

**Bewertung von Bodenfunktionen  
für die praktische Umsetzung  
des Bodenschutzes  
(dargestellt am Beispiel eines Untersuchungsgebiets  
in Sachsen-Anhalt)**

**Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät  
(mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich)  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Holger Preetz  
geb. am 28.09.1961 in Bad Nauheim

Gutachter:

1. Prof. Dr. M. Frühauf
2. Prof. Dr. H. Borg
3. Prof. Dr. K. Stahr

Halle (Saale), 07.01.2003

**urn:nbn:de:gbv:3-000004694**

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000004694>]

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Zusammenfassung</b>	<b>V</b>
<b>Summary</b>	<b>IX</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Früher Bodenschutz</b>	<b>5</b>
2.1 Bodenerosion	5
2.2 Mechanische Belastungen	6
2.3 Stoffliche Belastungen	8
2.4 Maßnahmen zur Umsetzung des frühen Bodenschutzes	9
2.5 Fazit	11
<b>3. Bodenschutz als Flächenschutz in Deutschland</b>	<b>13</b>
3.1 Frühe Ansätze	13
3.2 Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung 1985	15
3.3 Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg 1991	17
3.4 Bundes-Bodenschutzgesetz 1998	18
3.5 Ansätze in Sachsen-Anhalt	20
3.6 Fazit	21
<b>4. Bodenkundliche Landschaftsbewertung in den USA und Europa</b>	<b>23</b>
4.1 Landschaftsbewertung in den USA	23
4.2 Verfahren zur bodenkundlichen Landschaftsbewertung in Europa	27
4.3 Deutsche Bodenschätzung	31
4.4 Fazit	34
<b>5. Grundsätzliche Überlegungen zur Herleitung eines Bewertungsverfahrens</b>	<b>35</b>
5.1 Böden im Verhältnis zu anderen Schutzgütern	35
5.2 Bodenbewertung in bezug zum Bodenschutzgesetz	37
5.3 Allgemeine Grundsätze für eine Bewertung	39
<b>6. Für die räumliche Planung relevante Bodenfunktionen</b>	<b>42</b>

<b>7.</b>	<b>Bewertung der Funktion „Pflanzenstandort“</b>	<b>48</b>
7.1	Biotopfunktion	48
7.1.1	Inhalt der Funktion	48
7.1.2	Bewertung der Biotopfunktion	54
7.2	Biomassefunktion	60
7.2.1	Inhalt der Funktion und Überblick über bestehende Bewertungssysteme	60
7.2.2	Bewertung der Biomassefunktion	66
7.3	Weitere Aspekte der Funktion als Pflanzenstandort	69
<b>8.</b>	<b>Bewertung der Funktion „Regelung im Wasserhaushalt“</b>	<b>71</b>
8.1	Inhalt der Funktion und Grundlagen der Bewertung	71
8.1.1	Regelung von Oberflächenabfluß	71
8.1.2	Regelung von Grundwasserneubildung	72
8.2	Zuordnung von kf-Werten zu den Klassenzeichen der Bodenschätzung	75
8.3	Bewertung der Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“	83
8.3.1	Berücksichtigung des tieferen Untergrunds bei der Bewertung der Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“	87
<b>9.</b>	<b>Bewertung der Funktion „Archiv der Natur und Kulturgeschichte“</b>	<b>90</b>
<b>10.</b>	<b>Berücksichtigung von Bodenbelastungen</b>	<b>93</b>
<b>11.</b>	<b>Die Anwendung der Methode an einem Beispiel</b>	<b>96</b>
11.1	Einleitung	96
11.2	Auswahl des Untersuchungsgebiets	96
11.3	Beschreibung des Untersuchungsgebiets	98
11.3.1	Landschaftsgliederung	98
11.3.2	Klima	100
11.3.3	Geologie und Geomorphologie	101
11.3.4	Böden	104
11.4	Vorgehensweise, Datengrundlage und Auswertung	106
11.5	Ergebnisse	108
11.5.1	Bodenarten und Entstehungsarten der Böden	108
11.5.2	Bewertung der Bodenfunktion Pflanzenstandort	109
11.5.2.1	Biotopfunktion	109
11.5.2.2	Biomassefunktion (Standort für Landwirtschaft und Gartenbau)	109
11.5.3	Bewertung der Bodenfunktion Regelung im Wasserhaushalt (kf-Werte)	110

11.5.4	Verschneidung der Bewertungen	111
11.5.4.1	1. Priorität PNV, 2. Priorität Regelung im Wasserhaushalt	112
11.5.4.2	1. Priorität Biomassefunktion, 2. Priorität PNV	114
11.5.4.3	Darstellung der Böden in Kategorie 3, 4 und 5	115
11.6	Fazit	116
<b>12.</b>	<b>Literatur</b>	<b>118</b>

## **Anlagen**

1	Weitere Ausführungen zu den Unterschieden und Gemeinsamkeiten in den Standortanforderungen verschiedener Kulturpflanzen und natürlicher Vegetation	134
2	Überlegungen zur Bedeutung der Bodenfunktion "Schadstoffsenke"	140
3	Statistische Auswertung der kf-Werte der Hauptbodenarten der Bodenschätzung	150
4	Verwendung der nFK zur Bewertung der Grundwasserneubildung im Rahmen der Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“	153
5	Filterfunktion gegenüber Schadstoffen	162
6	Weitere Verfahren zur bodenkundlichen Landschaftsbewertung	184
7	Verzeichnis der Abkürzungen	193
8	Liste der besprochenen Karten	195

## Zusammenfassung

Die Überbauung von Böden und der daraus resultierende „Bodenverbrauch“ sind die kompromißloseste Bedrohung, der die Böden in Deutschland ausgesetzt sind. Es ist hierzulande von einer täglichen Ausweitung der Siedlungsflächen in einer Größenordnung von ca. 100 ha auszugehen. Davon sind in den meisten Fällen die siedlungsnahen Böden betroffen. Dies sind in der Regel die fruchtbarsten und daher aus landwirtschaftlicher Sicht am „hochwertigsten“ anzusehenden Böden in der Region.

Durch die Überbauung der Böden werden diese allen anderweitigen Verwendungen entzogen. Damit wird die Nutzung von sämtlichen weiteren Bodenfunktionen auf Dauer unmöglich. Mit dem Begriff der Bodenfunktion werden die Nutzungsansprüche an den Boden und dessen Aufgaben im Naturhaushalt benannt. Mit dem Erfüllungsgrad der Nutzungsansprüche werden Kriterien zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit der Böden herausgebildet.

Die Bestrebungen um den Bodenschutz lassen sich in einen qualitativen und quantitativen Bereich untergliedern. Mit ersterem wird eine Reduzierung der stofflichen und mechanischen Belastungen der Böden sowie der Bodenerosion angestrebt. Mit dem quantitativen Bodenschutz soll der Verbrauch der Bodenfläche vermindert bzw. gesteuert werden, dieser Aspekt läßt sich daher auch als Flächenschutz bezeichnen.

Die Auswirkungen der qualitativen Bodenbelastungen können abhängig von ihrem Ausmaß gravierend sein. Sie führen jedoch im Gegensatz zur Überbauung nicht zwangsläufig zu einer irreversiblen Aufhebung sämtlicher schützenswerter Bodenfunktionen. Gleichwohl berücksichtigen die Gesetze und Verordnungen zum Bodenschutz in erster Linie die qualitativen Beeinträchtigungen des Bodens, die auch als klassische Themen der Bodenkunde anzusehen sind. Ein verbindliches Regelwerk für den Bodenschutz als Flächenschutz, wie z.B. zur Beurteilung von Schadstoffbelastungen, existiert dagegen nicht.

Die Möglichkeiten zur Durchsetzung des Flächenschutzes sind in den verschiedenen Ebenen der räumlichen Planung angesiedelt. Hierzu bedarf es als Ausgangspunkt zu dessen Verwirklichung eines Systems zur Bewertung der Bodenfunktionen, um dem Planungsträger ein Instrument zur Entscheidung zu liefern, inwieweit ein Standort mit seinen Böden mehr oder weniger schützenswert ist. Bei fehlendem Bewertungssystem würden alle Böden als gleichwertig angesehen und in der Abwägung des Planungsprozesses gegenüber anderen Schutzgütern nicht berücksichtigt werden können.

Auf Grundlage der oben genannten Thesen stehen die zwei folgenden Fragen im Mittelpunkt der Arbeit:

1. Welche Bodenfunktionen sind am besten als Kriterium zu verwenden, um einen effektiven Bodenschutz als Flächenschutz durchführen zu können?
2. Mit welchem Bewertungssystem kann dies geschehen?

Zur Auswahl der Bodenfunktionen wird das BBodSchG als Ausgangspunkt genommen, in dem alle in Frage kommenden relevanten Nutzungsansprüche in den dort aufgelisteten Bodenfunktionen enthalten sind. Diese Bodenfunktionen werden neu zusammengefaßt, wobei die als bodenbelastend oder -verbrauchend anzusehenden Funktionen von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden. Insbesondere wird in dieser Arbeit im Zusammenhang mit dem flächenhaften Bodenschutz die Bewertung der ansonsten in der Literatur stets beachtete Bodenfunktion als „Schadstoffsenke“ als zweifelhaft eingeschätzt. Hierfür wird nur der Vollständigkeit halber im Anhang eine Methode vorgestellt. Als schützenswert und für die räumliche Planung relevant sind die folgenden Bodenfunktionen anzusehen:

- Funktion als Pflanzenstandort - Teilfunktionen: Biotopfunktion (Standort für natürliche Vegetation) und Biomassefunktion (Standort für Kulturpflanzen)
- Funktion zur Regelung im Wasserhaushalt - Teilfunktionen: Regelung von Oberflächenabfluß und Regelung von Grundwasserneubildung
- Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

Es gilt, für die drei oben genannten Funktionen ein zweckmäßiges Bewertungssystem zu entwickeln. Eine der grundlegenden Anforderungen, die ein derartiges Bewertungssystem erfüllen soll, ist die Anwendbarkeit auf verschiedenen Planungsebenen bzw. Maßstäben und in unterschiedlichen Landschaftsregionen. Die Methode soll darüber hinaus zuverlässig, objektiv und einfach anwendbar sein, da sie sich vor allem an fachfremde Benutzer in Planungseinrichtungen wendet. Eine weitere Voraussetzung ist das flächendeckende Vorliegen der Datengrundlagen und ein leichter Zugang zu diesen.

Zur Bewertung wird hier eine Einstufung der Böden in eine 5-stufige Skala vorgenommen, wobei die Böden mit dem höchsten Potential zur Erfüllung einer bestimmten Bodenfunktion mit 1 und die mit dem geringsten Potential mit 5 klassifiziert werden.

Als zentrale Datengrundlage werden für die Bewertung der Bodenfunktionen der landwirtschaftlich genutzten Böden die Ergebnisse der Bodenschätzung herangezogen. Diese liegen im Land Sachsen-Anhalt flächendeckend im M. 1:10.000 vor, sind leicht zu beschaffen und lassen maßstabsbedingt auch parzellenscharfe Unterscheidungen auf kommunaler Ebene treffen. Für die forstlich genutzten Böden wurden die Forstlichen Standortskarten im M. 1:10.000 ausgewählt, mit denen analog zur Bodenschätzung die gleichen Voraussetzungen erfüllt sind. Darüber hinaus wurde die PNV-Kartierung des Landes Sachsen-Anhalt ver-

wendet. Mit diesen Grundlagen geschieht die Bewertung der ausgewählten Bodenfunktionen in folgender Weise:

### **1. Bewertung der Funktion als Pflanzenstandort**

#### *Biotopfunktion (Standort für natürliche Vegetation):*

Die Beurteilung der Bodenfunktion als Standort für natürliche Vegetation ist mittels einer isolierten Bodenbewertung nicht vollständig zu erreichen. Daher wird zur Bewertung dieser Teilfunktion zunächst auf die in Sachsen-Anhalt flächendeckend im M. 1:50.000 vorliegende Karte der Potentiellen Natürlichen Vegetation (PNV) zurückgegriffen. Eine bereits vorhandene Kategorisierung der darin enthaltenen PNV-Typen entsprechend ihrer Bedeutung wird in einem 5-stufigen Bewertungssystem zusammengefaßt. Die Spannweite reicht von PNV-Typen mit landesweiter und größerer Bedeutung in Kategorie 1 bis zu lokaler Bedeutung, die mit 5 eingestuft wird.

Darüber hinaus wird ein Schema vorgestellt, um Extremstandorte auszuweisen. Damit erfolgt eine Charakterisierung der Böden hinsichtlich ihrer Fähigkeit als Grundlage einer seltenen und deshalb schützenswerten Vegetation zu dienen. Die Einstufung hierfür in die 5 Kategorien wird für landwirtschaftliche Böden an Hand der Bodenzahlen der Bodenschätzung und für forstlich genutzte Böden mittels der aus den Forstlichen Standortskarten abgeleiteten Stammfruchtbarkeitsziffer vorgenommen.

#### *Biomassefunktion (Standort für Kulturpflanzen):*

Die Bewertung der Biomassefunktion erfolgt mittels der Bodenzahlen der Bodenschätzung für landwirtschaftliche Böden und für forstlich genutzte Böden durch die aus den Forstlichen Standortskarten abgeleiteten Stammfruchtbarkeitsziffern. Die von 0 bis 100 reichenden Zahlen der Bodenschätzung werden hierfür in 5 gleichmäßige Klassen eingeteilt, so daß die besten Böden (Kategorie 1) ab Bodenzahlen > 80 zu finden sind. Analog dazu wird für die forstlich genutzten Böden eine Skalierung der Stammfruchtbarkeitsziffern vorgenommen. Diese wurden zuvor den Bodenzahlen zugeordnet. Die höchste Einstufung erfolgt für Waldböden mit einer Stammfruchtbarkeitsziffer > 65.

### **2. Bewertung der Regelungsfunktion im Wasserhaushalt**

#### *Regelung von Oberflächenabfluß und Grundwasserneubildung:*

Die beiden Teilfunktionen der Regelungsfunktion im Wasserhaushalt werden gemeinsam bewertet, da für beide letztlich die gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) der maßgebliche Parameter ist. Hierzu werden zunächst die Bodenarten der Bodenschätzung an Hand der Literatur in die Terminologie der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA4) übersetzt. Diesen Bodenarten werden anschließend die in der KA4 ausgewiesenen kf-Werte zugeordnet. Auf Grund der sich dabei für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung ergebenden Verteilung

der kf-Werte werden die 5 Bewertungskategorien gebildet, wobei die höchsten Werte (> 100 cm/d) in die beste Kategorie eingestuft werden. Die so entstandenen kf-Wert-Klassen werden abschließend dem Acker- bzw. Grünlandschätzungsrahmen zugeordnet. Bei forstlich genutzten Böden erfolgt eine direkte Zuordnung der Bodenarten der Forstlichen Standortskartierung zu den 5 Kategorien der kf-Werte.

### **3. Bewertung der Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte**

Die Einstufung der Funktion als Archiv der Kulturgeschichte erfolgt danach, ob an dem betreffenden Standort ein Bodendenkmal im Sinne des Denkmalschutzgesetzes vorliegt oder nicht. Im Fall eines vorliegenden Denkmals wird der Boden mit 1 und andernfalls mit 5 klassifiziert. Für Böden, die z.B. auf Grund ihrer Seltenheit als Archiv der Naturgeschichte in Frage kommen, existiert zur Zeit noch keine rechtliche Handhabe. Sofern sie diese Bedeutung aufweisen werden diese dennoch in gleichartiger Weise in Kategorie 1 eingestuft, andernfalls in die Kategorie 5.

Das vorstehend skizzierte Bewertungssystem wird beispielhaft am Stadtkreis Magdeburg und dem angrenzenden Landkreis Jerichower Land angewendet. Hierzu werden die Klassenzeichen der Bodenschätzung in eine Datenbank aufgenommen und mit dem Geographischen Informationssystem ArcView weiter verarbeitet. Die Aufnahme der Daten und Darstellung der Ergebnisse erfolgt flächendeckend an Quadraten mit einer Kantenlänge von 250 m. Die Ergebnisse werden in Form von Rasterdaten im M. 1:100.000 dargestellt. Es wird die Klassifikation der Bodenfunktionen Biotisches Ertragspotential, Biotopfunktion und die Regelung im Wasserhaushalt entsprechend dem 5-stufigen Bewertungssystem abgebildet. Es erfolgt weiterhin eine Verschneidung der Ergebnisse nach dem Prinzip des „map overlay“ und eine Gesamtbewertung der Ergebnisse mit unterschiedlichen Wichtungen.

Als Resultat werden Karten hergestellt, in denen Gebiete ausgewiesen werden, die für den Bodenschutz wertvoller sind als andere. Des weiteren wird demonstriert, daß man durch das Setzen verschiedener Prioritäten zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt. Auf diese Weise wird nachgewiesen, daß die Bewertung der Bodenfunktionen auf Grundlage der Bodenschätzungsergebnisse ein zuverlässiges Instrument zur Planung der Landnutzung sind und sich die Anliegen des Flächenschutzes mit der vorgestellten Methode im Planungsprozess anschaulich, aussagekräftig und objektiv vertreten lassen.

## Summary

Building activity and the resulting consumption of soils is the most serious threat to this resource in Germany, where the expansion of settlements engulfs about 100 ha per day. In most cases this affects soils next to already settled areas, which tend to be the most fertile and, hence, the most valuable from an agricultural viewpoint.

Building on a soil withdraws it from other uses, so that the utilisation of other soil functions becomes impossible. The term "soil function" refers to a soil's use to humans and its role in natural processes. To which degree a soil fulfils the various functions determines its value.

Soil protection contains qualitative and quantitative aspects. The former aim to prevent or minimise a loss of soil quality due to chemical and physical burdens or erosion. The latter aim to prevent or regulate the consumption of soils, i. e. a loss of the amount of soil available for various purposes, and may be called "areal protection".

There are several factors, which can reduce soil quality, sometimes even seriously. However, in contrast to building activities, they do not necessarily lead to an irreversible loss of soil functions. Nevertheless, the laws and regulations dealing with soil protection are mainly concerned with preserving soil quality, which is also one of the principle subjects of classical soil science. Protecting soil quantity (areal protection) is barely mentioned.

Instruments for areal protection exist at various levels of land use planning. To apply them properly requires a method for the evaluation of soil functions, so that planners can decide how valuable the soils are at the site in question. No evaluation means giving all soils the same value, which in turn means that they do not figure in the decision making process.

From the above remarks, two key questions follow:

1. Which soil functions are worth being protected?
2. How can these functions be evaluated?

The German soil protection law summarises all important soil functions. It was therefore taken as the starting point to select the relevant functions. The functions mentioned therein were rearranged and those, whose utilisation would lead to a stress on or the consumption of a soil, were excluded from further treatment. In particular, the soil function "sink for pollutants", was discarded here. However, because it receives a lot of attention in other studies on soil protection, it was looked at briefly in the appendix. In the end the following functions were judged worthy of protection:

- site for plant growth in two sub-functions: development of natural vegetation  
biomass production
- water balance regulation in two sub-functions: regulation of surface runoff  
regulation of groundwater recharge
- archive for natural and cultural history

In the next step a useable methods for the evaluation of these three functions was developed. One of the basic requirements of the method is that it must be applicable to different landscapes and planning scales. Furthermore, the method must be reliable, objective and, because non-soil scientist will need to apply it, simple to use. Also, the required data must be easy to obtain and available for the whole state of Saxony-Anhalt.

Five categories were defined for each soil function, category 1 being the best and category 5 the worst. The soils are put into these categories according the degree to which they are able to fulfil the function in question.

For soils under agricultural use, maps from the German soil assessment (Bodenschätzung) were used as the data base. They are available for the whole of Saxony-Anhalt in a 1:10.000 scale, and easy to obtain. For soils under forest, the so called "Forstliche Standortskarten" (1:10.000 scale) were employed. In addition, maps of the potential natural vegetation were used. With these sources the aforementioned soil functions were evaluated as follows.

#### 1. Site for plant growth

##### *Development of natural vegetation*

The potential of a site to develop a valuable natural vegetation cannot be judged from the soils at the site alone. Therefore, this function was evaluated using the maps of the potential natural vegetation (1:50.000 scale), which exist for the entire state. The vegetation types shown in these maps had already been classified according to their value in the process of producing these maps. For the purpose at hand here, this classification was summarised into five categories. Vegetation types of at least statewide importance were put into category 1, those of merely local relevance into category 5.

In addition, a method was developed to identify extreme sites, which can carry rare vegetation types and are therefore usually very worthy of protection. For this, the so called soil numbers from the German soil assessment were used for agricultural sites and the so called stem fertility numbers from the "Forstliche Standortskarten" for forest sites.

### *Biomass production*

To evaluate this function, the just mentioned soil and stem fertility numbers were used. The soil numbers range from 0 to 100 and were divided into five even classes. Thus, the highest category is for soils with soil numbers > 80. Soils under forest were evaluated in a similar fashion using the stem fertility numbers. Since the range of these number is somewhat different, soils with a stem fertility number > 65 fall into category 1.

### 2. Water balance regulation

#### *Regulation of surface runoff and regulation of groundwater recharge*

Both sub-function are evaluated in the same manner, because both strongly depend on the hydraulic conductivity (kf) of the soil. First, the soil textures given in the German soil assessment were translated into the current terminology of the "mapping guideline for soil scientists" (KA 4). Then the kf-values from the KA 4 were assigned to the soils and grouped into five categories. Soils with kf > 100 cm/d fall into the best category. The same procedure was follow for soils under forest.

### 3. Archive for natural and cultural history

The evaluation as an archive for cultural history depends on whether there is something at the site, to which German monument protection laws apply. If there is, the soil is placed in category 1, if not, it is placed in category 5. At present, there are no comparable laws for soils, which are a valuable archive of natural history, e. g. rare soil types. Nevertheless, soils which have such a significance were place in category 1, all others in category 5.

The method of evaluation just described was exemplified for Jerichow county and the adjacent city of Magdeburg. This was carried out with the help of the ArcView geographic information system. The necessary data were entered as grid data, using a 250 m x 250 m spacing. The results were presented in a 1:100.000 scale. The soil (sub)functions "development of natural vegetation", "biomass production" and "water balance regulation" were evaluated individually. In addition, the results were combined using the method of map overlay to show the soil function with the highest category for each grid segment. Different weighting factors were used for that.

The maps produced delineate areas of greater and lesser importance for soil (aereal) protection. It was demonstrated, too, that the results differ, depending on the priorities awarded to the various soil functions. However, it was shown that evaluating the soil functions on the basis of the German soil assessment and the other data sources mentioned is a reliable instrument for land use planning and that the objectives of soil quantity protection can be achieved with the method presented here.

## 1. Einleitung

„Der Boden ist gleichwertig mit Luft und Wasser eine der wesentlichen Lebensgrundlagen der menschlichen, tierischen und pflanzlichen Existenz.“ Mit dieser oder ähnlich lautenden Thesen werden in der Regel Arbeiten und Texte mit Inhalten zum Bodenschutz eingeleitet (z.B. DITTERICH 1996, FOKUHL, 1994). Über die zentrale Stellung des Bodens in Ökosystemen und als Lebensgrundlage besteht ein breiter fachlicher und mittlerweile auch gesellschaftlicher Konsens (vgl. HULPKE et al. 1998).

Seit dem Erscheinen der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung (BMI 1985) wird in der Bundesrepublik Deutschland angestrebt, dem Boden als Schutzgut einen vergleichbaren Stellenwert wie anderen natürlichen Schutzgütern, z.B. Luft und Wasser zukommen zu lassen. Luft zum Atmen und Wasser als Lebensmittel sind mit größerer Selbstverständlichkeit und seit langem im Bewußtsein der Menschen verankert. So hat der Gewässerschutz in Deutschland eine alte Tradition. Ebenso die Luftreinhaltung, deren Geschichte auf der Gewerbeordnung des Norddeutschen Bundes von 1869 aufbaut (von LERSNER 1989). Die Böden erlangten erst relativ spät den Status einer gleichberechtigten Schutzwürdigkeit, da sie als Lebensgrundlage nur indirekt und daher abgeschwächt, z.B. als Basis der Lebensmittelproduktion, wahrgenommen wurden.

Die Umweltkompartimente Wasser und Luft werden im Bürgerlichen Recht als Allgemeingüter verstanden. Der Boden unterscheidet sich hiervon, daß er im Gegensatz dazu immer in Privat- oder öffentlichem Besitz ist. Er wird in Grundstücke unterteilt, die sich im Regelfall einem Eigentümer zuordnen lassen. Hieraus resultiert die Fehleinschätzung, die den Bodeneigentümern eine durchgreifende Fürsorge zum Schutz der Böden zu Gute hielt (DITTERICH 1996; HULPKE et al. 1998). Vor allem ist es aber die Komplexität des Bodens, welche aus der Vielzahl der Bodenformen und damit verbundenen Nutzungsmöglichkeiten und -ansprüchen herrührt, die ihn gegenüber den weiteren Schutzgütern abhebt.

