dann aus $0{,}5\ H$ zuzüglich $3\ m$. Einschränkend wird zu dieser Regelung angemerkt, daß größere Abstände einzuhalten sind, falls Gründe des Immissionsschutzes dies erfordern.

Bis zu einem Beschluß des Oberverwaltungsgerichts des Landes Nordrhein-Westfalen (OVG NW) vom 06.07.1992 (Az. 7 B 2904/91) wendeten die Genehmigungsbehörden diese Bemessungsregel an. In dem zu beurteilenden Fall wurde die Zulässigkeit einer Baugenehmigung für eine in geringer Entfernung (17 m) zum Nachbargrundstück gelegene WKA geprüft. Dazu führen die Richter in dem Beschluß aus, daß es für die in dem vorliegenden Fall angewendete Abstandsregelung des Erlasses vom 13.03.1989 keine gesetzliche Grundlage gebe. Da Windkraftanlagen i.S. des § 6 Abs. 10 BauO NW zu den baulichen Anlagen gehören, von denen Wirkungen wie von Gebäuden ausgehen, erfolgt nach Meinung der Richter die Bestimmung der Abstandsflächentiefe mit dem Maß $0{,}8\ H$. Das Maß H wird dabei als Gesamthöhe der Windkraftanlage (Masthöhe zuzüglich Rotorradius) definiert. In einer Reaktion auf diesen Beschluß wurde die Ziffer 2.2.3 des Ministerialerlasses vom 13.03.1989 im Hinblick auf die Abstandsflächenbestimmung am 08.06.1993 geändert (Der Minister für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen 1993). Demnach berechnet sich die Tiefe der Abstandsfläche wie folgt: Zur Bestimmung des Maßes H wird zunächst die Summe aus der WKA-Masthöhe (Höhe der Anlage bis zur Achse des Rotors) sowie der Hälfte des Rotorradius gebildet. Die Abstandsflächentiefe ergibt sich, indem das Maß H mit einem gemäß § 6 Abs. 5 BauO NW für das jeweilige Baugebiet geltenden Abminderungsfaktor multipliziert wird. Abschließend wird zu diesem Wert eine Zahl a addiert, die sich aus dem Abstand zwischen Rotorblattebene sowie der vertikalen Achse des Mastes ergibt. Durch die Änderung des Ministerialerlasses hat sich die Größe der einzuhaltenden Abstandsmaße gegenüber der ersten Fassung des Erlasses deutlich vergrößert. Die

erforderlichen Abstände liegen jedoch unter den Werten, die sich aufgrund des OVG-Beschlusses ergeben.

Am 12.04.1996 wurde diese Berechnungsgrundlage in einem Erlaß des Ministers für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen dahingehend erweitert, daß Abweichungen von der Tiefe der Abstandsfläche i.S.d. § 6 Abs. 5 Satz 1 BauO NW dann zugelassen werden können, wenn "... den Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse Rechnung getragen wird und ... der Angrenzer gem. § 74 Abs. 3 BauO NW die Lagepläne und Bauzeichnungen unterschrieben hat." Ferner gelten auch für Windkraftanlagen die sich aus § 6 Abs. 5 Satz 4 BauO NW ergebenden Mindestabstände von 3 m, wobei bei der Abstandsflächenermittlung "jedoch nicht vom Mast, sondern von dem der Nachbargrenze nächstgelegenen Punkt der Rotorfläche auszugehen" ist. Somit ergibt sich als Mindestabstand von der vertikalen Mastachse: Rotorradius zzgl. 3 m. Diese Vorgehensweise zur Abstandsflächenbestimmung wurde auch in dem gemeinsamen Runderlaß des MBW NW, MSKS NW, MURL NW sowie des MWMTV NW vom 29. November 1996 aufgegriffen.

4.3 Natur- und landschaftsschutzrechtliche Grundlagen

Die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes sind besonders bei Bauvorhaben im Außenbereich zu berücksichtigen und in die Planung mit einzubeziehen. Zur Prüfung dieser Belange wird die jeweilige Untere Landschaftsbehörde (ULB) von der zuständigen Unteren Baubehörde an dem Baugenehmigungsverfahren beteiligt. Erstere prüft, ob es sich bei dem Vorhaben um einen Eingriff in Natur und Landschaft handelt und wie dieser zu bewerten ist.

Auf Bundesebene werden die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes durch das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) geregelt. Die Vorgaben des BNatSchG werden auf Länderebene durch entsprechende Naturschutz-/Landschaftsgesetze weiter ausgestaltet und umgesetzt. Ein wichtiges Instrument der Naturschutzgesetze ist die Eingriffsregelung. Gemäß § 8 BNatSchG werden Verursacher eines Eingriffs in Natur- und Landschaft dazu verpflichtet, "vermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft zu unterlassen, sowie unvermeidbare Beeinträchtigungen ... durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen" (8 Abs. 2 BNatSchG). In § 4 Abs. 2 des Landschaftsgesetzes des Landes Nordrhein-Westfalen (LG NW) wird dazu weiter ausgeführt, welche Vorhaben als Eingriffe anzusehen sind bzw. wie die in § 4 Abs. 4 LG NW verankerte Eingriffsregelung auf Landesebene anzuwenden ist. Ziel der Eingriffsregelung ist der Ausgleich des Eingriffs durch entsprechende Maßnahmen. Ausgeglichen ist der Eingriff dann, "wenn nach seiner Beendigung keine erhebliche oder nachhaltige Beeinträchtigung des Naturhaushalts zurückbleibt und das Landschaftsbild landschaftsgerecht wiederhergestellt oder neu gestaltet ist" (§ 4 Abs. 4 LG NW). Sofern der Eingriff nicht auf den beeinträchtigten Flächen ausgeglichen werden kann, können dem Eingriffsverursacher nach § 5 Abs. 1 LG NW von der ULB Ersatzmaßnahmen auferlegt werden. Diese sind auf anderen Flächen im Gemeindegebiet bzw. im Zuständigkeitsbereich der ULB durchzuführen und müssen dazu geeignet sein, "die durch den Eingriff gestörte Funktion des Naturhaushalts oder der Landschaft wiederherzustellen" (§ 5 Abs. 1 LG NW). Der Umfang der dem Eingriffsverursacher auferlegten Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen ist abhängig von der Erheblichkeit des Eingriffs. Wenn die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege als höherrangig angesehen werden und der Eingriff nicht angemessen ausgeglichen werden kann, so ist die Untersagung des Eingriffs nach § 4 Abs. 5 LG NW möglich. Prinzipiell gilt auch die Errichtung von Windkraftanlagen als Eingriff. Am 19. Juni 1994 wurde jedoch eine Änderung des LG NW rechtskräftig, seitdem "die Errichtung von bis zu zwei nahe beieinander liegenden Windkraftanlagen" (§ 4 Abs. 3 Nr. 4 LG NW) nicht mehr als Ein-

griff in Natur- und Landschaft anzusehen ist. Entsprechende Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen müssen demzufolge bei WKA-Vorhaben, die § 4 Abs. 3 Nr. 4 LG NW entsprechen, nicht mehr durchgeführt werden.

4.4 Sonstige gesetzliche Grundlagen

Neben den aufgeführten Vorgaben des Bauplanungs-, Bauordnungs- und Naturschutzrechts müssen bei WKA-Vorhaben eine Reihe weiterer Gesetze beachtet und in die Planungsüberlegungen mit einbezogen werden. Diese Gesetze werden im folgenden aufgeführt und kurz erläutert.

4.4.1 Immissionsschutzrecht

Die immissionsschutzrechtlichen Aspekte bei der Errichtung von baulichen Anlagen werden im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) geregelt. Bis zu einer Änderung der vierten Verordnung zur Durchführung des BImSchG am 01.06.1993 galten WKA mit einer Leistung von 300 kW oder mehr als genehmigungsbedürftige Anlagen. Für die Genehmigung von Anlagen dieser Kategorien waren somit die Gewerbeaufsichtsämter zuständig. Seit der Änderung der Verordnung gelten Windkraftanlagen jedoch prinzipiell nicht mehr als genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne des BImSchG, so daß bei der Prüfung der Zulässigkeit die §§ 22-25 BImSchG zur Anwendung kommen.

Immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind nach § 22 Abs. 1 BImSchG so zu errichten und zu betreiben, daß 1. nach dem technischen Stand vermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen verhindert und 2. nach dem technischen Stand unvermeidbare Umweltbeeinträchtigungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Bei Windkraftanlagen handelt es sich bei den zu prüfenden Umwelteinwirkungen im Sinne des Immissionsschutzes um Schallimmissionen, Schatten- und Lichtreflexe (vgl. Kap. 3.2.3 und 3.2.5). Die Erheblichkeit dieser Umweltbeeinträchtigungen wird in den jeweiligen Genehmigungsverfahren untersucht und bewertet.

4.4.2 Straßenrechtliche Vorgaben

Bei der Errichtung von baulichen Anlagen in der Nähe von Autobahnen und Bundesfernstraßen sind nach den Vorgaben des Bundesfernstraßengesetzes (FStrG) bestimmte Mindestabstände einzuhalten. Diese liegen an Autobahnen bei 40 m und an Bundesfernstraßen bei 20 m. Im übrigen gilt an Autobahnen im Bereich von 100 m und an Bundesfernstraßen im Bereich von 40 m eine Anbaubeschränkung. In diesen Fällen ist die Genehmigung des geplanten Vorhabens an die Zustimmung der zuständigen Straßenbaubehörde gebunden.

Durch eine Änderung des Straßen- und Wegegesetzes des Landes Nordrhein-Westfalen (StrWG NW) am 24. Juni 1993 erfolgte eine Aufhebung des Anbauverbots in unmittelbarer Nähe von Landes- und Kreisstraßen. Nach wie vor gilt bei Bauvorhaben in der Nähe von Landes- und Kreisstraßen jedoch eine Anbaubeschränkung, die sich auf eine Zone von 40 m erstreckt.

4.4.3 Denkmalschutzrechtliche Vorgaben

Im Verlauf des Baugenehmigungsverfahrens sind auch die Vorgaben des Denkmalschutzgesetzes des Landes Nordrhein-Westfalen (DSchG NW) zu beachten. Gegebenenfalls kann die Genehmigung einer Windkraftanlage aus Gründen des Denkmalschutzes versagt werden. Eine mögliche Beeinträch-

tigung der Belange des Denkmalschutzes ist i.d.R. dann gegeben, wenn das WKA-Vorhaben in der engeren Umgebung eines Denkmals durchgeführt werden soll und eine Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes des Denkmals zu erwarten ist. Zur Beurteilung der denkmalschutzrechtlichen Aspekte geben die Unteren Denkmalbehörden eine Stellungnahme zu dem jeweiligen Vorhaben ab.

4.4.4 Luftverkehrsrechtliche Vorgaben

Bei der Errichtung von Windkraftanlagen in der näheren Umgebung von Flughäfen sind die Vorgaben des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) zu berücksichtigen. Zur Klärung der Zulässigkeit des WKA-Vorhabens wird gegebenenfalls die zuständige Luftfahrtbehörde an dem Baugenehmigungsverfahren beteiligt und um ihre Stellungnahme gebeten.

5. Flächenanalyse für die Errichtung von Windkraftanlagen

Wie bereits in Kapitel 1 angeführt, hat die schnelle Entwicklung der Windkraftnutzung zu einem verstärkten raumordnerischen Planungsbedarf mit dem Ziel der Bündelung von WKA-Standorten auf entsprechende Vorrangflächen geführt. In diesem Zusammenhang sind bereits einige Flächenanalyseverfahren für die Windkraftnutzung durchgeführt worden, wobei sich der Großteil der Studien auf Gebiete in den Bundesländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein bezieht (vgl. Kap. 5.1).

Tab. 5: Abstandsvorgaben der "Empfehlungen zur Standortsicherung und raumordnerischen Beurteilung von Windenergieanlagen" in Niedersachsen (03.07.1991)
(Quelle: Innenministerium des Landes Niedersachsen 1991)

Siedlungsraum:	
Dörfliche Siedlungen, Einzelhäuser, fremdenverkehrsbetonte Siedlungsgebiete und Campingplätze	500 m, unter Berücksichtigung von Schallprognosen im Einzelfall geringer
Verkehrswege u. Versorgungsleitungen:	
Bundesautobahnen	100 m
Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	40 m
Bahnlinien, schiffbare Kanäle	40 m
Flugplätze, Landeplätze und Segelfluggelände	Bauschutzzone
Hochspannungsfreileitungen ab 30 kV	50 m
Richtfunktrassen, Sendeanlagen	100 m
Natur- und Landschaft:	
Naturschutzrechtliche Schutzgebiete	Einzelfalluntersuchung
Waldgebiete	200 m sowie Einzelfalluntersuchungen
Stehende Gewässer über 2 ha Größe, Flüsse und Ströme	200 m
Sonstige Bereiche:	
Militärische Anlagen	Äußere Schutzzone
Hochwasserschutzdeiche	200 m

Das Ziel der Flächenanalysen ist dabei weniger die Ausweisung von Einzelstandorten, sondern vielmehr die Ermittlung von WKA-Standortflächen, die sich für die Errichtung von Windparks und somit

Tab. 6: Abstandsvorgaben des Runderlasses "Grundsätze zur Planung von Windenergieanlagen" in Schleswig-Holstein (04.07.1995)

(Quelle: Minister f. Finanzen u. Energie d. Landes Schleswig-Holstein 1995)

Siedlungsraum:	
Einzelhäuser und Siedlungssplitter (bis 4 Häuser) Andere ländliche Siedlungen	300 m 500 m
Städtische Siedlungen, Ferienhaus-/Wochenendhausgebiete u. Campingplätze	1000 m
Verkehrswege u. Versorgungsleitungen:	
Bundesautobahnen, hochbelastete Bundesstraßen u. Schienenstrecken	ca. 100 m
Übrige Bundesstraßen, Landes- und Kreisstraßen	50 m
Bahnlinien mit Personenverkehr	100 m
Flugplätze und Landeplätze	Bauschutzzone
Hochspannungsleitungen ab 30 kV	50 m
Richtfunkstrecken	50-100 m
Natur- und Landschaft:	
Landschaftsschutzgebiete	Prüfung im Einzelfall
Nationalparke, Naturschutzgebiete (auch geplante), sonstige Schutzgebiete und besonders schutzwürdige Wasserflächen und Strandwälle / Küstendünen	min. 200 m, im Einzelfall bis 500 m
Waldgebiete	200 m
Gewässer 1. Ordnung u. Gewässer mit Erholungsschutzstreifen	min. 50 m
Sonstige Bereiche:	
Militärische Anlagen	Äußere Schutzbereichszone
Landesschutzdeiche landesseitig jedoch von Mitteltide-Hochwasser	min. 300 m min. 500 m
Sonstige Deiche u. vorgeschichtliche Boden-/ Naturdenkmale, Archäologische Denkmale	Prüfung im Einzelfall

für die Bündelung von Konvertern eignen. Die Analyseergebnisse der Studien haben darüber hinaus keinen verbindlichen Charakter, sondern dienen den zuständigen Behörden lediglich als Planungsgrundlage bzw. "Entscheidungshilfe".

Bei der Untersuchung von Flächen hinsichtlich ihrer Eignung für die Windkraftnutzung sind eine Reihe von Kriterien zu berücksichtigen. Diese lassen sich auf der Grundlage der möglichen Wirkungen von Windkraftanlagen (vgl. Kap. 3.2) ableiten. Um eine angemessene Berücksichtigung der Kriterien zu gewährleisten, sind in einigen Bundesländern Richtlinien und Empfehlungen in bezug auf festgelegte Ausschlußgebiete sowie Abstandsmaße erarbeitet worden. Beispiele für derartige Handlungsrahmen sind die in Tabelle 5 und 6 aufgeführten Vorgaben der Länder Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Neben den darin aufgeführten Kriterien sind bei der WKA-Standortausweisung auch die Windverhältnisse und das Windstrompotential innerhalb des Untersuchungsgebiets von Bedeutung. Die Bestimmung der Windverhältnisse kann dabei über verschiedene Methoden erfolgen.

Eine erste grobe regionale Einordnung der Windverhältnisse ist beispielsweise auf der Grundlage von mesoskaligen Windstrompotentialkarten möglich (vgl. Kap. 6). Um jedoch genaue und verläßliche Aussagen über die örtlichen Windbedingungen treffen zu können, empfiehlt sich die Durchführung standortbezogener Untersuchungen. Dazu eignen sich Windmessungen vor Ort sowie EDV-gestützte Verfahren, wobei letztere in ihrer Aussagefähigkeit mit gewissen Einschränkungen betrachtet werden müssen (vgl. Kap. 5.2.2).

5.1 Stand der Flächenausweisung

Im Folgenden werden einige ausgewählte Flächenpotentialstudien in ihren konzeptionellen Grundzügen vorgestellt. Bis auf ein Beispiel aus dem kommunalen Bereich können die Analyseverfahren der regionalen bzw. überregionalen Planungsebene zugeordnet werden.

Deutsches Windenergie-Institut (DEWI)

Im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums hat das DEWI eine zweiteilige überregionale Studie zur Flächenausweisung von Standorten für Windparks in Niedersachsen erarbeitet. Im ersten Teil des Gutachtens werden zehn Landkreise und kreisfreie Städte im küstennahen Bereich im Hinblick auf das dortige Flächen- und Windpotential untersucht (DEWI 1993). Gegenstand der Untersuchungen der zweiten Teilstudie sind neun sich südlich daran anschließende Landkreise sowie zwei Landkreise im Harz (DEWI 1995).

Ziel beider Studien ist die Ermittlung von prinzipiell für die Errichtung von Windparks zur Verfügung stehenden Flächen, die weitgehend frei von konkurrierenden Nutzungsansprüchen sind. Des weiteren erfolgt eine Beurteilung dieser Flächen in bezug auf das dort vorliegende Windpotential und mögliche Energieerträge. In Abstimmung mit dem Niedersächsischen Umweltministerium wurden vom DEWI zur Erfassung der Potentialflächen Abstandskriterien festgelegt. Diese basieren im wesentlichen auf den "Empfehlungen zur Standortsicherung und raumordnerischen Beurteilung von Windenergieanlagen" des Niedersächsischen Innenministeriums vom 03.07.1991 (vgl. Tabelle 5). Zusätzlich wurden im Vorfeld der Untersuchungen Ausschlußgebiete festgelegt, die für die Errichtung von Windkraftanlagen generell nicht in Betracht kommen. Dabei handelt es sich im wesentlichen um Siedlungsgebiete, militärische Anlagen, Verkehrsflächen, Wald, Gewässer, Deiche sowie natur- und landschaftsschutzrechtliche Gebiete.

Die Abschätzung der Windverhältnisse wird in beiden Teilstudien zunächst für den gesamten Untersuchungsraum in 30 m Höhe über Grund mit Unterstützung des Computerprogramms WA^{S}P (Wind Atlas Analysis and Application Programme) durchgeführt. Ziel dieser Methode ist eine möglichst exakte Simulation der Windverhältnisse an einem Standort bzw. innerhalb eines Untersuchungsgebiets. Dabei werden die Windmeßdaten einer meteorologischen Meßstation in Abhängigkeit der standortspezifischen Topographie korrigiert. Dadurch wird eine regionale Winddatenbasis aufgebaut, die frei von standortbedingten Rauhigkeitseinflüssen ist. Unter Berücksichtigung der jeweiligen topographischen Gegebenheiten des zu untersuchenden Areals können diese Daten für die Abschätzung der Windverhältnisse des Untersuchungsgebiets verwendet werden.

Nach der Potentialflächenbestimmung und der Ermittlung der Windverhältnisse erfolgte für die jeweiligen Flächen die Abschätzung des zu erwartenden Jahresenergieertrages. Auf die Bestimmung von optimalen standortspezifischen Windparkkonfigurationen wurde aufgrund des daraus resultieren-

den Bearbeitungsaufwandes verzichtet. Statt dessen ermittelte man in der ersten Teilstudie für eine Fläche auf dem Gebiet der Stadt Emden eine exemplarische Windparkkonfiguration, die als Referenzkonfiguration auf alle Potentialflächen angewendet wurde.

Unter Verwendung verschiedener Anlagenabstände sind dazu zunächst mehrere Konfigurationsvarianten durchgerechnet und in bezug auf ihre unterschiedlichen Ergebnisse hinsichtlich des Wirkungsgrades verglichen worden. Dabei zeigte sich, daß geringere Anlagenabstände zwar die Aufstellung einer größeren WKA-Anzahl auf den Flächen ermöglichen und somit auch zu einem höheren Jahresenergieertrag führen. Insgesamt gesehen sinkt der Parkwirkungsgrad (Güte eines Windparks bezüglich seiner Energieerzeugung) jedoch durch Abschattungseffekte der Anlagen untereinander ab. Des weiteren können die Abschattungseffekte zu einer turbulenteren und unsymmetrischen Anströmung des Rotors führen, was eine erhöhte Belastung der WKA und somit eine Reduzierung der "Lebensdauer" bewirken kann (DEWI 1993).

Als Referenzkonfiguration wurde schließlich ein Windparkmodell mit einem Parkwirkungsgrad von ca. 90 % auf alle Potentialflächen angewendet. Die ermittelten Anlagenabstände dieses Modells betrugen dabei sowohl innerhalb einer WKA-Reihe als auch zwischen den Anlagenreihen 6 Rotordurchmesser. Zur Abschätzung der möglichen Energieausbeuten wurden in beiden Studien exemplarische Leistungskennlinien einer 500 kW-WKA und einer 1 MW-WKA herangezogen. Die Ermittlung der jeweiligen standardisierten flächenspezifischen Windparkkonfiguration erfolgte unter Berücksichtigung der zu erwartenden Schallimmissionen (DEWI 1993). Einschränkend wurde in beiden Teilen der Studie angemerkt, daß die Ergebnisse keinen Ersatz für konkrete Planungsmaßnahmen darstellen können. Im Fall der Realisierung von WKA-Projekten auf ausgewiesenen Standorten ist somit nach wie vor eine einzelfallbezogene detaillierte Planung im Hinblick auf die Energieerträge, Schallimmissionen etc. erforderlich.