Es existiert noch ein weiteres entscheidendes Merkmal, welches die Böden hinsichtlich ihrer Schutzwürdigkeit von Luft und Wasser unterscheidet und diese hervorhebt. Böden sind, in menschlichen Zeiträumen gemessen, nicht erneuerbar (vgl. Kap. 2.1). Dies unterstreicht ihr Schutzbedürfnis gegenüber der hierzulande konkretesten und kompromißlosesten Bedrohung, welche die Überbauung darstellt. Das Abgraben bzw. das Zubauen des Bodens unter Bauwerken verursacht einen Schaden, welcher als „Verbrauch“ der Ressource angesehen werden kann, da hierbei keine Nutzungsumkehr mehr möglich ist (vgl. SCHLICHTING 1986). Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkt das Wasser, so läßt sich dieses zwar kontaminieren und unbrauchbar machen, jedoch nicht endgültig verbrauchen, da der Wasserkreislauf und damit die ständige Erneuerung hiervon unberührt bleiben.

Das Ausmaß der Überbauung und damit der irreversiblen Vernichtung von Böden in Deutschland soll mit den folgenden Angaben unterlegt werden: ca. 11,5 % des Bundesgebiets werden als Siedlungs- und Verkehrsflächen genutzt, während in Großstadtreionen und Ballungsräumen Versiegelungsanteile von über 50 % anzutreffen sind (BMU 1995a). Das mittlere Wachstum der Siedlungsfläche betrug bis in die Mitte der 80er Jahre 113 ha/Tag (BMI 1985). Andere Befunde sind unterschiedlich und bewegen sich doch in der gleichen Größenordnung von 90 bis 120 ha/Tag (BMU 1996, SENING 1988, von MUTIUS 1990, DITTERICH 1996). Auf das Jahr umgerechnet entspricht dies ungefähr der Fläche des Bodensees. Die Ausweitung der Siedlungsflächen vollzog sich dabei überwiegend zu Lasten der landwirtschaftlichen Nutzflächen (BMI 1985). Der nahezu ungesteuerte Verbrauch an Bodenfläche in der Nachkriegszeit wird von HÜBLER (1983) mit diesem Vergleich betont: „... mit der Ressource Boden wurde in den letzten 30 Jahren umgegangen, wie es 100 oder 200 Generationen vor uns nicht geschafft haben.“ Von einer Verlangsamung des Landverbrauchs ist auch heute, mit rückläufiger Bevölkerungszahl, nicht auszugehen. Die Ausweitung bebauter Flächen geht vor allem auf das Konto von Gewerbe-, Industrie- und Verkehrsbauten und beruht nicht zuletzt auf der Zunahme der Wohnbebauung. Die Gründe für den weiter zunehmenden Wohnflächenbedarf liegen in abnehmenden Personenzahlen pro Haushalt, z.B. in der Zunahme von Einpersonenhaushalten sowie in steigender Beanspruchung an Wohnfläche pro Person. Sie sind weiter in städtebaulichen Maßnahmen wie Auflockerungen und ähnlichem mehr zu sehen (FISCHER 1986, BMI 1985).

Die Überbauung von Bodenfläche hat vielfältige Auswirkungen, u.a. auf den Natur- und Wasserhaushalt. Ein Aspekt unter mehreren ist die Nutzung des Bodens als Pflanzenstandort. Hierbei können mit einem Beispiel die Folgen des Flächenverbrauchs konkretisiert werden, und zwar indem man diesen zur landwirtschaftlichen Bodennutzung in Beziehung setzt. In Deutschland wurden im Jahr 1997 im bundesweiten Durchschnitt 64,7 dt Getreide pro ha geerntet (BML 1998). Bei der Annahme eines nach den oben genannten Zahlen als realistisch anzusehenden Landverbrauchs von 100 ha/Tag ergibt sich damit eine Verringerung im Potential zur jährlichen Weizenproduktion von 236.155 t. Angesichts der hohen Produktivität der Landwirtschaft und der Zunahme von Flächenstilllegungen in der EU sowie der stagnierenden bis rückläufigen Bevölkerungsentwicklung erscheint dies wenig dramatisch. Dagegen ist einzuwenden, daß dieser Zustand von den derzeitigen wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Verhältnissen geprägt ist, die auch wieder einer schnellen Wandlung unterliegen können. Beschränkt man diese Betrachtung nicht allein auf die Bundesrepublik Deutschland, sondern sieht die Nahrungsmittelproduktion im weltweiten Maßstab, so sind folgende Fakten zu berücksichtigen: Die globalen Getreidevorräte reichen für keine zwei Monate und die höchste Pro-Kopf-Getreideernte war 1984 erreicht. Dem steht das weltweite Bevölkerungswachstum entgegen. Die menschliche Population wächst zur

Zeit um 1,5 % jährlich und die Getreideproduktion nur um 0,5 % (MILLER & WALI 1995, POLLMER 1999).

Die große Bedeutung des Bodenschutzes als Flächenschutz läßt sich auf Grundlage des zuvor gesagten auf zwei wesentliche Gründe reduzieren. Es ist zum einen das erhebliche Ausmaß der bestehenden Flächenversiegelung in Zusammenhang mit ihrem weiteren Vorschreiten und zum anderen die Irreversibilität dieser Nutzungsänderung (vgl. Karte 5 im Anhang).

Das Ziel, den Schutz des Bodens praktisch umzusetzen, wird derzeit weitgehend übereinstimmend mit der Leitlinie verfolgt, daß die Leistungsfähigkeit des Bodens als natürliche Lebensgrundlage für Mensch, Tier und Pflanze nachhaltig erhalten werden soll (vgl. BMI 1985). Der Boden als ein Bestandteil der Natur ist zunächst ein wertfreies Objekt. Hinsichtlich eines Nutzungsanspruchs oder allein schon mit der Einführung des Begriffs der Leistungsfähigkeit wird aber eine Bewertung des Bodens notwendig. Ungeachtet des Selbstwerts des Bodens als Bestandteil von Natur und Landschaft wird diese Leistungsfähigkeit an Hand seiner gemeinschaftsbezogenen Funktionen beschrieben und der Versuch einer Quantifizierung gemacht. Mit dem Begriff der Bodenfunktionen wird mittlerweile in der Literatur wie auch der Gesetzgebung mit bodenschützendem Inhalt durchgehend gearbeitet (z.B. BUNDESGESETZGEBER 1998). Es werden damit die Nutzungsansprüche an das Schutzgut Boden und dessen Aufgaben im Naturhaushalt benannt. Mit den Bodenfunktionen werden also meßbare Kriterien zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit von Böden hervorgebracht.

Unter dem Sammelbegriff des Bodenschutzes werden eine Vielzahl von Umweltproblemen zusammengefaßt. Diese lassen sich mit MOSIMANN (1993) in zwei Bereiche gliedern. Zum einen ist dies der qualitative Bodenschutz, der auf die Reduzierung der stofflichen und mechanischen Belastungen des Bodens abzielt. Die andere Seite ist der Flächenschutz, mit dem der Flächenverbrauch vermindert bzw. gesteuert werden soll. Diese läßt sich als quantitativer Bodenschutz bezeichnen. Beiden Bereichen ist ihr vorsorgender Charakter gemeinsam, mit dem eine Erhaltung der Bodenfunktionen angestrebt wird. Ein Unterschied zwischen beiden Komplexen ist darin zu sehen, daß Bodenschutz im Sinne des Flächenschutzes mit den Mitteln der räumlichen Planung ausgeführt werden kann. Das Handlungsfeld des qualitativen Bodenschutzes beinhaltet dagegen die Einflüsse auf den Boden, die aus der Art und Intensität der Bodennutzung sowie den Immissionen resultieren (siehe Kap. 2).

Weiter läßt sich im Bodenschutz ein vorsorgender und nachsorgender Bereich unterscheiden. Als vorsorgend sind alle Bestrebungen zur Vermeidung jeglicher Bodenbelastung an-

zusehen, während der nachsorgende Bodenschutz die Sanierung von Bodenbelastungen betrifft. Es bedarf keiner weiteren Begründung, daß vorsorgende Schutzmaßnahmen sinnvoller als nachsorgende sind.

Den voranstehenden Ausführungen zufolge stellt der Flächenverbrauch wegen seiner Radikalität und Unumkehrbarkeit das drängendste Problem des Bodenschutzes dar. Die Planung von Flächennutzung und -verbrauch wird auf den verschiedenen Ebenen der räumlichen Planung verbindlich geregelt. Daher soll der Flächenschutz und dessen handliche Umsetzung in der Planung das Thema dieser Arbeit sein. Es wird dabei die Bearbeitung der zwei folgenden Fragen im Mittelpunkt stehen:

1. welche Bodenfunktionen sind sinnvoll als Kriterium zu verwenden um einen effektiven Bodenschutz als Flächenschutz durchführen zu können?
2. mit welchem Bewertungssystem kann dies geschehen?

Dabei ist es nicht das Anliegen dieser Arbeit die Planungsverfahren zu beurteilen. Diese werden nur insofern betrachtet, als Formulierungen zum Bodenschutz als Flächenschutz enthalten sind.

## 2. Früher Bodenschutz

In der Literatur zum Bodenschutz kommt das gesamte Spektrum schädlicher Einwirkungen auf den Boden zur Sprache. Im folgenden wird deshalb ein Überblick über die drei wesentlichen Themen der früheren Bodenschutzbestrebungen gegeben. Diese sind die Bodenerosion sowie die mechanischen und stofflichen Belastungen. Diese drei klassischen Themen werden in Form eines kurzen Abrisses vorgestellt, um anschließend die früheren Bestrebungen zum Bodenschutz in Deutschland darzulegen.

### 2.1 Bodenerosion

Die Bodenerosion oder der Bodenabtrag gehören zu den nachhaltigen und kaum wieder gutzumachenden Schäden, welche dem Boden bzw. der Bodenfruchtbarkeit zugefügt werden können. Der Verlust von fruchtbarem Oberboden bedeutet für den Pflanzenstandort in der Regel eine Verringerung des Wurzelraums sowie eine Verschlechterung der Nährstoffversorgung und des Wasserhaushalts. Die Vermeidung dieser Schäden wird als klassisches Thema in der bodenkundlichen Literatur unter dem Begriff der Bodenerhaltung behandelt. Hierunter wird die Erhaltung der natürlichen Fruchtbarkeit oder Ertragsleistung des Bodens verstanden (MÜCKENHAUSEN 1982).

Die Schädigungen durch Bodenerosion sind angesichts der langen Zeitdauer der Bodenbildung irreversibel. Für die meisten unserer rezenten Böden muß von einer das gesamte Holozän umfassenden Entwicklungszeit ausgegangen werden. Die Böden sind zudem im Regelfall in glazialen Sedimenten und in periglazial aufbereitetem Gesteinsmaterial entstanden. D.h., daß es für die Neuentstehung eines komplett verlorengegangenen Bodenprofils nicht nur eine etwa 10.000-jährige Entwicklungsdauer sondern auch noch eine dem vorausgehende Kaltzeit mit entsprechender Sedimentation und Gesteinsaufbereitung benötigen würde (vgl. SCHILLING & WIEFEL 1962, SEMMEL 1964).

Die Erscheinungsformen der Bodenerosion werden grob untergliedert nach ihrer Entstehung durch Wasser oder durch Wind. Für den durch Wind hervorgerufenen Bodenabtrag sind die Windgeschwindigkeit und die Bodenart von größter Bedeutung. Die Faktoren, welche den Bodenabtrag durch Wasser maßgeblich beeinflussen werden in der allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) von WISCHMEIER & SMITH (1978) aufgeführt. Eine Grundvoraussetzung für das Auftreten jeglicher Bodenerosion ist eine lückenhafte oder fehlende Vegetationsdecke, so daß in Deutschland, abgesehen vom Hochgebirge, fast ausschließlich die ackerbaulich genutzten Böden davon betroffen sind.

Wenngleich die Bodenerosion in Mitteleuropa wegen der vorherrschenden klimatischen Bedingungen eine vergleichsweise geringe Bedeutung hat, so begann man sich auch hierzulande vor etlichen Jahren eingehend mit diesem Problem zu beschäftigen. Dies geschah unter dem Eindruck ihrer in jüngerer Zeit aufgetretenen und verheerenden Folgeerscheinungen in den USA (BREBURDA 1983, DIEZ 1983). Im Zuge der Besiedlung Nordamerikas wurden seit dem 17. Jhdt. vorher ungeschädigte Wald- und Steppenregionen in Acker- und Weideland umgewandelt. Als Konsequenz einer hemmungslosen Landnutzung kam es dann am Ende des 19. und vor allem in den 30er Jahren dieses Jahrhunderts zu verheerender Bodenerosion (SEMPLE 1937). In der Reaktion hierauf gab es Anstöße für die wissenschaftliche Untersuchung dieser Phänomene sowie die Entwicklung von Bodenerhaltungsprogrammen, was auch in Deutschland dazu geführt hat, sich mit dieser Frage zu befassen (vgl. BREBURDA 1983).

Wegen der hohen Bedeutung, die der Bodenerosion auch heute noch in der landwirtschaftlichen Praxis zugemessen wird, hat sie einen entsprechend festen Platz in aktuellen Arbeiten zum Bodenschutz. So fließt bei BAUER et al. (1997) die aktuelle Erosionsgefährdung als Kennwert der Empfindlichkeit des Bodens in dessen Gesamtbewertung ein. Die Bewertung geschieht mit dem Ziel, die Aspekte des Bodenschutzes im Planungsverfahren zu berücksichtigen. Die Wichtigkeit der Bodenerosion findet auch ihren Niederschlag in der Gesetzgebung zum Bodenschutz (siehe Kap. 2.4).

## 2.2 Mechanische Belastungen

Die ungewollte und übermäßige Verdichtung des Bodens tritt als mechanische Schädigung in Folge des Befahrens, Betretens und der Bearbeitung auf. Bei der Verdichtung des Bodens erfolgt eine Zunahme der Lagerungsdichte bzw. eine Verringerung des Porenvolumens. Die physikalischen Ursachen der Bodenverdichtung sind Druckbelastungen und Scherbeanspruchungen, die über die Tragfähigkeit bzw. Scherfestigkeit des Bodens hinausgehen (SOMMER 1985).

Nach der Angabe von BECKER et al. (1983) hat in den land- und auch forstwirtschaftlichen Betrieben seit Anfang der 70er Jahre die Traktoranspannung erheblich zugenommen. Es werden seitdem schwerere Bearbeitungsgeräte und Ackerfahrzeuge genutzt. Die Bodenbearbeitung wurde tiefergehend und zudem bei fast jedem Feuchtezustand möglich, was vielerorts zu einer Zunahme der Bodenverdichtung geführt hat.

Die unerwünschten Bodenverdichtungen sind eine zwangsläufige Folge der Bewirtschaftung, da die beiden Teilziele der Bearbeitung des Bodens im optimalen Zustand und zum

optimalen Zeitpunkt nicht immer realisiert werden können. Die Häufigkeit, Ausdehnung und Intensität der Verdichtungen stehen in einer engen Beziehung zur Bewirtschaftungs- und Nutzungsintensität sowie der bodenbürtigen Verdichtungsempfindlichkeit, welche maßgeblich von der Textur und Struktur des Bodens und weiterer damit zusammenhängender Parameter beeinflusst wird. Letztlich entscheidend ist der Feuchtezustand des Bodens. Böden mit plastischer Konsistenz sind unter Druck besonders leicht verformbar und kehren nach Druckentlastung nicht wieder in den Ausgangszustand zurück. Das Wasserhaltevermögen sowie die Konsistenz in Abhängigkeit vom Wassergehalt sind wiederum von der Textur abhängig (SOMMER 1985, SOMMER 1975, HANUS 1990).

Durch die als Ergebnis der Bodenverdichtung auftretende Verringerung des Porenvolumens werden verschiedene Bodeneigenschaften negativ beeinflusst. Im wesentlichen betrifft dies den Wasser- und Lufthaushalt. Bei der Verringerung des Anteils der luftführenden Grobporen werden Luftvolumen und Luftaustausch und damit die Sauerstoffversorgung der Pflanzenwurzeln verschlechtert. Durch die Erhöhung der Lagerungsdichte kann die Durchwurzelbarkeit auch mechanisch eingeschränkt werden. Die Abnahme der Grobporen führt einerseits zu einer verminderten Infiltration des Niederschlagswassers, wodurch der Oberflächenabfluß und damit die Gefahr der Bodenerosion zunimmt. Zum anderen wird dabei die Pflanzenverfügbarkeit des Bodenwassers herabgesetzt. In der Summe dieser Einflüsse ergeben sich schlechtere Keim- und Wachstumsbedingungen für die Pflanzen. Es wird letztlich die Bodenfruchtbarkeit beschädigt und mit Ertragsminderungen muß gerechnet werden (SOMMER & ALTEMÜLLER 1982, KRÜGER 1970, DUMBECK & HARRACH, 1985).

Wegen der bleibenden Aktualität der mechanischen Bodenbeeinträchtigungen wird die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens häufig in aktuellen Arbeiten zum Bodenschutz als Kennwert verwendet. Hierzu zwei Beispiele. Von FLÖRKEMEIER (1993) werden Gruppen von Bodentypen an Hand der Bodenarten hinsichtlich ihrer Verdichtungsempfindlichkeit klassifiziert. Von ÖKOTEC (1995) werden mittels der Bodenart und Angaben über die Wasserhältnisse der potentielle Verdichtungswiderstand bzw. die potentielle Verdichtungsempfindlichkeit bewertet.

Aus der im Zusammenhang mit der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung fortbestehenden Gefährdung der Böden durch mechanische Belastungen resultiert die Berücksichtigung dieser Problematik in den gesetzlichen Regelungen. Die ungewollte Verdichtung von Böden hat darin den gleichen Stellenwert wie die Bodenerosion (siehe Kap. 2.4).

### 2.3 Stoffliche Belastungen

Durch die industriellen und landwirtschaftlichen Produktionsmethoden der heutigen Gesellschaft sind die Böden in starkem Maße den Einträgen von anorganischen und organischen Schadstoffen ausgesetzt. Diese können aus unterschiedlichen anthropogenen Quellen als gasförmige, flüssige oder feste Stoffe in die Böden gelangen. Sie können weiter nach der Emissionsquelle differenziert werden und danach ob sie unbeabsichtigt, z.B. über die Luft, in den Boden gelangen oder bewußt aufgebracht werden wie z.B. Pflanzenschutzmittel. Ein Teil der eingetragenen Substanzen wirkt als Nährstoff oder kann als Spurennährelement eine ernährungsphysiologische Bedeutung haben. Andere dagegen haben keinen Wert für die pflanzliche, tierische oder menschliche Ernährung. Das Überschreiten bestimmter Konzentrationen dieser Elemente, sowohl der Schad- als auch der Nährstoffe, bewirkt Schädwirkungen im Boden, die sich negativ auf Pflanzenwachstum, die Erträge sowie andere Bodenfunktionen auswirken. Um dem zu begegnen und Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu vermeiden wurden in Deutschland wie auch in der EG eine Reihe von Grenz- und Richtwerten für tolerierbare Schadstoffgehalte in Böden erlassen (SCHACHTSCHABEL et al. 1998, von LERSNER 1989).

Der Boden fungiert gegenüber den Schadstoffen, gleich welcher Herkunft, als Filter-, Puffer und Transformatorsystem. Das Verhalten sämtlicher Stoffe im Boden läßt sich nach dieser Auflistung in drei wesentliche Teilprozesse gliedern. Erstens in die mechanische Filterung fester Substanzen. Dies ist ein rein physikalischer Vorgang, dessen Wirksamkeit von der Teilchen- bzw. Porengröße abhängt. Der zweite Teilprozeß ist die Adsorption und Desorption. Die Adsorptions- und Desorptionseigenschaften des Bodens bestimmen maßgeblich die Anlagerung und Freisetzung aller Elemente im Boden. Durch die Adsorption der gelösten Schadstoffe an den mineralischen und organischen Bodenkolloiden können diese immobilisiert werden. Durch Desorption, die in diesem Zusammenhang unerwünscht ist, können diese wieder freigesetzt werden. Der dritte Mechanismus ist die mikrobielle Stoffumsetzung. Bei der mikrobiellen Umsetzung oder auch Transformation werden organische Schadstoffe durch den Einfluß der Bodenorganismen zu anderen Verbindungen umgewandelt. Durch die drei Vorgänge können die gelösten und suspendierten Stoffe weitgehend gebunden und somit dem Wasserkreislauf und der Aufnahme durch die Pflanzenwurzeln entzogen werden (HÖLSCHER & WALTHER 1985).

Die Kapazität des Bodens zur Immobilisierung von Schadstoffen ist jedoch begrenzt. Z.B. können Schwermetalle in Oberböden durch Adsorption angereichert werden. Bei Überschreiten des spezifischen Adsorptionsvermögens gehen die Metallionen aber in die Bodenlösung über, werden damit pflanzenverfügbar und können verlagert werden (HERMS & BRÜMMER 1980). Durch die mikrobielle Stoffumsetzung kann es zu einer biotischen Ak-

kumulation von Schwermetallen kommen. Nach biochemischen Abbauprozessen werden diese dann wieder freigesetzt (HÖLSCHER & WALTHER 1985).

## 2.4 Maßnahmen zur Umsetzung des frühen Bodenschutzes

Entsprechend dem hohen Stellenwert, den die Bodenerosion als mögliche Bodengefährdung hat, wird im Bundes-Bodenschutzgesetz (BUNDESGESETZGEBER 1998) im vierten Teil zur landwirtschaftlichen Bodennutzung unter §17 die „...nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens...“ gefordert, wobei neben anderem die Bodenabträge durch eine standortangepaßte Nutzung, vermieden werden sollen. In diesem Paragraphen werden die mechanischen Belastungen gleichwertig bedacht. Es wird bemerkt, daß Bodenverdichtungen, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, so weit wie möglich vermieden werden sollen.

Die Bodenerosion fand zuvor schon in älteren Konzeptionen zum Bodenschutz eine vorrangige Beachtung. Aus LESCHBER (1992) und MOSIMANN (1993) sind die folgenden Angaben zu den Inhalten von Bodenschutzverkündigungen zu entnehmen: Mit der Deklaration der Europäischen Bodencharta durch den Europarat 1972 wurden zum ersten Mal die Anliegen des Bodenschutzes auf politischer Ebene formuliert. Darin wird der Schutz des Bodens vor Erosion und vor Verunreinigungen gefordert. Die mechanischen Belastungen sind in der allgemein gehaltenen Forderung einbegriffen, nach der in der Land- und Forstwirtschaft Verfahren anzuwenden sind, bei denen die Bodenqualität erhalten bleibt.

Im Kolloquium des Bundesgesundheitsamtes von 1982 zu Strategien des Bodenschutzes wurden als wichtige Themen die Bekämpfung der Bodenerosion und der Bodenverdichtung genannt. Als weiteres wichtiges Thema wurde auf die Gefährdung des Bodens durch luftgetragene Schadstoffe, Abwasser und Abfall hingewiesen.

Im gleichen Sinne wie das Bundesgesundheitsamt hat auch die Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung (BMI 1985) die Bekämpfung der Bodenerosion und die Vermeidung von Bodenverdichtungen in ihrem Programm. Ein Schwerpunkt der Bodenschutzkonzeption sind aber die stofflichen Belastungen. So wird der Eintrag, die mögliche Anreicherung sowie der Austrag von Stoffen als Gefahrenpotential benannt und die Minimierung von qualitativ oder quantitativ problematischen Stoffeinträgen aus allen denkbaren Immissionsquellen gefordert. Als Ziel wird eine Minderung dieser Einträge bis zur Einstellung eines Gleichgewichts auf niedrigem Niveau genannt, um so die Anreicherungen im Boden unter der Gefahrenschwelle zu halten.

Die stofflichen Belastungen des Bodens werden im Bundes-Bodenschutzgesetz (BUNDESGESETZGEBER 1998) primär im Zusammenhang mit Altlasten erwähnt, was hier aber nicht weiter ausgebreitet werden soll, da es sich dabei um nachsorgenden Bodenschutz handelt. Bodenbelastungen durch Schadstoffe werden in diesem Gesetz nur insofern berücksichtigt als auf die weitere Gesetzgebung mit bodenschützendem Inhalt verwiesen wird. In §3, der Beschreibung des Anwendungsbereichs dieses Gesetzes, wird klargestellt, daß sich die Anwendung nur auf schädliche Bodenveränderungen bezieht, die auf einer Bodennutzung oder wirtschaftlichen Tätigkeit sowie auf Altlasten beruhen. Es wird weiter festgehalten, daß das Gesetz keine Anwendung findet bei den Vorschriften des Abfall-, des Düngemittel- und Pflanzenschutzrechts sowie einer langen Reihe weiterer Rechtsverordnungen. In Absatz 4 des §3 wird ausgeführt, daß schädliche Bodenveränderungen, soweit sie durch Immissionen verursacht werden, als schädliche Umwelteinwirkungen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz gelten.

Die Gefährdungen des Bodens durch Schadstoffeintrag fanden schon relativ früh Berücksichtigung in Gesetzen, durch die der Boden unmittelbar geschützt werden soll. Nachfolgend wird eine Auswahl markanter Beispiele zitiert, die als erste auf den Weg gebracht wurden: Das erste Abfallgesetz des Bundes von 1972; das Düngemittelgesetz von 1977; das Chemikaliengesetz von 1980; die erste Klärschlammverordnung von 1982; (von LERSNER 1989, LESCHBER 1992, vgl. von MUTIUS 1990).

Wenn diesen frühen Manifesten auch keine rechtliche Verbindlichkeit und rechte Durchschlagskraft gegeben war, so sind sie dennoch der Ausdruck für das aufkommende Bewußtsein für die Notwendigkeit des Bodenschutzes, das nach entsprechender Latenz in der Verabschiedung des Bundes-Bodenschutzgesetzes mündete. Das Problembewußtsein für einen intensiven Bodenschutz war also entwickelt. Es hat sich aber bis in die heutige Zeit eine Tendenz herausgebildet, nach welcher der Schwerpunkt der Bodenschutzbestrebungen in der Vermeidung von stofflichen und mechanischen Belastungen sowie des Bodenabtrags belassen wurde. Von FISCHER (1986: 25) wird diesbezüglich für die Mitte der 80er Jahre eine differenziertere Behandlung des Problembereichs Boden als in den Jahren zuvor konstatiert. Er führt aus, daß „sich der Blickwinkel von der mehr quantitativen zu einer qualitativen Betrachtungsweise erweitert, es wird weniger über Flächenvergeudung und Baulandmangel als über Schadstoffbelastungen und Bodenfruchtbarkeit diskutiert.“ An dieser Feststellung wird offenkundig, daß der Flächenverbrauch schon früher einmal zur Diskussion stand, was aber folgenlos blieb. Im Gegensatz dazu sind die stofflichen Belastungen des Bodens in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Ein Beispiel für die vorherrschende Sichtweise sind die Ausführungen zum Bodenschutz als umweltpolitische Aufgabe in von LERSNER (1989). Hierin wird die Überbauung von Böden zwar auch als drän-

gendes Problem dargestellt, die anschließenden Erörterungen des Aufsatzes beziehen sich jedoch fast nur auf die stofflichen Belastungen.

## 2.5 Fazit

Betrachtet man die in diesem Kapitel dargestellten Bodenbelastungen im Verhältnis zum Problem des Flächenverbrauchs in Deutschland, so relativiert sich deren Bedeutung. Die zuvor beschriebenen Belastungen existieren zwar und es soll nicht in Frage gestellt werden, daß die Böden in Deutschland vor Kontamination, mechanischer Belastung und Erosion geschützt werden müssen. Es kann aber davon ausgegangen werden, daß auf der Mehrzahl der landwirtschaftlich und anderweitig genutzten Böden die Probleme einer irreversiblen Schädigung hierdurch nicht auftreten und auch in dieser Weise keine zukünftige Bedrohung darstellen werden. Im Verhältnis dazu kann die Gefährdung der Böden durch Überbauung insofern ähnlich betrachtet werden, als die Mehrzahl davon nicht betroffen ist. Wenn 11,5 % des Bundesgebiets mit Siedlungs- und Verkehrsflächen überbaut sind, so heißt das auch, daß 88,5 % unversiegelt sind. Unbestritten ist aber das Voranschreiten des Flächenverbrauchs, und in dem Moment, in dem dieser eintritt, ist die Schädigung unwiderruflich. Es gibt dabei auf die betroffene Fläche bezogen keine schleichende Schädigung, sondern nur eine Ja- oder Nein-Entscheidung. Das heißt, daß ein Boden, welcher der Versiegelung anheimfällt, von diesem Zeitpunkt an, auch für die Zukunft, für fast alle anderen Nutzungen ausfällt. Der Verlust des Bodenprofils durch Überbauung kann auch nicht durch eine spätere Entsiegelung ausgeglichen werden, da dieses im Zuge der Bauarbeiten im Regelfall abgegraben, zumindest aber durchmischt und verdichtet wurde. Was im Zuge einer Entsiegelung wieder freigelegt werden kann ist bestenfalls das Ausgangsmaterial der Bodenbildung, welches nicht annähernd die physikalischen und chemischen Eigenschaften des im Lauf des Holozäns darin entstandenen Bodenprofils aufweist.

Zwischen den schwach vertretenen Anliegen des Flächenschutzes und den bereits etablierten Bodenschutzzielen besteht der folgende Unterschied: Während, wie oben gesagt, der von Überbauung betroffene Boden sofort für jede andere Nutzung ausfällt, ist im Gegensatz dazu die Schädigung durch Stoffeinträge, mechanische Belastungen oder Erosion im Normalfall schleichend. Die weitere Nutzung der davon betroffenen Böden wird dadurch höchstens qualitativ eingeschränkt, ist aber im Normalfall noch weiter möglich.

Das allgemeine umweltpolitische Problembewußtsein verhält sich dieser Tatsache gegenüber diametral entgegengesetzt. Während z.B. die meisten Formen des Schadstoffeintrags als dramatisch und bekämpfenswert angesehen werden, wird der Flächenverbrauch dagegen kaum wahrgenommen.

Mit den herkömmlichen Bodenschutzzielen wird also mehr gefordert und auch durchgesetzt als dies im Bereich des Flächenschutzes geschieht. Im Sinne der umfassenden Bodenerhaltung wird damit aber letztlich weniger verhindert. Die existierenden Gesetze zum Bodenschutz sind zwar notwendig, haben im Gesamtzusammenhang aber nur den Charakter von Alibiregelungen, da einem überbauten Boden auch kein Schadstoffgrenzwert mehr weiterhilft. Dieser Zustand läßt sich mit dem Bild eines Menschen verdeutlichen, der an Organversagen stirbt und zu Lebzeiten nur gegen Karies behandelt wurde. Daher ist Bodenschutz ohne die ausreichende Einbeziehung des Flächenschutzes ein halbherziges Unterfangen.

Am Beispiel einer gedachten Gemeinde wird dieser Zwiespalt deutlich. Bei der Bewirtschaftung der Ackerflächen sollen die Regeln der „ordnungsgemäßen Landwirtschaft“ eingehalten werden um Bodenerosion und mechanische Schäden zu vermeiden, weiter werden die Schadstoffeinträge durch Immissionen, Pflanzenschutzmittel, die Vermeidung von Klärschlammaufbringungen und ähnlichem mehr unter Einhaltung der bestehenden Gesetze so gering wie möglich gehalten. Alles dies ist notwendig zur Erhaltung der Bodenqualität. Würden die bestehenden Regeln im Einzelfall nicht eingehalten, so wären unter Umständen, aber nicht mit Sicherheit, graduelle Einbußen in der Bodenqualität oder -nutzung die Folge. Realistische Beispiele wären die Schädigung der Bodenbiologie durch Pflanzenschutzmittel oder der Ausfall von Saatgut durch Bodenerosion. Die Mehrzahl der vorstellbaren Beeinträchtigungen wäre allerdings reversibel oder es bestände die Möglichkeit, den Fortgang der Schädigung zu unterbrechen. Nichtsdestotrotz ist der Schutz des Bodens vor den genannten Beeinträchtigungen notwendig um einer schleichenden Schädigung vorzubeugen, so daß auch in ferner Zukunft eine Inanspruchnahme der etwa gleichen Bodenqualität möglich ist. Dieses Prinzip wird in dem Begriff der Nachhaltigkeit zusammengefaßt.

In der Gemarkung der gleichen Gemeinde, in welcher ein vorbildlich pfleglicher Umgang mit dem Schutzgut Boden betrieben wird, ist es nun rechtlich möglich, einen Großteil der naturnahen Böden zu überbauen. Dies ist im Sinne des Bodenschutzes widersprüchlich, da hiermit ein irreparabler Verlust von 100 % der Bodenqualität in Kauf genommen wird. Während sich an anderer Stelle und zu gleicher Zeit in der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung geübt wird, ist auf dem Nachbargrundstück, am Ort der Bebauung, nur die Schädigung nachhaltig. Der Bodenschutz als Ganzes, d.h. sowohl qualitativ als auch quantitativ, hat in diesem Fall sein Ziel nicht erreicht. Die Konsequenz hieraus soll nun nicht die Forderung nach einer Lockerung des qualitativen Bodenschutzes sein. Es ist, im Gegenteil, eine Verbesserung der Stellung des Bodenschutzes als Flächenschutz angebracht, um so den Bodenschutz in seiner Gesamtheit glaubwürdiger zu machen, wodurch auch indirekt die qualitativen Schutzmaßnahmen eine Aufwertung erfahren würden.

### 3. Bodenschutz als Flächenschutz in Deutschland

Während im vorherigen Kapitel eine kurze Charakterisierung der konventionellen Themen des Bodenschutzes und seiner Ansätze zur Umsetzung mit den dabei auftretenden Hindernissen erfolgte, so soll nachfolgend der Gegenstand dieser Arbeit, der Bodenschutz als Flächenschutz unter dem gleichen Blickwinkel dargestellt werden.

#### 3.1 Frühe Ansätze

Die Beanspruchung der Böden durch Überbauung für die verschiedensten Zwecke und der damit verbundene Ausschluß von anderen Nutzungsmöglichkeiten wird in der Literatur mit den Begriffen Boden-, Flächen- oder Landschaftsverbrauch bezeichnet. Diese Terminologie trifft die Sachlage jedoch nicht exakt, da Fläche und Landschaft in keinem und der Boden nur in Ausnahmefällen „verbraucht“ werden können. Was vielmehr zutrifft ist der Nutzungswandel, eine Änderung der Beanspruchung von Boden, Fläche und Landschaft, der sich auf den Naturhaushalt, die gleichzeitigen und zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten auswirkt und entsprechend im Erscheinungsbild äußert (vgl. HÜBLER 1983, SENING 1988). Da diese Begrifflichkeiten eingebürgert sind und damit auch zutreffend der negative Charakter der Überbauung von Böden getroffen wird, werden diese auch im vorliegenden Text verwendet. Konsequenterweise und in Abgrenzung zu den in Kap. 2 genannten Bodenbelastungen wird die Problematik mit Bodenschutz als Flächenschutz überschrieben.

Es bestehen hierzulande seit mindestens 1960 Gesetze, wie z.B. das BBauG mit Regelungen zur Notwendigkeit des sparsamen Umgangs mit der Ressource Boden (HÜBLER 1983). Weitere Rechtsbereiche mit Beiträgen zum Bodenschutz als Flächenschutz sind das Bauplanungs- und Raumordnungsgesetz sowie die flächenbezogenen Teile des Forst-, Naturschutz- und Wasserrechts (SENING 1988). Auch das Abfallgesetz aus dem Jahr 1986, mit dem u.a. der Landverbrauch für Deponien verringert werden soll, ist als indirekter Beitrag zum Flächenschutz zu sehen (LESCHBER 1992). Dem steht ein nahezu ungebremster Verbrauch an Flächen für Siedlung, Gewerbe, Industrie und Verkehr gegenüber (siehe Kap.1, Zahlenangaben hierzu in BMI 1985, FISCHER 1986, von LERSNER 1989, von MUTIUS 1990).

Es besteht also offensichtlich eine Fülle an gesetzlichen Regelungen. Diese sind jedoch weitgehend ohne den beabsichtigten Effekt geblieben. Der Verbrauch an Bodenflächen geht trotz des umfangreichen Regelwerks nahezu ungesteuert weiter (HÜBLER 1983). Die Frage, warum diese weitgehend ohne die beabsichtigte Wirksamkeit geblieben sind ist in einer geringen Verbindlichkeit und Stringenz der Ausrichtung zu sehen. So werden die Ge-

meinden in der Bodenschutzklausel des §1a BauGB lediglich mit folgender Formulierung zum Bodenschutz verpflichtet: „Mit Grund und Boden soll sparsam und schonend umgegangen werden, dabei sind Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen“ (MRU LSA 1998). Mit der ersten Hälfte dieses Satzes wird die Erfordernis festgestellt, die in der zweiten Hälfte durch den konsensfreudigen Wortlaut wieder abgeschwächt wird. Obgleich der Schutz des Bodens nach von LERSNER (1989) ein hervorgehobenes Ziel der Bauleitplanung ist, wird das oben zitierte Gebot als Sollvorschrift abgeschwächt.

Die Mechanismen der Uneffektivität der boden- bzw. flächenschutzrelevanten Gesetze lassen sich als Beispiel an den Begriffen des Planungsermessens und der Planungshoheit darstellen. Das Planungsermessen der Verwaltung wirkt sich wie folgt bodenschutzverhindernd aus: Eine Planung muß nach der ständigen Rechtsprechung alle von ihr berührten Belange würdigen und zu einem gerechten Ausgleich untereinander bringen. Im Nutzungskonflikt stehen nun die ökologischen Belange den ökonomischen gegenüber und werden gleich behandelt. Die ersteren werden nun im Regelfall in der Verwaltungspraxis gewürdigt, im Ergebnis aber meistens hinter den sozioökonomischen Belangen zurückgestellt, da diese nach allgemeiner Meinung im öffentlichen Interesse liegen (SENING 1988). Das Optimierungsgebot des Baugesetzbuches, mit dem Boden sparsam umzugehen, ist für die Planungspraxis unzureichend. Nach LABO (1995) ist der Umwidmungsdruck oft derart groß, „daß es vielfach nur einer besonderen (zusätzlichen) Begründung des Plangebers bedarf, um Flächenumwidmungen in großem Umfang durchzuführen.“ Es besteht von den privaten Grundstücksbesitzern immer und häufig auch von kommunaler Seite das größte Interesse an einer Flächenumwidmung, da hiermit die größten Profite erzielt werden können. Letztlich ist dies der Grund für den Nutzungskonflikt, in dem sich immer die vermeintlich höherwertige, die ökonomisch erfolgversprechendere Nutzungsart durchsetzt. Von HÜBLER (1983) wird dieser Zustand polemisch und treffend mit der „berühmten rheinischen Fruchtfolge Zuckerrüben - Kiesgrube - Bauland“ illustriert, welcher der Boden zugeführt wird.

Rein juristisch betrachtet wirkt sich auch die planerische Gestaltungsfreiheit der kommunalen Selbstverwaltung als ein Verhängnis für den Bodenschutz aus. Durch die kommunale Planungshoheit wird den Gemeinden das Recht gegeben, ihre bauliche Entwicklung nach innen wie nach außen zu bestimmen; es besteht also das Recht auf Siedlungserweiterung. Das hat zur Folge, daß der auf höherer Verwaltungsebene angesiedelten Raumordnung und Landschaftsplanung die Hände gebunden sind. Gleichfalls können Landschaftsschutzverordnungen als entgegenstehendes Recht, die eine Expansion der Gemeinde nach außen verhindern könnten, durch diese einfach aufgehoben werden. Die Gemeinden haben somit die Möglichkeit auf Ausdehnung ihrer Siedlungsfläche, auch wenn dies überörtlichen Interessen am Landschaftsschutz gegenübersteht (SENING 1988).

Die vorstehend skizzierte Unwirksamkeit der bodenschützenden Gesetzgebung wird von FISCHER (1986) wie folgt veranschaulicht: Ein Bürger unterliegt bei der Art und dem Maß der Bebauung seines Grundstücks selbstverständlicherweise rechtlichen Beschränkungen. Dies gilt keineswegs in kommunaler Hinsicht, da eine Gemeinde unter der Beachtungspflicht des Raumordnungsgesetzes und der Anpassungspflicht gemäß dem Bundesbaugesetz ihre Gemarkungsfläche prinzipiell so nutzen kann, wie es ihr zweckdienlich erscheint. Während es für einen einzelnen selbstverständlich ist, daß er bei der Nutzung seines Grundstücks Grenzabstände einhalten muß, gilt dies keineswegs für eine Gemeinde, die ihre Gemarkung im Prinzip vollständig nutzen und bis zur Grenze der Nachbargemeinde überbauen kann.

Es bleibt die Frage offen, mit welchem Planungsinstrumentarium sich ein verbindlicher Bodenschutz als Flächenschutz realisieren läßt. Die Möglichkeiten der raumplanerischen Steuerung, mit denen dem Bodenverbrauch entgegengewirkt werden kann existieren auf verschiedenen Ebenen. In Kap. 3.5 werden die in Sachsen-Anhalt für die verschiedenen Maßstäbe und Verwaltungseinheiten bestehenden Planungsinstrumente aufgelistet.

Von FISCHER (1986) wird der Status der verschiedenen Planungsebenen folgendermaßen charakterisiert. Die raumplanerischen Steuerungsmöglichkeiten sind auf der Bundes- und Landesebene mehr konzeptuell und auf der Regionsebene mehr prozeßbegleitend, auf der kommunalen Ebene dagegen durchsetzungsorientiert. Der Autor konstatiert für die Mitte der 80er Jahre weiter, daß es den Boden- und Flächenschutz betreffend zwar förmliche Grundsätze und Zielvorstellungen aber kein quantifiziertes Regelwerk gibt, das Fehlentwicklungen vorbeugt und Belastungsgrenzen signalisiert. Dem Planungsträger fehlen die Anhaltspunkte und Richtwerte und es gibt keine ordnungsrechtlichen Möglichkeiten zur Umsetzung flächenschonender Maßnahmen (LABO 1995).

Als Reaktion auf den zuvor beschriebenen Zustand war in Deutschland der erste Ansatz zur Umsetzung eines landesweiten Bodenschutzes in der Planungspraxis die Konzeption des Landes Baden-Württemberg (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1994). Dieser Leitfaden wird in Anlage 6 vorgestellt.

### **3.2 Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung 1985**

Im Arbeitsauftrag der Konzeption wird festgehalten, daß der Schutz des Bodens ein Schwerpunkt der Umweltpolitik der Bundesregierung ist und die vielfältigen Einwirkungen auf den Boden eine Schutzkonzeption u.a. im Hinblick auf „Belastungen der Bodenfläche

durch Landschaftsverbrauch, wie unbedachte Inanspruchnahme natürlicher oder naturnah genutzter Flächen für Siedlung, Industrie und Verkehr“ verlangen.

Unter den Leitlinien des Bodenschutzes werden Gefahrenpotentiale genannt, wozu die Bebauung und Zerschneidung von Freiräumen sowie die Reduzierung besonders wertvoller Bodenflächen gehören. Als zentraler Handlungsansatz wird eine Trendwende im Landverbrauch gefordert, diese schließt die folgenden Aspekte ein:

- eine stärkere Anpassung der Bodennutzungen, einschließlich der landwirtschaftlichen Nutzungen, an die natürlichen Standortbedingungen,
- die grundsätzliche Sicherung noch vorhandener natürlicher und naturnah genutzter Flächen,
- Förderung der innergemeindlichen Bestandserhaltung und -erneuerung, flächensparendes Bauen und der Ausbau vorhandener Verkehrswege vor weiteren Baulandausweisungen und Erschließungsmaßnahmen,
- eine flächenschonende Zuordnung der Bodennutzungen bzw. eine geringe Inanspruchnahme des Bodens,
- eine stärkere Gewichtung der ökologischen Anforderungen bei allen planerischen Abwägungsprozessen.

Im Kapitel zu Veränderungen der Bodenstruktur und räumlichen Einwirkungen auf den Boden wird postuliert, daß vorsorgender Bodenschutz beim Landverbrauch ansetzen muß. Es wird anschließend auf die wegen der föderativen Struktur der Bundesrepublik Deutschland eingeschränkten Möglichkeiten der Bundesregierung hingewiesen, hierauf Einfluß zu nehmen. So kann der Bund nur in Zusammenarbeit mit den für die Flächennutzung verantwortlichen Trägern der Landes-, Regional-, Fach- und Bauleitplanungen auf einen sparsamen Landverbrauch hinwirken (vgl. Kap. 3.1). Darauf folgend werden die einzelnen Nutzungsarten und ihre Auswirkungen auf den Flächenverbrauch beschrieben. Im Kapitel zu Land- und Forstwirtschaftsflächen wird dargestellt, daß sich die Ausweitung der Siedlungsflächen zwischen 1950 und 1981 überwiegend zu Lasten der landwirtschaftlich genutzten Fläche vollzog (1950 bis 1977 mehr als 600.000 ha).

Alsdann wird behauptet, daß derartige Umwidmungen nicht notwendigerweise zu stärkeren Beeinträchtigungen der Umweltfunktionen des Bodens führen, „weil auch von landwirtschaftlichen Flächen bei intensiver Bewirtschaftung hohe Belastungen ausgehen können“ (BMI 1985: 89). Diese Gleichsetzung ist grundfalsch, da das Abgraben von Böden als Vorbereitung des Baugrundes und ihre Versiegelung der größte denkbare und irreversible Schaden ist, der dem Boden zugefügt werden kann, was außerdem noch die weitreichendsten Folgen auf den natürlichen Wasserhaushalt hat. Unabhängig von dieser Fehleinschätzung werden daran anschließend eine Vielzahl an Lösungsansätzen für eine flächenspa-

rende Verwendung von Siedlungsflächen formuliert. Hierzu gehören beispielsweise eine Konkretisierung des Bau- und Planungsrechts unter den Aspekten des Bodenschutzes, die Förderung des Flächenrecyclings bei Industrie- und Gewerbeflächen und die flächensparende Planung und Anlage von Straßen (BMI 1985: 94 ff.).

Wie dieser Aufstellung zu entnehmen ist, wurde das Problem des ungesteuerten Flächenverbrauchs erkannt und zielsetzend bearbeitet. In den Lösungsansätzen werden verheißungsvolle Ideen formuliert. Obwohl, wie eingangs des Kapitels erwähnt, in der Bodenschutzkonzeption noch nicht die Rede von gesetzlichen Regelungen ist, so ist die magerere Umsetzung der Inhalte im Bodenschutzgesetz von 1998 aus der Sicht des Flächenschutzes dennoch enttäuschend. Die Bodenschutzkonzeption ließ mehr erwarten, da in den programmatischen Grundlagen der Bodenschutzpolitik mitgeteilt wird, daß diese langfristig auch verlässliche und berechenbare Rahmenbedingungen schaffen muß.

### **3.3 Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg 1991**

Die Landesregierung von Baden-Württemberg entschied 1985, unabhängig von der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung, ein eigenes Bodenschutzgesetz zu beschließen. Dem folgte kurz darauf, im Jahr 1986, ein Bodenschutzprogramm. Die dabei gewonnene Erkenntnis, daß ein wirksamer Bodenschutz als Handlungsgrundlage ein Gesetz benötigt, wurde mit dem 1990 angefertigten Entwurf hierzu umgesetzt. Das baden-württembergische Bodenschutzgesetz wurde schließlich 1991 verabschiedet (SPILOK 1992).

Der Flächenschutz ist zunächst indirekt in den Begriffsbestimmungen (§2) des Gesetzes enthalten, in dem die Bodenbelastungen in dessen Sinne als Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Bodens definiert werden, bei denen die Besorgnis besteht, daß die zuvor genannten Bodenfunktionen aufgehoben oder erheblich oder nachhaltig beeinträchtigt werden. Nach §1 gilt es den Boden vor diesen Belastungen zu schützen. Im Gesetzeskommentar wird nun die Bodenversiegelung als eine Form der Bodenbelastung aufgeführt, die sich vor allem im Verlust des Lebensraums von Bodenlebewesen und an Vegetationsflächen zeigt. Die Überbauung wird dabei als „die radikalste Schädigung des Bodens hierzulande“ in Betracht gezogen (SPILOK 1992: 29).

Der Schwerpunkt dieses Bodenschutzgesetzes liegt bei den stofflichen Belastungen. Der Gesichtspunkt des Bodenschutzes als Flächenschutz ist darin auch, aber nur wenig verbindlich vertreten, und zwar in den allgemeinen Bestimmungen in §4, Absatz 1, wonach Bodenbelastungen auf das unvermeidbare Maß beschränkt werden sollen. Hiermit wird neben anderem das Gebot der Minimierung der Flächeninanspruchnahme ausgesprochen.

Nach §4 Absatz 2 sind bei der Planung und Ausführung von Baumaßnahmen die Belange des Bodenschutzes zu berücksichtigen, wobei insbesondere auf einen sparsamen und schonenden Umgang mit dem Boden zu achten ist. Der Leitgedanke dieses Absatzes erklärt sich von selbst und entspricht programmatisch dem §1 des BauGB, der auch als „Bodenschutzklausel“ des Baurechts bezeichnet wird (SPILOK 1992: 42). Dessen potentielle Unwirksamkeit wurde in Kap. 3.1 besprochen.

### **3.4 Bundes-Bodenschutzgesetz 1998**

Seit 1992 wurden auf der Referentenebene im Bundesumweltministerium verschiedene Entwürfe für ein Bodenschutzgesetz angefertigt. Der erste Regierungsentwurf stammt von 1996 (SCHLABACH 1996). Das Bundes-Bodenschutzgesetz wurde schließlich im Februar 1998 verabschiedet (BUNDESGESETZGEBER 1998) und ist am 1. März 1999 in Kraft getreten.