'Windtest' Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH

Für die Gebiete der Kreise Dithmarschen, Nordfriesland und der Stadt Hamburg liegen Flächen- und Windpotentialstudien vor, die von der 'Windtest' Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH erstellt wurden. Somit sind im Gegensatz zu den angesprochenen DEWI-Studien bei diesen Gutachten wesentlich kleinere Bezugsflächen Gegenstand der Analysen. In einem ersten Arbeitsschritt wird auch hier das Windpotential innerhalb des gesamten Untersuchungsraumes mit Hilfe des Computerprogramms WA^{S}P ermittelt. Die Bestimmung der Windverhältnisse in den Kreisen Dithmarschen (Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH 1991) und Nordfriesland (Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH 1994) erfolgt dabei für eine Höhe von 30 m über Grund sowie für die Höhen 30 m und 40 m über Grund auf dem Gebiet der Stadt Hamburg (Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH 1992). Die Suche geeigneter Flächen wurde in Zusammenarbeit bzw. Abstimmung mit den Genehmigungs- und Umweltbehörden, sonstigen öffentlichen Stellen sowie den jeweiligen Energieversorgungsunternehmen (EVU) durchgeführt. In den Studien für den Kreis Nordfriesland und die Stadt Hamburg erfolgt die Berücksichtigung der baurechtlichen Belange auf der Grundlage des Runderlasses "Grundsätze zur Planung von Windenergieanlagen" des Landes Schleswig-Holstein vom 11.09.1991. Da zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Gutachtens für den Kreis Dithmarschen dieser Runderlaß noch nicht vorlag, wird hier mit dem von der Abteilung Landesplanung erarbeiteten Katalog "Kriterien für die Ausweisung von Sicherungsgebieten für Windenergieparks" nur ein Entwurf des Erlasses verwendet. Die darin formulierten Abstandsvorgaben weichen in ihrer Größenordnung in einigen Punkten geringfügig von der endgültigen Fassung des Runderlasses ab. Am 4. Juli 1995 wurde der Erlaß aus dem Jahr 1991 aktualisiert,

wobei sich hinsichtlich der Abstandsvorgaben jedoch keine Änderungen ergeben haben (vgl. Tabelle 6).

Die Bewertung der Flächen unter dem Gesichspunkt des Natur- und Landschaftsschutzes erfolgt in allen drei Gutachten unter Einbeziehung der Vorgaben von Umweltbehörden und weiterer für den Natur- und Landschaftsschutz zuständiger Stellen. Ein wichtiges Kriterium bei der Flächenanalyse ist auch die Möglichkeit der Netzanbindung. In der Studie für den Kreis Nordfriesland wurde der Windtest GmbH dazu beispielsweise von der Schleswag AG entsprechendes Kartenmaterial zur Verfügung gestellt. Darin waren Gebiete im Radius von 8 km um vorhandene Umspannwerke als Flächen mit der Möglichkeit zur Netzanbindung verzeichnet. Zur Berücksichtigung von Richtfunkstrecken standen ebenfalls entsprechende Unterlagen zur Verfügung.

Nach einer ersten Ermittlung der prinzipiell zur Verfügung stehenden Flächen erfolgt in allen drei Gutachten eine weitere Kategorisierung der ausgewiesenen Flächen. In den Studien für den Kreis Dithmarschen und die Stadt Hamburg werden dazu als Hauptkriterien die Größenordnung der mittleren Windgeschwindigkeit und das Netzpotential sowie beim Beispiel Hamburg zusätzlich das Kriterium des Landschaftsschutzes herangezogen. Für den Kreis Nordfriesland erfolgt eine Kategorisierung und Bewertung der Flächen in wiederholten Abstimmungsgesprächen mit den beteiligten Behörden und Stellen. Abschließend wird in den Studien auf der Grundlage der ausgewiesenen Flächen unter Berücksichtigung zu erwartender Schallimmissionen eine grobe Abschätzung der installierbaren Windkraftleistung vorgenommen. Dabei wird für den Kreis Dithmarschen sowie die Stadt Hamburg eine "maximale WKA-Packungsdichte" mit Abständen von 5 Rotordurchmessern innerhalb einer WKA-Reihe und 10 Rotordurchmessern zwischen zwei Reihen als Standardkonfiguration gewählt.

Rahmenkonzept für Windkraftanlagen im Kreis Soest

Im Auftrag des Kreises Soest ist von der Pro Terra Team GmbH in Zusammenarbeit mit der UVP-Forschungsstelle der Universität Dortmund sowie der Arbeitsgruppe Klimatologie der Universität Bochum ein Rahmenkonzept für Windkraftanlagen im Kreis Soest erarbeitet worden. Ähnlich wie bei den bereits angesprochenen Gutachten erfolgt auch in diesem Fall eine Windpotentialbestimmung für die gesamte Untersuchungsfläche unter Einsatz des Softwarepaketes WA^{S}P. Parallel zu der windklimatologischen Untersuchung werden unter Berücksichtigung der potentiellen Wirkungen von Windkraftanlagen sog. Tabu-, Restriktions- sowie Gunst- bzw. Suchbereiche ausgewiesen (KLEINSCHMIDT, SCHAUERTE-LÜKE und BERGMANN 1992).

Für die Einordnung von Flächen in die Kategorie der Tabubereiche ist z.B. primär ihre Bedeutung im Hinblick auf Belange des Natur- und Landschaftsschutzes oder der Verlauf von Richtfunkstrecken maßgeblich. Der Kategorie der Restriktionsbereiche werden Flächen zugeordnet, für die in bezug auf die Windkraftnutzung gewisse Vorbehalte bestehen. Diese sollen im Rahmen weiterer Untersuchungen bzw. in Absprachen mit dem Landschaftsbeirat des Kreises Soest näher analysiert und abschließend bewertet werden.

Für die Kategorie der Restriktionsbereiche werden drei Alternativen erarbeitet, die sich in ihrem Detaillierungsgrad unterscheiden. Die verschiedenen Varianten basieren auf den Ergebnissen von Untersuchungen, in denen Kriterien aus den Bereichen "Schutz des Naturhaushalts", "Schutz der Landschaft" und "Schutz der Erholungseignung" auf den Untersuchungsflächen analysiert wurden. Bei der ersten Alternative erfolgt lediglich eine Kartierung von Kriterien der o.a. Bereiche. Eine

Bewertung der Kriterien wird nicht vorgenommen. Sofern eine Überlagerung verschiedener Kriteriengruppen vorliegt, wird diese vermerkt (KLEINSCHMIDT, SCHAUERTE-LÜKE und BERGMANN 1992). Im Rahmen der ersten Alternative werden nur solche Flächen als Suchgebiete (potentiell für die Errichtung von Windkraftanlagen geeignete Flächen) eingestuft, die keine Bedeutung für die untersuchten Schutzbereiche aufweisen und sich durch gute Windverhältnisse und Netzanbindungsmöglichkeiten auszeichnen. In Abhängigkeit der Häufigkeit des Auftretens von Überlagerungen aus verschiedenen Kriteriengruppen werden die Flächen in der zweiten Alternative bestimmten Raumwiderstandsstufen zugeordnet. In der dritten Alternative wird innerhalb dieser Raumwiderstandsstufen eine weitergehende Differenzierung vorgenommen. Dadurch soll insbesondere die Bedeutung des Landschaftsbildes und des Naturhaushalts stärker in die Bewertung der Flächen einbezogen werden.

Zur Ausweisung der Gunst- bzw. Suchbereiche werden die Ergebnisse der Windpotentialbestimmung mit den Tabu- und Restriktionszonen überlagert. Das Vorhandensein einer bestimmten Mindestwindgeschwindigkeit sowie das Fehlen von Nutzungskonflikten auf diesen Flächen in bezug auf Aspekte wie Lärmbelastung, Vogelschlag oder die Beeinträchtigung von gefährdeten Biotopen ist Bedingung für die Zuordnung dieser Areale in die Kategorie der Suchbereiche. Die Bewertung der Restriktionsbereiche hinsichtlich ihrer Eignung für die Windkraft soll unter Mitwirkung des Landschaftsbeirates des Kreises Soest erfolgen, um die Akzeptanz der ausgewählten Standorte zu erhöhen (ebd.).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bei den vorliegenden Flächenanalysen jeweils ähnliche Verfahrensschritte durchgeführt werden (s. Abbildung 5). In einer ersten Stufe werden i.d.R. das Windpotential sowie die prinzipiell zur Verfügung stehenden Flächen bestimmt. Die Abschätzung des Windpotentials erfolgt dabei mit Hilfe des Softwarepaketes WA^{S}P. In den Ländern Schleswig-Holstein und Niedersachsen basiert die Ausweisung von Vorrangflächen auf den Vorgaben, die in Runderlassen bzw. Richtlinien der zuständigen Ministerien festgelegt sind. Im übrigen hat sich in den Flächenanalyseverfahren allerdings auch gezeigt, daß es sinnvoll ist, die von den Flächenausweisungen betroffenen Behörden und Stellen von Beginn an in die Planungen einzubeziehen.

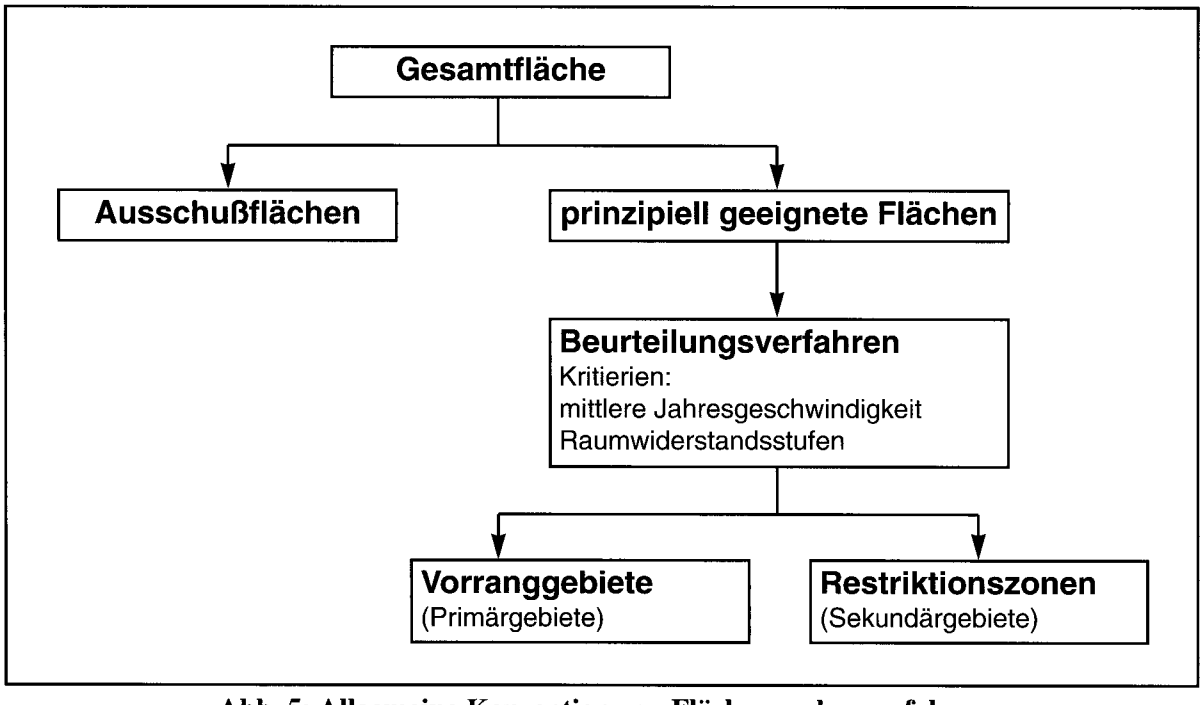


Abb. 5: Allgemeine Konzeption von Flächenanalyseverfahren

Das Ergebnis der ersten Verfahrensstufe ist fast immer die Aufgliederung des gesamten Untersuchungsraumes in prinzipiell geeignet erscheinende Flächen sowie Ausschlußflächen, die für die Windkraftnutzung nicht in Betracht kommen. Ausschlußflächen sind beispielsweise Naturschutzgebiete, Wälder und Gewässer. In einigen Flächenanalysen werden die prinzipiell zur Verfügung stehenden Flächen weiter untersucht, indem man sie einer detaillierten Bewertung unterzieht, um Vorrang- (Primär-) bzw. Sekundärgebiete herauszuarbeiten. Dabei sind beispielsweise die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit in 30 m über Grund oder der sog. Raumwiderstand relevante Beurteilungskriterien. Auf diese Weise wird innerhalb des Flächenpools eine Rangfolge im Hinblick auf die Nutzbarkeit der Windkraft geschaffen. Die Bewertungsskala reicht dabei von Flächen, die sehr gut für die Errichtung von Windparks geeignet sind bis zu Flächen, die sich aufgrund konkurrierender Nutzungen weniger gut für die Windkraftnutzung anbieten.

5.2 Entwicklung des GIS-gestützten kommunalen Flächenanalyseverfahrens

Nachfolgend wird in Anlehnung an die Ausführungen von ALLNOCH (1992) anläßlich des Dortmunder Kolloquiums "Erneuerbare Energien und Stadtentwicklung" sowie die vorgestellten Studien (vgl. Kap. 5.1) ein GIS-gestütztes Flächenanalyseverfahren auf Basis des Flächennutzungsplans entwickelt. Das innerhalb des Kolloquiumsvortrages vorgestelle Konzept (Planungsansatz zur WKA-Standortfindung auf Basis des FNP) wird dabei aufgegriffen und weiterentwickelt. Ziel des GIS-gestützten Verfahrens ist die Ausweisung und Kategorisierung von Gemeindeflächen, auf denen eine Bündelung von Windkraftanlagen bei gleichzeitiger Minimierung potentiell auftretender Nutzungskonflikte möglich ist. Dadurch soll die Grundlage für eine der gemeindlichen Strukturierung angepaßte Nutzung der Windkraft geschaffen werden.

Bei der Durchführung von Flächenanalyseverfahren auf kommunaler Ebene ergeben sich aufgrund geänderter Rahmenbedingungen gegenüber den regionalen und überregionalen Verfahren einige Unterschiede. Das zentrale Planungsinstrument bei der WKA-Standortsuche auf Gemeindeebene ist der Flächennutzungsplan. Die darin verzeichneten Nutzungen und die damit einhergehende Vorstrukturierung des Untersuchungsraumes stellen einen entscheidenden verfahrenstechnischen Vorteil gegenüber den regionalen bzw. überregionalen Verfahren dar. Dabei kann aufgrund der i.a. geringeren Größe der zu untersuchenden Fläche von einer i.d.R. geringeren Anzahl potentieller WKA-Standorte ausgegangen werden. Somit besteht gegenüber den regionalen und überregionalen Verfahren bei vertretbarem Bearbeitungsaufwand die Möglichkeit zu einer großmaßstäbigeren Darstellungsweise und detaillierteren Einzelfallbetrachtung. Dabei ergeben sich insbesondere bei der Erarbeitung von flächenspezifischen WKA-Konfigurationsvorschlägen und Schallimmissionsprognosen sowie der Durchführung von Standortvisualisierungen weitere verfahrenstechnische Vorteile.

Im übrigen bietet ein kommunales Konzept auch eher die Möglichkeit zu einer flexibleren und standortangepaßten Handhabung von Abstandsrichtwerten. Für das vorgestellte Konzept werden zwar Abstandsvorgaben vorgeschlagen, die jedoch gegebenenfalls modifiziert werden können. In einigen Fällen kann sich nämlich nach Absprache mit zuständigen Behörden und öffentlichen Stellen die Festlegung von abweichenden standortspezifischen Abstandsmaßen als sinnvoller erweisen.

5.2.1 Bewertungs- und Datengrundlage

In Anlehnung an die für Schleswig-Holstein und Niedersachsen gültigen Abstandsregelungen werden für das kommunale Flächenanalyseverfahren die in Tabelle 7 aufgeführten Abstände als

Tab. 7: Abstandsvorgaben für ein GIS-gestütztes kommunales Flächenanalyseverfahren auf Basis des Flächennutzungsplans

Siedlungsraum:	
Wohnbauflächen	400 m sowie Berücksichtigung von Schallprognosen
Mischgebiete, Kerngebiete, Dorfgebiete	400 m sowie Berücksichtigung von Schallprognosen
Industriegebiete, Gewerbegebiete	Nach Absprache Berücksichtigung von Sicherheitsabständen sowie je nach Gebietsart Berücksichtigung von Schallprognosen
Verkehrswege und Versorgungsleitungen:	
Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	40 m
Bahnlinien	40 m
Flugplätze	Bauschutzzone
Hochspannungsfreileitungen ab 110 kV	50 m
Richtfunktrassen, Sendeanlagen	Absprache mit der Telekom bzw. FNP-Vorgaben
Sonstige Versorgungsleitungen (Wasser, Gas etc.)	Absprache mit den zuständigen Stellen bzw. FNP-Vorgaben
Natur- und Landschaft:	
Naturschutzgebiete	200 m sowie Absprache mit ULB
Landschaftsschutzgebiete	Absprache mit ULB
Schützenswerte Biotope	200 m sowie Absprache mit ULB
Ornithologisch bedeutsame Gebiete, Vogelzuglinien	Absprache mit ULB bzw. Ornithologen
Waldgebiete	200 m
Gewässer	50 m
Sonstige Bereiche:	
Militärische Anlagen	Äußere Schutzzone

Bewertungsgrundlage vorgeschlagen. Wie bereits angedeutet, haben einige der aufgeführten Abstandsmaße den Charakter grober Richtwerte, die nach Absprache mit den beteiligten Stellen unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten verändert werden können. Beispielsweise sollen die Abstände zu Siedlungsbereichen sicherstellen, daß bei dem Betrieb von Windkraftanlagen die in dem Gebiet jeweils zulässigen Schallimmissonen nicht überschritten werden. Da die auftretenden Schalldruckpegel jedoch stark anlagenspezifisch sind und auch von der WKA-Anzahl abhängen, besteht die Möglichkeit, daß sich bei der Durchführung von Schallprognosen andere Abstandswerte ergeben als in Tabelle 7. Die Einhaltung der nach der TA Lärm nachts maximal zulässigen Grenzwerte kann z.B. die Vergrößerung des vorgegebenen Abstandswertes von 400 m erfordern. Andererseits ist es auch denkbar, daß aufgrund einer gewählten WKA-Konfiguration durchaus ein geringerer Abstand als der vorgegebene möglich ist, ohne die Funktion innerhalb eines Gebiets (z.B. Allgemeines Wohngebiet) über die zulässigen Schallimmissionsgrenzwerte hinaus zu beeinträchtigen.

Die flexible Handhabung von Abstandsrichtwerten kann auch in bezug auf Aspekte des Natur- und Landschaftsschutzes sinnvoll sein. Neben den Flächen, die aus Gründen des Naturschutzes von der Windkraftnutzung ausgeklammert werden sollten, können sich innerhalb des Gemeindegebiets nämlich auch für den Naturhaushalt bedeutsame Flächen ohne Schutzstatus befinden. In diesem Zusammenhang sind insbesondere landwirtschaftliche Flächen zu nennen, die von gefährdeten Vogelarten als Rast-, Brut- und Überwinterungsgebiete genutzt werden (vgl. Kap. 3.2.1). Nach Rücksprache mit der zuständigen ULB sowie ortskundigen Ornithologen und Naturschützern sollten diese Gebiete bei der Flächenanalyse - wenn nötig - durch ausreichende Abstandsvorgaben berücksichtigt werden.

Eine grundlegende Voraussetzung zur Berücksichtigung der aufgeführten Einzelkriterien ist das Vorliegen einer komplexen Datengrundlage. Die Anwendung des Flächenanalyseverfahrens setzt neben den Informationen des Flächennutzungsplans ergänzende Angaben zu Natur und Landschaft voraus. Neben Informationen über die Lage von Natur- und Landschaftsschutzgebieten werden auch Angaben über schützenswerte Biotope sowie avifaunistisch bedeutsame Areale benötigt. Falls Flächennutzungspläne nur unzureichende Angaben zum Verlauf von Richtfunktrassen, Hochspannungsfreileitungen sowie weiteren Versorgungsleitungen enthalten, müssen diese Informationen aus anderen Quellen hinzugezogen werden. Im übrigen können nach Absprache mit den beteiligten öffentlichen Stellen weitere Datengrundlagen bei der Analyse berücksichtigt werden.

Falls für die untersuchten Bereiche bereits hinreichend genaue Daten zu den Windverhältnissen vorliegen, sollten diese in die Flächenanalyse eingebunden werden. Wenn keine derartigen Angaben vorhanden sind, können in Gemeinden mit ausgeprägter Reliefierung auch Daten zu den Reliefverhältnissen herangezogen werden. Durch die Berücksichtigung der spezifischen Höhenverhältnisse lassen sich Bereiche herausfiltern, in denen aufgrund einer exponierten Lage gegenüber der Umgebung entsprechend günstigere windklimatologische Bedingungen zu erwarten sind.

Es kann bereits an dieser Stelle angemerkt werden, daß das Vorliegen digitaler Daten im Hinblick auf den zur Bearbeitung notwendigen Zeitaufwand einige Vorteile mit sich bringt. Je nach Datenlage und Stand der EDV-Technik in der untersuchten Gemeinde weisen die digitalen Datengrundlagen allerdings sowohl qualitativ als auch quantitativ große Unterschiede auf.

5.2.2 Aufbau des GIS-gestützten Flächenanalyseverfahrens

Für die Flächenanalyse zur Windkraftnutzung auf Basis des Flächennutzungsplans wird das in Abbildung 6 dargestellte vierstufige Modell entwickelt und vorgeschlagen. Für die Bewertung der potentiellen WKA-Standorte ist eine Einteilung in Primär- sowie Sekundärgebiete vorgesehen. Flächen, die nicht für die Windkraftnutzung in Betracht kommen, werden der Kategorie der Ausschlußflächen zugeordnet. Im ersten Schritt sollen auf der Basis des Flächennutzungsplans und der weiteren Datengrundlagen zunächst die prinzipiell für die Windkraftnutzung zur Verfügung stehenden Flächen sowie die Ausschlußflächen ermittelt werden. Folgende Gebiete werden dabei in die Kategorie der Ausschlußflächen eingeordnet und stehen demnach für die Windkraftnutzung nicht zur Verfügung:

* Naturschutzgebiete,
* schützenswerte Biotope,
* Waldflächen,
* Grünflächen.
* Siedlungsbereiche wie Wohngebiete, Kerngebiete und Mischgebiete,
* Flächen für Versorgungseinrichtungen und
* Verkehrswege.

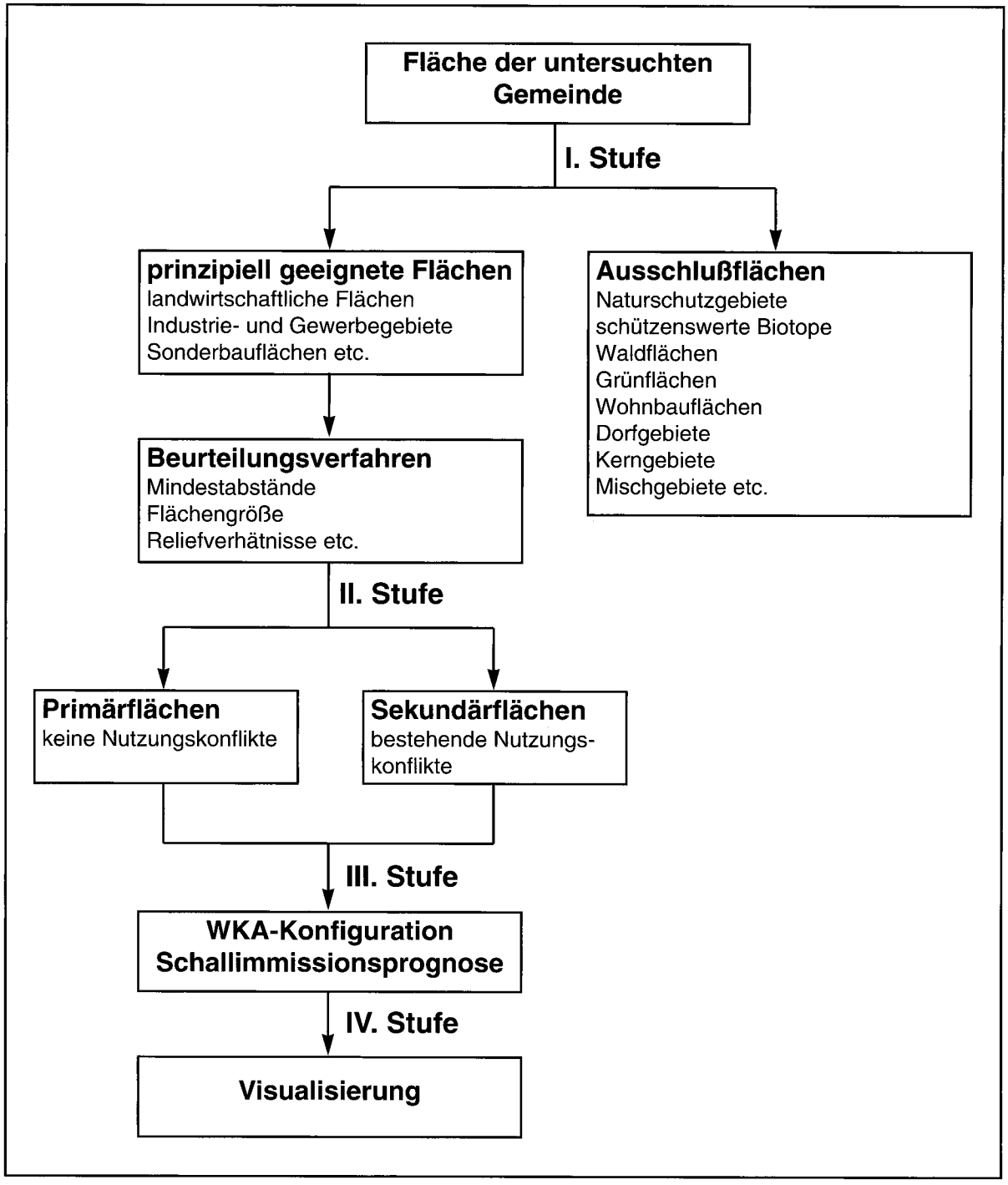


Abb. 6: Schema des vom Verfasser entwickelten kommunalen Flächenanalyseverfahrens

Nach Bestimmung der Ausschlußgebiete ergeben sich als prinzipiell für die Windkraftnutzung zur Verfügung stehende Flächen i.d.R. somit folgende Bereiche:

* landwirtschaftliche Flächen,
* Industrie- und Gewerbegebiete sowie
* je nach Gemeindestruktur Sonderbauflächen.

Im Anschluß daran werden im zweiten Schritt auf der Grundlage der prinzipiell zur Verfügung stehenden Flächen durch die Anwendung verschiedener GIS-gestützter Abfrage- und Analyseschritte die Primär- und Sekundärgebiete bestimmt. Dabei werden die einzuhaltenden Mindestabstände, die

Flächengröße, gegebenenfalls die Reliefverhältnisse sowie weitere Angaben des Flächennutzungsplans und gemeindespezifische Vorgaben in die Analyse einbezogen. Primärgebiete werden dabei definiert als Flächen, auf denen gute Voraussetzungen für die Windkraft bestehen und keine Nutzungskonflikte erkennbar sind. Ähnlich gute Voraussetzungen bestehen auch in den Sekundärgebieten. Allerdings können hier im Unterschied zu den Primärgebieten gewisse Nutzungskonflikte auftreten, so daß in diesem Fall eine tiefergehende Beurteilung einer Nutzung auf dieser Fläche notwendig ist. Sekundärgebiete sind demnach in bezug auf die konkurrierende Nutzung im Rahmen einer Einzelfallprüfung zu beurteilen. Nach der Ermittlung der Primär- und Sekundärgebiete erfolgt in einem weiteren Schritt die Erarbeitung von WKA-Konfigurationsvorschlägen mit entsprechenden Schallimmissionsprognosen. Bei der Abstimmung der flächenspezifischen Konfigurationsvorschläge werden die jeweils zu erwartenden Schallimmissionen berücksichtigt. Bei einem günstigen Ergebnis der Schallprognosen ist u.U. eine Verringerung des vorgegebenen Abstandes zu Siedlungsbereichen und somit die Erhöhung der auf der jeweiligen Fläche installierbaren Anlagenzahl denkbar, sofern auch dann die Einhaltung der durch die TA Lärm vorgegebenen Grenzwerte gewährleistet ist.

Im Anschluß an die Konfigurationsermittlung ist die Visualisierung der ausgewiesenen WKA-Standorte vorgesehen. Um einen ersten Eindruck über das Ausmaß der Veränderungen des Landschaftsbildes durch die Errichtung von Windkraftanlagen zu geben, bietet sich die WKA-Simulation an den potentiellen Standorten durch den Einsatz entsprechender EDV-Techniken an. Dazu müssen die ermittelten Primär- und Sekundärgebiete zunächst photographiert werden. Danach werden die Aufnahmen in ein digitales Bildformat überführt (z.B. Photo-CD). Mit Hilfe einer entsprechenden Software können dann in die digitalen Landschaftsaufnahmen maßstabsgetreue Modelle der für den Standort vorgesehenen Windkraftanlagen projiziert werden. Die Ergebnisse dieser Bildbearbeitung eignen sich als Grundlage für weitere Diskussionen über mögliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes unter den beteiligten bzw. planenden Stellen.

Im Gegensatz zu den in Kapitel 5.1 aufgeführten Flächenanalyseverfahren ist im Rahmen des vorgestellten Konzeptes prinzipiell keine Bestimmung des Windpotentials mit Hilfe des Softwarepaketes WA^{S}P vorgesehen. In Küstengebieten, die durch geringe Reliefunterschiede gekennzeichnet sind, hat sich die WA^{S}P-Methode durchaus bewährt. Probleme können sich allerdings bei dem Einsatz in reliefiertem Gelände ergeben, da die prognostizierten Windwerte trotz eines implementierten Orographiemodells häufig von den tatsächlichen Ergebnissen abweichen. Ferner ist eine flächendeckende Bestimmung der aerodynamischen Rauhigkeiten für ein gesamtes Gemeindegebiet u.U. äußerst aufwendig. Für das vorgestellte Verfahren wird daher vorgeschlagen, die Windpotentialbestimmung erst nach der Flächenanalyse für die ausgewiesenen Areale durch standortbezogene Windmessungen durchzuführen. Diese Methode liefert erfahrungsgemäß verläßlichere Ergebnisse als die angesprochene WA^{S}P-Methode. Der Meßzeitraum sollte bei Windmessungen nach Möglichkeit 12 Monate betragen, um den Jahresgang der Windgeschwindigkeit zu erfassen. Außerdem ist es bei Windmessungen wichtig, in einer ausreichenden Höhe über Grund zu messen, um die Meßergebnisse ohne größere Fehlerbehaftung auf die Nabenhöhe von Windkonvertern extrapolieren zu können. Die Meßhöhe sollte deshalb so gewählt werden, daß im Umfeld des Meßstandortes keine höheren Hindernisse das Windfeld stören und somit von einem "normalen" vertikalen Windprofil zwischen der Meßhöhe und der Extrapolationshöhe ausgegangen werden kann (WERNER 1993). Erfahrungsgemäß hat sich gezeigt, daß bei entsprechender Standortmorphologie ab Meßhöhen um 20 m über Grund brauchbare Meßergebnisse zu erwarten sind. Sofern die Windverhältnisse in dem Untersuchungsraum bereits im Vorfeld der Flächenanalyse bestimmt worden sind, können diesbezügliche Daten selbstverständlich von vornherein als Beurteilungskriterium in die Analyse mit eingebunden werden.

6. Anwendung des Flächenanalyseverfahrens auf zwei ausgewählte Beispiele

In den folgenden Ausführungen wird das in Kapitel 5 weiterentwickelte kommunale Flächenanalyseverfahren auf zwei Beispiele angewendet und erprobt. Die dargestellten Ergebnisse können als Planungs- und Diskussionsgrundlage vor dem Hintergrund einer eventuellen Flächennutzungsplanänderung herangezogen werden, stellen jedoch keinen Ersatz für konkrete Planungsmaßnahmen dar. Für die ausgewiesenen Primär- und Sekundärgebiete werden WKA-Konfigurationsvorschläge und diesbezügliche Schallimmissionsprognosen vorgestellt. Die zugehörigen Standortkarten sowie weitere Übersichtskarten befinden sich in dem dieser Arbeit im Anhang beigefügten Kartenteil. Wegen der angestrebten Bündelung von WKA werden bei der Flächenanalyse nur Standorte berücksichtigt, auf denen die Errichtung von mindestens drei Windkonvertern der marktgängigen 500 kW-Klasse möglich ist. Die für die vierte Stufe des Flächenanalyseverfahrens vorgesehene Visualisierung wird exemplarisch für einen Standort des zweiten Beispiels durchgeführt (vgl. Kap. 6.2.3).

Die Auswahl der vorgestellten Beispiele erfolgte primär vor dem Hintergrund, zwei von ihrer räumlichen Struktur unterschiedliche Gebiete zu untersuchen. Im ersten Beispiel ist dabei - in Anlehnung an den von ALLNOCH (1992) vorgestellten Planungsansatz - das Gebiet der Stadt Dortmund Gegenstand der Untersuchungen. Obwohl Dortmund einerseits im Ballungsraum Ruhrgebiet liegt und die Funktionen eines Oberzentrums erfüllt, weist die Fläche des Stadtgebiets andererseits einen relativ hohen Anteil an landwirtschaftlichen Flächen bzw. Freiflächen auf. Somit erscheint die Analyse des Stadtgebiets im Hinblick auf die Eignung für die Windkraftnutzung durchaus sinnvoll. Im zweiten Beispiel wird stellvertretend für eine Gemeinde aus dem ländlichen Raum die Fläche der zur Stadt Borken gehörenden Ortschaft Weseke analysiert.

Die Beispiele Dortmund und Weseke unterscheiden sich sehr stark in bezug auf die zur Verfügung stehenden Datengrundlagen und damit auch im Hinblick auf den Weg der Datenaufbereitung. Für die GIS-gestützten Analysen des Dortmunder Stadtgebiets konnten hauptsächlich Daten verwendet werden, die bereits im digitalen Format vorlagen. Im Fall Weseke mußte auf analoge Ausgangsdaten zurückgegriffen werden, so daß für die GIS-gestützten Analysen zunächst eine digitale Aufbereitung der Daten erforderlich war. Da für beide Beispiele keine Daten von Windmessungen oder EDV-gestützten windklimatologischen Untersuchungen zur Verfügung standen, konnten keine differenzierten Aussagen über die Windverhältnisse der potentiellen WKA-Standorte getroffen werden.

Eine erste Einschätzung des Windstrompotentials der Untersuchungsräume ist allerdings auf Grundlage der mesoskaligen Windstrompotentialkarten für die Westfälische Bucht und ihre Randbereiche (WERNER u. ALLNOCH 1993; ALLNOCH 1995d) möglich. Dabei handelt es sich um mesoklimatisch generalisierte Potentialkarten mit Angaben über mögliche Jahres-Windstromernten für WKA der Leistungsklasse 75-150 kW (WERNER u. ALLNOCH 1993) bzw. WKA der 500 kW-Klasse (>400-600 kW) (ALLNOCH 1995d). Anhand der abgebildeten Potentialkarte (s. Abbildung 7) läßt sich die mögliche Jahres-Windstromernte ermitteln, indem man die installierte WKA-Leistung mit der dargestellten Vollaststundenzahl multipliziert (ALLNOCH 1995d). Insgesamt kann der abgebildeten Potentialkarte entnommen werden, daß das Windpotential mit zunehmender Meereshöhe deutlich ansteigt. Für den Raum Dortmund beispielsweise sind danach für Anlagen der 500 kW-Leistungsklasse mit einer Nabenhöhe von 50 m über Grund bei 1.400 Vollaststunden mittlere Jahres-Windstromernten von rd. 700.000 kWh zu erwarten.

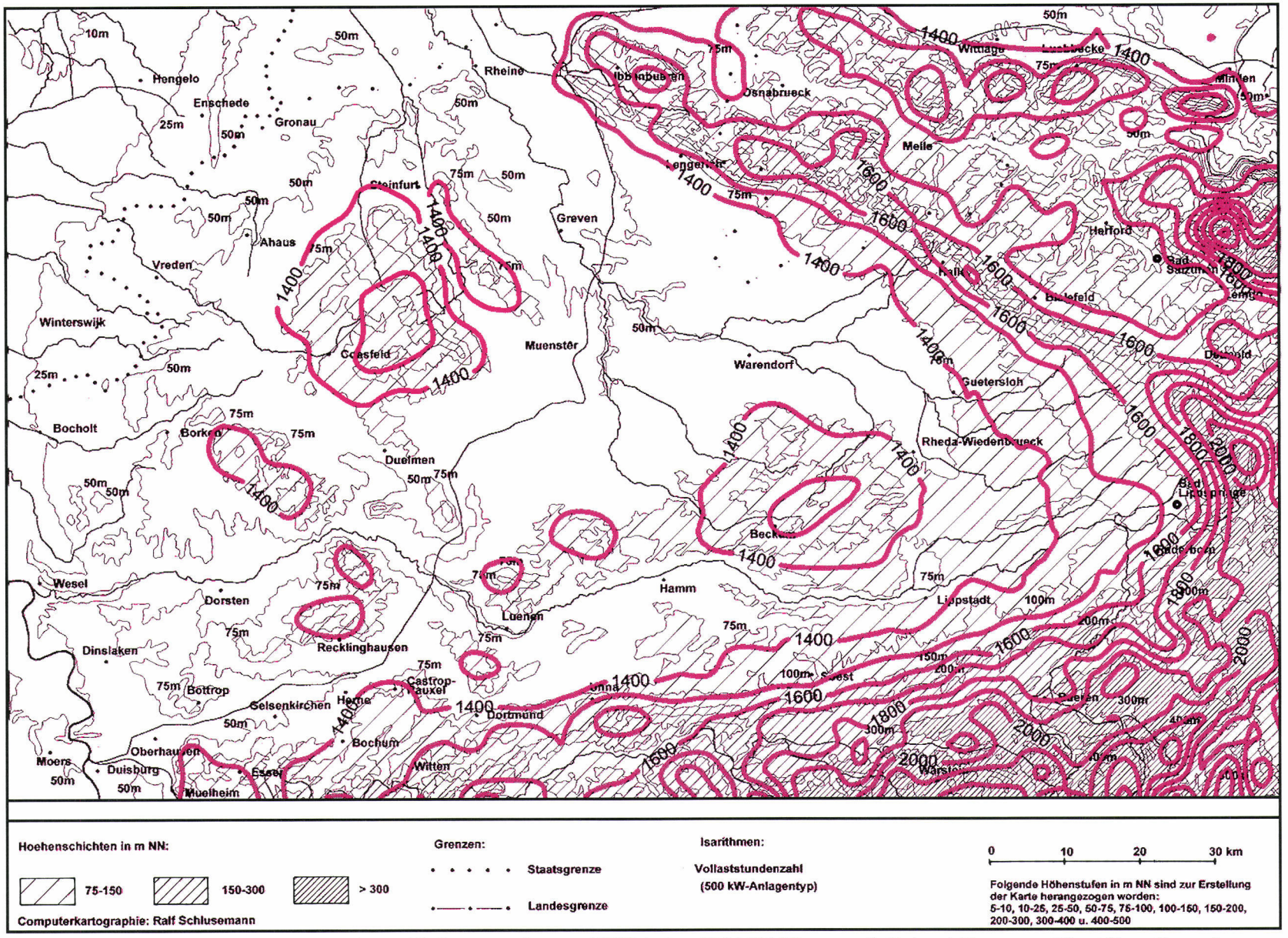


Abb. 7: Größenordnung möglicher Vollaststunden von WKA der 500 kW-Klasse mit Nabenhöhen von 50 m über Grund (mesoklimatisch generalisiert) (Quelle: ALLNOCH 1995d)

WERNER u. ALLNOCH (1993) warnen jedoch vor einer Überinterpretation mesoskaliger Potentialkarten. Sie verweisen darauf, daß sich die aerodynamischen Oberflächenrauhigkeiten im Umfeld eines Standortes zu stark auf die örtlichen Windverhältnisse auswirken, "als daß bei Vorliegen derartiger Übersichtskarten auf individuelle Standortevaluationen (...) verzichtet werden könnte" (WERNER u. ALLNOCH 1993, S. 15). Dieser Sachverhalt wird auch verdeutlicht, wenn man die in Abbildung 8 dargestellten Reliefverhältnisse innerhalb des Dortmunder Stadtgebiets hinzuzieht. Dabei wird ersichtlich, daß der in der Potentialkarte für den Dortmunder Raum angegebene Wert von 1.400 Vollaststunden aufgrund der unterschiedlichen Reliefverhältnisse nur eine ungefähre Größenordnung möglicher Windstromernten angeben kann.

6.1 Beispiel I: Dortmund

Das Gebiet der Stadt Dortmund weist eine Gesamtfläche von ca. 28.000 ha auf. Damit ist Dortmund die größte kreisfreie Stadt im Kommunalverband Ruhrgebiet (KVR 1995). Etwa 10.000 ha der Gesamtfläche werden landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzt. Der Waldanteil ist besonders im Süden des Stadtgebiets relativ hoch. Der Grünflächenanteil liegt bei ca. 2.780 ha. Als Gewerbe- und Industriegebiete werden ca. 2.400 ha genutzt. Tabelle 8 zeigt die Anteile der verschiedenen Raumnutzungen innerhalb des Dortmunder Stadtgebiets. Die Werte basieren auf den Angaben des digitalen Flächennutzungsplans (Karte 1 im Anhang).

Tab. 8: Flächenanteile der verschiedenen Nutzungen innerhalb des Dortmunder Stadtgebiets
(Daten: digitaler FNP der Stadt Dortmund)

Nutzung	Fläche in ha	Fläche prozentual
Flächen für die Landwirtschaft und Flächen für die Land- u./o. Forstwirtschaft	7.016	25,10
Flächen für die Forstwirtschaft/Wald	2.930	10,50
Grünflächen	2.780	9,90
Gewerbe- und Industriegebiete	2.390	8,50
Flächen für den Naturschutz	225	0,80
Wohnbauflächen	7.170	25,60
Mischgebiete	580	2,10
Kerngebiete	109	0,40
Sonstige	4.800	17,10
Gesamt	28.000	100,00

Das Dortmunder Stadtgebiet weist eine deutliche Reliefierung auf (s. Abbildung 8). Im nördlichen Bereich ist das Relief mit Höhen um 60 m NN noch relativ niedrig, steigt dann aber zum Süden im Ardeygebirge bis auf Höhen um 270 m NN an.

6.1.1 Datengrundlage

Als Datenbasis für die Analyse standen ein digitaler Flächennutzungsplan sowie die digitalen Geometriedaten von schützenswerten Biotopen (LÖBF-Biotopkataster) auf dem Dortmunder Stadtgebiet zur Verfügung. Diese Datengrundlagen sind beim Umweltamt der Stadt Dortmund auf der Workstationebene von ARC/INFO vorhanden. Über eine entsprechende Importschnittstelle können diese Daten im Interchange-Format in das AutoCAD/ArcCAD-System eingelesen werden. Eine zeitaufwendige

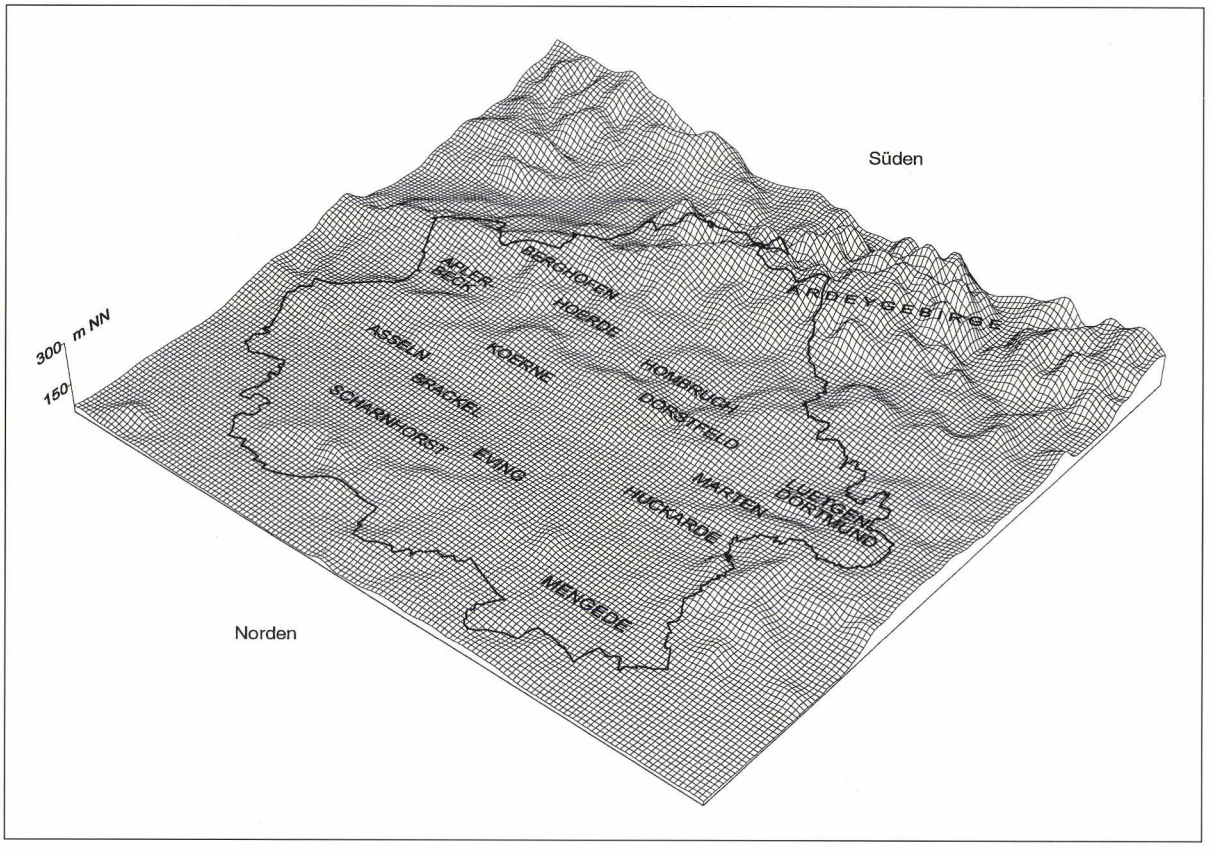


Abb. 8: Die Reliefverhältnisse im Dortmunder Stadtgebiet
(Daten: Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen)

Digitalisierung analoger Flächennutzungsdaten war somit nicht notwendig. Neben Angaben zur Flächengröße und zum Flächenumfang enthalten die Interchangefiles auch die kodierten Nutzungsangaben für die jeweiligen Flächen. Als analoge Zusatzinformationen wurden die Landschaftspläne "Dortmund-Nord" in der rechtskräftigen Fassung sowie "Dortmund-Mitte" in der Entwurfsfassung hinzugezogen. Ergänzend wurden bei der Flächenanalyse Luftbildkarten des Dortmunder Stadtgebiets im Maßstab 1:10.000 eingesetzt. Die Bestimmung der Reliefverhältnisse erfolgte auf der Basis von digitalen Höhendaten des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen im 50m-Raster. Über einen entsprechenden Interpolationsalgorithmus wurden aus den Höhendaten Isolinien generiert und als 3D-Modell dargestellt (vgl. Abbildung 8).