Im Bundes-Bodenschutzgesetz wird in §1 als Zweck des Gesetzes die Vermeidung von nachteiligen Einwirkungen auf den Boden vorgeschrieben. Daß bei den Beeinträchtigungen auch die Versiegelungen des Bodens subsumiert sind wird in der Begründung ausdrücklich hervorgehoben. Ansonsten ist auch der Schwerpunkt dieses Gesetzes im Bereich der stofflichen Einwirkungen angesiedelt. Im zweiten Teil, den Grundsätzen und Pflichten, ist darüberhinaus in §5 die Pflicht zur Entsiegelung festgelegt, wonach Grundstückseigentümer verpflichtet werden „bei dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen, deren Überbauung oder Versiegelung im Widerspruch zu planungsrechtlichen Festsetzungen steht, den Boden in seiner Leistungsfähigkeit im Sinne von §1 soweit wie möglich und zumutbar zu erhalten oder wiederherzustellen.“

In der Begründung zum Bodenschutzgesetz (BMU 1996) wird im allgemeinen Teil hervorgehoben, daß Böden durch Versiegelungen im besonderen Maß beeinträchtigt werden und fast alle ihre Bodenfunktionen verlieren. Weiter wird darin unter den Schwerpunkten des Gesetzes, bei den „Maßnahmen gegen die Versiegelung“ (Abschnitt 3.e), proklamiert, daß vorsorgender Bodenschutz beim Landverbrauch ansetzen muß. Als darauffolgendes Argument für die Begrenzung der Bodenversiegelung sowie die Anordnung von Entsiegelungsmaßnahmen wird dabei allerdings nur noch die Aufrechterhaltung der „natürlichen Regelungsfunktionen“ angeführt. Der Hintergrund dieser Einschätzung wird aus der Erläuterung des Entwurfs zum Bodenschutzgesetz ersichtlich: Sie sind „... Teil der Antwort der Bundesregierung auf die Hochwasserkatastrophen der letzten Jahre“ (BMU 1995a). Die Berücksichtigung der Rolle des Bodens im Wasserhaushalt ist sinnvoll, mit der vorstehenden Begründung wird allerdings nur ein Teilaspekt der von der Bodenversiegelung ausgehenden

Belastungen erfaßt. Der Verlust der übrigen Bodenfunktionen, also der wahre Umfang der Bodenschädigung, welcher noch im allgemeinen Teil der Begründung des Gesetzesentwurfs genannt wurde, kommt im Kapitel zum Schwerpunkt des Gesetzes nicht mehr zur Sprache.

Ein hoffnungsvoller Ansatz, welcher schon in der Bodenschutzkonzeption von 1985 (BMI 1985, vgl. Kap. 3.2) als Lösungsansatz vorkommt, ist in der Begründung des Gesetzes enthalten (BMU 1996). Hier wird unter den Schwerpunkten, wiederum im Unterkapitel zu den „Maßnahmen gegen die Versiegelung“ gesagt, daß das Baugesetzbuch und das Raumordnungsgesetz geändert werden sollen um die Bodenversiegelung auf das „notwendige Maß“ zu beschränken. Dieser Vorstoß wird jedoch nur mit der Vokabel „sollen“ formuliert, was nach juristischer Diktion sowohl den Status „können“ als auch von „müssen“ haben kann. Mit einer derartigen Formulierung wird bestenfalls die Zielrichtung des Gesetzes festgelegt, sie ist darüber hinaus nicht mehr als eine Absichtserklärung und es wird deutlich, daß keine eindeutige Regelung getroffen werden sollte. Der Ansatz bleibt aber vor allem deshalb wirkungslos, da er nur in der Begründung auftaucht und nicht im Gesetzestext selbst. Die Begründung erlangt keine Außenwirkung, man kann sich auf diese nicht berufen, sie dient lediglich der Auslegung des Gesetzes.

Ein Bestandteil des Bodenschutzgesetzes, der einen indirekten Beitrag zum Flächenschutz leistet, sei hier noch genannt. In §8 werden in bezug auf Kontaminationen die Risiken und Bewertungsmaßstäbe verankert. Es werden darin die Prüfwerte definiert. Hiernach werden Flächen, deren Stoffkonzentration sich unter der Prüfwert-Schwelle befinden, aus dem Altlastenverdacht entlassen. Darin ist ein Beitrag zu sehen, derartige Altstandorte einer erneuten Nutzung zuzuführen und somit den weiteren Flächenverbrauch zu reduzieren (HULPKE et al. 1998). Die vorgenannte Regelung ist begrüßenswert, ist aber nur ein indirekter und deshalb schwacher Beitrag zum Flächenschutz. Hierdurch wird dessen insgesamt geringer Status im Bundes-Bodenschutzgesetz auch nicht verbessert. Der inhaltliche Schwerpunkt des Gesetzes bleibt im vorsorgenden Bereich fast ausschließlich bei den stofflichen Einwirkungen.

Der inhaltliche Schwerpunkt des Bundes-Bodenschutzgesetzes wird auch an der Verordnung zur Durchführung desselben ersichtlich (BUNDESKABINETT 1999). Mit der Bodenschutzverordnung werden die Anforderungen des Bodenschutzgesetzes ergänzt und konkretisiert, es handelt sich dabei um die „Gebrauchsanweisung“ zum Gesetzestext. Darin werden ausschließlich stoffliche Belastungen behandelt.

Mißt man die Beiträge des Bundes-Bodenschutzgesetzes zum Flächenschutz am hohen Stellenwert, den dieser noch in der Bodenschutzkonzeption von 1985 hat und vergleicht,

was in der Gesetzgebung demgegenüber noch übrig geblieben ist, so läßt sich ernüchternd bemerken, daß es buchstäblich nichts ist. Direkte Ansätze zum Flächenschutz sind darin keine zu finden. Insbesondere die in der Bodenschutzkonzeption vorgeschlagenen Lösungsansätze, wie z.B. das Flächenrecycling bei Industrie- und Gewerbenutzungen, finden im Gesetz keinen Niederschlag. Das Bundes-Bodenschutzgesetz von 1998 ist also kein Beitrag zu der vom BMI (1985) als „zentraler Handlungsansatz“ geforderten Trendwende im Landverbrauch.

### **3.5 Ansätze in Sachsen-Anhalt**

Die Ebenen der räumlichen Planung und damit die potentiellen Steuerungsinstrumente für den Flächenverbrauch in Sachsen-Anhalt werden in MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT (1994a) beschrieben. Hiernach wird die räumliche Gesamtplanung auf Landesebene im Landesentwicklungsprogramm (M. 1:300.000), auf Regierungsbezirksebene im regionalen Entwicklungsprogramm (M. 1:200.000) und für das Planungsgebiet des Kreises im Kreisentwicklungsprogramm (M. 1: 50.000) verfaßt und dargestellt. Auf diesen Ebenen können Vorrang- und Vorsorgegebiete festgelegt werden. Die kommunale Planung wird im Flächennutzungsplan (M: 1:25.000 - 1: 5.000) sowie im Bebauungsplan (M. 1:2.000 - 1:1.000) festgeschrieben. Die Planung auf der Gemeindebasis hat gegenüber den darüberliegenden Planungsebenen den Vorteil der größeren Rechtsverbindlichkeit, die jedoch, wie in Kap. 3.1 gezeigt, in bezug auf den Bodenschutz leicht unterlaufen werden kann.

Von RAULS (1993) werden unter den Leitvorstellungen zum Bodenschutz in Sachsen-Anhalt thesenhafte Zielstellungen genannt, die auch den Flächenschutz betreffen. Hierzu gehören beispielsweise der „äußerst sparsame Umgang mit der Fläche bei der Umwidmung naturnah genutzter oder natürlicher Flächen“ sowie die „vorrangige Bebauung von ähnlich genutzten Flächen (Flächenrecycling)“. Der Erlaß von Gesetzen und technischen Regelwerken zum Schutz der Böden wird nach RAULS (1993) seit ca. 1993, 8 Jahre nach der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung, zwischen Bund und Ländern diskutiert. Das Bodenschutzprogramm für Sachsen-Anhalt, eine Vorstufe des geplanten Landesbodenschutzgesetzes, sollte bis Ende des Jahres 1993 zu einem abgestimmten Konzept geführt werden. Bis 2002 kam dies aber noch nicht zustande.

Was bislang amtlich veröffentlicht wurde ist eine konzeptionelle Arbeit zur Umsetzung des Bodenschutzes auf Gemeindeebene (BORG et al. 1998). Im Zentrum dieser Publikation wird eine Methode zur Bewertung von Bodenfunktionen vorgestellt. Zum Teil darauf basierend gab das Ministerium für Raumordnung und Umwelt „Empfehlungen zum Bodenschutz

in der Bauleitplanung“ heraus (MRU LSA 1998). Darin werden für den Flächennutzungs- und Bebauungsplan Möglichkeiten zum flächensparenden Bauen sowie Maßnahmen zum Ausgleich und Ersatz für die Beeinträchtigung von Bodenfunktionen gezeigt.

Eine landesrechtliche Regelung zum Flächenschutz existiert in Sachsen-Anhalt bis heute dagegen noch nicht.

Im Naturschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt ist der Boden demgegenüber als eines von 5 Schutzgütern vertreten. Es wird dort in §2 folgendes formuliert: „Boden ist zu erhalten; ein Verlust oder eine Verminderung seiner natürlichen Fruchtbarkeit und natürlichen Ertragsfähigkeit sind zu vermeiden.“ Der naturschutzrechtliche Auftrag zum Schutz des Bodens soll dabei alle naturraum- und standorttypischen Bodenfunktionen umfassen (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994a). Die Aussage ist deutlich und der Interpretationsspielraum gering. Die Festlegungen im Naturschutzgesetz haben jedoch, wie auch die Bekundungen von RAULS (1993) oder die „Empfehlungen zum Bodenschutz in der Bauleitplanung“ die Unzulänglichkeit, daß es sich dabei lediglich um Absichtserklärungen bzw. Orientierungshinweise handelt (vgl. MOSIMANN 1993). Es besteht damit derzeit noch weitgehend der gleiche Zustand wie jener, der von FISCHER (1986) bedauert wird. D.h., daß über die Zielformulierungen und Grundsätze hinaus dem Planungsträger kein quantifiziertes Regelwerk und keine ordnungsrechtlichen Möglichkeiten vorliegen, mit denen Fehlentwicklungen vorgebeugt und der Flächenverbrauch gesteuert werden kann (vgl. Kap. 3.1).

### 3.6 Fazit

Die Auswertung der vorstehend zitierten Literatur zeigt, daß der Flächenschutz schon seit mindestens Anfang der 80er Jahre als Thema in der Auseinandersetzung um den Bodenschutz vorkommt.

Während die mechanischen Bodenbelastungen und die Bodenerosion als Klassiker der bodenkundlichen Fragestellungen angesehen werden können, werden die stofflichen Belastungen und hier v.a. die Schwermetalle seit den 70er Jahren verstärkt in der bodenkundlichen Literatur bearbeitet. Aus der Wechselwirkung mit dem hieraus entstandenen Problem- und Umweltbewußtseins bzw. der durch das entwickelte Problembewußtsein motivierten (und finanzierten) weiteren Forschung ist es erklärlich, daß die stofflichen Belastungen auch in der aktuellen Bodenschutzthematik an erster Stelle stehen. Die mechanischen Belastungen und die Bodenerosion behalten darin auch weiterhin ihren Platz, da man um diese Aufgaben nicht herumkommt. In dieser sich bis heute abzeichnenden Hierarchie steht

der Flächenschutz an dritter, anders ausgedrückt, an letzter Stelle. Es besteht, wie eingangs angedeutet, ein Konsens über die Notwendigkeit des Flächenschutzes, doch bei nur wenigen Autoren wie HÜBLER (1983) oder FISCHER (1986) hat dieser eine obere Priorität oder wenigstens Gleichwertigkeit gegenüber den anderen Bodenbelastungen (z.B. BMI 1985, SCHLICHTING 1986). Dieser Zustand spiegelt sich in der Gesetzgebung wider, die am Ende der folgenden Kette steht: wissenschaftlicher Erkenntniszuwachs - öffentliches und politisches Problembewußtsein - Abfassen von Deklarationen und Konzeptionen. Dies wird am Beispiel der Richt- und Grenzwerte deutlich, die in Deutschland seit den 80er Jahren für die stofflichen Belastungen existieren. Unabhängig von der Frage nach Sinn und Unsinn der Höhe von Grenzwertfestlegungen und anderer Details sind diese der Ausdruck für den Willen zur Umsetzung der gesetzten umweltpolitischen Ziele. In den gesetzlichen Festsetzungen zum Flächenschutz gibt es bislang jedoch nichts vergleichbares, diese bleiben weitgehend auf der Ebene des Programmatischen. D.h., daß dem Flächenschutz ein den Grenzwerten für Schadstoffe vergleichbares restriktives Element fehlt (vgl. LABO 1995, FISCHER 1983).

Von dieser Stelle aus soll die Betrachtung auf die Möglichkeiten der praktischen Umsetzung des Bodenflächenschutzes gelenkt werden. Diese Umsetzung ist eine Aufgabe der Nutzungsplanung, mit welcher der Flächenverbrauch gesteuert werden kann. Einen Überblick über die Grundlagen für die Nutzungsplanung in verschiedenen Ländern wird im folgenden Kapitel gegeben. Dort wird der Blick zunächst auf die amerikanische Literatur zur Bodenbewertung für die Zwecke der Landnutzungsplanung gelenkt, da dort schon frühe Ansätze zu diesem Thema zu finden sind. Es wurde dort schon frühzeitig die Notwendigkeit erkannt, eine Lenkung der Nutzung auf geeignete Standorte nach bodenkundlichen Kriterien vorzunehmen. Obgleich in der amerikanischen bodenkundlichen Literatur das Problem des Flächenschutzes per se nicht behandelt wird, wird sich darin seit langem mit der planvollen Nutzung von Grund und Boden beschäftigt. Im Anschluß daran wird eine Reihe europäischer Bewertungsverfahren vorgestellt.

## 4. Bodenkundliche Landschaftsbewertung in den USA und Europa

### 4.1 Landschaftsbewertung in den USA

Die Voraussetzung, um Bodenschutz im Sinne des Flächenschutzes zu betreiben, ist das Vorliegen von Bodenkarten, welche in den USA schon seit dem 19. Jhd. erstellt werden. Die aus den Bodenkarten abgeleiteten Landschaftsbewertungen beziehen sich seitdem auf verschiedene Fragestellungen der Landnutzung jedoch nicht auf den Flächenschutz.

Die Landschaftsbewertung in den USA ist eng verknüpft mit der jungen Besiedlung des Landes und wurde durch die Anforderung geprägt, daß in kurzer Zeit großräumige Landschaften mit unterschiedlichem Naturraumpotential, die noch nicht in Privateigentum waren, einer privaten landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt wurden. Aus diesem Grund wird die Landschaftsbewertung schon frühzeitig in der amerikanischen bodenkundlichen Literatur als Thema behandelt (siehe unten).

In AMUNDSON & YAALON (1995) wird beschrieben, daß der Geowissenschaftler und Bodenkundler E.W. HILGARD schon 1858 auf die Verbindung der landwirtschaftlichen und geologischen Landesaufnahme gedrängt hat, um damit eine Grundlage für die planvolle Landesentwicklung zu schaffen. Er nannte die „land classification“ als eine der Aufgaben im ersten Jahresbericht des USGS<sup>1</sup> von 1880. Nachfolgend werden Beispiele aus dem breiten Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten aufgelistet, für welche „land classification“ seit den 30er Jahren des 20. Jhdts. verwendet wurde:

- Landschaftsbewertung, Landnutzungsplanung, Anpassung der Produktion an die natürlichen Bedingungen (HOCKENSMITH & STEELE 1949, NORTON 1939, SIMONSON 1940, STEELE & HOCKENSMITH 1949)
- Landwirtschaftliche Nutzung und Ernteprognosen (CONREY 1936, LEVEN et al. 1974, MOON 1937, NUNNS 1958, RICE 1936, SIMONSON 1940)
- Grünlandbewirtschaftung (SIMONSON 1940)
- Forstwirtschaft (PLAIR 1952)
- Planung von Bewässerungsprojekten (BARNES 1936)
- Erosionsbekämpfung (HARPER 1954, HOCKENSMITH & STEELE 1949, NORTON 1939, SIMONSON 1940)
- Kostenschätzung für Landnutzungsplanung und Bodenerhaltungsprojekte (HOCKENSMITH & STEELE 1949)

---

<sup>1</sup> United States Geological Survey

- Planung öffentlicher und privater Investitionen wie Straßenbau, Energieversorgung, Schulen in Übereinstimmung mit der Landnutzung (BARNES 1936, HOCKENSMITH & STEELE 1949)
- Wertfeststellung von Grundbesitz (NUNNS 1958, PRIEST et al. 1963, SIMONSON 1940, WESTIN 1974)
- Kreditvergaben (BARNES 1936, NUNNS 1958)
- Steuerfestsetzungen (HOCKENSMITH & STEELE 1949, NUNNS 1958, PRIEST et al. 1963, STORIE & WEIR, 1942)

Der größte Antrieb in der Entwicklung von Klassifikationssystemen zur Landnutzung in den USA ist bis in die 30er Jahre in der Bekämpfung der Bodenerosion und in der effizienteren Landnutzung zur Steigerung der Produktivität zu sehen. Darüber hinaus lagen die Anwendungsbereiche für die Landschaftsklassifizierungen in der Wertermittlung für Beleihungen, in Steuerschätzungen und in Informationen zu Ernteprognosen und Gewinnerwartungen für Landwirte, Landkäufer und Landwirtschaftsämter (NUNNS 1958).

Klassifikationssysteme lassen sich allgemein nach der Art des Verfahrens in kategorische und parametrische Systeme unterteilen. Mit den kategorischen Systemen werden die Standorte in eine begrenzte Anzahl diskreter Klassen eingeteilt. Die Klassen unterscheiden sich durch den definierten Einfluß einer Reihe als permanent limitierend angesehener Boden- und Standortseigenschaften auf den Erfolg der Landnutzung. Mit parametrischen Systemen werden die Standorte mittels einer kontinuierlichen Skala bewertet. Eine solche Methode ist flexibler und realistischer als die kategorischen Systeme (McRAE & BURNHAM 1981). Im Anschluß wird das gebräuchlichste amerikanische und in der englischsprachigen Welt angewandte Bewertungssystem vorgestellt, die „land capability classification“, mit dem das Potential des Bodens für landwirtschaftliche und andere Nutzungsansprüche bewertet werden kann. Ergänzend werden in Anlage 6 zwei weitere, weniger gebräuchliche Verfahren abgehandelt.

Die „land capability classification“ gehört zu den am weitesten verbreiteten kategorischen Systemen zur Einstufung von landwirtschaftlich genutzten Standorten. Sie wurde ursprünglich vom USDA<sup>2</sup> in den 30er Jahren als Teil eines Programms zur Kontrolle der Bodenerosion entwickelt. Das Ziel der Einstufung war die Erhaltung der Böden unter der dabei noch möglichen, intensivsten Landnutzung. Die Standorte wurden in Klassen eingeteilt, die sich durch die Belastbarkeit gegenüber der Bodennutzung bzw. der Bearbeitung unterscheiden, die noch möglich ist, ohne Schäden zu verursachen. Die Daten für die Durchführung der „land capability classification“ werden aus der Interpretation von Bodenkarten gewonnen (NORTON 1939, NUNNS 1958, BIBBY & MACKNEY 1977).

---

<sup>2</sup> United States Department of Agriculture

Seit den 40er Jahren gerieten andere Aspekte als die der Bodenerosion in das Blickfeld der Bewertung. So wurde seitdem in der „land capability classification“ mit allgemeineren Beschreibungen das gesamte Ausmaß der Beschränkungen bei der Landnutzung klassifiziert (McRAE & BURNHAM 1981).

Die Anwendung der „land capability classification“ ist im Detail in HOCKENSMITH & STEELE (1949) beschrieben. Das System ist in Abbildung 1 dargestellt.

Land pability class		zunehmende Entfernung der Bodenbedeckung oder Störung d. Bodenprofils								
		Weidenutzung			Kulturland					
		Wildnis	Forst	begrenzt	mäßig	intensiv	begrenzt	mäßig	intensiv	sehr intensiv
↓	I									
	II									
	III									
	IV									
	V									
	VI									
	VII									
	VIII									

**Abb.1:** Schematische Darstellung der Korrelation zwischen der permanenten Nutzungseinschränkung und sicherer Landnutzung in der „land capability classification“ nach HOCKENSMITH & STEELE (1949).

Mit der „land capability classification“ werden die folgenden Aussagen gemacht: Zunächst erfolgt eine weitestgehend generalisierte Einteilung der Landschaft danach, ob sie für Feldbaumaßnahmen geeignet ist oder nicht. Die Anbaueignung beinhaltet die Frage, ob das Land mit dem üblichen Maschineneinsatz bearbeitet werden kann. Die wesentliche Klassifikation ist die Unterteilung in land capability classes (Eignungsklassen), welche aus 8 Kategorien besteht, von denen die Einstufungen von 1 bis 4 für Feldbau geeignet und die übrigen vier hierfür ungeeignet sind. Die Eignungen sind eine einfache Rangordnung, die sich durch inhärente, permanente Landschaftscharakteristika und das Ausmaß der hiervon hervorgerufenen Einschränkungen der Landnutzung untergliedert. Jede Klasse wird verbal beschrieben und repräsentiert einen Rang im Ausmaß der Limitierung der Landnutzung.

Die acht Klassen sind für verschiedene Zwecke verwendbar, sie sind jedoch nicht detailliert genug für spezielle Anbau- oder Bearbeitungsempfehlungen.

Die in Abb.1 gezeigten Klassen der „land capability classification“ beinhalten in Stichworten nach HOCKENSMITH & STEELE (1949) die folgenden Einschränkungen bzw. Nutzungsmöglichkeiten:

Klasse 1: Wenig Einschränkungen. Großer Spielraum für jede Nutzung. Von jedem Standpunkt aus sehr gute Böden.

Klasse 2: Mäßige Einschränkungen oder Risiken von Schäden. Von einem umfassenden Standpunkt aus gute Böden.

Klasse 3: Ernste Einschränkungen oder Risiken von Schäden. Regulärer Anbau ist möglich, wenn die Einschränkungen beachtet werden.

Klasse 4: Sehr ernste Einschränkungen. Für gelegentlichen Anbau oder für bestimmte Arten des beschränkten Anbaus geeignet.

Klasse 5: Für Anbau ungeeignet wegen Nässe, Steingehalten, Überflutungen usw. Wenig Einschränkungen für Weide- oder Forstnutzung.

Klasse 6: Zu steil, steinig, trocken, naß usw. für Anbau. Mäßige Einschränkungen für Weide- oder Forstnutzung.

Klasse 7: Sehr steil, uneben, trocken, naß usw. Ernste Einschränkungen für Weide- oder Forstnutzung.

Klasse 8: Extrem uneben, trocken, sumpfig usw. Ungeeignet für Anbau, Weide oder Forst. Geeignet für Wildnis oder Erholung.

Wie die Abb. 1 und die kurze Charakterisierung der Eignungsklassen zeigen, wird mit der „land capability classification“ eine breite, über die landwirtschaftlichen Anliegen hinausgehende Charakterisierung der vorwiegend bodenbürtigen Standortseigenschaften vorgenommen.

Über die land capability classes hinaus kann mit diesem Bewertungssystem noch eine feinere Charakterisierung der Standortseigenschaften vorgenommen werden. Dies geschieht mit zwei weiteren Einstufungshierarchien, den land capability subclasses und den land capability units. In subclasses werden die Angaben der Nutzungslimitierungen präzisiert und auf dem Niveau der land capability units werden Nutzungsempfehlungen ausgearbeitet (z.B. BIBBY & MACKNEY 1977).

Ausgehend von dem vorgestellten Prototyp der „land capability classification“ von HOCKENSMITH & STEELE (1949) wurden im Lauf der Zeit Veränderungen und Verfeinerungen an der Methode vorgenommen. In der Folgezeit kam es, die Anzahl der Klassen

und die limitierenden Faktoren betreffend, zu zahlreichen Modifikationen dieses Bewertungssystems in anderen Ländern (McRAE & BURNHAM 1981, BIBBY & MACKNEY 1977).

#### **4.2 Verfahren zur bodenkundlichen Landschaftsbewertung in Europa**

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt auf die in den USA liegenden Ursprünge der neuzeitlichen Bodenbewertung für verschiedene Nutzungszwecke eingegangen wurde, soll in diesem Kapitel der Blick auf die aktuellen, in Europa gebräuchlichen Systeme zur Boden- und Landschaftsbewertung gelenkt werden. Wegen der Komplexität und der Vielzahl der verschiedenen Verfahren werden diese hier nicht im Detail dargestellt. Es sei in diesem Zusammenhang auf den unter dem Titel „Land Information Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources“ (HEINEKE et al. 1998) erschienenen Sammelband verwiesen, in welchem u.a. ein Querschnitt über die Methodik und Ziele der neuesten Bewertungsverfahren enthalten ist.