6.1.2 Anwendung und Ergebnisse des Flächenanalyseverfahrens

In den vorliegenden Landschaftsplänen "Dortmund-Nord" und "Dortmund-Mitte" werden für einen Großteil der landwirtschaftlichen Flächen Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen. Aufgrund der häufigen Ausweisung von Landschaftsschutzgebieten bleiben diese im Beispiel der Stadt Dortmund als eventuelle Ausschlußgebiete unberücksichtigt. Von Bedeutung sind Landschaftsschutzgebiete allerdings bei der Einstufung von potentiellen Eignungsflächen in die Kategorie der Primär- bzw. Sekundärgebiete. Nach den Erkenntnissen von ortskundigen Ornithologen ist für den Dortmunder Bereich außerhalb der für den Naturschutz bedeutsamen Flächen nicht von einer Beeinträchtigung der Avifauna auszugehen. Dieser Aspekt wird deshalb bei den Flächenuntersuchungen keiner genaueren Bewertung unterzogen.

Um von vornherein mögliche Nutzungskonflikte zu minimieren, werden im ersten Analyseschritt nur landwirtschaftliche Flächen, Gewerbe- und Industriegebiete sowie Sondergebiete als prinzipiell für

die Windkraftnutzung zur Verfügung stehende Gebiete (Untersuchungsgebiete) über einen Abfragealgorithmus selektiert. Alle weiteren Flächen wie Naturschutzgebiete, Wohngebiete, Grünflächen, gemischte Bauflächen etc. bleiben in dem weiteren Verfahren als mögliche Standorte für Windkraftanlagen unberücksichtigt und werden der Kategorie der Ausschlußflächen zugeordnet. In der weiteren Analyse erfolgt im nächsten Schritt die Untersuchung der prinzipiell für die Windkraftnutzung zur Verfügung stehenden Flächen. Unter Einbeziehung der Reliefverhältnisse sowie der in Tabelle 7 aufgeführten Abstandsvorgaben ergeben sich durch die Analyse mit ArcCAD zunächst 15 potentielle Eignungsflächen.

Im Anschluß daran werden diese Areale mit dem Ziel der Ausweisung von Primär- und Sekundärgebieten einer weiteren Analyse unterzogen. Dabei sind insbesondere die Aspekte Flächengröße sowie das kombinierte Auftreten von Landschaftsschutzgebieten zusammen mit der für einige landwirtschaftliche Flächen im FNP ausgewiesenen Erholungsfunktion für die Bewertung der Untersuchungsareale von Interesse. Die Bedeutung landwirtschaftlich genutzter Flächen für die Erholung wird vor dem Hintergrund einer möglichen Beeinträchtigung durch die Windkraftnutzung jedoch nicht sehr hoch gewichtet, da Naturschutz- und Waldgebiete nach Angaben des Umweltamtes der Stadt Dortmund in den meisten Fällen den Flächen entsprechen, denen eine Bedeutung für die Erholung zukommt. Letztendlich werden Flächen mit entsprechender Größe ohne erkennbare Nutzungskonflikte den Primärgebieten zugeordnet. Flächen mit ausreichender Größe, für die sowohl eine Bedeutung hinsichtlich der Erholungsfunktion als auch die Ausweisung von Landschaftsschutzgebieten vorliegt, werden in die Kategorie der Sekundärgebiete eingestuft. Für die Sekundärflächen bietet sich vor der Realisierung von WKA-Projekten im Rahmen von Einzelfallprüfungen eine tiefergehende Beurteilung der konkurrierenden Nutzungen an.

Insgesamt ergeben sich für den Dortmunder Raum schließlich drei Primärgebiete sowie drei Sekundärgebiete (Karte 2). Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, daß dabei für den südlichen Bereich des Dortmunder Stadtgebiets, für den aufgrund der Reliefverhältnisse relativ günstige windklimatologische Rahmenbedingungen vorliegen dürften, keine Flächenausweisungen erfolgen. Die Gründe dafür liegen in dem hohen Wald- und Biotopanteil sowie in den relativ geringen Flächengrößen.

Für die sechs ausgewiesenen Standorte werden im nächsten Analyseschritt WKA-Konfigurationsvorschläge erarbeitet. Die Schallprognosen erfolgen für Windkraftanlagen der 500 kW-Klasse mit einer Nabenhöhe von 50 m. Der Abstand zwischen den Anlagen beträgt i.d.R. 300 m und ist damit relativ großzügig gewählt. Denkbar sind auch WKA-Konfigurationen mit geringeren Abständen der Anlagen untereinander. Die dargestellten Schallprognosen, vorgeschlagene Zahl der Windkonverter und WKA-Anordnungen stellen somit nur eine von mehreren möglichen Varianten dar. Im Zusammenhang mit den Schallimmissionsprognosen werden die Abstände zu den Siedlungsbereichen überprüft und bei der flächenspezifischen WKA-Konfiguration und Anordnung entsprechend berücksichtigt. Die Grafiken der zu erwartenden Schallimmissionen sind auf der Grundlage der standortspezifischen Topographie in den Karten zu den einzelnen Standortbeschreibungen dargestellt (Karten 3 bis 8).

Die Flächenanalyse führt zur Ausweisung der folgenden drei **Primärgebiete** auf dem Stadtgebiet von Dortmund:

Fläche 1: Haldenstandort im NW des Stadtgebiets (Halde Ellinghausen)
Bei diesem Standort handelt es sich um eine großflächige Haldenschüttung, die sich im Besitz der Hoesch AG befindet. Die Halde ist noch in Betrieb und steht somit noch unter Bergaufsicht. Angaben

über das genaue Höhenniveau der Halde liegen nicht vor. Die umliegenden Flächen außerhalb des Haldengeländes liegen bei Höhen um 70 bis 80 m NN. Östlich der Halde verläuft der Dortmund-Ems-Kanal. Im Nordwesten des Haldengeländes schließt das Naturschutzgebiet "Im Siesack" an. Der im Norden angrenzende Haldenbereich ist laut FNP für die Anlage eines Golfplatzes vorgesehen. Für die mögliche Errichtung von Windkraftanlagen wird zunächst der südliche Teil der Haldenfläche vorgesehen, der im FNP als Standort für einen Industrie- und Gewerbepark ausgewiesen ist.

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen wird eine WKA-Konfiguration mit 5 Anlagen vorgeschlagen. Voraussetzung ist jedoch der Abschluß der Planungen für das Gewerbe- und Industriegebiet. Eine Standortübersicht sowie die zugehörige Schallprognose zeigt Karte 3. Die Gründung von Windkraftanlagen auf Haldenstandorten kann aufwendig sein. Entsprechende gründungstechnische Voraussetzungen müssen deshalb im Rahmen eines Bodengutachtens geprüft werden.

Fläche 2: Landwirtschaftliche Flächen östlich der A 45 und westlich der Universität
Die Flächen dieses Standortes werden landwirtschaftlich genutzt. Durch das Gebiet fließt der Meilenbach. Im Westen begrenzt die A 45 diese Flächen. Im Entwurfsexemplar des Landschaftsplans "Dortmund-Mitte" werden die Flächen dieses Standortes als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Südöstlich des Gebiets liegen Wohnbauflächen sowie das Universitätsgelände, das sich im Nordosten weiter fortsetzt. Ein Teil der im Osten gelegenen Universitätsstraße wird im FNP als Umwidmungsfläche für Grün- und Parkanlagen dargestellt. Die nördliche Grenze bildet eine S-Bahn-Trasse. Westlich und östlich der Flächen verläuft jeweils eine Stromtrasse. Das Relief steigt zum südlichen Bereich der Fläche bis auf über 140 m NN an. Unter dem Gesichtspunkt der örtlichen Reliefverhältnisse sind somit windgünstige Bedingungen zu erwarten. Aufgrund der Flächengröße werden für diesen Standort drei Konverter der 500 kW-Klasse vorgeschlagen (Karte 4). Die 35-dB(A)-Grenzlinie verläuft im Westen durch den Wohnbereich des Stadtteils Oespel. Das im Südosten der Flächen gelegene Wohngebiet nordwestlich des Universitätsgeländes liegt bei der gewählten WKA-Konfiguration im Bereich zwischen der 40-dB(A) und 35-dB(A)-Grenzlinie.

Fläche 3: Standort nördlich der A 44 und südlich der Autobahnanschlußstelle Dortmund-Eichlinghofen
Dieser Standort liegt direkt an der Grenze des Stadtgebiets von Dortmund. Die südliche Grenze bildet die Autobahntrasse der A 44. Die westliche Grenze fällt mit der Grenze des Dortmunder Stadtgebiets zusammen. Im Osten des Standortes verläuft die Trasse der A 45. Im Südosten schließt an die Flächen ein Waldgebiet an, das laut Biotopkataster als schützenswerter Biotop eingeordnet wird. Die Reliefverhältnisse sind besonders im nördlichen Teil der Flächen mit Höhen um 140 m NN recht günstig. Zum Süden fällt das Gebiet auf Höhen um 105 m NN ab. Im nördlichen Bereich der Flächen verlaufen zwei Stromtrassen. Die Schallprognose wird für drei Konverter durchgeführt, wobei in der WKA-Konfiguration zwei Anlagen für den südlichen Teil und eine Anlage für den nördlichen Bereich der Lokalität vorgeschlagen werden (Karte 5).

Unter Einbeziehung der im FNP dargestellten Erholungsfunktion sowie des Landschaftsschutzgebietsstatus werden die Flächen 4, 5 und 6 der Kategorie der **Sekundärgebiete** zugewiesen:

Fläche 4: Standort im Norden des Stadtgebiets nördlich der Autobahnanschlußstelle Dortmund-Nordost
Die Flächen dieses Standortes werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Für den Großteil der Flächen ist im Landschaftsplan "Dortmund-Nord" ein Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Die Flä-

chen des Standortes werden in N-S-Richtung von der Trasse der B 236 geteilt. Durch den südlichen Teil des Standortes fließt der stark ausgebaute Süggelbach. Im Westen des Gebiets liegen verstreut einige landwirtschaftliche Hofstellen sowie ein geschützter Landschaftsbestandteil, der durch Baumbestände, Obstbaumwiesen, Niederhecken und Weiher gekennzeichnet ist. Für den südlichen Teil des Kartenausschnitts ist im Landschaftsplan das Naturschutzgebiet "Auf dem Brink" ausgewiesen. Im mittleren Bereich der Flächen befindet sich die Trasse einer Hochspannungsleitung. Das Gelände fällt von Norden nach Süden von Höhen um 80 m NN auf Höhen von ca. 65 m NN zum Bachbett ab. Unter dem Gesichtspunkt der Reliefverhältnisse sind diese Flächen somit als weniger günstig für die Windkraftnutzung einzuordnen. Die WKA-Konfiguration sieht westlich und östlich der B 236 je zwei Windkraftanlagen vor (Karte 6).

Fläche 5: Flächen südöstlich des alten Teils der Mülldeponie Grevel
Auf den Flächen dieses Standortes überwiegt die landwirtschaftliche Nutzung. Im Landschaftsplan "Dortmund-Nord" werden diese Flächen als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Nordwestlich des Standortes liegen die Flächen des Naturschutzgebiets "Lanstroper See". Im Osten befinden sich drei kleine Waldparzellen. Die Geländehöhen liegen zwischen ca. 70 m NN im Süden und 80-90 m NN im Norden. Im Westen schließt das Gelände der z.T. bereits rekultivierten Mülldeponie Grevel an. Für den Standort werden aufgrund der Flächengröße drei Windkonverter vorgeschlagen (Karte 7).

Fläche 6: Standort zwischen Brackel und Asseln im Osten des Dortmunder Stadtgebiets
Dieser Standort wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Der Großteil der Fläche wird in den Landschaftsplänen "Dortmund-Nord" und "Dortmund-Mitte" als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Nordwestlich des Standortes liegt das Naturschutzgebiet "Alte Körne". Das Höhenniveau der Flächen liegt im Norden bei ca. 65 m NN und steigt zum Süden bis auf 80 m NN an. Im Nordwesten werden die Flächen durch ein Waldgebiet begrenzt, im Nordosten durch Wohnbebauung. Auf den nördlichen Teilflächen dieser Lokalität liegen verstreut einige Gebäude mit verschiedener Nutzung. Auf den Flächen des Standortes verläuft in W-E-Richtung eine Hochspannungsleitung. Im nördlichen und nordöstlichen Bereich des Geländes ist die Errichtung von insgesamt zwei Windkraftanlagen denkbar. Allerdings sind im Hinblick auf die Errichtung eines Konverters und die zu erwartenden Schallimmissionen besonders im nördlichen Bereich vorherige Gespräche mit den Anwohnern notwendig. Für den südlichen Teil der Fläche wird die Errichtung von zwei weiteren Windkraftanlagen vorgeschlagen (Karte 8).

6.2 Beispiel II: Weseke

Weseke ist eine ländlich geprägte Siedlung im Westmünsterland nahe der deutsch-niederländischen Grenze (s. Abb. 9). Im Zuge der Eingemeindung von Weseke zur Stadt Borken im Jahre 1969 erfolgten umfangreiche Flurbereinigungsmaßnahmen. Dabei wurden die landwirtschaftlichen Flächen, die durch eine starke Gemengelage gekennzeichnet waren, neu parzelliert und mit einem entsprechend ausgebauten Straßen- und Wegenetz ausgestattet. Weitere Maßnahmen des Flurbereinigungsverfahrens waren die Ausweisung und Erweiterung der Gemeinbedarfsflächen, der Neu- und Ausbau von Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie die Ausweisung zusätzlicher Gewerbegebietsflächen.

Die Gemarkung Wesekes weist eine Fläche von ca. 2.300 ha und mit Höhen zwischen 50 und 60 m NN nur eine schwache Reliefierung auf. Der überwiegende Teil der Fläche wird landwirtschaftlich genutzt (ca. 81 %). Lediglich im Osten der Gemarkung befinden sich größere zusammenhängende Waldflächen. Der Flächenanteil an gewerblichen Bauflächen liegt mit 27 ha bei rd. einem Prozent.

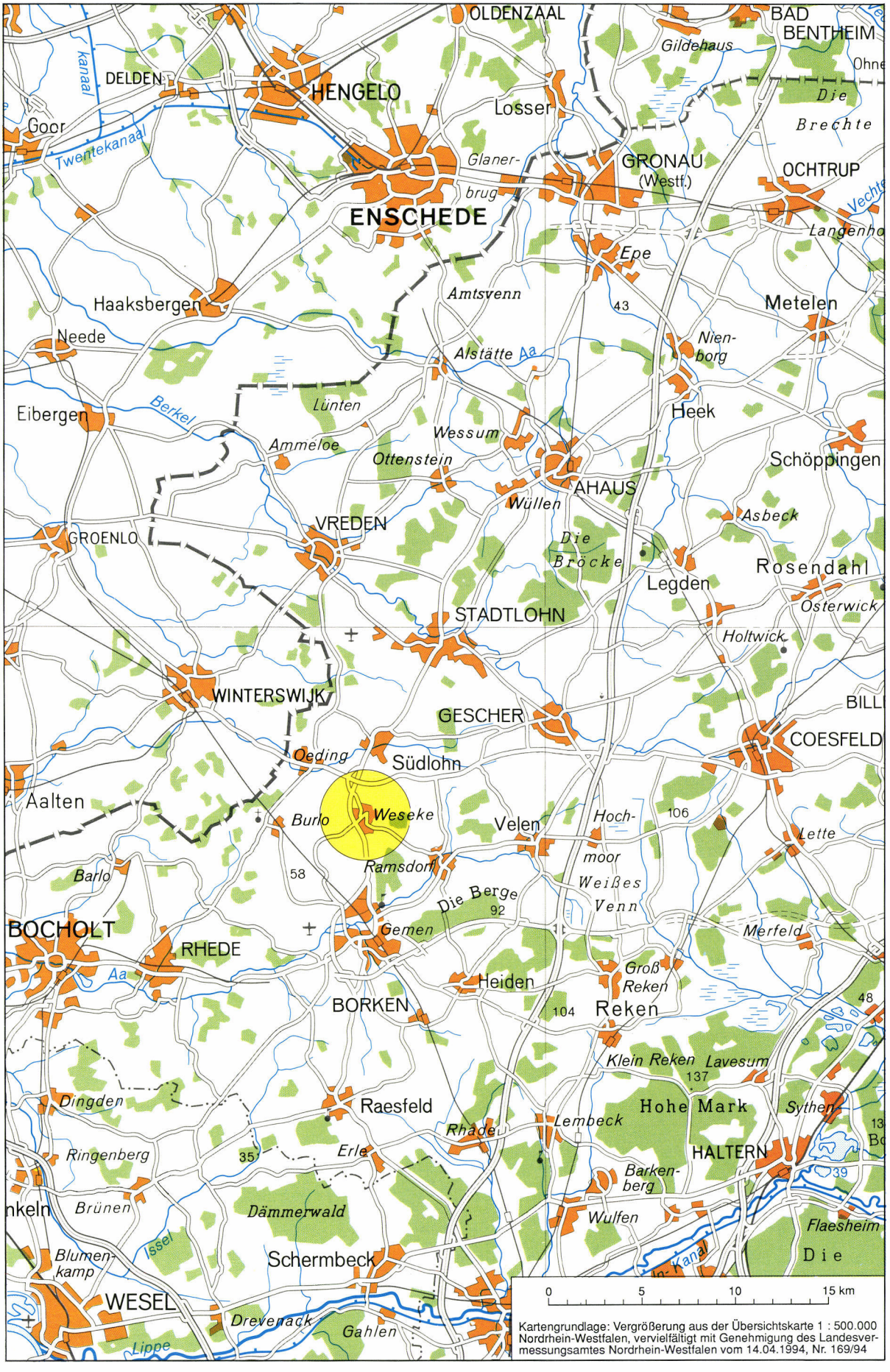


Abb. 9: Weseke im Westmünsterland

Tab. 9: Flächenanteile der verschiedenen Nutzungen innerhalb des Gebiets von Weseke
(Daten: digital aufbereiteter FNP)

Nutzung	Fläche absolut (ha)	Fläche prozentual
Flächen für die Landwirtschaft	1.859	80,83
Fläche für die Forstwirtschaft/Wald	230	10,00
Grünflächen	28	1,22
Gewerbegebiete	27	1,17
Wohnbauflächen	80	3,47
Mischgebiete	11	0,48
Sonstige	65	2,83
Gesamt:	2.300	100,00

Die Anteile verschiedener Nutzungen an der Gesamtfläche sind in Tabelle 9 aufgelistet. Einen Überblick über die Nutzungsstrukturierung von Weseke gibt der Ausschnitt des Flächennutzungsplans der Stadt Borken (Karte 9).

6.2.1 Datengrundlage und Datenaufbereitung

Wie bereits dargelegt, konnte im Beispiel Weseke nicht auf digitale Flächennutzungs- bzw. Biotopdaten zurückgegriffen werden. Neben dem analogen FNP des gesamten Gemeindegebiets der Stadt Borken im Maßstab 1:25.000 lagen zunächst nur analoge Karten schützenswerter Biotope vor, die von der ULB des Kreises Borken zur Verfügung gestellt wurden. Für die Flächenanalyse ist davon der Ausschnitt des Flächennutzungsplans mit der Ortsteilfläche Wesekes relevant. Zur digitalen Aufbereitung der Daten wurde ein Verfahren gewählt, bei dem die analogen Kartengrundlagen zunächst eingescannt werden. Aufgrund einer unzureichenden Darstellungsqualität des Flächennutzungsplans wurde dazu auf entsprechende Kartenblätter der DGK 5 als Scanvorlage zurückgegriffen. Um die Gesamtfläche Wesekes zu erfassen, mußten insgesamt 11 Kartenblätter eingescannt werden. Nach dem Scanvorgang wurden die digitalen Rasterdaten mit Hilfe der Softwareanwendung CAD-DIA-ESP weiterbearbeitet und für die Analyse in ArcCAD aufbereitet.

6.2.1.1 Die Softwareanwendung CAD-DIA-ESP

Ähnlich wie ArcCAD ist auch CAD-DIA-ESP ein Softwarepaket, das als AutoCAD-Applikation nur in Verbindung mit AutoCAD genutzt werden kann. Neben der Möglichkeit zum Hinterlegen eingescannter Daten bietet CAD-DIA-ESP eine Reihe von Funktionen, mit denen die Bearbeitung von Rasterdaten möglich ist. Wichtig bei der Flächenanalyse ist vor allem die Möglichkeit zur On-Screen-Digitalisierung. Dazu wird in CAD-DIA-ESP ein Menüpunkt angeboten, mit dem Linien digitalisiert werden können, die sich an den hinterlegten Rasterdaten orientieren. Um bei der Digitalisierung eine möglichst exakte Orientierung an den Rasterdaten zu gewährleisten, stehen in CAD-DIA-ESP verschiedene Rasterfangoptionen zur Verfügung. Diese steuern das Absetzen eines Vektorlinienpunktes so, daß jeweils Rasterpunkte bzw. Pixel bei der Digitalisierung erfaßt werden. Hilfreich sind auch die Möglichkeiten zur Bearbeitung von Rastergrafiken. In diesem Zusammenhang sind beispielsweise Funktionen zur Korrektur der vertikalen und horizontalen Ausrichtung einzelner Grafiken, die Möglichkeit zum Ausschneiden von Teilbereichen aus Rastergrafiken sowie die Option zum Zusammenfügen von mehreren Rasterdateien in einer Datei zu nennen.