Die Bodenbewertungsverfahren in den europäischen Ländern wurden in den 90er Jahren durch die zunehmende Verbreitung der computerisierten Landinformationssysteme bzw. die Geographischen Informationssysteme geprägt. Mit der hierdurch geschaffenen Möglichkeit der Verarbeitung größerer Datenmengen werden Parameter des Bodens, der Landschaft und des Klimas integriert, um nicht nur die Eignung der Landschaft für den Anbau einzelner landwirtschaftlicher Nutzpflanzen oder Baumarten sowie für bestimmte Ökosysteme einzustufen, sondern auch um speziellere Anwendungen und Fragestellungen zu bewerten. Hierzu gehören neben anderem die Eignung für verschiedene landwirtschaftliche Techniken, Umweltrisiken wie z.B. das Nitratauswaschungsrisiko, Bodenkonservierungsmaßnahmen, Risiken für die Pflanzenproduktion und hydrologische Prozesse. Es hat ein konzeptueller Wechsel dahingehend stattgefunden, daß eine Abkehr von einzelnen Darstellungen wie z.B. von Bodenkarten oder allgemeinen Landklassifikationskarten erfolgt ist, welche die Nutzer für ihre eigenen Bedürfnisse interpretieren. Stattdessen können nun durch die Nutzer die Bedürfnisse definiert werden, wonach ein Modell aufgebaut wird, welches in der Weise programmiert wird, daß man die derzeit bestmögliche Lösung erhält (BULLOCK 1991).

Die in den verschiedenen Ländern Europas existierenden Berechnungs- und Auswertungsverfahren werden zum einen für landwirtschaftliche und andere technische sowie für hydrologische Fragestellungen benutzt. Daneben kommen sie auch unter dem Prädikat des Bodenschutzes zur Anwendung. Dabei stehen in der Regel die klassischen Bodenschutzziele wie stoffliche und mechanische Belastungen im Vordergrund. So spielt z.B. die Bekämpfung der Bodenerosion in den in traditioneller Weise auf Grund von Klima, Vegetation und

Nutzungsgeschichte in Europa am stärksten betroffenen Mittelmeerländern Spanien, Italien und Griechenland die größte Rolle (IBANEZ et al. 1991). Aber auch am anderen Ende des Kontinents, in Norwegen, wird das dortige Bodeninformationssystem mit dem Ziel aufgebaut, den Oberflächenabfluß und die Bodenerosion der landwirtschaftlichen Nutzflächen zu begrenzen (NYBORG & KLAKEGG 1998).

Ein Verfahren, in dem konventionelle Verfahren der Bodenkartierung und -bewertung miteinander kombiniert werden, wird in Irland benutzt. Es wird dort im Zusammenhang mit der Kartierung der Böden eine Einstufung in land capability classes nach dem USDA-System vorgenommen, um neben anderem die Eignung der Böden für Ackerbau und Grünlandnutzung einerseits und die Produktivität der Grünlandstandorte andererseits zu ermitteln (LEE 1991). Desgleichen werden in Portugal Land Use Capability Maps entwickelt, die im Zusammenhang mit den Bodenkarten den Behörden als Grundlage für die Landnutzungsplanung dienen. Ein vordringliches Ziel ist dort die Ausweisung von Flächen, die für die Bewässerung gut geeignet sind (BESSA 1991).

Die einfache Bonitierung der Böden, ähnlich der Deutschen Bodenschätzung, als Ergebnis der Auswertung von Boden-, Standorts- und Klimadaten wird in einigen osteuropäischen Ländern betrieben. In Bulgarien wird ein Algorithmus, der verschiedene Parameter der Landschafts- und Bodenbeschreibung beinhaltet, zur Herleitung der Standortsbewertung für landwirtschaftliche Böden benutzt (KOLCHAKOV et al. 1998).

Im Endergebnis der Bewertung werden die bulgarischen Standorte zur Beurteilung der landwirtschaftlichen Nutzungseignung nach einem parametrischen Verfahren mit insgesamt 100 Punkten bonitiert und in 5 Klassen eingeteilt. Dieses Schema ist in Tab. 1 dargestellt.

Desgleichen wird in Ungarn die potentielle Bodenfruchtbarkeit mittels des „Bodenbonitierungswerts“ klassifiziert. Auch hierbei wird die potentielle Produktivität des Bodens mit Punktzahlen von 0 bis 100 bewertet, wobei mit 0 die niedrigste und mit 100 die höchste Bodenfruchtbarkeit des Landes ausgedrückt wird. Der Algorithmus, mit dem der „Bodenbonitierungswert“ berechnet wird, beinhaltet nach VARALLYAY et al. (1998) folgende Faktoren: einen Multiplikator für den genetischen Bodentypen entsprechend dem ungarischen Klassifikationssystem; Werte für extreme bzw. ungünstige Eigenschaften, welche die Bodenfruchtbarkeit limitieren, wie z.B. zu saure oder zu alkalische Bodenreaktion, zu grobkörnige oder zu schwere Textur; einen Faktor für die Ausprägung des Reliefs entsprechend der Reliefform, Hangneigung und Exposition.

**Tabelle 1:** Schema der bulgarischen Standortklassifikation zur landwirtschaftlichen Nutzungseignung.

Gruppe	Kategorie	Werte des Landschaftsindex
I sehr gutes Land	1	> 90
	2	80 - 90
II gutes Land	3	70 - 80
	4	60 - 70
III ziemlich gutes Land	5	50 - 60
	6	40 - 50
IV schlechtes Land	7	30 - 40
	8	20 - 30
V ungeeignetes Land	9	10 - 20
	10	0 - 10

In der Tschechischen Republik wird das Bodenbewertungssystem des Umweltministeriums auch explizit für die Zwecke des Bodenschutzes als Flächenschutz benutzt. Dessen kurze Beschreibung stammt von SANKA & STANA (1998). Es basiert auf den Produktionscharakteristika der landwirtschaftlichen Böden. Nachdem in den 70er Jahren die Kartierung der tschechischen Böden abgeschlossen war, wurde auf der Basis dieser Resultate ein neues Klassifikationssystem für landwirtschaftliche Böden entwickelt - das System der Land-Ecology Evaluation Units (LEEU). Das Ziel war die ökonomische Bewertung von landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften. Die LEEU-Klassifikation bildet heute die Basis für Bodenpreise, Steuern und Bodenschutzzwecke. Die einzelnen Klassifikationseinheiten der LEEU weisen ein bestimmtes Areal mit einem etwa gleichen Produktionspotential aus, welches durch den gemeinsamen Einfluß der natürlichen Faktoren Boden, Relief und Klima verursacht wird. Die einzelnen Einheiten werden durch einen 5-stelligen Zahlencode dargestellt, in dem die einzelnen Nummern die folgenden Parameter repräsentieren:

- 1. Nr.: die klimatische Region,
- 2. u. 3. Nr.: die Bodeneinheit (es existieren insgesamt 78 Bodeneinheiten)
- 4. Nr.: eine Kombination aus Hangneigung und Exposition,
- 5. Nr.: eine Kombination aus Bodentiefe und Steingehalt.

Nach der tschechischen Bodenschutzgesetzgebung von 1992 werden die Bodenpreise für landwirtschaftlich genutzte Standorte als Basispreise in Kronen/ha auf Grundlage der ersten beiden Parameter der LEEU-Klassifikation festgelegt. Ausgehend von dieser Basis kann der Bodenpreis steigen wenn das Gebiet z.B. einem Schutzstatus unterliegt, oder er kann sinken, wenn z.B. negative Bodenbeeinflussungen vorliegen. Seit 1996 werden die

LEEU-Klassen herangezogen um die landwirtschaftlichen Böden in Schutzklassen einzuordnen. Zu diesem Zweck werden alle Klassifikationseinheiten in 5 Stufen eingeteilt, die sich in den Bedingungen unterscheiden, unter denen bei landwirtschaftlichen Flächen eine Nutzungsänderung vorgenommen werden kann.

Es existieren in Europa noch weitere Ansätze zur Berücksichtigung des Bodenschutzes als Flächenschutz. So wird in der österreichischen Bodenschutzkonzeption das Problem des Flächenverbrauchs deutlich benannt und nach Ursachen und Wirkungen analysiert (BLUM & WENZEL 1989). Allerdings befindet sich dieses auf einer konzeptuellen Ebene und es existiert dafür noch kein Bewertungssystem. Das im Aufbau befindliche Bodeninformationssystem Österreichs (ARZL et al. 1998), in dem umfangreiche Grundlagen zu Boden und Landschaft integriert werden, hat seinen Schwerpunkt dagegen wieder in der Erfassung der stofflichen Belastungen.

Ein anderer Weg zum Bodenschutz wird in der Schweiz mit Hilfe des Bundesgesetzes über die Raumplanung in konsequenter Weise beschritten. Darin wird die Ausweisung von Fruchtfolgeflächen festgelegt. Dabei handelt es sich um eine Reserve an landwirtschaftlicher Nutzfläche, die mit Hilfe der Raumplanung von jeglicher Bebauung freigehalten werden soll, „...damit in Zeiten gestörter Zufuhr die ausreichende Versorgungsbasis des Landes im Sinne der Ernährungsplanung gewährleistet werden kann“ (SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT 1996). Nach der Verordnung zum Gesetzestext müssen die Fruchtfolgeflächen in den für die Landwirtschaft geeigneten Gebieten liegen und umfassen das Ackerland, die Kunst- und die Naturwiesen. Bei ihrer Festlegung sind die folgenden Standortparameter zu berücksichtigen (SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT 1996):

- die klimatischen Verhältnisse (Vegetationsdauer, Niederschläge),
- die Bodenbeschaffenheit (Bearbeitbarkeit, Nährstoff- und Wasserhaushalt),
- die Geländeform (Hangneigung, Möglichkeit maschineller Bewirtschaftung)

Bei diesem Verfahren zum Schutz von Bodenflächen vor Bebauung spielen die Unterschiede in der Produktivität der Böden und damit deren Bewertung nur eine untergeordnete Rolle. So sollen hier mit den Instrumenten der Raumplanung die effektiv vorhandenen Flächen gesichert werden und es wird von durchschnittlichen Ertragswerten pro Flächeneinheit und Kulturpflanze ausgegangen. Dies spiegelt sich auch in der unterschiedlichen Vorgehensweise bei der landwirtschaftlichen Beurteilung der Flächen in den einzelnen Kantonen wider. Häufig wurden hierfür landwirtschaftliche Eignungskarten herangezogen, in denen die mögliche Eignung des Bodens auf Grund der Faktoren Klima, Bodenart und Hangneigung für die verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungen dargestellt ist. Die Einstufung der Standorte in Eignungsklassen erfolgte dann oftmals durch eine Befragung der ortsansässigen, erfahrenen Landwirte. In allen Kantonen gemeinsam wurde jedoch eine Gliederung

der Fruchtfolgeflächen in die Zonen des landwirtschaftlichen Produktionskatasters vorgenommen. Diese unterteilen sich in die in der Schweiz bedeutenden Unterschiede in den Höhenlagen: Talgebiet, voralpine Hügelzone und Berggebiet (EIDG. JUSTIZ UND POLIZEIDEPARTEMENT et al. 1992).

### 4.3 Deutsche Bodenschätzung

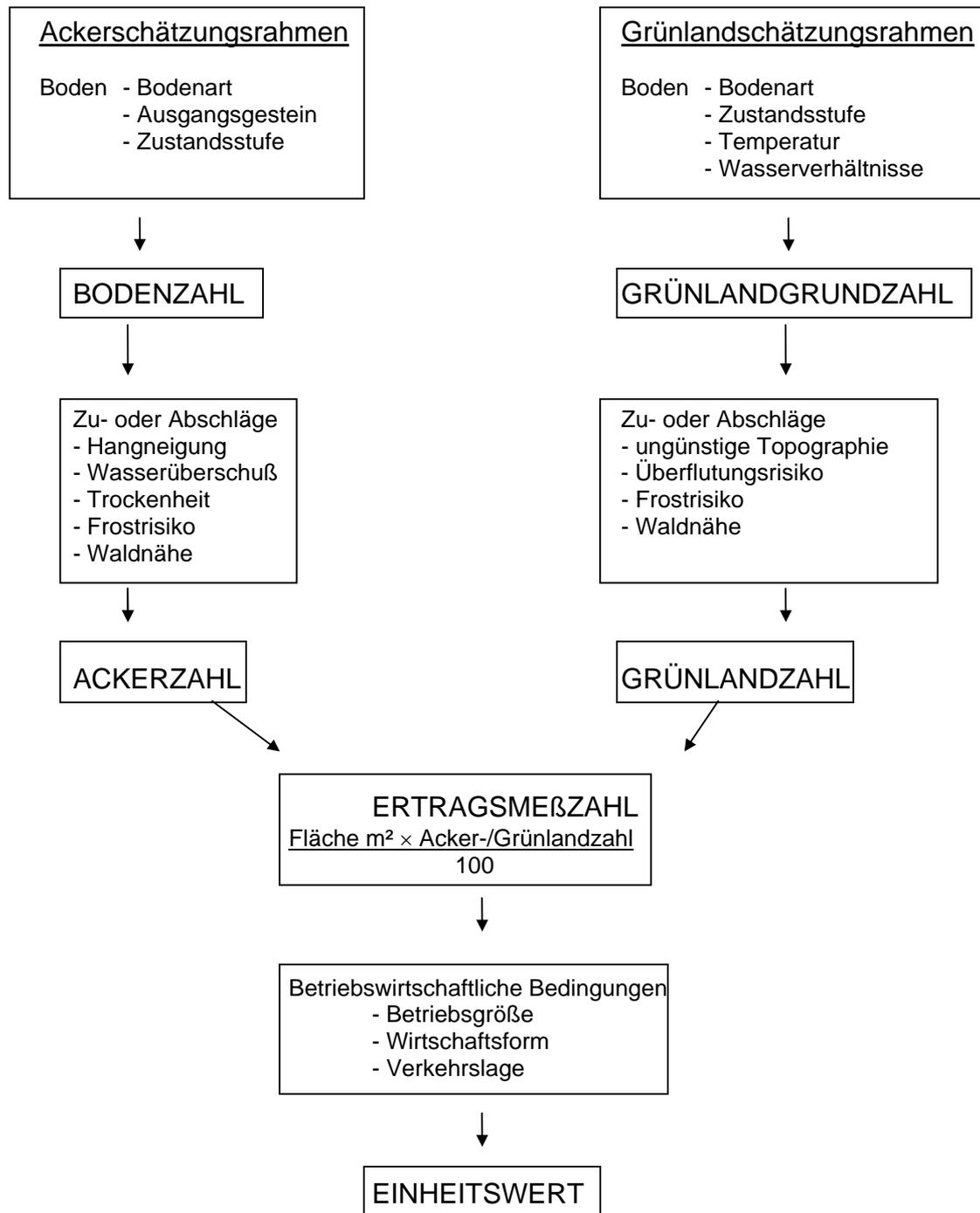
Im Anschluß wird das grundlegende System der deutschen Bodenbewertung im 20. Jhd., die Reichsbodenschätzung, abgehandelt. In Anlage 6 werden als Ergänzung zwei weitere deutsche Bewertungsverfahren, die für unterschiedliche Zwecke entwickelt wurden, besprochen. Es sind dies die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK) der DDR und das Klassifikationssystem des baden-württembergischen Bodenschutzkonzepts.

Das Bodenschätzungsgesetz wurde am 16.10.1934 verabschiedet. In ihm wurde die Durchführung einer Bodenschätzung (Bonitierung) des gesamten landwirtschaftlich nutzbaren Bodens des Deutschen Reichs angeordnet. Als Zweck der Bodenschätzung der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen wird im §1 des Gesetzes die gerechte Verteilung der Steuern, die planvolle Gestaltung der Bodennutzung und die Verbesserung der Beleihungsunterlagen genannt. Hierdurch waren Umfang und Ausdehnung der Bodenschätzung festgelegt. In §2 wird die Bestandsaufnahme und Feststellung der Ertragsfähigkeit festgelegt. Danach umfaßt die Bodenschätzung erstens die genaue Kennzeichnung des Bodens nach seiner Beschaffenheit. Zweitens wird die Ertragsfähigkeit festgestellt. Hierbei sind lediglich die Ertragsunterschiede zu berücksichtigen, die auf die natürlichen Ertragsbedingungen (Bodenbeschaffenheit, Geländegestaltung, klimatische Verhältnisse) zurückzuführen sind. Die Ertragsunterschiede, welche auf wirtschaftliche Ertragsbedingungen zurückzuführen sind, bleiben außer Betracht und werden erst bei der Feststellung des Einheitswerts des Betriebes nach den Vorschriften des Reichsbewertungsgesetzes berücksichtigt. Die Grundlage für die Beurteilung der Ertragsfähigkeit bildet die Bodenaufnahme. Diese sollte so umfassend sein, daß sie darüber hinaus auch für weitere Planungszwecke sowie für Meliorationen herangezogen werden kann (ROTHKEGEL & HERZOG 1935, vgl. ROTHKEGEL 1950).

Das System der Bodenschätzung kann mit McRAE & BURNHAM (1981) als parametrisch-additiv gekennzeichnet werden. Als Grundlage der Bewertung werden die Parameter Bodenart, Ausgangsgestein und die Zustandsstufe (Grad der Bodenentwicklung) herangezogen. Bei Ackerböden werden 8 Hauptbodenarten zuzüglich den Mooren, 5 Entstehungsarten und 7 Zustandsstufen unterschieden. Dazu werden dem Boden Wertzahlen, die sog-

nannten Bodenzahlen, zugeordnet, mit denen die bodenbürtigen Ertragsunterschiede ausgedrückt werden (ROTHKEGEL 1950). Der beste Boden erhält die Wertzahl 100, welche sich auf einen nationalen Standard bezieht. Um den festzulegen, wurde als bester Boden Deutschlands der Acker von Frau Else Haberhauffe in der Gemarkung Bickendorf bei Magdeburg ausgewählt und mit 100 bonitiert (McRAE & BURNHAM 1981). Die niedrigste vorkommende Wertzahl ist 7. Die Bodenzahlen beziehen sich auf folgende natürliche Bedingungen: eine ebene bis schwach geneigte Topographie, ein jährliches Temperaturmittel von 8 °C, ein durchschnittlicher Jahresniederschlag von 600 mm. Abweichungen von diesen naturgegebenen Bezugsgrößen werden im Ackerschätzungsrahmen mit Zu- oder Abschlägen versehen. Hieraus ergibt sich die Ackerzahl, in der also Abweichungen von den zuvor genannten, nicht bodenbedingten natürlichen Ertragsfaktoren berücksichtigt werden. Die Schätzung des Grünlands geschieht in ähnlicher Weise. Es gibt dabei jedoch nur 4 Bodenarten und die Moore sowie 3 Zustandsstufen. Die beim Grünland wichtigeren Wasserverhältnisse werden in 5 Stufen klassifiziert und zusätzlich wird das Klima mit 3 Klassen von Temperaturmitteln berücksichtigt. In Analogie zum Ackerschätzungsrahmen werden aus dem Grünlandschätzungsrahmen die Grünlandgrundzahlen und Grünlandzahlen abgelesen und klassifiziert. Die so gewonnenen Acker- und Grünlandzahlen sind Verhältniszahlen, mit denen die Unterschiede im Reinertrag zum Ausdruck gebracht werden. Um sie zur Bewertung der landwirtschaftlichen Betriebe direkt einsetzen zu können, werden sie zur Größe der Bodenfläche, für die sie ermittelt wurden, in Beziehung gesetzt. Das geschieht indem die betreffende Fläche in Quadratmetern mit der Acker- oder Grünlandzahl multipliziert und das Produkt durch 100 geteilt wird. Das Ergebnis ist die Ertragsmeßzahl. Ausgehend von der Ertragsmeßzahl werden Zu- oder Abschläge für abweichende betriebswirtschaftliche Bedingungen wie Betriebsgröße, Wirtschaftsform oder Verkehrslage vorgenommen, die als Endergebnis den Einheitswert des Betriebes erbringen (vgl. Abb. 2) (ROTHKEGEL 1950).

Das Schema der Bodenschätzung wird im folgenden Strukturbaum abgebildet.



**Abb. 2:** Die Deutsche Bodenschätzung (nach WEIERS & REID 1974, zit. in McRAE & BURNHAM 1981, verändert).

#### 4.4 Fazit

In Kapitel 4 und in Anlage 6 werden beispielhaft und in Kurzform verschiedene Methoden zur Bodenbewertung vorgestellt. Diese repräsentieren einen Ausschnitt aus der Vielzahl an Bewertungsverfahren, welche im Lauf der Zeit entwickelt wurden. Eine umfangreiche Zusammenstellung solcher Methoden ist in McRAE & BURNHAM (1981) enthalten. Die zitierten Bewertungssysteme sind mehr oder weniger bekannt und anerkannt sowie repräsentativ für ihre Zeit und ihren Zweck. Allgemein ist festzustellen, daß neuere Klassifikationsmethoden dadurch differenzierter sind, daß eine größere Zahl an Standortseigenschaften und Parametern berücksichtigt werden. Die Möglichkeit dazu wird von einer zunehmenden Menge an Datengrundlagen geschaffen. Es wird damit eine größere Genauigkeit der Aussage, eine größere Annäherung an die Wirklichkeit, angestrebt.

Zweierlei Gemeinsamkeiten sind jedoch bei sämtlichen Bewertungsverfahren anzutreffen. Dies bezieht sich zum einen auf den Zweck der Methoden. Diese sind immer nur für einen einzelnen Nutzungsanspruch anwendbar. Es existiert kein Verfahren durch das Böden für alle denkbaren Vorhaben gleichzeitig bewertet werden können. Dies gilt z.B. auch für den baden-württembergischen Leitfaden, mit dem zwar eine Fülle von unterschiedlichen Bodenfunktionen berücksichtigt werden, was aber im Grunde durch Einzelbewertungen geschieht, die schließlich zu einer Gesamtbewertung zusammengefaßt werden. Dem ließen sich durchaus auch noch Bewertungen weiterer Nutzungsansprüche hinzufügen, die sogar dem Gesamtziel des Konzepts zuwiderlaufen würden, wie etwa die der Eignung des Standorts als Baugrund oder für den Pipelinebau.

Die zweite grundlegende Gemeinsamkeit betrifft den methodischen Aufbau des Bewertungsverfahrens. Das gesamte Repertoire der Bodenbewertung ist auf folgendes Grundprinzip zurückzuführen. Es werden die Kenngrößen von weitgehend konstanten Standortseigenschaften, welche für die beabsichtigte Nutzung als maßgeblich erachtet werden, herangezogen und kategorisiert. Im wesentlichen sind dies die Merkmale des Bodens und Ausgangsgesteins, des Reliefs und des Klimas. Die Parameter und deren Kategorisierungen werden je nach Intention und Datengrundlage zu komplexeren Funktionen verknüpft, beispielsweise in Form von Algorithmen. Wenn man die Vielzahl der Parameter als An- und Umbauten am Gebäude der Klassifikationssysteme betrachtet und die meisten davon wegläßt, dann bleibt das Fundament übrig. Dieses Fundament ist die Bodenart, der Parameter, der in allen Bewertungsverfahren die grundlegende Rolle spielt. Die Ecksteine dieses Fundaments sind die von der Bodenart maßgeblich beeinflussten Bodeneigenschaften wie Wasserspeicherung oder Sorption.

## **5. Grundsätzliche Überlegungen zur Herleitung eines Bewertungsverfahrens**

### **5.1 Böden im Verhältnis zu anderen Schutzgütern**

Wie in der Einleitung ausgeführt wurde, ist der hohe Bodenverbrauch in Deutschland auf Dauer nicht zu vertreten, da Boden nur in endlichen Mengen vorhanden und in menschlichen Zeiträumen gemessen, nicht erneuerbar ist. Es gibt auch andere Ressourcen, auf die das zutrifft wie z.B. Erdöl. Für diese gibt es aber meist einen Ersatz oder sie sind nicht absolut notwendig. Böden sind dagegen die Grundlage für die Nahrungsproduktion und erfüllen darüber hinaus andere wichtige Funktionen, auf die in Kap. 6 noch genauer eingegangen wird. Sie sind nicht durch ein anderes Medium ersetzbar. Es ist daher von großer Bedeutung, den Verbrauch von Boden für Baumaßnahmen zu minimieren oder dann, wenn er wirklich unvermeidbar ist, Böden von möglichst geringer Qualität zu bebauen.

Um das zu erreichen, können die verschiedenen Instrumente der räumlichen Planung herangezogen werden. Grundsätzlich kann schon mit den Planungsinstrumenten des Landes, eines Regierungsbezirkes oder eines Kreises dem Bodenverbrauch entgegengewirkt werden oder der Bodenverbrauch damit zumindest auf „geringerwertige“ Böden gelenkt werden. Darin können nämlich Vorrang- und Vorsorgegebiete für bestimmte Nutzungen ausgewiesen werden, die als Ziele der Raumordnung zu berücksichtigen bzw. zu beachten sind. Unter „geringer-“ und „höherwertigen“ Böden werden in diesem Zusammenhang Böden verstanden, die eine bestimmte Bodenfunktion in unterschiedlichem Ausmaß erfüllen. Dies wird in Kap. 5.3 näher erläutert.

Eine grundlegende Forderung an die Ausgestaltung des Bewertungssystems besteht darin, daß es auf verschiedenen Planungsebenen und unterschiedlichen Landschaftsregionen angewandt werden kann.

Bei den Nutzungskonflikten, welche im Planungsprozeß zu bewältigen sind, sind eine Reihe von Schutzgütern zu berücksichtigen. Böden sind nur eins aus dieser Reihe. Mit dem Bewußtsein um ihren Stellenwert sollen die Böden mit der vorliegenden Bewertungsmethode nicht zum einzigen und ultimativen Schutzgut der Raumplanung erhoben werden. Vielmehr soll mit dem auszuarbeitenden Bewertungsschema eine Methode vorgestellt werden, mit der nachvollziehbar hergeleitet werden kann, welche Bedeutung dem Schutzgut Boden im Abwägungsprozeß des jeweils vorliegenden Falls zukommt.

Die nachfolgend aufgelisteten Schutzgüter werden im Gesetz über die Umweltverträglichkeit (UVPG) im Rahmen der Umweltvorsorge genannt. Die Auswirkungen von Vorhaben auf diese sind zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten:

- Wasser,
- Boden,
- Luft,
- Klima,
- Flora,
- Fauna,
- Landschaft,
- Kultur- und sonstige Sachgüter,
- Mensch.

Die Schutzgüter Wasser, Boden und Luft sind die Grundlage allen Lebens auf der Erde. Sie sind damit die primären Schutzgüter. Ihre lokale Ausprägung bestimmt, welches Klima sich an dem jeweiligen Standort entwickelt und welche Flora und Fauna sich ansiedelt. Klima, Flora und Fauna sind damit Schutzgüter zweiter Ordnung. Zusammen prägen die Schutzgüter erster und zweiter Ordnung die Landschaft, die somit ein Schutzgut dritter Ordnung darstellt. In der Landschaft schafft der Mensch Kultur- und Sachgüter, die letztlich den Charakter einer Landschaft mitgestalten. Kultur- und Sachgüter sind demnach Schutzgüter vierter Ordnung.

Beeinflussungen der o.g. Schutzgüter wirken sich letztlich auch auf den Menschen aus. Der Schutz des Menschen wird daher durch den Schutz der anderen Güter bereits gewährleistet. Es ist somit fraglich, ob hier der Mensch an sich noch als eigenständiges Schutzgut betrachtet werden muß.

Zum Schutz der meisten der o.g. Güter gibt es bereits Gesetze oder Verordnungen. Der Schutz des Wassers wird durch das WHG geregelt, der Schutz der Luft durch das BImSchG. Das BNatSchG schützt Flora, Fauna und Landschaft, das Denkmalschutzgesetz und eine Reihe anderer Gesetze schützen Kultur- und Sachgüter. Diese Gesetze regeln den Umgang mit den Schutzgütern. Ist eine besondere Schutzwürdigkeit gegeben, kann dem durch eine Ausweisung von Schutzgebieten Rechnung getragen werden, wie z. B. durch:

- Wasserschutzgebiete,
- Gebiete zum Schutz vor schädlichen Luftverunreinigungen und Lärm,
- Naturschutzgebiete (unter anderem zum Schutz von Flora und Fauna),
- Landschaftsschutzgebiete,
- geschützte Denkmäler.

Der Flächenverbrauch wird dagegen in keiner Weise geregelt. Auch das Bundes-Bodenschutzgesetz leistet hierzu keinen Beitrag (vgl. Kap. 3).

Außer dem Bodenverbrauch selbst ist auch von Bedeutung, welche Qualität der Boden hat, der für eine Baumaßnahme in Anspruch genommen wird. Daher werden Böden nicht ihres Wesens wegen, sondern wegen verschiedener Funktionen geschützt, die sie für den Menschen erfüllen. Für den Schutz von Böden wird ein abgestuftes System benötigt, welches deren verschiedene Funktionen und Belastbarkeiten berücksichtigt (vgl. SCHLICHTING 1986). Der Verlust von „hochwertigem“ Boden ist schwerwiegender als der von „minderwertigem“. Dieser Aspekt wird bisher in keiner Rechtsvorschrift explizit berücksichtigt. Die Berücksichtigung von qualitativen Unterschieden setzt eine allgemein verständliche und leicht anwendbare Anleitung voraus, in der dargelegt wird, unter welchen Bedingungen ein Boden als „hoch-“ oder „minderwertig“ einzustufen ist. Als erste derartige Anleitung ist das badenwürttembergischen Bodenschutzkonzept anzusehen (UMWELTMINISTERIUM BADENWÜRTTEMBERG 1994).

Ohne eine solche Einstufung stellen sich alle Böden als gleichwertig dar, so daß die Qualität eines Bodens bei der Auswahl eines Standorts für ein Bauvorhaben keine Rolle spielt. Wenn alle Böden als gleichwertig anzusehen sind, werden dadurch bei Vorhaben, bei denen noch andere Schutzgüter zu berücksichtigen sind, die Belange des Bodenschutzes gegenüber diesen Schutzgütern nicht angemessen berücksichtigt, da letztlich andere Kriterien über die Nutzung des Standorts entscheiden. Die Auswirkungen des Vorhabens auf die einzelnen Schutzgüter sind gegeneinander abzuwägen, um den umweltverträglichsten Standort zu finden. Erst mit der Unterscheidung von Böden mittels eines Bewertungssystems kann eine fundierte Begründung geliefert werden, um diese in der Abwägung zu berücksichtigen.

## **5.2. Bodenbewertung in bezug zum Bodenschutzgesetz**

Gemäß dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) (BUNDESGESETZGEBER 1998) ist das Ziel des Bodenschutzes

*"nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen".*

Bodenschutz beinhaltet demnach also einen vorbeugenden („erhalten“) und einen nachsorgenden Aspekt („wiederherstellen“). Geschützt wird auch hiernach nicht der Boden an sich, sondern seine Funktionen.

Im BBodSchG sind die Bodenfunktionen die damit gemeint sind, im einzelnen aufgelistet:

1. natürliche Funktionen als

- a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,

2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie

3. Nutzungsfunktionen als

- a) Rohstofflagerstätte,
- b) Fläche für Siedlung und Erholung,
- c) Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
- d) Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

Aus dieser Liste folgt, daß Bodenschutz im Sinne des BBodSchG nicht nur den Schutz natürlicher Bodenfunktionen (z.B. Lebensgrundlage für Bodenorganismen), sondern auch den Schutz von Nutzungsfunktionen (z. B. Rohstoffgewinnung) beinhaltet.

In bezug auf die Regelung des Bodenverbrauchs durch Bauvorhaben im Rahmen der räumlichen Planung heißt „Funktionen des Bodens erhalten“, die Beeinträchtigung der Bodenfunktionen durch Bebauung auf das Notwendigste zu reduzieren, also die Flächeninanspruchnahme zu minimieren und einen Standort mit möglichst minderwertigem Boden dafür auszuwählen.

„Funktionen des Bodens wiederherstellen“ bedeutet die Beseitigung bereits aufgefundener Bodenbelastungen, was jedoch nicht im Rahmen der räumlichen Planung geregelt wird. Allerdings können Kenntnisse über vorhandene Bodenbelastungen (z.B. Altlasten) bei der Bewertung von Böden eine wichtige Rolle spielen.

Mit Bodenschutz als Flächenschutz sollen Baumaßnahmen nicht grundsätzlich verhindert, sondern auf Flächen gelenkt werden, auf denen die geringstmögliche Beeinträchtigung von Bodenfunktionen eintritt. Dies bedeutet im einfachsten Fall, daß bei der Planung einer Anlage eine Fläche auszusuchen ist, die aus Sicht des Bodenschutzes eine möglichst geringe

Wertigkeit hat. Um das zu ermöglichen, muß eine Anleitung vorhanden sein, mit der aus vorhandenen Unterlagen die Schutzwürdigkeit des Bodens im jeweiligen Betrachtungsgebiet hergeleitet werden kann. Für das Land Sachsen-Anhalt gibt es eine solche Anleitung zur Zeit nicht. Ein Gegenstand dieser Arbeit ist es, sie zu erstellen.

### **5.3 Allgemeine Grundsätze für eine Bewertung**

Die in dieser Arbeit vorgestellte Methode soll Behörden und Planungsbüros helfen, Belange des Bodenschutzes in der räumlichen Planung und dabei vor allem in der Bauleitplanung zu berücksichtigen. Man kann nicht davon ausgehen, daß alle denkbaren Benutzer eine bodenkundliche Ausbildung haben. Sie muß daher einfach zu verstehen und anzuwenden sein. Außerdem müssen die dafür notwendigen Daten leicht zu beschaffen und flächendeckend für Sachsen-Anhalt vorhanden sein. Erfüllt eine Methode diese Kriterien nicht, ist damit zu rechnen, daß sie nicht benutzt wird. Von einer Methode, die diese Anforderungen erfüllt, kann andererseits nicht erwartet werden, daß sie neue wissenschaftliche Erkenntnisse zur Bodenkunde liefert. Dies gehört daher nicht zu den Anliegen dieser Arbeit.

In den Kapiteln 7 - 9 wird für jede relevante Bodenfunktion eine Methode entwickelt, mit der aus vorhandenen Daten abgeleitet werden kann, wie gut die Böden im jeweiligen Betrachtungsgebiet die einzelnen Bodenfunktionen erfüllen könnten.

Bezüglich der Ausgestaltung des Bewertungssystems besteht die Frage nach dem Ausmaß der Abstufung. Die einfachste Version, eine 2-stufige Bewertung wäre zu undifferenziert. Das andere Extrem, eine denkbare 100-stufige Skala wäre zu kompliziert und würde nur eine scheinbare Genauigkeit vortäuschen. Mit einer 5-stufigen Skalierung wird eine angemessene Differenzierung und Genauigkeit bei einfacher Anwendung erzielt. Je nachdem, wie gut die Böden eine bestimmte Funktion erfüllen könnten, werden sie dann einer der fünf Kategorien in Tabelle 2 zugeordnet.

**Tabelle 2:** Schema für die Einteilung von Böden gemäß ihres Potentials, eine bestimmte Bodenfunktion zu erfüllen.

<b>Kategorie</b>	<b>Potential, eine bestimmte Bodenfunktion zu erfüllen</b>
1	sehr hoch
2	hoch
3	mittel
4	gering
5	sehr gering

Böden werden nicht immer gemäß der Funktion genutzt, für die sie am besten geeignet sind. Der Grad, zu dem ein Boden eine bestimmte Funktion erfüllen könnte, ist daher als Potential anzusehen.

Die fünf zuvor vorgestellten Bewertungskategorien sollen die Anliegen des Bodenschutzes in einem Planungsverfahren vertreten. Es soll damit die Frage beantwortet werden, auf welchem Standort ein Bauvorhaben demgemäß am bodenverträglichsten zu verwirklichen ist. In diesem Zusammenhang kommt den Kategorien die folgende Bedeutung zu:

**Kategorie 1:** Standort nicht akzeptabel, außer wenn es keine Standorte geringerer Kategorie gibt, das Vorhaben notwendig ist, aber anderswo nicht durchgeführt werden kann. Sehr viele Auflagen zur Vermeidung von Bodenverbrauch. Kompensationsmaßnahmen in sehr hohem Umfang notwendig.

**Kategorie 2:** Standort nicht akzeptabel, außer wenn es keine Standorte geringerer Kategorie gibt, das Vorhaben notwendig ist, aber anderswo nicht durchgeführt werden kann. Viele Auflagen zur Vermeidung von Bodenverbrauch. Kompensationsmaßnahmen in hohem Umfang notwendig.

**Kategorie 3:** Standort akzeptabel, aber nur, wenn es in der Gemeinde keine Standorte der Kategorie 4 oder 5 gibt, auf denen das Vorhaben durchgeführt werden kann. Einige Auflagen zur Vermeidung von Bodenverbrauch. Kompensationsmaßnahmen in nennenswertem Umfang notwendig.

Kategorie 4: Vorzugsstandort. Nur wenige Auflagen zur Vermeidung von Bodenverbrauch. Kompensationsmaßnahmen nicht oder nur in geringem Umfang notwendig.

Kategorie 5: Vorzugsstandort. Keine besonderen Auflagen zur Vermeidung von Bodenverbrauch. Kompensationsmaßnahmen nicht notwendig.

## 6. Für die räumliche Planung relevante Bodenfunktionen

Es sei hier zunächst noch einmal darauf hingewiesen, daß die räumliche Planung viele Aufgaben hat, sich hier aber immer nur auf ihre Anwendung zur Regelung von Bodenverbrauch durch Baumaßnahmen bezogen wird.

Das Anliegen des BBodSchG von 1998 ist der Schutz der Bodenfunktionen. Die erste Aufgabe ist daher, die Bodenfunktionen aufzuzeigen, die im Rahmen der räumlichen Planung zur Regelung von Bodenverbrauch durch Baumaßnahmen zu schützen sind. Ausgangspunkt dafür sind die im BBodSchG genannten Bodenfunktionen.

Die Gegenüberstellung der Literatur mit dem BBodSchG zeigt, daß darin alle Bodenfunktionen enthalten sind, die auch in anderen Quellen aufgeführt wurden. Bei der Auswertung der Literatur wird ersichtlich, daß dort Bodenfunktionen häufig in Anlehnung und höchstens mit Abwandlungen an vorhergehende Veröffentlichungen genannt werden (ARNOLD 1996, ABGEORDNETENHAUS VON BERLIN 1995, ARGUMENT 1995, BLUME 1990, BUNDESGESETZGEBER 1998, von LERSNER 1989, ÖKOTEC 1995, SÄCHSISCHER LANDTAG 1991, SCHLICHTING 1986, UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1994). Darüber hinaus gibt es noch Publikationen, in denen die Bodenfunktionen lediglich unter einem einzigen Aspekt, wie z.B. der Bodensanierung formuliert werden (z.B. DVWK 1996), die hier aber nicht weiter in die Betrachtung einbezogen werden. Das BBodSchG beinhaltet sogar mehr Bodenfunktionen als die anderen Entwürfe. Allein die Gliederung des BBodSchG ist überdenkenswert, da die Zusammenstellung aus bodenkundlicher Sicht nicht durchgängig nachvollziehbar ist. So wird beispielsweise die Funktion als Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung zwischen der Funktion als Rohstofflagerstätte und der als Fläche für Siedlung und Erholung aufgeführt. Dies ist eine unpassende Einordnung, da die Beanspruchung eines Bodens als Rohstofflagerstätte oder als Baugrund für Siedlungsflächen zwangsläufig eine Zerstörung anderer Bodenfunktionen mit sich bringt. Die land- und vor allem die forstwirtschaftliche Nutzung verursachen dagegen bei ordnungsgemäßer Bewirtschaftung keine Beeinträchtigung anderer Bodenfunktionen.

In Tabelle 3 sind die Bodenfunktionen in angemessener Zusammenfassung aufgelistet. Hierin sind einige Begriffe des BBodSchG nicht explizit aufgeführt und einige Benennungen teilweise unter anderen Namen enthalten oder anders zugeordnet. Das wird im folgenden erläutert.

Es verbleiben darin noch 7 Bodenfunktionen, die in zwei Hälften unterschieden werden können. Die Bodenfunktionen 4 - 7 sind Nutzungsfunktionen, deren Inanspruchnahme mit zunehmend bodenbelastenden bzw. -zerstörenden Wirkungen verbunden ist. Die Boden-

funktionen 1, 2 und 3 haben dagegen nicht zwangsläufig einen bodenbelastenden sondern unter Umständen sogar einen bodenerhaltenden Charakter.

**Tabelle 3:** Zusammenfassung von Bodenfunktionen aus verschiedenen Quellen.

**1. Funktion als Pflanzenstandort**

- Qualitativ: - Artenvielfalt  
- Seltenheit  
- Naturnähe
- Quantitativ: - Biomasse

**2. Regelungsfunktion im Wasserhaushalt**

- Oberflächenabfluß
- Wasserspeicherung
- Grundwasserneubildung

**3. Denkmal- und Archivfunktion**

- Kulturgeschichte
- Naturgeschichte: - Typisch  
- Selten

**4. Funktion als Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung**

**5. Funktion als Schadstoffsенke**

**6. Funktion als Rohstofflagerstätte**

**7. Funktion als Baugrund**

Im folgenden wird auf Bodenfunktionen eingegangen, die im BBodSchG genannt werden und in Tabelle 3 in anderer Weise subsumiert sind.

Die Bedeutung eines Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum ergibt sich vor allem aus den Pflanzen, die auf ihm wachsen bzw. wachsen könnten, weil Bodenorganismen, Tiere und Menschen sich direkt oder indirekt von ihnen ernähren. Daher kann man die Bodenfunktion Lebensgrundlage und Lebensraum auch als Bodenfunktion Pflanzenstandort charakterisieren.

Wegen seiner Fähigkeit Wasser und Nährstoffe zu speichern bzw. bereitzustellen ist der Boden ein maßgeblicher Faktor für die Zusammensetzung der Vegetation und für die Men-

ge an Biomasse, die unter natürlichen Bedingungen an einem Standort anzutreffen ist. Die Bodenfunktion Pflanzenstandort enthält also zwei Aspekte, nämlich eine qualitative Biotopfunktion, die die Bedeutung eines Bodens als Lebensraum für bestimmte Pflanzen bzw. Pflanzengemeinschaften ausdrückt, und eine quantitative Biomassefunktion, die die Fähigkeit eines Bodens beschreibt, Biomasse hervorzubringen.

Die Nährstoffverhältnisse bedingen maßgeblich, welche Vegetation sich natürlicherweise auf einem Boden entwickelt bzw. wie gut er für Land- oder Forstwirtschaft geeignet ist. Die Bedeutung eines Bodens in den Nährstoffkreisläufen ist daher in der Funktion Pflanzenstandort enthalten.

Böden sind Bestandteile des Wasserkreislaufs, da sie Wasser speichern können und zur Regelung von Oberflächenabfluss und Grundwasserneubildung beitragen. Zusammen mit den Niederschlägen und dem Abstand zwischen Wurzelraum und Grundwasser bestimmt die Wasserpeicherkapazität eines Bodens, wieviel Wasser den Pflanzen für Verdunstung zur Verfügung steht. Das hat einen entscheidenden Einfluß darauf, welche natürliche Vegetation sich ansiedelt bzw. welche Eignung ein Boden für Land- und Forstwirtschaft besitzt. Ein Teil der Bedeutung eines Bodens im Wasserkreislauf, nämlich seine Rolle als Wasserspeicher, ist daher ebenfalls in der Funktion Pflanzenstandort enthalten.

Die Bodenfunktion Bestandteil des Naturhaushalts reduziert sich damit letztlich auf die Regelung von Oberflächenabfluss und Grundwasserneubildung, also auf zwei Teilaspekte einer Bodenfunktion Regelung im Wasserkreislauf.

Sofern es sich um natürliche Prozesse handelt (z.B. Salzniederschlag in Küstennähe), tragen stoffliche Einwirkungen ebenfalls dazu bei, welche natürliche Vegetation sich auf einem Boden entwickelt bzw. welche Eignung er für Land- und Forstwirtschaft besitzt. Für solche stofflichen Einwirkungen ist die Bodenfunktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium daher auch in der Funktion Pflanzenstandort enthalten.

Bei stofflichen Einwirkungen, die nicht auf natürliche Prozesse zurückzuführen sind (z.B. Immissionen aus Industrieanlagen oder Klärschlammverbringung auf Feldern), dient der Boden als Schadstoffpuffer und schützt dadurch letztlich das Grundwasser. Diesen Aspekt der Bodenfunktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium kann man deshalb auch als Schadstoffsенke bezeichnen.

Boden wird als Baugrund gebraucht, wenn z.B. Wohnungen (Siedlung), Sportanlagen (Erholung), Industrieanlagen (wirtschaftliche Nutzung), Schulen (öffentliche Nutzung), Straßen (Verkehr), Wasserwerke oder Kläranlagen (Ver- und Entsorgung) errichtet werden. In diesen Fällen können die Bodenfunktionen Fläche für Siedlung und Erholung und Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung zu einer Bodenfunktion Baugrund zusammengefasst werden.

Als Fläche für Erholung können auch Felder, Wiesen und Wälder genutzt werden. Dieser Teil der Bodenfunktion Fläche für Siedlung und Erholung ist in der Funktion Pflanzenstandort enthalten.

Für die Entsorgung kann der Boden auch direkt genutzt werden, wie z.B. bei der Klärschlammverbringung. Bei dieser Art der Entsorgung wird dann die Bodenfunktion Schadstoffsенke genutzt.

Die Funktionen des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte und als Rohstofflagerstätte bedürfen keiner weiteren Zusammenfassung.

Es ist nun zu klären, welche dieser Bodenfunktionen zu schützen sind, um dem Anliegen, den Verbrauch von Boden bzw. die Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch Baumaßnahmen zu vermeiden oder wenigstens zu minimieren, gerecht zu werden. Das hängt davon ab, ob eine Funktion beeinträchtigt wird, wenn auf dem betroffenen Standort eine bauliche Anlage errichtet wird. Daraufhin wurden die in Tabelle 3 dargestellten Bodenfunktionen überprüft. Dabei ergab sich folgendes:

1. Die Funktion als Pflanzenstandort wird bei Bebauung der Fläche im Fall einer Teilversiegelung mindestens beeinträchtigt und bei vollständiger Versiegelung komplett zerstört. Die Fläche, die bebaut wird, scheidet im Regelfall als Träger jeglicher Vegetation aus. Diese Funktion ist deshalb hinsichtlich des Anliegens eindeutig zu schützen
2. Die Funktion im Wasserhaushalt wird mit zunehmender Versiegelung durch Bebauung in gleichem Maße zunehmend beeinträchtigt. Bei vollständiger Versiegelung ist an dem betroffenen Standort keine Infiltration und damit keine Grundwasserneubildung mehr möglich, wodurch zudem die Abflüsse in die Vorfluter beschleunigt werden. Die Funktion wird also beeinträchtigt oder komplett aufgehoben und ist deshalb eindeutig zu schützen.

3. Die Denkmal- und Archivfunktion wird beeinträchtigt, da ein Bodendenkmal im Zuge der Baumaßnahme entweder zerstört oder als Folge der Versiegelung der Betrachtung entzogen wird. Die Funktion ist daher eindeutig zu schützen.
4. Die Funktion als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung kann auf einer bebauten Fläche nicht mehr erfüllt werden und ist folglich schutzwürdig. Die Inanspruchnahme der Funktion kann Beeinträchtigungen von anderen Bodenfunktionen zur Folge haben. Diese sind jedoch nicht zwangsläufig und berühren deshalb nicht ihre Schutzwürdigkeit.
5. Die Funktion als „Schadstoffsенke“ wird durch Bodenversiegelung bei Bebauung beeinträchtigt. Gleichwohl hat die Nutzung dieser Funktion aber eine negative Beeinträchtigung des Bodens zur Folge. Anliegen des Bodenschutzes soll es jedoch sein, Boden vor negativen Beeinträchtigungen zu schützen. Diese Funktion ist daher letztlich nicht schützenswert. Wegen des hohen Stellenwerts, der dieser Funktion aber in der Literatur zum Bodenschutz eingeräumt wird, wird auch hier, in Anlage 5, ein Vorschlag zu ihrer Bewertung gemacht. Ausführlichere Überlegungen zur Bedeutung der Bodenfunktion als „Schadstoffsенke“ sind in Anlage 2 zu finden. Als letzter Aspekt sei hier festgehalten, daß unabhängig von den zuvor gemachten Feststellungen das Grundwasser bei versiegeltem Boden am besten vor Schadstoffeinträgen geschützt ist.
6. Die Funktion als Rohstofflagerstätte wird bei einer Bebauung beeinträchtigt, da entweder der Zugang hierzu erschwert oder diese im Fall einer oberflächennahen Lagerstätte zerstört wird. Deshalb ist auch diese Funktion zunächst als relevant einzustufen. Allerdings ist der Abbau von Rohstoffen auch als eine Art von Baumaßnahme anzusehen. Das Anliegen dieser Arbeit ist es, den Verbrauch bzw. die Beeinträchtigung von Boden durch Baumaßnahmen zu minimieren. Der Schutz dieser Funktion widerspricht diesem Anliegen und ist deshalb hier nicht schützenswert.
7. Die Funktion als Baugrund ist Anlaß dieser gesamten Betrachtungen. Ihre Inanspruchnahme soll vermieden oder wenigstens minimiert werden. Diese Funktion ist damit in diesem Zusammenhang nicht schützenswert.

Letztlich bleiben also vier Bodenfunktionen übrig, die eine Bedeutung hinsichtlich der räumlichen Planung im hier definierten Sinne haben. In den folgenden Kapiteln wird nun eine

Methode vorgestellt, mit der ermittelt werden kann, in welchem Maß ein Boden in der Lage ist, die einzelnen Funktionen zu erfüllen.

Ein Bestandteil der Gesamtfunktion als Pflanzenstandort ist die Beurteilung der Biomasseproduktion. Damit sollen Standorte neben anderem auch hinsichtlich der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung beurteilt werden. Die Bodenfunktion als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Produktion ist daher in der Funktion als Pflanzenstandort subsumiert.