6.2.1.2 Vorgehensweise bei der Datenaufbereitung

Nach dem Einscannen der 11 Kartenblätter der DGK 5 wurden diese in CAD-DIA-ESP eingeladen und soweit aufgearbeitet, daß ein Zusammenfügen der Karten zu einer Gesamtkarte möglich wurde. Um eine möglichst exakte digitale Datengrundlage mit geographischen Koordinaten für die Weiterverarbeitung in ArcCAD aufzubauen, wurde bei den Rasterdaten eine Koordinatentransformation in Gauß-Krüger-Koordinaten vorgenommen. Beim Einscannen der Kartengrundlagen mit dem zur Verfügung stehenden Scanner sind teilweise geringe Verzerrungen an den Blatträndern entstanden. Zur Verringerung dieser Verzerrungen wurden die Kartenblätter vor dem Zusammenfügen mit einer in CAD-DIA-ESP bereitgestellten Option zur Optimierung der vertikalen und horizontalen Ausrichtung bearbeitet.

Im Anschluß an das Zusammenfügen wurde der für die Fläche von Weseke relevante Teil des Flächennutzungsplans per On-Screen-Digitalisierung vektoriell erfaßt. Im nächsten Arbeitsschritt erfolgte dann die weitere Bearbeitung der Flächen mit ArcCAD, wobei zunächst die Topologie der Flächen aufgebaut wurde. Danach wurde den Flächen innerhalb der erzeugten Datenbank über eine entsprechende Variable die jeweilige Nutzungsart zugeordnet. Nach diesem Schritt lag der relevante Teil des Flächennutzungsplans für die eigentliche Flächenanalyse in einer ähnlich strukturierten Datenbasis wie im Fall Dortmund vor (s. auch Abbildung 10).

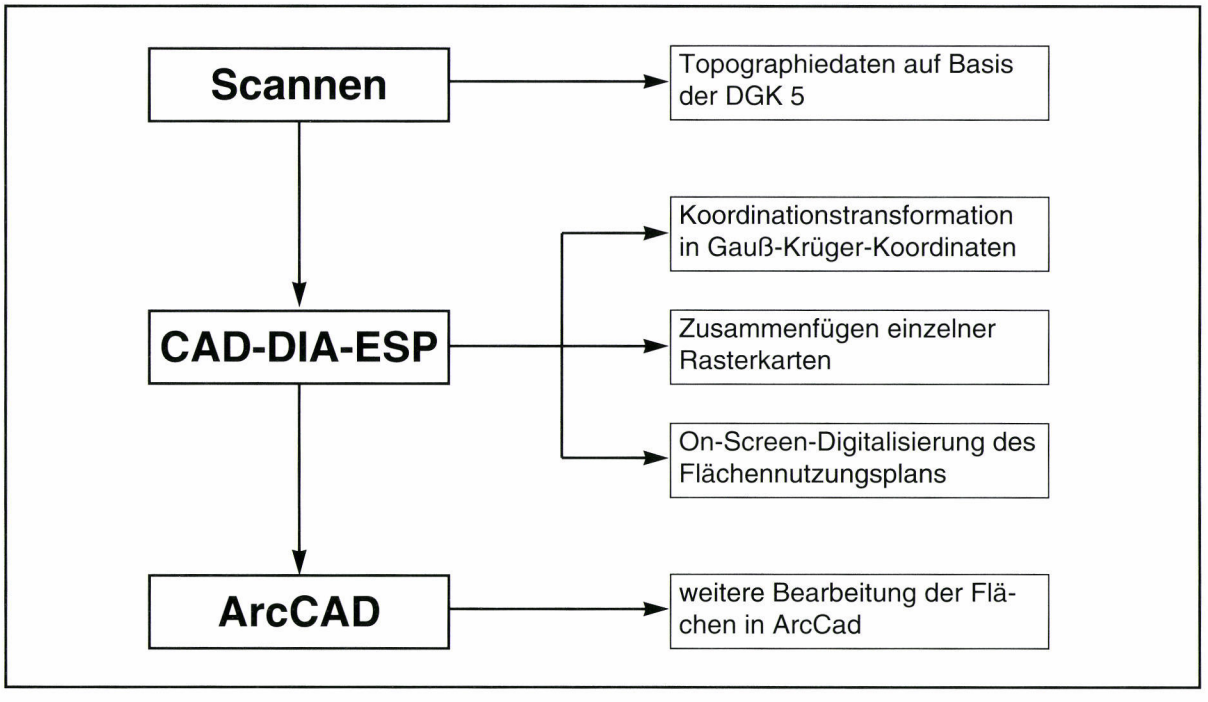


Abb. 10: Digitale Datenaufbereitung im Fall Weseke

6.2.2 Anwendung und Ergebnisse des Flächenanalyseverfahrens

Die Anwendung des Flächenanalyseverfahrens für Weseke erfolgte überwiegend in Analogie zu der im Beispiel Dortmund angewandten Vorgehensweise. Aufgrund der geringen Reliefierung im Bereich Wesekes wurden bei der Flächenausweisung im Unterschied zu Dortmund jedoch keine Angaben zu den Höhenverhältnissen als Analysekriterium berücksichtigt. Weitere Änderungen ergaben sich bei der Einordnung von Flächen in die Kategorie der Sekundärgebiete durch eine andere Gewichtung von Landschaftsschutzgebieten. Die Strukturierung potentieller WKA-Flächen in Weseke ist durch einen hohen Anteil landwirtschaftlich genutzter Gebiete gekennzeichnet, von denen im Unterschied zu

Dortmund nur wenige Flächen Landschaftsschutzgebietscharakter aufweisen. Neben ausgewiesenen Landschaftsschutzgebieten wurde deshalb auch die unmittelbare Nachbarschaftslage von potentiellen Eignungsflächen zu Landschaftsschutzgebieten als Einordnungskriterium in die Kategorie der Sekundärgebiete herangezogen. Da im FNP - anders als im Beispiel Dortmund - keine Angaben zur "Erholungsfunktion in der freien Landschaft" enthalten sind, wurde dieser Aspekt bei der Analyse des Weseker Gebiets nicht berücksichtigt.

Im ersten Analyseschritt wurden vor dem Hintergrund einer weitgehenden Minimierung von möglichen Nutzungskonflikten wiederum zunächst die für die Windkraftnutzung zur Verfügung stehenden Gebiete sowie die Ausschlußflächen ermittelt. Die Analysefläche beschränkte sich dabei auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen und Gewerbegebiete, da im Gegensatz zum Dortmunder Beispiel Flächen wie Sonder- und Industriegebiete für das Gebiet Wesekes im FNP nicht ausgewiesen werden. Weitere Bereiche wie Wohnbauflächen, Grünflächen, gemischte Bauflächen, schützenswerte Biotope etc. wurden wieder der Kategorie der Ausschlußflächen zugeordnet. Die Nachfrage bei ortskundigen Ornithologen ergab auch für den Bereich Weseke, daß bei einer Errichtung von Windkraftanlagen auf den ausgewiesenen Flächen keine Beeinträchtigungen der Avifauna zu erwarten sind.

Unter Verwendung der in Tabelle 7 aufgelisteten Abstandsvorgaben verblieben bei der GIS-gestützten Analyse drei größere Bereiche, für die sich weitere Untersuchungen mit dem Ziel der Ausweisung von Primär- und Sekundärgebieten anschlossen. Dabei ergaben sich unter Berücksichtigung des Landschaftsschutzgebietscharakters schließlich zwei Primärgebiete und ein Sekundärgebiet (Karte 10). Inwieweit die relative Nähe eines Landschaftsschutzgebiets zu der Sekundärfläche für die Errichtung von Windkraftanlagen relevant sein könnte, müßte im Fall der Realisierung im Rahmen einer Einzelfallprüfung geklärt werden. Bei der Ermittlung möglicher WKA-Konfigurationen wird analog zu der im Beispiel Dortmund angewendeten Vorgehensweise die Errichtung von Konvertern der 500 kW-Klasse mit einer Nabenhöhe von 50 m vorgeschlagen. Der Abstand zwischen den einzelnen Anlagen beträgt wiederum 300 m.

Mit dem Einscannen der DGK 5 sind sehr detaillierte Flächeninformationen in die digitale Form überführt worden. Durch die Verwendung von CAD-DIA-ESP war die Möglichkeit zur kombinierten Darstellung von AutoCAD-Vektordaten und eingescannten Rasterdaten als Hintergrundgrafik sowohl auf dem Bildschirm als auch im Ausdruck gegeben. Dadurch konnte die Standortumgebung inklusive der umliegenden Gebäudestrukturen detaillierter als im Dortmunder Beispiel dargestellt werden. Die Ergebnisse der Schallimmissionsprognosen wurden zusammen mit der Standorttopographie in den Karten 11 bis 13 wiedergegeben.

Für Weseke ergeben sich durch die Flächenanalyse folgende **Primärgebiete:**

Fläche 1: Standort im Westen von Weseke nördlich und südlich der Kreisstraße K 8
Die Flächen dieses Standortes werden vollständig landwirtschaftlich genutzt. Die nördliche Grenze des Standortes verläuft entlang eines Wirtschaftsweges. Im Osten grenzt die Trasse der Bundesstraße B 70 an die Flächen. Innerhalb des Gebiets liegen einige landwirtschaftliche Hofstellen. Nordwestlich des Standortes befindet sich eine Teilfläche des Naturschutzgebiets "Bietenschlatt". Östlich davon liegt ein als Grünflächenbereich ausgewiesenes Gelände, das für die Naherholung genutzt wird. Im Westen und Süden befinden sich einige kleine Waldparzellen und Baumgruppen mit Höhen zwischen 20 bis 30 m. Entlang der Wirtschaftswege und Straßen des Standortes verlaufen teilweise lockere Gehölz- und Baumreihen, die Höhen um 10 m aufweisen. Die Flächen dieser Lokalität werden von

2 Stromtrassen der 10 kV-Ebene durchzogen. Im Umfeld des Standortes verlaufen weitere Trassen der 10 kV- und 30 kV-Ebene, so daß von relativ günstigen Netzanschlußbedingungen ausgegangen werden kann. Das Gelände weist im Westen eine Höhe von ca. 50 m NN auf und steigt nach Osten auf ca. 58 m NN an.

Insgesamt werden für die Flächen dieses Standortes sechs Konverter vorgeschlagen, wobei drei Anlagen in N-S-Ausrichtung für den nördlichen Teil der Flächen und drei Anlagen in SW-NE-Ausrichtung für den südlichen Teil des Gebiets vorgesehen werden. Die Schallprognose zeigt, daß die 40-dB(A)-Grenzlinie westlich der B 70 verläuft. Die Wohnbauflächen östlich der B 70 werden von der 35-dB(A)-Linie geschnitten. In dem Bereich zwischen der 45-dB(A)- und der 40-dB(A)-Grenzlinie liegen einige Hofstellen, so daß im Vorfeld eines geplanten WKA-Projektes Gespräche mit den Anwohnern notwendig wären (Karte 11).

Fläche 2: Standort im Norden von Weseke südlich der Bundesstraße B 525
Auch die Flächen dieses Standortes werden landwirtschaftlich genutzt. Im Norden begrenzt die Böschung der B 525 den Standort. Beidseitig der Trasse befinden sich dichte Gehölzanpflanzungen. Die Böschungshöhe beträgt inklusive der Gehölzanpflanzungen ca. 15 m. Im Osten grenzt die Kreisstaße K 6 an den Standort. Entlang der K 6 verläuft auch die Grenze des östlich der Flächen gelegenen Landschaftsschutzgebiets. Die westliche Grenze fällt mit einem Wirtschaftsweg zusammen, der nach Südlohn führt. In den westlichen, östlichen und südlichen Randbereichen der Flächen dieses Standortes liegen einige landwirtschaftliche Hofstellen. Östlich des Standortes befindet sich ein Waldgebiet. Nördlich, nordöstlich und östlich dieser Lokalität befinden sich weitere Waldparzellen. Zum Teil werden die Wirtschaftswege und Straßen von Gehölzanpflanzungen gesäumt. Inmitten des Standortes stehen zwei ca. 20 m hohe Linden, von denen eine gewisse Beeinträchtigung der örtlichen Windverhältnisse ausgehen dürfte. Das Höhenniveau der Flächen liegt bei rd. 60 m NN, wobei die Flächen im südlichen Bereich des Standortes etwas niedriger sind, da das Gelände hier zu einem Bach hin leicht abfällt. Auf den Flächen des Standortes verlaufen Stromtrassen der 10 kV- und 30 kV-Ebene, die in einem Umspannwerk im Südwesten des Kartenausschnitts zusammenlaufen. Die Schallprognose wurde für eine Konfiguration von 4 vorgeschlagenen Windkraftanlagen durchgeführt (Karte 12).

Unter Berücksichtigung des benachbarten Landschaftsschutzgebiets im Osten von Weseke wird die Fläche 3 der Kategorie der **Sekundärgebiete** zugeordnet.

Fläche 3: Standort im Osten Wesekes an der Kreisstraße K 6
Die Flächen des Standortes werden wiederum landwirtschaftlich genutzt. Ein Großteil der im Kartenausschnitt dargestellten Flächen befindet sich innerhalb des im FNP ausgewiesenen Landschaftsschutzgebiets, in dem einige größere Waldparzellen liegen. Die westliche Grenze des Standortes verläuft entlang der Trasse der K 6. Westlich an die K 6 grenzt das Hauptgewerbegebiet Wesekes. Auf den Flächen des Standortes verlaufen zwei Gasleitungen, zu denen laut Flächennutzungsplan ein beidseitiger Schutzstreifen von 5 m einzuhalten ist. Im Süden sowie nördlich des Standortes befinden sich Hochspannungsleitungen der 10 kV-Ebene. Das Höhenniveau dieser Lokalität liegt bei ca. 55 m NN. Für die Flächen dieses Standortes wird die Errichtung von drei in N-S-Richtung angeordneten Konvertern vorgeschlagen (Karte 13). Die Schallprognose zeigt, daß einige der umliegenden Hofstellen in der Zone zwischen der 45-dB(A)-Linie und der 40-dB(A)-Linie liegen. Im Hinblick auf die zu erwartenden Schallimmissionen sind deshalb insbesondere für diesen Bereich vorherige Gespräche mit den Anwohnern notwendig.

6.2.3 Visualisierungsbeispiel

Abschließend wurde für einen Teil der Fläche 1 exemplarisch eine Visualisierung durchgeführt. Das Ergebnis der Visualisierung zeigt Abbildung 11. Bei den dargestellten Anlagen handelt es sich um die Konverter 4-6 (vgl. Karte 11). Die Erfassung des gesamten Standortes mit insgesamt sechs Windkraftanlagen in einer Abbildung konnte aufgrund der weiträumigen Erstreckung der Flächen nicht realisiert werden. Der Betrachtungspunkt liegt südwestlich von Anlage 6 an der Kreuzung von zwei Wirtschaftswegen. Bei den simulierten Anlagen handelt es sich - wie auch in den Schallimmissionsprognosen jeweils angenommen - um Konverter der 500 kW-Klasse mit Nabenhöhen von 50 m.

Für die Durchführung einer Visualisierung muß der betrachtete Standort zunächst photographiert werden, wobei es für die Einpassung des Bildes auf dem PC und die Darstellung der Lichtverhältnisse wichtig ist, Angaben zur eingestellten Brennweite, den ungefähren Zeitpunkt und das Datum der Aufnahme festzuhalten. Um die Aufnahme mit einer entsprechenden Visualisierungssoftware bearbeiten zu können, ist es erforderlich, das Photo zunächst in ein digitales Bildformat zu transformieren. In diesem Fall erfolgte die Übertragung der Aufnahme auf eine Photo-CD. Falls ein hochauflösender Farbscanner zur Verfügung steht, können Standortphotos damit auch direkt auf den PC übertragen werden. Bei diesem Transformationsweg entfallen auch die für die Herstellung einer Photo-CD recht langen Bearbeitungszeiten durch ein Photolabor.

Um eine maßstabsgetreue Simulation der vorgesehenen Windkraftanlagen zu gewährleisten, müssen die räumlichen Verhältnisse innerhalb des darzustellenden Landschaftsausschnitts bekannt sein. Zur Erfassung der räumlichen Dimensionen werden deshalb auf einer geeigneten Topographischen Karte (z.B. DGK 5) Kontrollpunkte vermerkt, die koordinatenmäßig (Abstände in x- und y-Richtung zu einem durch den Bearbeiter definierten Nullpunkt in der Karte) genau zu bestimmen sind. Zur Einpassung des Bildes ist die Eingabe dieser Koordinaten bei der Bildbearbeitung erforderlich. Nur wenn diese Paßpunkte hinreichend genau bestimmt werden, ist gewährleistet, daß die Größenverhältnisse der simulierten Windkraftanlagen auch der Realität entsprechen. Eine realistische Darstellung der Windkraftanlagen ist jedoch Grundvoraussetzung, um die Simulationsergebnisse für die Erörterung der mit der WKA-Errichtung verbundenen Auswirkungen auf das Landschaftsbild heranziehen zu können.

7. Schlußbemerkung und Ausblick

Der bislang schnelle Ausbau der Windkraftnutzung hat zu einem verstärkten Bedarf nach räumlichen Zonierungskonzepten mit dem Ziel der Bündelung von WKA-Standorten geführt. Aufgrund der Anfang 1997 in Kraft getretenen Baurechtsänderung des § 35 BauGB und der damit verbundenen Option zur Ausweisung von WKA-Konzentrationszonen (vgl. Kap. 4.1.3) kann man davon ausgehen, daß die Bedeutung von Flächenanalyseverfahren für die zukünftige Entwicklung der Windkraftnutzung weiter zunimmt.

Mit den bislang entwickelten und angewendeten Flächenanalyseverfahren stehen Konzepte zur Verfügung, die überwiegend auf der regionalen bzw. überregionalen Planungsebene anzuordnen sind. Im Unterschied dazu wird mit dem in dieser Arbeit gezeigten und erprobten Verfahren ein Modell vorgestellt, das für die kommunale Ebene konzipiert ist und als Planungsgrundlage herangezogen werden

Abb. 11: Visualisierung der Konverter 4-6 am Standort 1 in Weseke (Simulation)

kann. Durch die Verwendung des jeweiligen Flächennutzungsplans als Datengrundlage ist bereits eine Vorstrukturierung des Untersuchungsgebiets gegeben. Darin ist ein entscheidender verfahrenstechnischer Vorteil zu sehen, da somit im Vergleich zu den regionalen und überregionalen Verfahren eine detailliertere Berücksichtigung der verschiedenen Nutzungsformen möglich ist. Auf kommunaler Ebene sind damit insbesondere bei der Betrachtung der in den verschiedenen Siedlungsbereichen zulässigen Grenzwerte der Schallimmissionen differenziertere Analysen sowie die Erarbeitung standortspezifischer WKA-Konfigurationsvorschläge möglich. Des weiteren ergibt sich bei der einzelstandörtlichen Planung auch die Möglichkeit zur EDV-gestützten Simulation der vorgeschlagenen Konfiguration.

Aufgrund der für die Durchführung der Flächenanalysen notwendigen Datenmengen und erforderlichen Analyseschritte erschien eine GIS-gestützte Bearbeitung der Flächen sinnvoll. Dabei waren die zur Verfügung stehenden Datengrundlagen der in Kapitel 6 vorgestellten Beispiele sehr unterschiedlich. Im Fall Dortmund konnte überwiegend auf digitale Ausgangsdaten zurückgegriffen werden. Für Weseke lagen hingegen keine digitalen Datengrundlagen vor, so daß vor der eigentlichen Flächenanalyse zunächst eine relativ zeitaufwendige digitale Aufbereitung der analogen Ausgangsdaten notwendig war. Der um ein Mehrfaches höhere Zeitaufwand, der anteilsmäßig für die Bearbeitung der Fläche Wesekes erforderlich war, ist eindeutig als verfahrenstechnischer Nachteil zu beurteilen. Als Vorteil hat sich im Fall Weseke allerdings die aus dem Einscannen der Kartengrundlagen resultierende Möglichkeit zur einzelstandörtlichen Darstellungsweise der Analyseergebnisse erwiesen. Durch die Einbindung der Rasterdaten als Hintergrundgrafik konnten beispielsweise die im näheren Umfeld der Windkraftanlagen gelegenen Häuser- und Hofstellen übersichtlicher dargestellt und hinsichtlich der Schallprognosen differenzierter beurteilt werden als im Beispiel Dortmund.

Die Anwendung des entwickelten Flächenanalyseverfahrens mit Unterstützung des GIS hat ergeben, daß - nachdem die Daten in digital ideal aufbereiteter Form vorlagen - Analysen wie Selektionen, Verschneidungen, Pufferungen etc. zur Erarbeitung verschiedener Ergebnisvarianten relativ schnell durchgeführt und miteinander verglichen werden können. Hilfreich war im Fall Dortmund allerdings auch der unterstützende Einsatz analoger Luftbilder, da damit Informationen über die Flächen wie z.B. Vegetationsart und Bebauungsdichte gegeben waren, die bei einer reinen GIS-Analyse nur bedingt zur Verfügung stehen.

Bei der exemplarischen Visualisierung eines Standortes auf dem Gebiet von Weseke (vgl. Kap. 6.2.3) hat sich gezeigt, daß derartige Ergebnisse durchaus als geeignete Diskussionsgrundlage für die potentiellen Auswirkungen von Windkraftanlagen auf das Landschaftsbild herangezogen werden können. Die Verwertbarkeit solcher Simulationen hängt allerdings auch entscheidend von der Qualität der verwendeten Ausgabegeräte ab.

Für zukünftige Flächenausweisungen erscheint eine Kombination der in den Beispielen angewandten Vorgehensweisen eine ideale Variante zu sein. Die Durchführung der GIS-gestützten Analysen auf der Basis von bereits vorliegenden digitalen Flächennutzungs- und Biotopdaten hätte den Vorteil, daß der zeitaufwendige Schritt der digitalen Datenaufbereitung nicht erfolgen müßte. Andererseits könnte vor dem Hintergrund der einzelstandörtlichen Präsentation durch das Einscannen von topographischen Karten und der Einbindung als Hintergrundgrafik eine differenziertere Standortbetrachtung erfolgen. Aus Gründen der Zeitersparnis sollte der Maßstab des einzuscannenden Kartenmaterials dabei jedoch nicht wie im Beispiel Weseke bei 1:5.000 liegen. Sinnvoller erscheinen hier Maßstäbe im Bereich zwischen 1:10.000 bis 1:20.000.

Die standortspezifische Planung der jeweiligen WKA-Konfigurationen erfolgte in beiden Beispielen für Windkraftanlagen der 500 kW-Klasse. Aufgrund der anhaltenden technischen Weiterentwicklung zu leistungsfähigeren und kostengünstigeren Windkraftanlagen spiegeln die Konfigurationsvorschläge nur den technischen Stand zum Zeitpunkt der Flächenanalyse (1995) wider. Aufgrund des technischen Entwicklungsstandes der 1 MW- bzw. 1,5 MW-Leistungsklasse werden von den WKA-Investoren mehr und mehr auch Anlagen dieser Kategorie in die Planungsüberlegungen einbezogen. Falls die Errichtung von Anlagen dieser Leistungsklasse geplant wird, könnte die Konverterzahl auf den ausgewiesenen Flächen im Einzelfall reduziert und die installierte Gesamtleistung bei gleichzeitiger Senkung der Kosten dennoch erhöht werden.