## **7. Bewertung der Funktion „Pflanzenstandort“**

Im folgenden wird der Inhalt der Funktion als Pflanzenstandort näher charakterisiert. Wie aus Tabelle 3 ersichtlich wird, beinhaltet die Funktion zwei Hauptaspekte. Dies ist zum einen die qualitative Seite oder auch die Biotopfunktion, welche die Bedeutung des Bodens als Lebensraum für bestimmte Pflanzen bzw. Pflanzengemeinschaften ausdrückt. Zum anderen ist es die quantitative Seite bzw. die Biomassefunktion, welche die Fähigkeit des Bodens beschreibt, Biomasse hervorzubringen. Diese Teilfunktionen werden in Kap. 7.1 und 7.2 näher erläutert. Weitere Ausführungen dazu sind in Anlage 1 zu finden.

### **7.1 Biotopfunktion**

#### **7.1.1 Inhalt der Funktion**

Ein Biotop ist ein Lebensraum einer bestimmten Lebensgemeinschaft, der für deren Existenz die notwendigen Umweltfaktoren bietet. Biotope sind Gebiete mit relativ gut charakterisierbaren Umweltverhältnissen, wie z.B. Auenwälder oder Moore (OSCHE 1973).

In der Biotopfunktion sind die Merkmale der Artenvielfalt, der Seltenheit und der Naturnähe enthalten. Zur Bewertung dieser Funktion können sie einzeln oder in einer Kombination aus den dreien betrachtet werden. Im Sinne der oben wiedergegebenen Definition des Begriffs Biotop ist der Lebensraum die Grundlage der Funktion, die hier zur Bewertung ansteht. An Stelle des Begriffs Lebensraum wird in der Biologie die Bezeichnung Standort verwendet.

Bei der Verwendung des Begriffs Standort als pflanzenökologischer Begriff werden hierunter die Gesamtheit der an einem Wuchsort auf Pflanzen einwirkenden Umweltverhältnisse, soweit sie nicht durch den Wettbewerb der Pflanzen untereinander bestimmt werden, verstanden (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1996: 15). In diesem Standortsbegriff liegt eine Betonung auf den abiotischen Geländeeigenschaften. Diese umfassen als Lebensgrundlage für die Pflanzen die Versorgung mit Wasser, Nährstoffen, Wärme und Licht. Es handelt sich um topographisch abgrenzbare naturräumliche Einheiten mit einer ähnlichen Naturausstattung, die durchaus durch menschliche Einwirkungen beeinflusst sein kann (TRAUTMANN 1966: 15). Die natürliche Vegetation steht im Gleichgewicht mit den standörtlichen Verhältnissen und es bilden sich in Abhängigkeit hiervon Vergesellschaftungen der Pflanzen aus. Als Pflanzengesellschaft wird ein sich wiederholender Typus von Pflanzenbeständen bezeichnet, der unter gleichartigen Umweltbedingungen vorkommt, wobei nur wenige Faktoren und diese höchstens teilweise substituierbar sind (KNAUER 1990).

Die voranstehende Definition zeigt, daß der Boden nur eins von mehreren Merkmalen eines Standorts ist und es stellt sich somit die Frage, inwieweit die Bewertung des Bodens zur Beurteilung der Biotopfunktion bzw. der Teilaspekte Artenvielfalt, Seltenheit und Naturnähe beitragen kann. Im folgenden wird der auf die Vegetation bezogene Inhalt der Bodenfunktion beschrieben und diskutiert, inwieweit mit einer Bodenbewertung das Ausmaß der Funktionserfüllung beurteilt werden kann, um letztlich zu entscheiden, mit welchem Verfahren die Funktion am sinnvollsten zu bewerten ist.

Bestimmte Pflanzenarten oder Pflanzengesellschaften werden nach menschlichen Maßstäben häufig wertvoller als andere eingeschätzt. Daraus folgt, daß sich die Standorte und damit auch die Böden als ein wesentlicher Standortsfaktor in ihrem Wert als Biotop unterscheiden. Welche Biotope als wertvoll angesehen werden, ist zumindest teilweise mit den herrschenden Wertvorstellungen verknüpft, welche zu verschiedenen Zeiten, in verschiedenen Regionen und abhängig von der Durchsetzung verschiedener Interessengruppen unterschiedlich sein können. Eine allgemeingültige, d.h. objektive und wertfreie Einstufung von Böden hinsichtlich der Biotopfunktion ist daher nicht möglich, sondern es kann nur eine Beurteilung im Hinblick auf die gewünschten Ziele des Natur- und Landschaftsschutzes erfolgen, die damit regional verschieden sein kann. Die Sicherung wertvoller Biotope als eine der wesentlichen Aufgaben des Naturschutzes erfolgt z.B. mittels der Ausweisung von Naturschutzgebieten. Die Biotopfunktion des Bodens hat daher eine große Bedeutung für die Raum- und Landschaftsplanung und die Ziele des Bodenschutzes stehen in enger Verbindung mit denen des Naturschutzes.

Die Naturschutzziele bleiben aber nicht auf die Erhaltung und Entwicklung isolierter Biotope beschränkt. Nach der Zielsetzung des Landschaftsprogramms des Landes Sachsen-Anhalt ist vielmehr das Vorhandensein ausreichend großer und vielfältiger sowie miteinander vernetzter Lebensräume die Voraussetzung für die gesicherte Existenz des derzeit noch vorhandenen Artenbestandes (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994a). Nach SCHLOSSER (1996) sind die Erhaltung und das Wiederverbinden verinselter, zerschnittener und reduzierter Lebensräume die vordringliche Aufgabe. Zu diesem Zweck wird in Sachsen-Anhalt das Ökologische Verbundsystem (ÖVS) entwickelt, mit dem durch eine Vernetzung die Erhaltung, Entwicklung und erforderlichenfalls Wiederherstellung der Lebensräume natürlicher Lebensgemeinschaften gesichert wird. Bis zum Jahr 2005 sollen 15% der nicht für Siedlungszwecke genutzten Landesfläche in das Naturschutzgebietssystem eingegliedert sein (LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT 1996).

Die Flächen, die zur Weiterentwicklung des ÖVS herangezogen werden, sind in LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (1996) aufgeführt. Sie werden in Tabelle

4 mit ihrer Charakterisierung aufgelistet. In der Tabelle wird auch für die einzelnen Flächenarten vermerkt, ob zu deren Ausweisung eine Bodenbewertung sinnvoll oder notwendig ist.

**Tabelle 4:** Flächen für das Ökologische Verbundsystem (ÖVS) und der Stellenwert der Bodenbewertung bei ihrer Auswahl.

Flächenart	Stellenwert der Bodenbewertung
für Schutz von Natur und Landschaft besonders wertvolle Bereiche entsprechend den Ergebnissen der selektiven Biotopkartierung	Bodenbewertung ist überflüssig, da die Grundlage der Auswahl mit der Biotopkartierung festgelegt ist
besonders wichtige und sensible Lebensräume gefährdeter Tier- und Pflanzenarten entsprechend den Ergebnissen der Arten- und Biotop-schutzprogramme und anderer Unterlagen	Bodenbewertung ist zunächst überflüssig, da die Grundlage der Auswahl festgelegt ist, kann aber u.U. als "andere Unterlage" sinnvolle Hinweise auf sensible Lebensräume liefern
im Fließgewässerprogramm besonders ausgewiesene Gewässerläufe und ihre Randbereiche	Bodenbewertung ist überflüssig, da die Flächen durch das Fließgewässerprogramm festgelegt sind
für Repräsentanz seltener und charakteristischer Standortverhältnisse im ÖVS besonders geeignete und wertvolle Flächen entsprechend der PNV-Kartierung, Waldbiotopkartierung und Bodenkarte	Bodenbewertung ist zweitrangig nach der PNV-Kartierung, kann aber sinnvoll in Ergänzung oder an Stelle der PNV als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden
besonders für das ÖVS geeignete Flächen in ausgeräumten Agrarlandschaften zum Schutz oder Wiederherstellung von Landschaftselementen, für Erosionsschutz und Verbesserung des Landschaftsbildes	Bodenbewertung ist notwendig zur Beurteilung des Teilaspekts Erosionsschutz
für das ÖVS geeignete bzw. erforderliche Verbindungs- und Pufferflächen	Bodenbewertung ist nicht sinnvoll, da die Flächen durch die räumliche Lage der einzelnen Glieder zueinander bestimmt werden
für das ÖVS geeignete bzw. besonders wertvolle Flächen der Bergbaufolgelandschaften sowie der Truppenübungsplätze und des ehemaligen Grenzstreifens	Bodenbewertung ist zunächst überflüssig, kann aber je nachdem welche Grundlagen vorliegen, (z. B. Biotopkartierung oder PNV-Karte) sinnvolle Informationen über die Standortverhältnisse liefern

Aus der Tabelle wird ersichtlich, daß nur für den geringeren Anteil der Flächenarten eine Bodenbewertung notwendig oder vorrangig sinnvoll ist. Unmittelbar notwendig ist sie nur für die Beurteilung des Teilaspekts Erosionsschutz in ausgeräumten Agrarlandschaften, besonders sinnvoll kann sie je nach Lage der übrigen Grundlagendaten für die Repräsentanz seltener und charakteristischer Standortverhältnisse im ÖVS sein. Letzteres leitet wieder zur Ausweisung von Extremstandorten über (siehe unten). Die Mehrzahl der für die Weiter-

entwicklung des ÖVS relevanten Standorte können nicht von einem rein bodenbewertendem Blickwinkel ermittelt werden.

Als grundlegende Voraussetzung zur Einrichtung eines Biotopverbundsystems sei hier ergänzend und ausdrücklich noch die von BLAB (1996) formulierte Forderung zitiert, nach der Vorrangflächensysteme versuchen müssen, „eine repräsentative Auswahl aller für den Naturschutz hinsichtlich Schutzwert und Repräsentanz wertvollen Gebiete zu erreichen.“ Als repräsentativ gilt in diesem Zusammenhang unter anderem die Erfassung des gesamten Biotoptypen- und Artenspektrums sowie der naturraum- und landschaftstypischen Elemente; hierbei sollen auch die Biotoptypen der Kulturlandschaften berücksichtigt werden. Es soll also, vereinfacht ausgedrückt, auch das berücksichtigt werden, was „typisch“ für eine Landschaft ist. Die hier genannten Kriterien sind so formuliert, daß mit einer Bodenbewertung keine Ausweisung von Flächen vorgenommen werden kann, da durch die Prämisse der Repräsentanz, Standorte mit unterschiedlicher Qualität in das ÖVS aufgenommen werden sollen.

Nach den oben genannten Vorgaben muß demzufolge zur Schutzgebietenentwicklung die repräsentative Erfassung der standörtlichen Gegebenheiten besondere Beachtung finden. Hierzu bietet die Potentielle Natürliche Vegetation (PNV) eine Möglichkeit, die Standortverhältnisse aus vegetationskundlicher Sicht zu charakterisieren (SCHLOSSER 1996). Die PNV ist die „gedachte höchstentwickelte Vegetation, die mit den gegenwärtigen Standortbedingungen... im Einklang steht und vom Menschen nicht mehr beeinflusst wird. Die PNV muß schlagartig in das neue Gleichgewicht eingeschaltet gedacht werden,“ d.h., daß der Zeitfaktor und alle Sukzessionsstadien unberücksichtigt bleiben, „die zu dem gedachten höchstentwickelten Zustand der Vegetation hinführen würden“ (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1996: 197).

Die PNV ist hier für die Charakterisierung von Standorten die passende Grundlage, da sie das biotische Potential zum Ausdruck bringt. Dieses „umfaßt also, auf die Vegetation beschränkt, seine Fähigkeit, unter den heutigen verbreitungsbiologischen Gegebenheiten bestimmte natürliche Pflanzengesellschaften, in Mitteleuropa meist Waldgesellschaften, und bestimmte menschlich bedingte Ersatzgesellschaften hervorzubringen“ (TRAUTMANN 1966: 17). Eine PNV-Kartierung für Sachsen-Anhalt liegt flächendeckend im Maßstab 1 : 50.000 vor.

Die PNV hat für das Landschaftsprogramm Sachsen-Anhalts noch dadurch eine weitergehende Bedeutung, daß sie als Leitbild für ein Vegetationsmosaik gelten kann, welches von landschaftskennzeichnender Struktur ist. Als Leitbild wird hiermit ein Zielkonzept bzw. Sollzustand verstanden - eine zusammengefaßte Darstellung des angestrebten Zustands, der

in einem bestimmten Raum in einem planerisch absehbaren Zeitraum erreicht werden soll (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b). Die PNV ist das entscheidende Merkmal der Bodenfunktion als Standort für natürliche Vegetation. Sie ist in dieser Eigenschaft, zusammen mit der realen Vegetation, auch das Kriterium für diese Bodenfunktion im derzeitigen hessischen Konzept zur Bewertung von Böden (ARNOLD 1996).

Die Bedeutung eines Standorts für natürliche Vegetation leitet sich nicht aus wirtschaftlichen Maßstäben ab, sondern diese Standorte erhalten ihren Wert aus überwirtschaftlichen Gesichtspunkten wie z. B. der Schutzwürdigkeit der Vegetation oder der Erholungsfunktion. Da nun aber Standorte unterschiedlicher Bodenfruchtbarkeit jeweils Lebensgrundlage einer an diesen Standort angepassten schutzbedürftigen Vegetation sein können, kann hierfür nicht die Biomasseproduktivität des Bodens zum Maßstab der Schutzwürdigkeit gemacht werden. Diese muß an solchen Standorten an der Vegetation selbst ausgerichtet werden, worüber der Boden als entscheidender Standortsfaktor mittelbar einen gleichfalls schutzwürdigen Status erhält.

Als Kennzeichen der Schutzwürdigkeit des Bodens ist es also sinnvoll, das Schutzgut der natürlichen Vegetation heranzuziehen. Der Boden wird damit in ein allgemeines Naturschutzziel eingebunden, welches im Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt, Teil 1, Grundsätzliche Zielstellungen - unter dem Titel „Schutzgüter und naturschutzrechtlicher Auftrag“ wie folgt erläutert wird: Das Schutzgut „Arten und ihre Lebensgemeinschaften“ umfaßt alle wildlebenden Tiere und Pflanzen mit ihren Lebensgemeinschaften. Mit Artenschutz wird die „Erhaltung der genetischen Arten- und Formenmannigfaltigkeit“ angestrebt. Hierin sind auch „die gefährdeten autochthonen (bodenständigen) Baumbestände von sonst häufigen Arten mit einzubeziehen“. Der naturschutzrechtliche Auftrag hierzu ergibt sich aus dem §2 des NatSchG LSA, wonach wildlebende Tiere, Pflanzen und ihre Lebensgemeinschaften, sowie ihre Lebensräume, die Biotope, zu schützen sind. Weiter ist der Bestand bedrohter Pflanzen- und Tierarten durch die Ausweisung von Schutzgebieten zu sichern und ihre Lebensräume sind zu Biotopverbundsystemen zu entwickeln. Als Hauptbeeinträchtigungen des Schutzguts werden an erster Stelle indirekte Faktoren genannt, wie die Vernichtung der Lebensräume durch beispielsweise die Veränderung oder Schädigung der Böden (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994a). Damit wird also der Stellenwert des Bodens als existentielle Grundlage der Lebensgemeinschaften formuliert. Daraus läßt sich aber noch keine Grundlage für eine Bodenbewertung ableiten, da das Qualitätsmerkmal allein die Erhaltung der Böden in ihrem jetzigen Zustand ist.

Während die Funktion in der Regel am besten durch die PNV zu bewerten ist, so ist eine Bodenbewertung jedoch geeignet, um Standorte mit extremen Eigenschaften zu kennzeichnen. Dies erfolgt z.B. im baden-württembergischen Bodenschutzkonzept, in dem die Funktion des Bodens als Standort für die natürliche Vegetation mit einer Bodenbewertung beurteilt wird (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1994) Damit werden Extremstandorte ausgewiesen. Hierunter sind Standorte zu verstehen, die besonders feucht, trocken oder nährstoffarm bzw. sauer sind. Diese Standorte sind häufig die Grundlage schützenswerter Biotope (HARRACH 1987). Näheres wird hierzu in Kap. 7.1.2 ausgeführt.

Derartige Biotope sind in §30 des Naturschutzgesetzes von Sachsen-Anhalt (NatSchG LSA, in: MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994a) benannt und unter besonderen gesetzlichen Schutz gestellt. Diese Biotoptypen sind besonders geschützt, unabhängig davon, ob sie in Schutzgebieten liegen oder nicht. Es handelt sich dabei überwiegend um Biotope wie Moore, Quellbereiche usw.. Die Erfassung dieser Biotope soll nach dem Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt durch Biotopkartierungen und Arterfassungen vorgenommen werden (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994a). Der Beitrag der Bodenbewertung hierzu kann das Aufzeigen derartiger Standorte sein, sofern diese noch nicht aus der Biotopkartierung bekannt sind. Weiter können Standorte mit einem ausgeprägten „Biotopentwicklungspotential“ aufgezeigt werden, die derzeit nutzungsbedingt nicht der Träger eines schutzwürdigen Biotops sind. Zum Nachweis eines solchen Standorts sollten aber nach Möglichkeit zusätzlich zu den bodenbürtigen Eigenschaften auch die klimatischen Faktoren herangezogen werden, da diese im gleichen Maß die Ausbildung der Pflanzengesellschaft bestimmen. Dieses Vorgehen entspricht der Herleitung der Potentiellen Natürlichen Vegetation im Analogieschluß aus Klima-, Relief- und Bodenverhältnissen (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1996).

Es sind jedoch nicht nur die zuvor genannten Biotoptypen schützenswert. In §30 NatSchG LSA werden auch Biotoptypen wie Streuobstwiesen oder Kopfbaumgruppen als schützenswert genannt. Diese Pflanzengesellschaften sind als Kulturpflanzen weniger auf Grund der ökologischen Verhältnisse als vielmehr wegen historischer und ökonomischer Gründe auf ihren Standorten anzutreffen. Von der Seite des Bodenschutzes kann kein Beitrag zur Findung solcher Biotoptypen geleistet werden. Die früheren Veranlassungen für die Standortauswahl derartiger Nutzungen können allerdings wieder durch die Umweltverhältnisse mitbegründet sein, wenn beispielsweise die Streuobstwiese in einer Ortsrandlage bewußt auf ertragsschwächeren Standorten angelegt wurde. Die Bodenkunde kann hierzu einen erklärenden Beitrag im Rahmen der Naturraumerkundung leisten. Desgleichen kann mit einer Bodenbewertung hinsichtlich extremer Standorte kein Beitrag zu den in der Zielstel-

lung des Landschaftsprogramms enthaltenen autochthonen Baumbeständen (s.o.) geleistet werden, da deren Vorkommen auch nicht auf die Extremstandorte begrenzt ist.

Als Bilanz dieser Betrachtung bleibt festzuhalten, daß das Schutzziel, nämlich die Erhaltung der Bodenfunktion als Standort für natürliche Vegetation, mittels einer Bodenbewertung nicht zufriedenstellend erreicht werden kann. Es sollte zur Beurteilung die Vegetation bzw. die PNV herangezogen werden. Die Karte der PNV ist letztlich die gegenüber der Bodenkarte bessere Bearbeitungsgrundlage. Um damit eine Bewertung durchführen zu können bedarf es jedoch einer Klassifikation der PNV, welche in Sachsen-Anhalt existiert. Mit der Bodenkarte können aber über die Ausweisung von Extremstandorten ergänzende Informationen geliefert werden. Am Ende des Verfahrens bleiben u. U. trotzdem noch einzelne Flächen übrig, die weder von der PNV noch von der Bodenkarte erfaßt werden.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Bodenkarte ist auch dadurch gegeben, daß die hierin dargestellten räumlichen Zusammenhänge der Landschaftsstrukturen eine Ergänzung zur inselhaften Wiedergabe von vorhandenen Biotopen sind und mit diesen Informationen die Leitlinien für eine sinnvolle Biotopvernetzung wie z.B. in Auenbereichen vorgegeben werden können (UMLANDVERBAND FRANKFURT 1994).

### **7.1.2. Bewertung der Biotopfunktion**

Auf Grund der vorangegangenen Darlegungen wird zur Bewertung der Biotopfunktion in Sachsen-Anhalt die PNV herangezogen. Alle Formen der natürlichen Vegetation, ebenso wie alle Böden oder sonstigen natürlichen Gegebenheiten sind grundsätzlich schützenswert. Wie in Kapitel 6 erläutert, müssen sie aber in mehr oder weniger schützenswerte Kategorien eingeteilt werden, um bei einer Abwägung mit anderen Interessen berücksichtigt werden zu können.

Die Schutzwürdigkeit eines Standorts hinsichtlich der PNV ergibt sich daraus, wie bedeutend die PNV an diesem Standort im großräumigen Vergleich ist. Diesbezüglich wurden die im Landschaftsprogramm Sachsen-Anhalts (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994c) enthaltenen PNV-Typen in 7 Kategorien eingestuft. Diese werden nach ihrer Bedeutung unterschieden in „landesweit und national“, „landesweit bis national“, „landesweit“, „regional und landesweit“, „lokal und regional“, „vorwiegend lokal und regional“ sowie „lokal“. Die Vegetationseinheiten, welche den einzelnen Kategorien zugeordnet werden sind im Landschaftsprogramm Sachsen-Anhalts (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994c) aufgelistet. In dieser Liste sind noch nicht alle in Sachsen-Anhalt vorkommenden

PNV-Typen enthalten. Eine vollständige und überarbeitete Liste wurde vor kurzem vom Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt fertiggestellt. Darin werden die Vegetationsgesellschaften hoch eingestuft, die eine große Artenvielfalt oder Seltenheit aufweisen. Zur Bewertung der Biotopfunktion des Bodens werden die oben genannten 7 Kategorien zusammengefaßt (Tabelle 5).

**Tabelle 5:** Bewertung der Biotopfunktion des Bodens aus der PNV-Kartierung für Sachsen-Anhalt.

Kategorie	Bedeutung der PNV
1	landesweit und national oder landesweit bis national
2	landesweit oder regional bis landesweit
3	lokal und regional
4	vorwiegend lokal und regional
5	lokal

Wie sich die im Kapitel zuvor diskutierten Extremstandorte beurteilen lassen wird durch das nachfolgend vorgestellte Verfahren gezeigt.

Wie im vorigen Kapitel ausgeführt, deckt der Beitrag einer isolierten Bewertung des Standortfaktors Boden nur ein geringeres Spektrum der Biotopfunktion ab. Die Merkmale der Artenvielfalt und Naturnähe können dadurch nicht beurteilt werden. Es können damit aber Extremstandorte ausgewiesen und damit hinsichtlich ihrer Fähigkeit charakterisiert werden, als Grundlage für die Entwicklung von schützenswerter Vegetation zu dienen. Damit wird die Teilfunktion der Seltenheit beurteilt. Eine Methode hierfür wird im folgenden vorgestellt.

Standorte lassen sich in Extrem-, Sonder- und Normalstandorte einteilen. Eine auf den bislang erschienenen Arbeiten beruhende und allgemein anwendbare Definition dieser Standortklassen ist in UMLANDVERBAND FRANKFURT (1994) aufgeführt. Extremstandorte sind darin so definiert, „daß mindestens einer der Faktoren Feuchtestufe und Nährstoffversorgung einschließlich der Bodenreaktion im Extrem liegt, also der Standort z.B. besonders trocken, feucht, nährstoffarm oder sauer ist.“ Extremstandorte im Sinne dieser Definition

haben ein ausgeprägtes Potential für die Entwicklung spezialisierter Lebensgemeinschaften und sind daher besonders schutzwürdig.

Als Normalstandorte werden Standorte bezeichnet, an die in der Regel keine spezialisierten Vegetationsgesellschaften angepaßt sind. Hierzu gehören die landwirtschaftlich genutzten Böden mit mittlerer bis hoher natürlicher Nährstoffversorgung.

In Landschaftsrahmenplänen werden in diesem Kontext zur Verbesserung der Lebensbedingungen schutzwürdiger Arten und Lebensgemeinschaften Böden mit besonderen bzw. extremen Standorteigenschaften ausgewiesen. Dies geschieht mit dem Ziel, der allgemeinen Tendenz der Nivellierung von Standortbedingungen zu nährstoffreichen Standorten mit mittlerer Feuchte und damit einem Verlust der Landschaft an Vielfalt und Differenziertheit entgegenzuwirken. Hierzu werden in Abhängigkeit von der naturräumlichen Ausstattung des Untersuchungsgebiets beispielsweise feuchte und grundwasserbeeinflusste, stark trockene und nährstoffarme oder flachgründige und carbonathaltige Böden herangezogen. Als Grundlage für solche Darstellungen werden vorhandene Bodenkarten ausgewertet (LANDKREIS PEINE 1991). Dieses Vorgehen entspricht einer in bezug auf die Ertragsfähigkeit der Böden negativen Kriterienauswahl. Es werden letztlich die Böden mit einer für Nutzpflanzen geringen Produktivität dargestellt. Diese Methode erscheint im Hinblick auf die Erhaltung oder Wiederherstellung der Artenvielfalt praktikabel.

In UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1994) wurde zur Bewertung der Bodenfunktion "Standort für die natürliche Vegetation" die Bodenschätzung herangezogen. Die Bewertungsmethode wird in Tabelle 6 wiedergegeben.