Durch die BauGB-Änderung hat sich die Ausgangslage für zukünftige Windenergieprojekte verbessert. Für die derzeitigen Planungen auf kommunaler Ebene erscheint es nunmehr notwendig, planerische Konzepte zu entwickeln bzw. anzuwenden, die einen zügigen Ausbau der Windenergienutzung auf der Basis einer möglichst breiten gesellschaftlichen Akzeptanz gewährleistet. Dabei gilt es, die Meinungen der unterschiedlichen Interessensgruppen anzuhören und bei der Planung von WKA-Standorten weitestgehend zu berücksichtigen. Der Verfasser hofft, daß mit der vorgelegten Arbeit Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt werden konnten, wie auf kommunaler Ebene eine auf die gemeindespezifischen Belange und Interessen abgestimmte und konsensfähige Steuerung des Ausbaus der Windkraftnutzung erfolgen könnte.

Literaturverzeichnis

Adam, K., W. Nohl u. **W. Valentin** (1986): Bewertungsgrundlagen für Kompensationsmaßnahmen bei Eingriffen in die Landschaft. - Erstellt im Auftrag des MURL NW (Hg.), 3. Auflage 1992, Düsseldorf

Allnoch, N. (1992): Windstrompotentiale und mögliche Standorte für Windkraftanlagen im Dortmunder Raum. - In: Stadt Dortmund (Hg.): Erneuerbare Energien und Stadtenwicklung. Einsatzmöglichkeiten für erneuerbare Energien auf kommunaler Ebene, dargestellt am Beispiel Dortmund. Vorträge des Kolloquiums am 09.-11.09.1992 in Dortmund. Dokumentation Teil II, S. 27-33

Allnoch, N. (1995a): Windkraftwerke - In Deutschland schon 630 MW installiert. Weltmarkt als Windsichter. - In: Handelsblatt Nr. 28, S. 26

Allnoch, N. (1995b): Entwicklung des Windkraftanlagenmarktes in Deutschland. - In: Tagungsband "Deutscher Kongreß Erneuerbare Energie 95", S. 71-78

Allnoch, N. (1995c): Zur Lage der Windkraftnutzung in Deutschland. Herbstgutachten 1995/96. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 45 Jg., H.10, S.665-668

Allnoch, N. (1995d): Windkraftnutzung auf NRW-Bergehalden. Unveröffentlichte Studie. - Erstellt im Auftrag des MWMTV NW

Bill, R. u. **D. Fritsch** (1994): Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 1. Hardware, Software und Daten. Heidelberg

Bunzel-Drüke, M. u. **K.-H. Schulze-Schwefe** (1994): Windkraftanlagen und Vogelschutz im Binnenland. - In: Natur und Landschaft, 69. Jg., H. 3, S. 100-103

Der Minister für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen (1993): Baurechtliche Beurteilung von Windkraftanlagen. Erlaßänderung vom 08.06.1993, Az. II A 5-202

Der Minister für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen (1994): Bauplanungsrechtliche Beurteilung von Windkraftanlagen. Erlaßänderung vom 14.11.1994, Az. II A 1- 901.3

Der Minister für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen et al. (1996): Grundsätze für Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen. Runderlaß vom 29.11.1996, Az. II A 1-901.3/202

Der Minister für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein (1995): Grundsätze zur Planung von Windenergieanlagen. Runderlaß vom 04.07.1995. - In: Die neue Energiepolitik - Windkraft. Informationsbroschüre. Kiel

Der Minister für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (1989): Baurechtliche Behandlung von Windkraftanlagen. - Runderlaß vom 13.03.1989, Az. VB 3/VA-202

Deutsches Windenergie-Institut (DEWI) (1993): Feststellung geeigneter Flächen als Grundlage für die Standortsicherung von Windparks im nördlichen Niedersachsen. - Gutachten im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums. Wilhelmshaven

Deutsches Windenergie-Institut (DEWI) (1995): Feststellung geeigneter Flächen als Grundlage für die Standortsicherung von Windparks im nördlichen Niedersachsen und Harz. - Gutachten im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums. Wilhelmshaven

Grauthoff, M. (1991): Windenergie in Nordwestdeutschland: Nutzungsmöglichkeiten und landschaftsökologische Einpassung von Windkraftanlagen. Frankfurt, Bern, New York, Paris

Grohmann, H.-J. (Hg.) (1994): Marktübersicht GIS-Software. - In: AUTOCAD-Magazin 2/94, S. 96-99

Innenministerium des Landes Niedersachsen (1991): Empfehlungen zur Standortsicherung und raumordnerischen Beurteilung von Windenergieanlagen vom 03.07.1991, Nds. MBl. Nr. 26/1991, S. 924

IZE (Hg.) (1994): Energiewirtschaft - Kurz und Bündig. Informationsbroschüre

Kleinschmidt, V., N. Schauerte-Lüke u. **R. Bergmann** (1992): Rahmenkonzept für Windkraftanlagen im Kreis Soest: Tabu-, Restriktions- und Suchbereiche. - Gutachten im Auftrag des Kreises Soest. Dortmund

KVR (Hg.) (1995): Städte- und Kreisstatistik Ruhrgebiet 1994

Michalk, J. (1995): Schattenwurf des Rotors einer Windkraftanlage. - In: Wind Energie Aktuell, 5. Jg., H. 2, S. 30-32

Nohl, W. (1993): Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe. - Erstellt im Auftrag des MURL NW. Düsseldorf

Ogiermann, E. M. (1992): Rechtsfragen der Errichtung von Windkraftanlagen. (= Studien zum öffentlichen Wirtschaftsrecht, Bd. 2, Hg.: R. Stober) Köln, Berlin, Bonn, München

Rössler, H.-G. (1985): Kommentar zur Landesbauordnung von Nordrhein-Westfalen. 3. Auflage, Köln, Berlin, Bonn, München

Schreiber, M. (1993): Windkraftanlagen und Watvögel-Rastplätze. - In: Naturschutz und Landschaftsplanung, 25. Jg., H. 4, S. 133-139

Stadt Nürnberg - Amt für Stadtforschung und Statistik (Hg.) (1993): Kartier- und GIS-Software. Eine Herstellerbefragung. - In: Statistische Nachrichten der Stadt Nürnberg, Heft 1

Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) vom 16.07.1968. - In: Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 137 vom 26.07.1968

Vauk, G. (1990): Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen. (= NNA Berichte, 3. Jg., Sonderheft, Hg.: Norddeutsche Naturschutzakademie)

VEW (Hg.) (1995): Erneuerbare Energien: Anteil bleibt bescheiden. - In: VEW-Welle. Informationen und Nachrichten aus der Energiewirtschaft. Nr. 6, S. 2

Werner, J. (1993): Ein Verfahren zur überschlägigen Höhenextrapolation von Windgeschwindigkeiten und WKA-Stromerträgen. - In: Windenergie Aktuell, 3. Jg., H. 8, S. 8-11

Werner, J. u. **N. Allnoch** (1993): Möglichkeiten und Grenzen der Windkraftnutzung in der Westfälischen Bucht (mit 2 Beilagen). - In: **Mayr, A.** u. **K. Temlitz** (Hg.): Spieker, Landeskundliche Beiträge und Berichte, Bd. 36, Jahrestagung der Geographischen Kommission in Münster 1993, S. 11-19, Selbstverlag der Geographischen Kommission für Westfalen, Münster

Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH (1991): Gutachten zur Standortausweisung für Windparks im Kreis Dithmarschen im Auftrag der SCHLESWAG AG. Kaiser-Wilhelm-Koog

Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH (1992): Untersuchung des Windpotentials und Flächenfindung für Windparks in der Freien und Hansestadt Hamburg. - Gutachten im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg. Umweltbehörde - Abteilung Energiepolitik und Wasserversorgung. Kaiser- Wilhelm-Koog

Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH (1994): Untersuchung des Windpotentials und Flächenfindung für Windparks im Kreis Nordfriesland. - Gutachten im Auftrag des Kreises Nordfriesland - Umweltamt. Kaiser-Wilhelm-Koog

Verzeichnis der Gerichtsentscheidungen und Gesetzestexte

Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) (1976): Urteil vom 17.12.1976. - In: Baurechtssammlung, Bd. 30, S. 230-234, Az. IV C 6.75

Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) (1977): Urteil vom 21.01.1977. - In: Deutsches Verwaltungsblatt, 92. Jg., H. 12, S. 526-529, Az. 4 C 28.75

Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) (1978): Urteil vom 26.05.1978. - In: Entscheidungen des Bundesverwaltungsgerichts, Bd. 55, S. 369-388, Az. 4 C 9.77

Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) (1983): Urteil vom 18.02.1983. - In: Entscheidungen des Bundesverwaltungsgerichts, Bd. 67, S. 23-33, Az. 4 C 18.81

Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) (1987): Urteil vom 22.05.1987. - In: Baurechtssammlung, Bd. 47, S. 15-22, Az. 4 C 57.84

Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) (1994): Urteil vom 16.06.1994. - In: Umwelt und Planungsrecht, 14 Jg., H. 11-12, S. 439-444, Az. 4 C 20.93

Oberverwaltungsgericht für das Land Nordrhein-Westfalen (OVG NW) (1992): Beschluß vom 06.07.1992. - In: Umwelt und Planungsrecht, 13. Jg., H. 3, S. 108-109, Az. 7 B 2904/91

Baugesetzbuch (BauGB) vom 08.12.1986, BGBl S. 2253, zuletzt geändert am 20.12.1996, BGBl S. 2049

Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 14.05.1990, BGBl S. 880, zuletzt geändert am 09.10.1996, BGBl S. 1498

Bundesfernstraßengesetz (FStrG) vom 19.04.1994, BGBl S. 854

Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) vom 12.03.1987, BGBl S. 889, zuletzt geändert am 06.08.1993, BGBl S. 1458

Bundestages-Drucksache 13/1733 vom 21.06.1995: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Baugesetzbuches

Bundesrats-Drucksache 153/95 vom 14.07.1995: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Baugesetzbuches. Gesetzentwurf des Bundesrates

Bundestages-Drucksache 13/3936 vom 01.03.1996: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Baugesetzbuches

Luftverkehrsgesetz (Luft VG) vom 14.01.1981, BGBl S. 61, zuletzt geändert am 19.10.1994, BGBl S. 2978

Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (BauO NW) vom 07.03.1995, GV NW S. 218

Denkmalschutzgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen (DSchG NW) vom 11.03.1980, GV NW S. 226, zuletzt geändert am 18.05.1992, GV NW S. 248

Landschaftsgesetz Nordrhein-Westfalen (LG NW) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15.08.1994, GV NW S. 710

Straßen- und Wegegesetz des Landes Nordrhein-Westfalen (StrWG NW) vom 23.09.1995, GV NW S. 1028

Verzeichnis der verwendeten Datengrundlagen

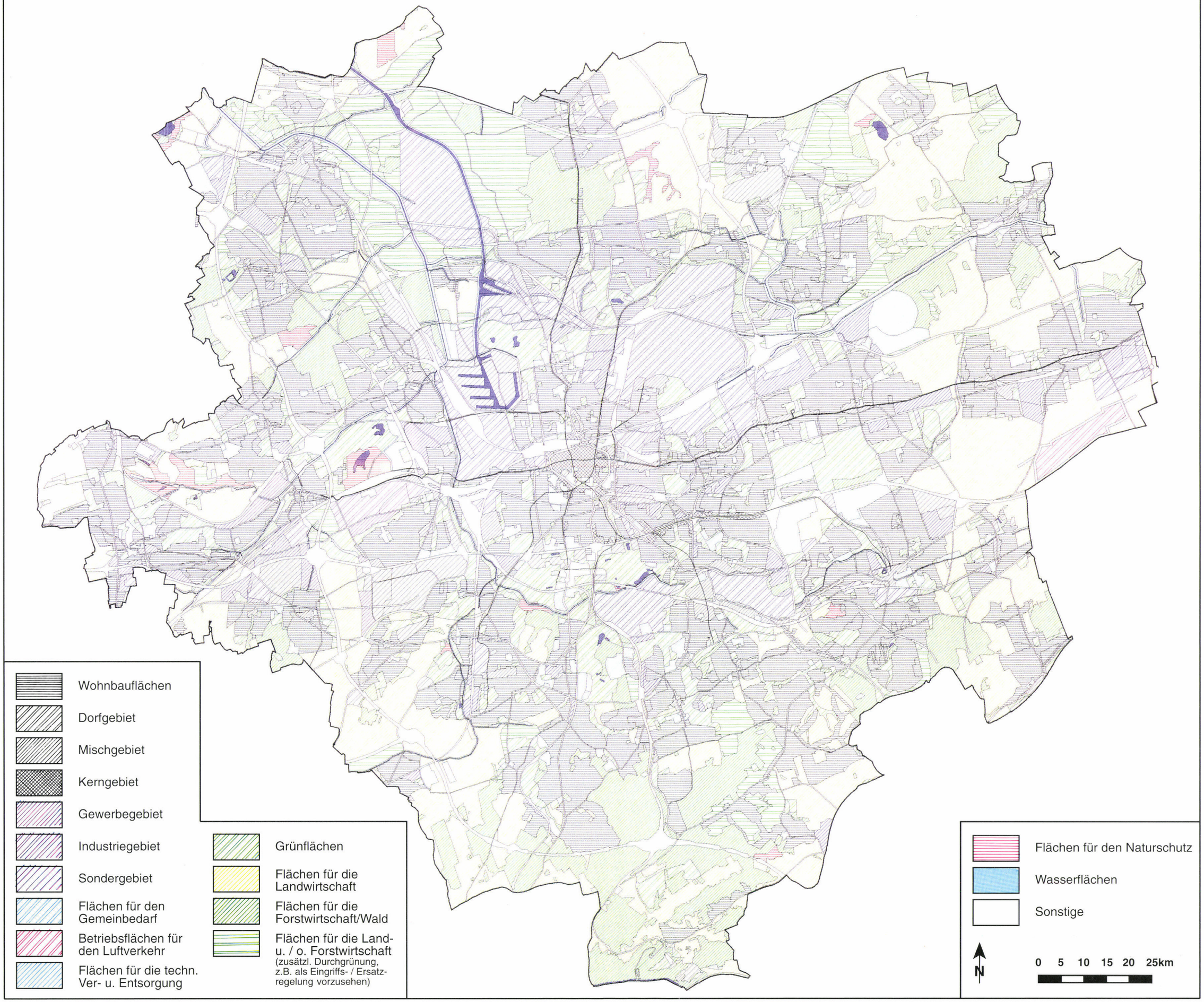
Beispiel Dortmund:

* digitaler FNP der Stadt Dortmund (Stand 1985)
* analoger FNP mit Aktualisierungen im Maßstab 1:20.000 (Stand 09/94)
* Auszug aus dem LÖBF-Biotopkataster (digital) mit dem Gebiet der Stadt Dortmund
* Landschaftsplan Dortmund-Nord in der rechtskräftigen Fassung vom 07.06.1990, Erläuterungs- und Kartenteil (Maßstab 1:20.000)
* Landschaftsplan Dortmund-Mitte in der Entwurfsfassung (Stand 07/1992), Erläuterungs- und Kartenteil (Maßstab 1:10.000)
* folgende Blätter der Luftbildkarte Ruhrgebiet im Maßstab 1:10.000 (Befliegung: 28.07.1991): 8602 Bochum Ost, 8608 Castrop-Rauxel, 8614 Castrop-Rauxel Nord, 9696 Herdecke, 9602 Dortmund Süd, 9608 Dortmund Mitte, 9614 Dortmund Nord, 9896 Schwerte Süd, 9802 Schwerte Nord, 9808 Dortmund Ost, 9814 Kamen
* DGM 25-Daten des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen im 50m-Raster für das Gebiet der Stadt Dortmund

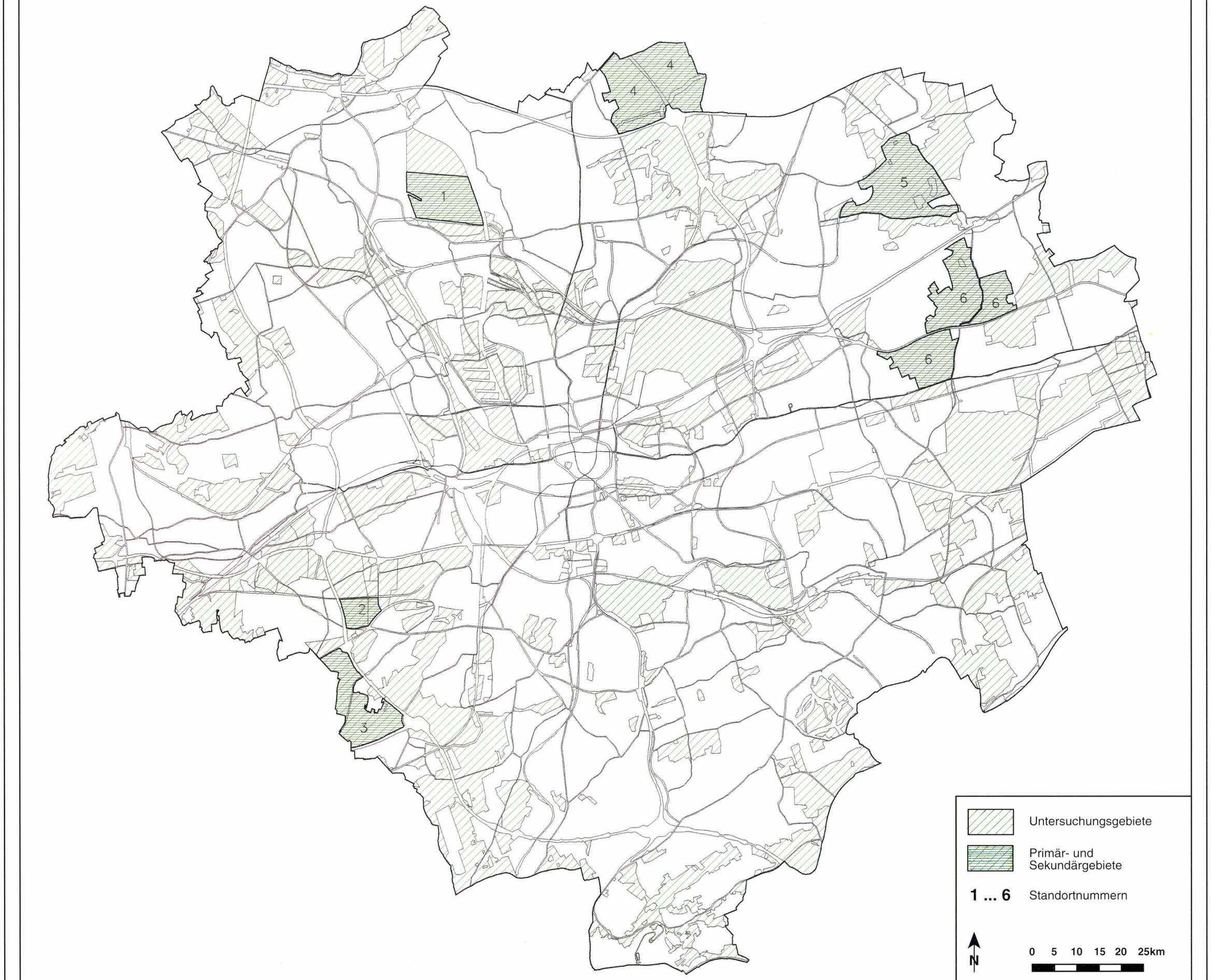
Datengrundlagen Beispiel Weseke:

* analoger FNP der Stadt Borken im Maßstab 1:25.000 (Stand 06/1993)
* analoger FNP der Stadt Borken. Änderungsplan - Siedlungsbereich Weseke im Maßstab 1:5.000 (Stand 08/1994)
* Auszug aus dem LÖBF-Biotopkataster (analog) im Maßstab 1:25.000 für den Bereich Weseke
* folgende Kartenblätter der DGK 5: 5452 Bahnhof Burlo, 5650 Borkenwirthe-Ost, 5652 Weseke West, 5654 Oeding Ost, 5850 Weseke Süd, 5852 Weseke, 5854 Weseke Nord, 6050 Weseker Mark, 6052 Weseke Ost, 6054 Ramsdorf, Holthausen West, 6252 Bleking

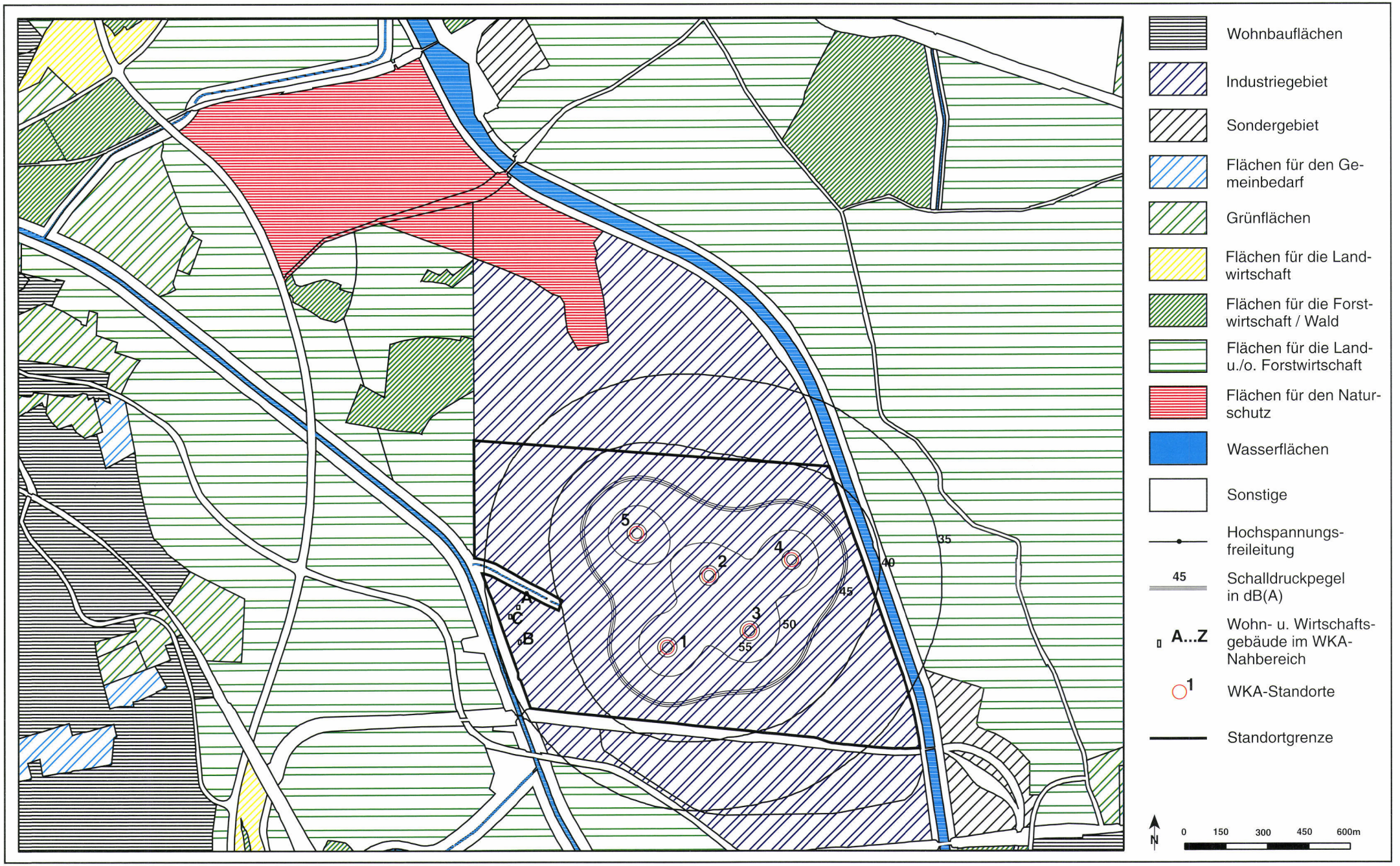
ANHANG



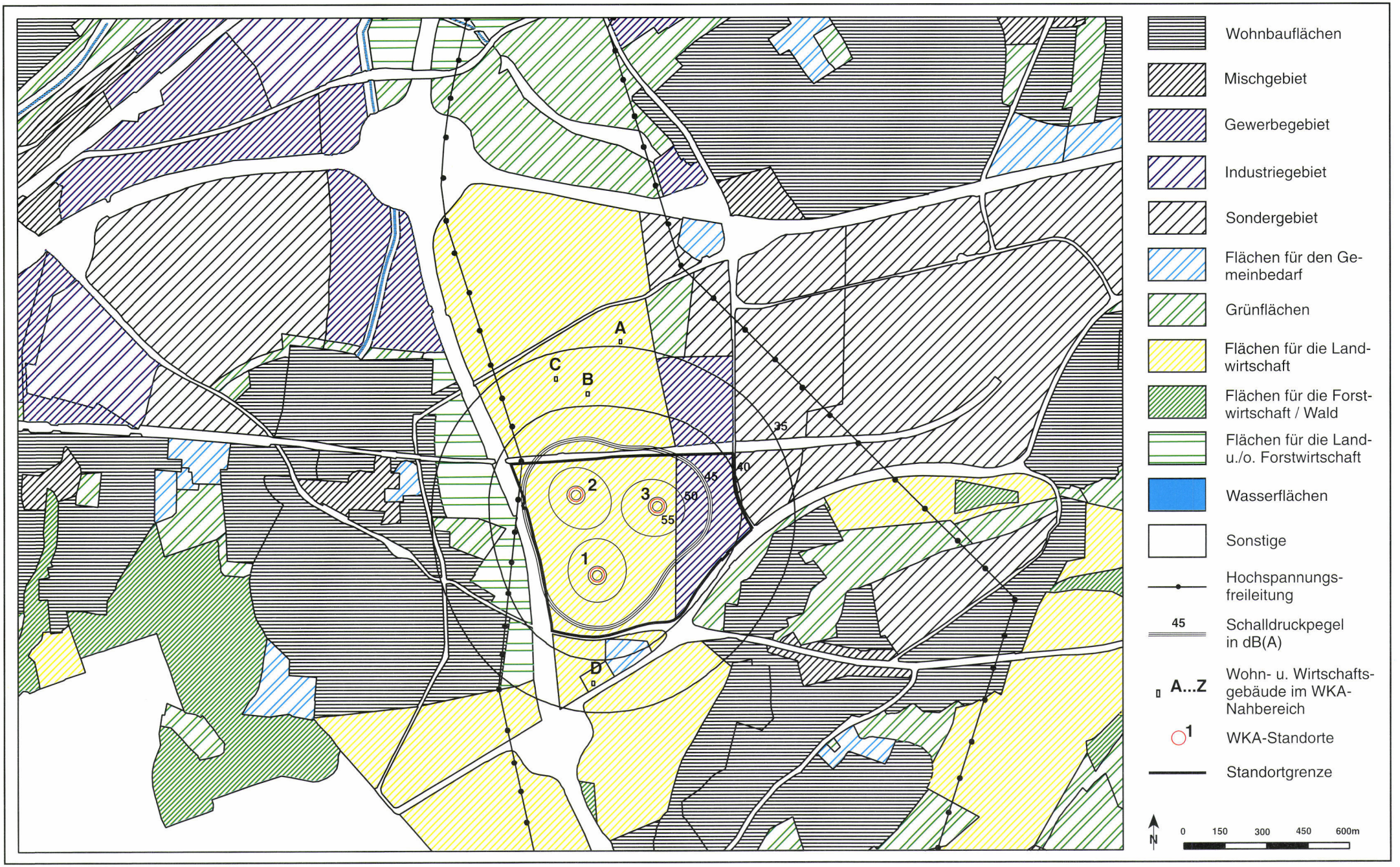
Karte 1: Flächennutzungen in Dortmund
(Quelle: Flächennutzungsplan der Stadt Dortmund 1985, Aktualisierung 09/94)



Karte 2: Prinzipiell zur Verfügung stehende Flächen (Untersuchungsgebiete) sowie die ausgewählten Primär- und Sekundärgebiete in Dortmund
(Quelle: FNP der Stadt Dortmund)



Karte 3: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 1 in Dortmund
(Quelle: FNP der Stadt Dortmund / LÖBF-Biotopkataster)

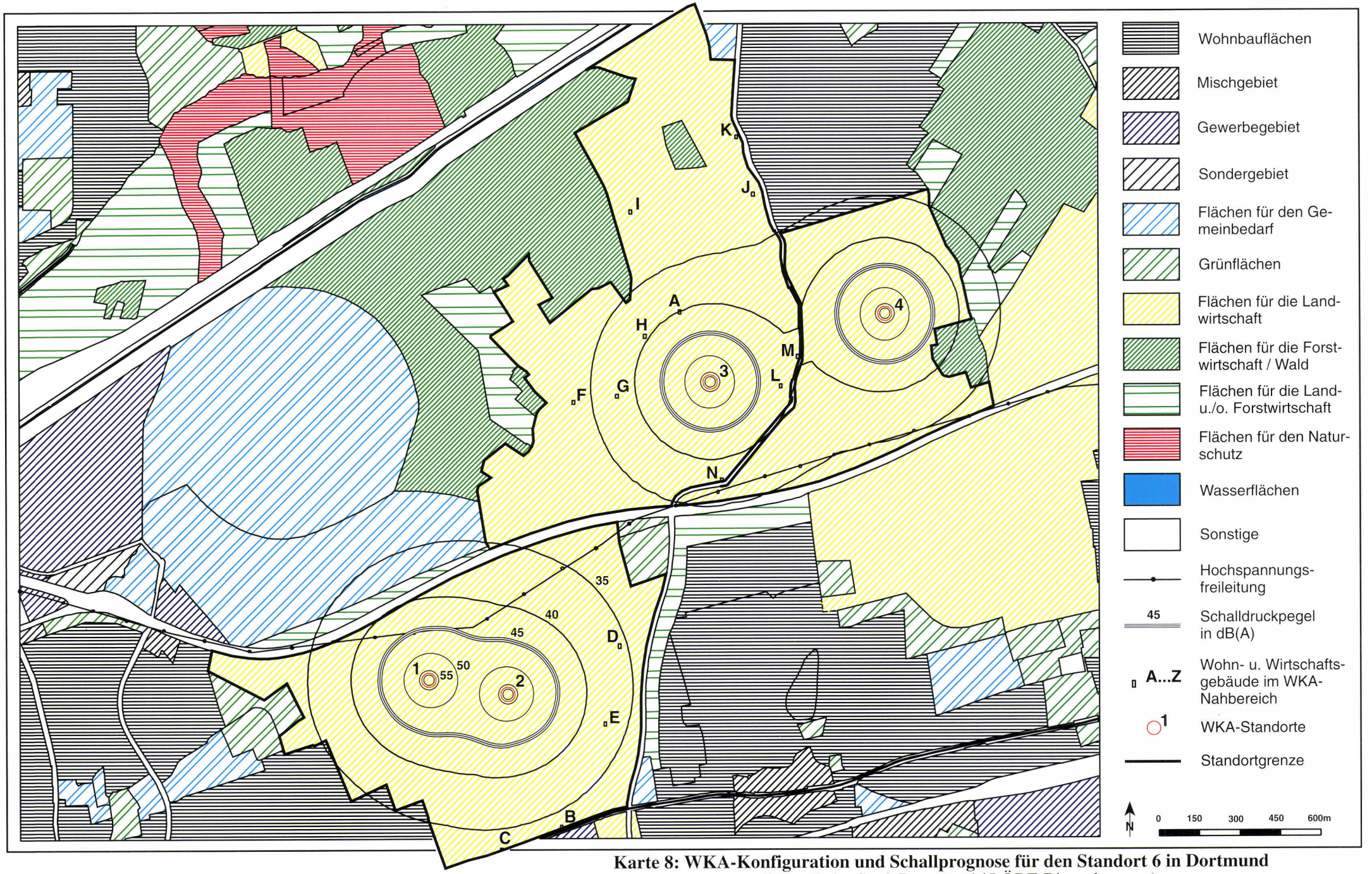


Karte 4: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 2 in Dortmund
(Quelle: FNP der Stadt Dortmund / LÖBF-Biotopkataster)

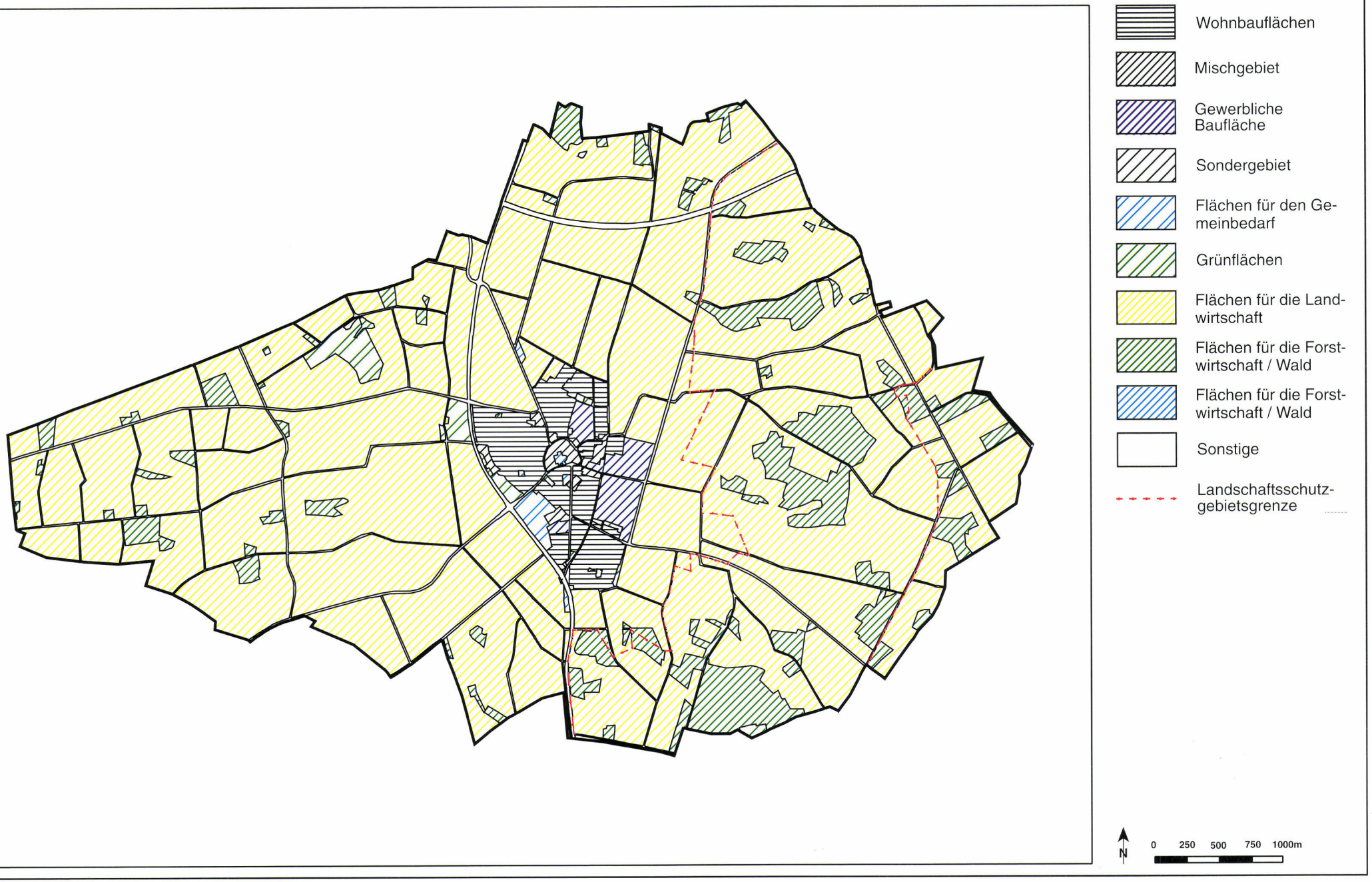
Karte 5: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 3 in Dortmund
(Quelle: FNP der Stadt Dortmund / LÖBF-Biotopkataster)

Karte 6: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 4 in Dortmund
(Quelle: FNP der Stadt Dortmund / LÖBF-Biotopkataster)

Karte 7: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 5 in Dortmund
(Quelle: FNP der Stadt Dortmund / LÖBF-Biotopkataster)

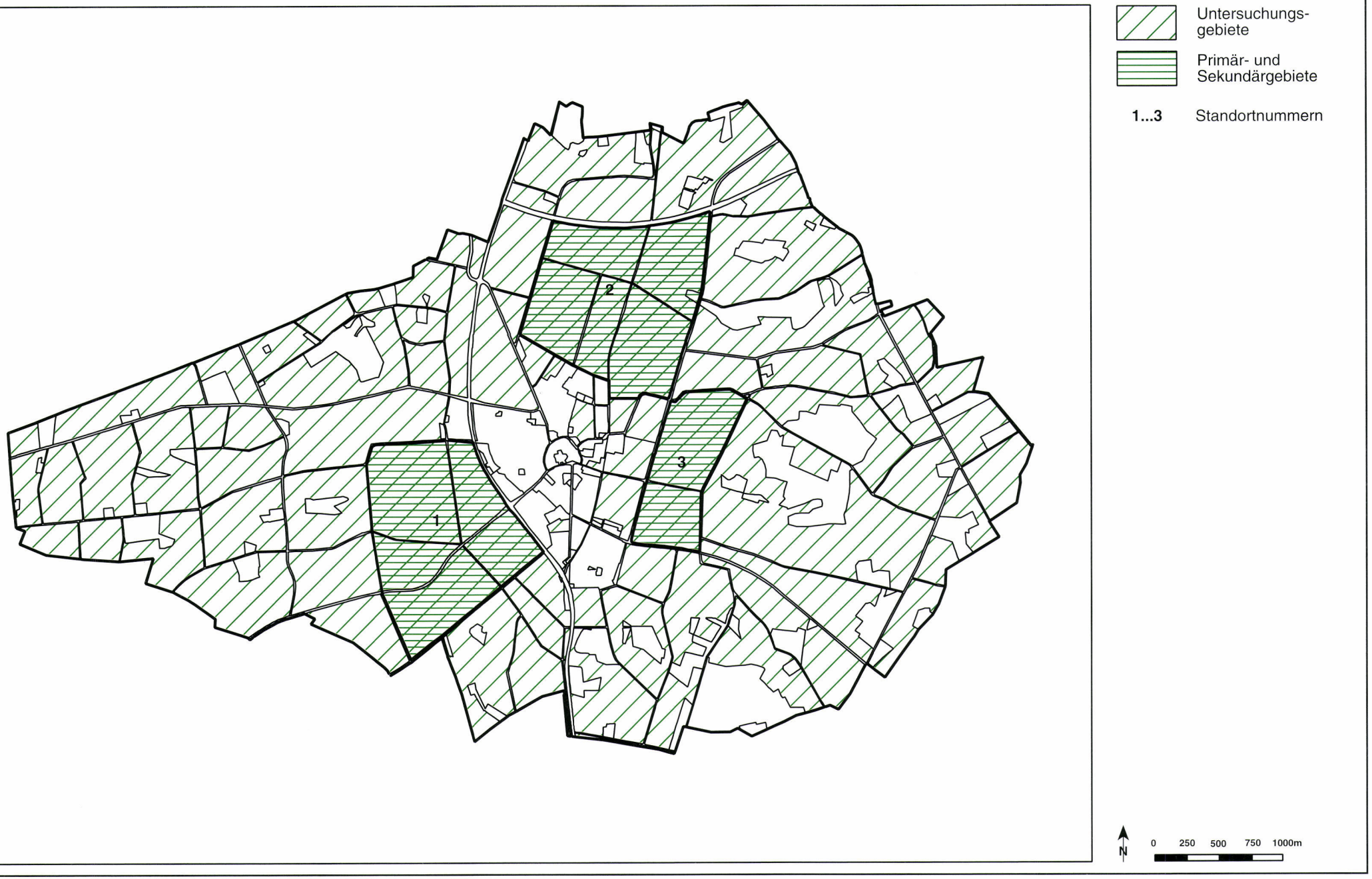


Karte 8: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 6 in Dortmund
(Quelle: FNP der Stadt Dortmund / LÖBF-Biotopkataster)

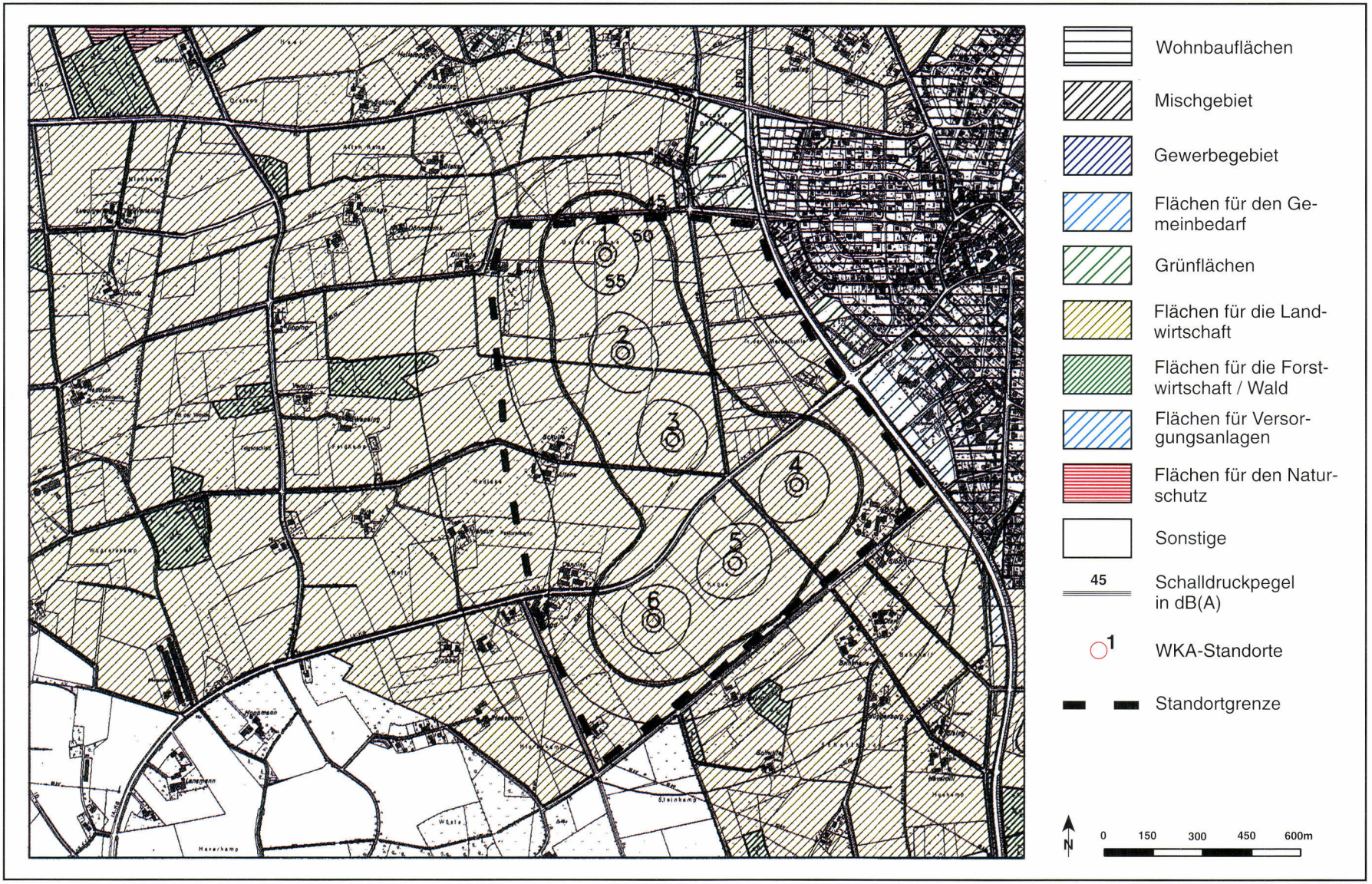


Karte 9: Flächennutzungen in Weseke

(Quelle: Flächennutzungsplan der Stadt Borken 6/1993, Änderungsplan - Siedlungsbereich Weseke 8/1994)

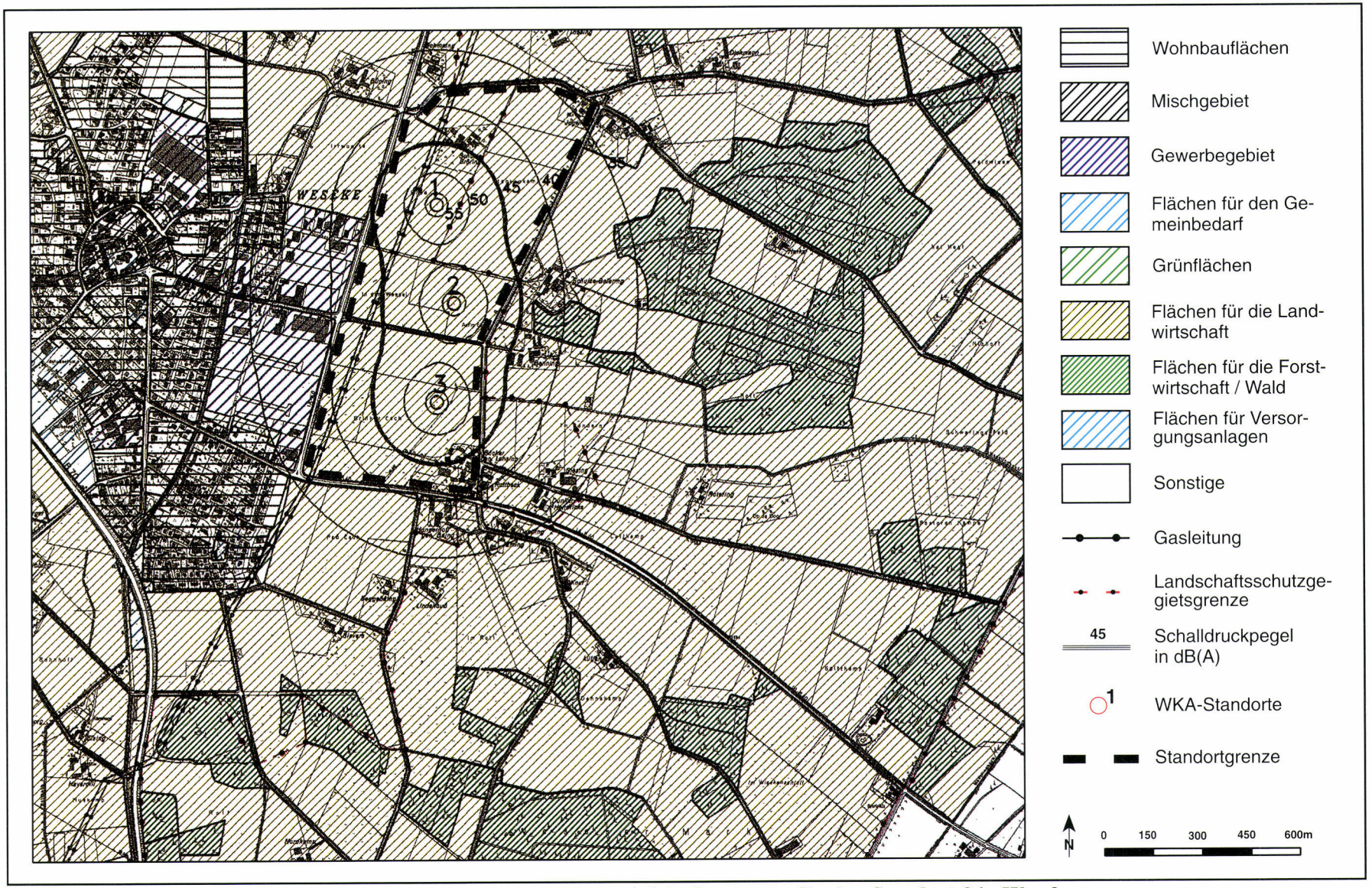


Karte 10: Prinzipiell zur Verfügung stehende Flächen (Untersuchungsgebiete) sowie die ausgewählten Primär- und Sekundärgebiete in Weseke
(Quelle: FNP der Stadt Borken)



Karte 11: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 1 in Weseke
(Quelle: FNP der Stadt Borken / LÖBF-Biotopkataster)

Karte 12: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 2 in Weseke
(Quelle: FNP der Stadt Borken / LÖBF-Biotopkataster)



Karte 13: WKA-Konfiguration und Schallprognose für den Standort 3 in Weseke
(Quelle: FNP der Stadt Borken / LÖBF-Biotopkataster)

Geographische Kommission für Westfalen

Landschaftsverband Westfalen-Lippe

Veröffentlichungen - Lieferbare Titel

WESTFÄLISCHE GEOGRAPHISCHE STUDIEN

25. **Oldenburg und der Nordwesten**. Deutscher Schulgeographentag 1970. Vorträge, Exkursionen, Berichte. 1971 15,00 DM
26. **Bahrenberg, G.**: Auftreten und Zugrichtung von Tiefdruckgebieten in Mitteleuropa. 1973 12,50 DM
33. **Festschrift für Wilhelm Müller-Wille**: Mensch und Erde. Mit 22 Beiträgen. 1976 20,00 DM
35. **Jäger, H.**: Zur Erforschung der mittelalterlichen Kulturlandschaft. **Müller-Wille, W.**: Gedanken zur Bonitierung und Tragfähigkeit der Erde. **Brand, Fr.**: Geosophische Aspekte und Perspektiven zum Thema Mensch - Erde - Kosmos. 1978 15,00 DM
36. **Quartärgeologie, Vorgeschichte und Verkehrswasserbau in Westfalen.** 46. Tagung der AG Nordwestdeutscher Geologen in Münster 1979. Mit 19 Beiträgen. 1980 17,50 DM
37. **Westfalen - Nordwestdeutschland - Nordseesektor.** W. Müller-Wille zum 75. Geburtstag. Mit 29 Beiträgen. 1981 20,00 DM
38. **Komp, Kl. U.**: Die Seehäfenstädte im Weser-Jade-Raum. 1982 9,00 DM
39. **Müller-Wille, W.**: Probleme und Ergebnisse geographischer Landesforschung und Länderkunde. Gesammelte Beiträge 1936 - 1979. Erster Teil. 1983 15,00 DM
40. **Müller-Wille, W.**: Probleme und Ergebnisse geographischer Landesforschung und Länderkunde. Gesammelte Beiträge 1936 - 1979. Zweiter Teil. 1983 15,00 DM
41. **Kundenverhalten im System konkurrierender Zentren.** Fallstudien aus dem Großraum Bremen, dem nördlichen Ruhrgebiet und Lipperland. Mit Beiträgen von **H. Heineberg, N. de Lange** und **W. Meschede**. 1985 25,00 DM
42. **Mayr, A., Kl. Temlitz (Hg.)**: Erträge geographisch-landeskundlicher Forschung in Westfalen. Festschrift 50 Jahre Geographische Kommission für Westfalen. Mit 34 Beiträgen. 1986 48,00 DM
44. **Allnoch, N.**: Windkraftnutzung im nordwestdeutschen Binnenland - Ein System zur Standortbewertung für Windkraftanlagen. 1992 29,80 DM
45. **Brand, Fr.**: Lemgo. Alte Hansestadt und modernes Mittelzentrum: Entwicklung, Analysen, Perspektiven. 1992 38,00 DM
46. **Mayr, A., F.-C. Schultze-Rhonhof, Kl. Temlitz (Hg.)**: Münster und seine Partnerstädte. York, Orléans, Kristiansand, Monastir, Rishon le Zion, Beaugency, Fresno, Rjasan, Lublin, Mühlhausen i. Thüringen. 2., erw. u. aktualisierte Auflage. 1993 49,80 DM

SPIEKER - LANDESKUNDLICHE BEITRÄGE UND BERICHTE

10. **Böttcher, G.**: Die agrargeographische Struktur Westfalens 1818 - 1950. 1959 6,00 DM
13. **Schäfer, P.**: Die wirtschaftsgeographische Struktur des Sintfeldes. **Engelhardt, H.G.S.**: Die Hecke im nordwestl. Südergebirge. 1964 7,00 DM
14. **Müller-Wille, W.**: Bodenplastik und Naturräume Westfalens. Textband und Kartenband. 1966 14,00 DM
17. **Poeschel, H.-Cl.**: Alte Fernstraßen in der mittleren Westfälischen Bucht. 1968 8,00 DM
18. **Ludwig, K.-H.**: Die Hellwegsiedlungen am Ostrande Dortmunds. 1970 6,50 DM
19. **Windhorst, H.-W.**: Der Stemweder Berg. 1971 6,50 DM
20. **Franke, G.**: Bewegung, Schichtung und Gefüge der Bevölkerung im Landkreis Minden. 1972 7,50 DM
21. **Hofmann, M.**: Ökotope und ihre Stellung in der Agrarlandschaft. **Werner, J.** und **J. Schweter**: Hydrogeographische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Stever. 1973 12,50 DM
23. **Ittermann, R.**: Ländliche Versorgungsbereiche und zentrale Orte im hessisch-westfälischen Grenzgebiet. 1975 10,00 DM
25. **Westfalen und Niederdeutschland.** Festschrift 40 Jahre Geographische Kommission für Westfalen. 2 Bände mit zus. 28 Beiträgen. 1977
    I: Beiträge zur speziellen Landesforschung 15,00 DM
    II: Beiträge zur allgemeinen Landesforschung 15,00 DM
26. **Der Hochsauerlandkreis im Wandel der Ansprüche.** Jahrestagung der Geogr. Kommission in Meschede 1978. Mit 10 Beiträgen. 1979 12,50 DM
28. **Stadt und Dorf im Kreis Lippe in Landesforschung, Landespflege und Landesplanung.** Jahrestagung der Geogr. Kommission in Lemgo 1980. Mit 6 Beiträgen. 1981 10,00 DM
29. **Becks, Fr.**: Die räumliche Differenzierung der Landwirtschaft in der Westfälischen Bucht. 1983 10,00 DM
30. **Westmünsterland - Ostniederlande.** Entwicklung und Stellung eines Grenzraumes. Jahrestagung der Geogr. Kommission in Vreden 1983. Mit 6 Beiträgen. 1984 30,00 DM
31. **Westbeld, H.**: Kleinwasserkraftwerke im Gebiet der oberen Ems. Nutzung einer vernachlässigten Energiequelle. 1986 20,00 DM
32. **Der Raum Dortmund** - Entwicklung, Strukturen und Planung im östlichen Ruhrgebiet. Jahrestagung der Geogr. Kommission 1985. Mit 8 Beiträgen. 1988 28,00 DM
33. **Becker, G., A. Mayr, Kl. Temlitz (Hg.)**: Sauerland - Siegerland - Wittgensteiner Land. Jahrestagung der Geogr. Kommission in Olpe 1989. Mit 24 Beiträgen. 1989 38,00 DM
34. **Mayr, A., Kl. Temlitz (Hg.)**: Südoldenburg-Emsland - Ein ländlicher Raum im Strukturwandel. Jahrestagung der Geogr. Kommission in Vechta 1987. Mit 8 Beiträgen. 1991 22,00 DM
35. **Mayr, A., Kl. Temlitz (Hg.)**: Südost-Westfalen - Potentiale und Planungsprobleme einer Wachstumsregion. Jahrestagung der Geographischen Kommission in Paderborn 1991. Mit 28 Beiträgen. 1991 45,00 DM
36. **Mayr, A., Kl. Temlitz (Hg.)**: Münsterland und angrenzende Gebiete. Jahrestagung der Geographischen Kommission in Münster 1993. Mit 30 Beiträgen. 1993 45,00 DM
37. **Mayr, A., Kl. Temlitz** (Hg.): Bielefeld und Nordost-Westfalen - Entwicklung, Strukturen und Planungen im Unteren Weserbergland. Jahrestagung der Geographischen Kommission in Bielefeld 1995. Mit 33 Beiträgen. 1995 45,00 DM

SIEDLUNG UND LANDSCHAFT IN WESTFALEN

6. **Brand, Fr.**: Zur Genese der ländlich-agraren Siedlungen im lippischen Osning-Vorland. 1976 11,00 DM
8. **Burrichter, E.**: Die potentielle natürliche Vegetation in der Westfälischen Bucht. 1973. Nachdruck 1991, 2. Nachdruck 1993. Mit Kartenbeilage 35,00 DM
9. **Temlitz, Kl.**: Aaseestadt und Neu-Coerde. Bildstrukturen neuer Wohnsiedlungen und ihre Bewertung. 1975 12,50 DM
11. **Walter, H.-H.**: Padberg. Struktur und Stellung einer Bergsiedlung in Grenzlage. 1979 25,00 DM
12. **Flurbereinigung und Kulturlandschaftsentwicklung.** Tagung des Verbandes deutscher Hochschulgeographen. Mit 5 Beiträgen. 1979 8,50 DM
14. **Bertelsmeier, E.**: Bäuerliche Siedlung und Wirtschaft im Delbrücker Land. 1942. Nachdruck 1982 7,50 DM
15. **Nolting, M.**: Der öffentliche Personennahverkehr im nordwestdeutschen Küstenland. 1983 11,00 DM
16. **Steinberg, H. G.**: Das Ruhrgebiet im 19. und 20. Jahrhundert - Ein Verdichtungsraum im Wandel. 1985 30,00 DM
17. **Vegetationsgeographische Studien in Nordrhein-Westfalen.** Wald- und Siedlungsentwicklung - Bauerngärten - Spontane Flora. Von **R. Pott, A. Sternschulte, R. Wittig** u. **E. Rückert**. 1985 22,00 DM
18. **Siekmann, M.**: Die Struktur der Stadt Münster am Ausgang des 18. Jahrhunderts - Ein Beitrag zur historisch-topologischen Stadtforschung. 1989 48,00 DM
19. **Riepenhausen, H.**: Die bäuerliche Siedlung des Ravensberger Landes bis 1770. 1938. Mit einem Nachtrag von **A. Schüttler**: Das Ravensberger Land 1770 - 1986. Nachdruck 1986 24,00 DM
20. **Junk, H.-K., Kl. Temlitz (Hg.)**: Beiträge zur Kartographie in Nordwestdeutschland - Die Karte als Arbeits- und Forschungsmittel in verschiedenen Berufsfeldern. 1991 42,00 DM

21. **Wiegelmann-Uhlig, E.**: Berufspendler in Westfalen 1930-1970. Ein Beitrag zur regionalen Mobilität. 1994 35,00 DM
22. **Becks, Fr., L. Beyer, K. Engelhard, K.-H. Otto**: Westfalen im Geographieunterricht an Beispielen der Themenkreise Moor, Landwirtschaft und Naherholung aus dem Geographisch-landeskundlichen Atlas von Westfalen. Mit zahlreichen Arbeitstransparenten und Materialien. 1995 48,80 DM

DIE LANDKREISE IN WESTFALEN (1953 - 1969)

1. Der Landkreis **Paderborn.** Von G. v. Geldern-Chrispendorf. 1953 11,00 DM
2. Der Landkreis **Münster.** Von W. Müller-Wille, E. Bertelsmeier, H. Fr. Gorki, H. Müller. 1955 14,00 DM
3. Der Landkreis **Brilon.** Von A. Ringleb. 1957 14,00 DM
4. Der Landkreis **Altena.** Von E. Wagner. 1962 14,00 DM
5. Der Landkreis **Wiedenbrück.** Von W. Herbort, W. Lenz, I. Heiland, G. Willner. 1969 14,00 DM

STÄDTE UND GEMEINDEN IN WESTFALEN

1. **Der Kreis Steinfurt.** Mit Graphiken, Fotos und 2 thematischen Karten pro Stadt- bzw.Gemeindebeschreibung. Hg. von A. Mayr, D. Stonjek, Kl. Temlitz. 1994 49,80 DM
2. **Der Kreis Siegen-Wittgenstein.** Mit Graphiken, Fotos und 2 thematischen Karten pro Stadt- bzw.Gemeindebeschreibung. Hg. von H. Eichenauer, A. Mayr, Kl. Temlitz. 1995 44,80 DM
3. **Der Kreis Höxter.** Mit Graphiken, Fotos und 2 thematischen Karten pro Stadtbeschreibung. Hg. von A. Mayr, A. Schüttler, Kl. Temlitz. 1996 42,80 DM
4. **Der Kreis Paderborn.** Mit Graphiken, Fotos und 2 thematischen Karten pro Stadtbeschreibung. Hg. von H. Heineberg, G. Henkel, M. Hofmann u. Kl. Temlitz. 1997 44,80 DM

GEOGRAPHISCH-LANDESKUNDLICHER ATLAS VON WESTFALEN (ab 1985)

Atlasredaktion/Wissenschaftliche und kartographische Betreuung: J. Werner, Kl. Temlitz, E. Bertelsmeier, B. Fistarol, H. Fr. Gorki, A. Mayr, H. Pape, H. Pohlmann, Cl. Schroer
Vorgesehen sind ca. 100 Doppelblätter aus 10 Themenbereichen mit Begleittexten. Je Doppelblatt: 5-8 Karten, z.T. erweitert um Farbbilder, Graphiken u.a.m.
Einzelpreis je Doppelblatt u. Begleittext 19,80 DM; für Seminare u. Schulklassen 5,00 DM (ab 7. Lieferung 24,00 DM bzw. 7,50 DM)

1. Lieferung 1985, 4 Doppelblätter u. Begleittexte: 46,40 DM
1. **Relief** (Themenbereich: Landesnatur). Von W. Müller-Wille (Entwurf) u. E. Th. Seraphim (Text)
2. **Spät- und nacheiszeitliche Ablagerungen/Vegetationsentwicklung** (Themenbereich: Landesnatur). Von E. Th. Seraphim u. E. Kramm (Entwurf u. Text)
3. **Florenelemente** (Themenbereich: Landesnatur). Von Fr. Runge (Entwurf u. Text)
4. **Fremdenverkehr - Angebotsstruktur** (Themenbereich: Fremdenverkehr u. Erholung). Von P. Schnell (Entwurf u. Text)

2. Lieferung 1986, 5 Doppelblätter u. Begleittexte: 58,00 DM
1. **Begriff und Raum** (Themenbereich: "Westfalen - Begriff und Raum"). Von W. Müller-Wille, Kl. Temlitz, W. Winkelmann u. G. Müller (Entwurf); W. Kohl u. G. Müller (Text)
2. **Niederschläge in raum-zeitlicher Verteilung** (Themenbereich: Landesnatur). Von E. Müller-Temme (Entwurf u. Text) u. W. Müller-Wille (Entwurf)
3. **Pflanzenwachstum und Klimafaktoren** (Themenbereich: Landesnatur). Von Fr. Ringleb u. J. Werner (Entwurf u. Text); P. Hofste (Entwurf)
4. **Verbreitung wildlebender Tierarten** (Themenbereich: Landesnatur). Von R. Feldmann, W. Stichmann u. M. Berger (Entwurf u. Text); W. Grooten (Entwurf)
5. **Fremdenverkehr - Nachfragestruktur** (Themenbereich: Fremdenverkehr u. Erholung). Von P. Schnell (Entwurf u. Text)
6. **Verwaltungsgrenzen** 1985 (Transparentfolie)

3. Lieferung 1987, 4 Doppelblätter u. Begleittexte: 46,40 DM
1. **Lagerstätten/Gesteinsarten/Karst** (Themenbereich: Landesnatur). Von H. Reiners, H. Furch, E. Th. Seraphim, W. Feige u. Kl. Temlitz (Entwurf u. Text)
2. **Waldverbreitung und Waldschäden** (Themenbereich: Landesnatur). Von W. Grooten (Entwurf u. Text)
3. **Elektrizität - Versorgung und Verbrauch** (Themenbereich: Gewerbliche Wirtschaft). Von D. Filthaut u. J. Werner (Entwurf u. Text)
4. **Wandern/Naherholung und Kurzzeittourismus** (Themenbereich: Fremdenverkehr u. Erholung). Von A. Freund (Entwurf u. Text)

4. Lieferung 1988/89, 4 Doppelblätter u. Begleittexte: 46,40 DM
1. **Potentielle natürliche Vegetation** (Themenbereich: Landesnatur). Von E. Burrichter, R. Pott u. H. Furch (Entwurf u. Text)
2. **Ländliche Bodenordnung I: Gemeinheitsteilungen und Zusammenlegungen 1820 - 1920** (Themenbereich: Land- und Forstwirtschaft). Von E. Weiß (Entwurf u. Text)
3. **Ländliche Bodenordnung II: Umlegungen und Flurbereinigungen 1920 - 1987** (Themenbereich: Land- und Forstwirtschaft). Von E. Weiß (Entwurf u. Text)
4. **Eisenbahnen - Netzentwicklung und Personenverkehr** (Themenbereich: Verkehr). Von H. Ditt, P. Schöller (Entwurf) u. H. Kreft-Kettermann (Entwurf u. Text)

5. Lieferung 1990, 5 Doppelblätter u. Begleittexte: 58,00 DM
1. **Bevölkerungsdichte der Gemeinden 1871 - 1987 und Veränderung 1818 - 1987** (Themenbereich: Bevölkerung). Von H. Fr. Gorki (Entwurf u. Text)
2. **Bevölkerungsdichte der Kreise 1871 - 1987 und Veränderung 1818 - 1987** (Themenbereich: Bevölkerung). Von H. Fr. Gorki (Entwurf u. Text)
3. **Staatliche und kommunale Verwaltungsgliederung** (Themenbereich: Administration und Planung). Von A. Mayr (Entwurf u. Text)
4. **Behörden und Zuständigkeitsbereiche I 1967 und 1990** (Themenbereich: Administration und Planung). Von H. Kreft-Kettermann (Entwurf u. Text)
5. **Behörden und Zuständigkeitsbereiche II 1967 und 1990** (Themenbereich: Administration und Planung). Von H. Kreft-Kettermann (Entwurf u. Text)

6. Lieferung 1991, 5 Doppelblätter u. Begleittexte: 58,00 DM
1. **Westfalen im Satellitenbild** (Themenbereich: Westfalen). Von Kl. U. Komp (Entwurf u. Text)
2. **Geologie und Paläogeographie** (Themenbereich: Landesnatur). Von Kl. Temlitz (Entwurf u. Text)
3. **Geomorphologie und Naturräume** (Themenbereich: Landesnatur). Von E. Th. Seraphim (Entwurf u. Text)
4. **Nahrungs- und Genußmittelindustrie** (Themenbereich: Gewerbliche Wirtschaft). Von A. Beierle (Entwurf) u. J. Niggemann (Entwurf u. Text)
5. **Abfallwirtschaft** (Themenbereich: Gewerbliche Wirtschaft). Von A. Wirth (Entwurf u. Text)

7. Lieferung 1993/94, 5 Doppelblätter u. Begleittexte:108,00 DM
1. **Fläche, Rechts- und Verwaltungsstellung der Städte im 19. u. 20. Jahrhundert** (Themenbereich: Siedlung). Von H. Fr. Gorki (Entwurf u. Text)
2. **Umweltbelastung und Umweltschutz in Städten** (Themenbereich: Siedlung). Von U. Peyrer (Entwurf u. Text)
3. **Agrarstruktur** (Themenbereich: Land- und Forstwirtschaft). Von Fr. Becks (Entwurf u. Text)
4. **Eisenbahnen II - Güterverkehr** (Themenbereich: Verkehr). Von H. Kreft-Kettermann u. C. Hübschen (Entwurf u. Text)
5. **Luftverkehr und Flugplätze** (Themenbereich: Verkehr). Von A. Mayr u. Fr. Buchenberger (Entwurf u. Text)
6. **Landschaftsverband Westfalen-Lippe: Regionale Repräsentanz und Raumwirksamkeit** (Themenbereich: Administration und Planung). Von A. Mayr u. J. Kleine-Schulte (Entwurf u. Text)

8. Lieferung 1996, 4 Doppelblätter u. Begleittexte: 72,00 DM
1. **Die niederdeutschen Mundarten** (Themenbereich: Kultur und Bildung). Von H. Taubken, R. Damme, J. Goossens u. G. Müller (Entwurf u. Text)
2. **Museen** (Themenbereich: Kultur und Bildung). Von M. Walz (Entwurf u. Text)
3. **Tageszeitungen und Rundfunk** (Themenbereich: Kultur und Bildung). Von B. Kringe (Entwurf u. Text)
4. **Baumarten, Waldbesitzer und Hochwild** (Themenbereich: Land- und Forstwirtschaft). Von K. Offenberg u. R. Köhne (Entwurf u. Text)