**Tabelle 6:** Bewertung der Bodenfunktion "Standort für die natürliche Vegetation" mit den Daten der Bodenschätzung nach UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1994).

Kategorie	1	2	3	4	5
Acker- bzw. Grünlandzahl	$\leq 20$	21 - 30	31 - 45	46 - 75	$> 75$

Nach der Klassifizierung in Tabelle 6 sind Böden mit einer Bodenwertzahl  $\leq 20$  als Extrem- und solche mit einem Wert von 21 - 30 als Sonderstandorte zu bezeichnen. Alle anderen sind Normalstandorte.

Für ein weiteres Naturschutzziel, nämlich der Erhaltung der natürlichen Vegetation, die in einer Landschaft typisch ist, gewährleistet dieses Vorgehen jedoch keine Annäherung. In der baden-württembergischen Methode werden gemäß Tabelle 6 die Extremstandorte am besten bewertet. Die Gleichsetzung mit dem Standort für die natürliche Vegetation ist jedoch nicht richtig, da auch Normalstandorte wertvoll sein können. Z.B. sind Auenböden als Normalstandorte gleichermaßen für die Landwirtschaft als auch als Standort für die natürliche Vegetation von Bedeutung (vgl. Kap. 7.3).

Im Schätzungsrahmen der Bodenschätzung finden sich Extremstandorte im Bereich der schlechtesten Zustandsstufe 7 und der Bodenarten Sand, anlehmiger Sand und Moore. Die Böden der Zustandsstufe 7 sind durch die geringste Bodenentwicklung oder größte Verarmung gekennzeichnet. Die sandigen Bodenarten der ungünstigen Zustandsstufen und des entsprechenden geologischen Alters zeichnen sich durch ihren schlechten Wasserhaushalt und ihre Nährstoffarmut aus.

Bei der Einstufung der Moorböden werden in erster Linie die Eigenschaften der organischen Substanz und der Grundwasserstand berücksichtigt (ROTHKEGEL 1950). Die so klassifizierten Extremstandorte werden z.B. durch eine geringe Tiefe des Wurzelraums, durch schlechte Wasserversorgung wegen einer zu sandigen Bodenart, durch zu hohe Grundwasserstände und durch Nährstoffarmut als Folge der Bodenentwicklung charakterisiert.

Für die Sonderstandorte trifft all das oben gesagte in abgeschwächter Form zu.

In HARRACH (1987) werden Pflanzenformationen genannt, die auf Extremstandorten vorkommen, z. B. Moore, Feuchtwiesen, Zwergstrauchheiden und Borstgrasrasen. Der Autor griff dazu auf Untersuchungen zurück, in denen Arten der Roten Liste auf Böden mit extremen ökologischen Feuchtegraden („sehr trocken“ und „sehr naß“) häufig angetroffen wurden, auf landwirtschaftlich günstiger einzustufenden Böden mit frischen Feuchtegraden dagegen nicht. Die Schlußfolgerung hieraus ist, daß, auch unter Berücksichtigung der Bewirtschaftungsintensität, für den Artenschutz die landwirtschaftlich geringwertigen Böden wichtig sind. „Der landwirtschaftliche Wert des Standortes steht im umgekehrten Verhältnis zu seiner Eignung für die Ziele des Naturschutzes“ (HARRACH 1987: 188). Zusammenfassend wird der Bodenwasserhaushalt als entscheidendes Kriterium angegeben. Extremstandorte, die vor allem für den Naturschutz wertvoll sind, werden definiert als Trockenstandorte und als vernäßte Böden, die landwirtschaftlich wenig gelten.

Dagegen werden in BRAHMS et al. (1989) bei der Charakterisierung von Böden mit extremen Eigenschaften die Kennwerte nicht nur des Wasser- sondern auch des Nährstoffhaus-

halts herangezogen. Die Standortbeurteilung zur Einstufung des Potentials für die Entwicklung von Biotopen wird an einem „Ökogramm“, einer Matrix aus Bodenwasserhaushalt und Nährstoffversorgung vorgenommen. Die Grundannahme ist hierbei, daß bei zwei Faktoren im Extrem ein Potential für "höchst spezialisierte" und bei einem Faktor im Extrem ein Potential für "stark spezialisierte" Vegetation vorliegt.

Mit den Ergebnissen der Bodenschätzung werden letztlich die Wasser- und Nährstoffversorgung an einem Standort bewertet, indem diese Parameter die Acker- und Grünlandzahlen maßgeblich bestimmen. Daher sind diese Standortseigenschaften in der in Tabelle 6 wiedergegebenen Klassifikation subsumiert.

Abgesehen von leichten Differenzen in den Grenzen der Acker- und Grünlandzahlen, sind die Kategorien in Tabelle 6 genau umgekehrt wie in der noch zu besprechenden Tabelle 8, in der die Ertragsfähigkeit eines Bodens für Kulturpflanzen bewertet wird. Das entspricht dem in HARRACH (1987) formulierten Grundsatz, daß landwirtschaftlich geringwertige Böden für den Naturschutz besonders wertvoll sind.

Das Bewertungsschema in Tabelle 6 könnte im Prinzip auch für Sachsen-Anhalt verwendet werden. Um eine Übereinstimmung mit den hier vorgeschlagenen Bewertungsgrenzen für das später im Text vorgestellte Ertragspotential zu erzielen (Tabelle 11) und damit die Anwendung des Bewertungsschemas insgesamt zu erleichtern, werden für die Bewertung der Biotopfunktion des Bodens die gleichen Grenzen aber die umgekehrte Reihenfolge wie für die Bewertung der Biomassefunktion herangezogen (vgl. Tab. 11, Kap. 7.2.2). Damit ergibt sich das Schema in Tabelle 7. Als Äquivalent zu den Bodenzahlen der Bodenschätzung werden darin für forstwirtschaftlich genutzte Böden die Stammfruchtbarkeitsziffern von KOPP & SCHWANECKE (1994) verwendet, die in Kapitel 7.2 noch ausführlicher vorgestellt werden.

**Tabelle 7:** Bewertung der Bodenfunktion "Standort für natürliche Vegetation" für Sachsen-Anhalt mit den Bodenzahlen der Bodenschätzung und den Stammfruchtbarkeitsziffern aus KOPP & SCHWANECKE (1994).

Kategorie	Bodenzahl	Stammfruchtbarkeitsziffer	Standortklasse
1	≤ 20	≤ 25	Extremstandorte
2	21 - 40	26 - 45	Sonderstandorte
3	41 - 60	46 - 56	Normalstandorte
4	61 - 80	57 - 65	
5	81 - 100	> 65	

Diese Einteilung deckt sich weitgehend mit KOPP & SCHWANECKE (1994: 109), die im Zusammenhang mit der Standortsproduktivität diejenigen Waldböden als extrem bezeichnen, deren Fruchtbarkeitsziffer < 20 ist.

Abschließend werden noch Aussagen zum Kriterium der Naturnähe gemacht, das bisher noch nicht angesprochen wurde. Ein verbreitetes Maß, mit dem der Wert eines Bodens für die Biotopfunktion bewertet wird, ist der Grad seiner Natürlichkeit bzw. Naturnähe, die Hemerobie (z.B. GRÖNGROFT et al. 1999). Hiernach erfüllt ein Boden diese Funktion um so besser, je weniger er durch anthropogene Einflüsse verändert ist. Diesem Gedanken liegt zu Grunde, daß alle natürlichen Böden für eine Artengemeinschaft einen Lebensraum darstellen und alle Artengemeinschaften einen Anspruch auf ihren Lebensraum haben. Dabei kann es vorkommen, daß ein Boden hoch eingestuft wird, den nur weit verbreitete Arten besiedeln und der daher aus der Sicht des klassischen Natur- bzw. Artenschutzes unbedeutend ist. Der umgekehrte Fall ist hingegen auch möglich. Damit dient die Hemerobie nicht zur Beurteilung der Biotopfunktion in dem umfassenden Sinn, der in diesem Kapitel beschrieben wurde und es wird in dieser Arbeit auf deren Bewertung verzichtet. Ein weiterer Grund um auf die Beurteilung der Hemerobie in Sachsen-Anhalt zu verzichten liegt darin, daß dies an Hand der Ergebnisse der Bodenschätzung nur schlecht möglich ist. Es wäre hierzu notwendig, großmaßstäbige Bodenkarten mit Angabe der Bodenform oder eigene Kartierergebnisse zu verwenden. Diese Unterlagen liegen in Sachsen-Anhalt jedoch nicht vor.

## 7.2 Biomassefunktion

### 7.2.1 Inhalt der Funktion und Überblick über bestehende Bewertungssysteme

In der Biomassefunktion ist neben anderem die landwirtschaftliche Ertragsfunktion enthalten (vgl. Kap. 6).

Der Boden hat die Funktion, Pflanzen als Standort zu dienen. Er gehört zu den Standortsfaktoren, die das Pflanzenwachstum, die pflanzlichen Erträge in entscheidendem Maß beeinflussen. Diese Eigenschaft wird als Bodenfruchtbarkeit oder auch als Ertragsfähigkeit bezeichnet. Unter Einbeziehung der natürlichen Pflanzen in die Betrachtung wird hierfür im folgenden auch der Begriff der Biomasseproduktivität bzw. des Potentials zur Erfüllung der Biomassefunktion verwendet. Die vom Boden vorgegebene Fruchtbarkeit ist von der Ertragsleistung eines Bodens als Standort für Kulturpflanzen abzugrenzen, da diese von zahlreichen nicht bodenbürtigen Faktoren wie Klima, Pflanzenart, Bearbeitung usw. beeinflusst wird (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Bei der vom Boden vorgegebenen Ertragsfähigkeit handelt es sich also um die potentielle, d.h. die maximal erreichbare Bodenfruchtbarkeit, die nicht mit der aktuellen Bodenfruchtbarkeit übereinstimmen muß. Dies ist beispielsweise der Fall wenn bei einem Boden mit sehr günstigen Standortseigenschaften der Faktor Klima einen limitierenden Einfluß auf die Erträge ausübt (SEMMELE 1983). Der Begriff der Boden- und Standortfruchtbarkeit ist in der Land- und Forstwirtschaft gleichermaßen eingebürgert (KOPP et al. 1982).

Die Kultur- bzw. Nutzpflanzenstandorte, für die der bodenbürtige Faktor der Fruchtbarkeit (bzw. Ertragsfähigkeit oder auch Produktivität) in Anspruch genommen wird, beinhalten die Standorte der Acker-, Grünland- oder Forstnutzung sowie des Garten-, Obst- oder Weinbaus (BLUME 1990). Von Bedeutung in bezug auf die Formulierung schützenswerter Bodenfunktionen ist die hier, wie auch in der weiteren Literatur zu diesem Thema, erfolgte Nennung der Forstpflanzen in Zusammenhang mit den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Dies ist trotz großer Unterschiede in der land- und forstwirtschaftlichen Produktionsweise angebracht, da es sich bei beiden Nutzungsformen um Aspekte der ökonomisch orientierten Pflanzenproduktion handelt. Weitere Ausführungen hierzu werden in Anlage 1 gemacht.

Das Ertragspotential eines Standorts bei optimaler Bewirtschaftung läßt sich direkt durch eine Ertragsermittlung bestimmen (HARRACH 1987). Spezielle Fragestellungen erfordern in aufwendigen Untersuchungen neben einer Berücksichtigung der Ansprüche der verschiedenen Kulturpflanzen das Einbeziehen klimatischer Faktoren und verschiedener Bodenparameter, um zu absoluten Daten zu kommen. Im hier zu entwickelnden Konzept kann aber nur mit einer nutzungsneutralen Bewertung des Ertragspotentials, welches von den durch-

schnittlichen Ansprüchen der Pflanzen ausgeht, gearbeitet werden. Die Anwendbarkeit einer pauschalen Bewertung wird auch dadurch nicht beeinträchtigt, daß die Standortansprüche einzelner Pflanzen vom Bewertungsschema abweichen können. Eine bezüglich der Anbaueignung genauere oder absolute Einstufung vorzunehmen ist hier nicht das Ziel und würde über den Rahmen der Bodenschutzaufgaben hinausgehen. Es geht vielmehr darum, relative Unterschiede festzustellen. Für die Praxis der Standortkunde wird in HARRACH (1987) festgestellt, daß es zweckmäßig ist, das Potential zur Biomasseproduktion mit Relativzahlen zu kennzeichnen, wie dies z. B. in der Bodenschätzung der Fall ist.

In MARKS et al. (1989: 143) wird gleichfalls das Ziel formuliert, eine nutzungsneutrale Beurteilung des Leistungsvermögens von Standorten hinsichtlich der gesamten pflanzlichen und tierischen Stoffherzeugung durchzuführen. Es wird hierin die Terminologie von HAASE (1978) verwendet, nach der das biotische Ertragspotential das Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes beschreibt, Biomasse zu erzeugen und die ständige Wiederholbarkeit dieses Vorgangs zu gewährleisten. Das landwirtschaftliche (Acker- und Grünland) und das forstliche Ertragspotential sind Subpotentiale hiervon. Mit dem Bestreben nach einer Gesamtbewertung des biotischen Ertragspotentials wird beabsichtigt, zu einer einfachen und leicht handhabbaren Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in planerisch verwertbare Informationen zu gelangen. Weiter werden in MARKS et al. (1989) Forschungsergebnisse zitiert, nach denen dies aber in befriedigender Weise nicht möglich ist. Es werden deshalb unter dem Begriff "Biotisches Ertragspotential" die herkömmlichen Standortbewertungen der Land- und Forstwirtschaft zusammengefaßt.

In den bisher zum Thema der Bodenbewertung mit dem Ziel des Natur- bzw. Bodenschutzes erschienenen Arbeiten wurden schon Konzepte zum Ertragspotential verfaßt. In der Literatursammlung von GUNREBEN et al. (1995) zu den „Indikatoren“ der Bodenfunktionen ist eine Aufstellung dieser Arbeiten enthalten. Diese sind teilweise unter bodenkundlichen und teilweise unter mehr landschaftsplanerischen Gesichtspunkten angefertigt und beinhalten jeweils eine Methode zur Schätzung des Potentials zur Biomasseproduktion. Sie werden nachfolgend hinsichtlich ihrer allgemeinen Anwendbarkeit überprüft.

In der Arbeit von MARKS et al. (1989) wird für die forst-, acker- und grünlandwirtschaftliche Nutzung eine getrennte Standortbewertung vorgenommen. Hierzu werden die Standortfaktoren des Bodens, Reliefs und Klimas einzeln bewertet und zu einer Gesamtbewertung aggregiert. Die Standortbewertungen für die einzelnen Nutzungsformen können am Ende als Mittelwert zu einer Gesamtbewertung für das biotische Ertragspotential zusammengefaßt werden. Die Datenbasis für dieses Bewertungsschema ist die Geoökologische Karte im Maßstab 1 : 25.000. Da das gesamte System auf die Inhalte der Geoökologischen Karte ausgerichtet ist, kann es auch nur bei dem Vorliegen dieser Grundlage angewendet wer-

den. Das Schema kann demnach in Sachsen-Anhalt nicht angewendet werden, da hier keine Geoökologische Karte zur Verfügung steht.

Das Bewertungssystem von BERGER (1995) ist eine Mischung aus bewertender Einstufung und gutachterlicher Beschreibung. Die Zusammenstellung der Kriterien (Parameter), die zur Bewertung herangezogen werden, ist in ihrer Kombination nicht durchweg nachvollziehbar. Die Bewertung wird der Nachvollziehbarkeit wegen in einer Tabelle durchgeführt, wozu aber nur ein Teil der Kriterien herangezogen wird, da sich diese zum Teil ergänzen oder deren Kombination nicht sinnvoll ist. Die unterschiedliche Gewichtung der Kriterien muß in einem Text erläutert werden. Die Methode entspricht dem Vorgehen in einem Einzelgutachten, liefert aber wegen der uneinheitlichen Kriterienauswahl keinen Beitrag zur Objektivierung der Bewertung unterschiedlicher Standorte.

GRIMM & SOMMER (1993) bewerten die Eignung von Böden als Standort für Kulturpflanzen an Hand der Bodenschätzung. Eine Klasseneinteilung wird dazu aber nicht vorgegeben. Für das biotische Ertragspotential im Sinne von HAASE (1978) eignen sich nach dieser Publikation die bodenbürtigen und Reliefparameter, die mit Hilfe der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ klassifiziert werden. Welche Parameter dazu herangezogen werden sollen und in welcher Form eine Zusammenfassung zu einem Gesamtergebnis erfolgen soll, bleibt aber offen.

In HARRACH (1987) wird die besondere Bedeutung der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für das Ertragspotential hervorgehoben. Diese korreliert bei vergleichbaren Voraussetzungen mit dem Ertrag aber auch mit den Bodenzahlen der Bodenschätzung. Das Vorgehen der Bewertung mittels der Bodenschätzung wird im Prinzip beibehalten, wird aber durch das Einbeziehen der nFK modifiziert. Letztlich werden Äquivalent-Bodenzahlen, die sich aus der Beziehung zwischen nFK und Bodenzahl ergeben, für die Einstufung herangezogen. In diesem gut begründeten Entwurf werden aber keine Klassen gebildet.

In der Dokumentation von MÜLLER et al. (1992) wird das standortbezogene landwirtschaftliche Ertragspotential mit einer Regressionsgleichung berechnet in die als Kennwerte die Bodenkundliche Feuchtestufe, der gewichtete Tongehalt und die effektive Durchwurzelungstiefe eingehen. Die zahlreichen Eingangsdaten, die zur Ermittlung der Kennwerte benötigt werden, sind in einer Bodenkarte im Maßstab 1 : 25.000 enthalten.

Unter dem Autorennamen CADMAP & AUHAGEN (1993) wird im Bericht von GUNREBEN et al. (1995) die Arbeit von FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG (1993) zitiert. Als Grundlagen für eine Karte der Bodengüte werden für landwirtschaftlich genutzte Gebiete die MMK und für forstwirtschaftliche Flächen die Karte

der Naturraummosaike, beide im Maßstab 1 : 100.000, herangezogen. Bei den landwirtschaftlichen Flächen Berlins bilden die Ackerzahlen der Bodenschätzung die Datenbasis. Für die landwirtschaftlichen Böden wird eine Einstufung in 6 Klassen vorgenommen. Diese werden auf der Basis der Standortregionaltypen in Beziehung zu den Ackerzahlen der Bodenschätzung gebildet. Für die forstwirtschaftlich genutzten Böden werden gleichfalls 6 Klassen gebildet. Die Grundlage für die Klassifizierung sind die Stammfruchtbarkeitsziffern (nutzbare Holzmasse in dt/ha/Jahr). Die Stammfruchtbarkeitsziffern sind eine Bewertung der Standortverhältnisse, die sich aus den Faktoren des Wasserhaushalts und der Nährstoffversorgung ergibt. Sie sind Maßzahlen für das nachhaltige Vermögen eines Standorts, Biomasse zu produzieren. Das hier vorgestellte Verfahren erfüllt die oben formulierten Forderungen an ein einfaches, nachvollziehbares und ausreichend genaues Bewertungssystem. Eine direkte Übernahme der Methode ist jedoch nicht möglich, da sie zum Erstellen einer Karte im Maßstab 1 : 200.000, d. h., für eine relativ großflächige Bewertung entwickelt wurde. Hierfür sind die verwendeten Karten im Maßstab 1 : 100.000 die geeignete Grundlage. Für eine vergleichsweise kleinräumige Standortbeurteilung, würde unter Umständen die Generalisierung der Karte im Maßstab 1 : 100.000 zu stark sein und es wären kleinflächig keine Standortunterschiede zu erkennen. Dies ist der Fall, wenn die Eigenschaftsunterschiede, die innerhalb der heterogenen Standortregionaltypen oder Naturraummosaike auftreten, aufgrund der maßstabsbedingten Generalisierung nicht mehr dargestellt werden und in der im größeren Maßstab durchgeführten Planung unberücksichtigt bleiben.

In dem Entwurf von EVERT & BAUMGÄRTNER (1993) werden die landwirtschaftlichen Nutzflächen auch nach den Ergebnissen der Bodenschätzung eingestuft. Zur Bewertung des biotischen Ertragspotentials, mit dem forstlich genutzte Böden beurteilt werden, werden die Standortfaktoren Boden, Klima und Relief herangezogen und entweder nach der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ oder der Kartieranleitung zur Geoökologischen Karte 1 : 25.000 eingestuft. Die Parameter sollen entweder im Gelände bestimmt oder aus den Kartengrundlagen entnommen werden. Der Gesamtwert für das Ertragspotential ergibt sich aus der Aggregation der einzelnen Einstufungen. Diese erfolgen in einer 5-teiligen Skala. Es wird allerdings nicht dargestellt, wie die Skalierung aufgebaut wird. Das Vorgehen ist sonst grundsätzlich das Gleiche wie in MARKS (1989).

Im baden-württembergischen Bodenschutzkonzept (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1994) sind 2 Wege zur gemeinsamen Einstufung sowohl des land- als auch des forstwirtschaftlichen Ertragspotentials in einer für beide Nutzungsansprüche geltenden 5-teiligen Skala vorgesehen. Eine Möglichkeit besteht in der Herleitung der bodenbürtigen Parameter aus einer großmaßstäbigen Bodenkarte. Hierzu werden auch noch Daten zu den Nährstoffgehalten des Ausgangsgesteins aus der geologischen Karte benötigt. Zusätzlich werden klimatische Faktoren anhand von Literaturangaben berechnet. Der

Herleitungsweg ist nachvollziehbar gegliedert und die Methode ist bei Verfügbarkeit sämtlicher Grundlagen leicht anwendbar. Allerdings funktioniert das System nicht, wenn die großmaßstäbliche Bodenkarte und die entsprechende geologische Karte nicht vorhanden sind. Für diesen Fall kann als zweite Option die Bewertung auf einfache Art mittels den Ergebnissen der Bodenschätzung vorgenommen werden. Dieses Verfahren entspricht, abgesehen von der Zuordnung der Bodenschätzungsergebnisse zu anderen Kartiereinheiten, dem Vorgehen bei der Klassifizierung der landwirtschaftlichen Nutzflächen in FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG (1993). In beiden Methoden werden hingegen unterschiedliche Klassengrenzen angewandt, womit den verschiedenartigen Standortverhältnissen in beiden Regionen Rechnung getragen wird.

Der Entwurf von ARUM (1989) wird in BRAHMS et al. (1989) so weit beschrieben, daß er bezüglich der Anwendbarkeit charakterisiert werden kann. Die Grundlage waren hier großmaßstäbliche Bodenkarten (Niedersächsische Bodenkarte 1 : 25.000), mit denen differenzierte Aussagen zu den Wasser- und Nährstoffverhältnissen der Böden gemacht werden können. Die Durchführung dieser Methode gelingt also nur, wenn die entsprechenden Karten in ausreichend großem Maßstab vorhanden sind.

SANDNER & MANNSFELD (1992) haben eine Darstellung des Ertragspotentials im Maßstab 1 : 200.000 vorgenommen und hierfür die MMK (Maßstab 1 : 100.000) ausgewertet. Die Bewertung der Standortfaktoren für das ackerbauliche, grünlandwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Ertragspotential erfolgt getrennt, und am Schluß wird das Ertragspotential als Ganzes rechnerisch ermittelt. Das Vorgehen erfolgt nach der gleichen Methode wie in MARKS et al. (1989). Das Verfahren ist für die klein- und mittelmaßstäbliche Darstellung von größeren Flächen geeignet.

Das Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtestufe von BENZLER et al. (1987) basiert auf bodenkundlichen, hydrologischen, morphologischen und klimatischen Parametern. Eine Eignungsbeurteilung der Standorte für die landwirtschaftliche Nutzung wird der Einstufung der bodenkundlichen Feuchtestufe entsprechend vorgenommen. Für das Verfahren wird als Datengrundlage zur Herleitung der bodenkundlichen Parameter eine großmaßstäbliche Bodenkarte benötigt. Mit dieser Methode erfolgt eine Standortbeurteilung ausschließlich auf Grundlage der Wasserversorgung, womit eine ausreichende Charakterisierung aber nur hinsichtlich der landwirtschaftlichen Nutzung vorgenommen werden kann.

Des Weiteren wird in GUNREBEN et al. (1995) noch die „Bodenkundliche Kartieranleitung“ (AG BODEN 1994) angeführt. Hierin sind Einstufungen zu bodenchemischen und bodenphysikalischen Parametern sowie zu weiteren standortkundlichen Kriterien enthalten, mit

denen Standortbewertungen, u.a. zur Beurteilung des landwirtschaftlichen Ertragspotentials, durchgeführt werden können. Es handelt sich dabei aber nicht um eine fest umrissene Handlungsanleitung zur Bodenbewertung, da die Auswahl der Parameter, die zur Einstufung benutzt werden, nicht vorgegeben ist.

Aus der Zusammenstellung der verschiedenen Methoden wird ersichtlich, daß die kleinräumige Anwendbarkeit eines Bewertungsschemas entscheidend von der Qualität der Datengrundlage in ausreichend großem Maßstab abhängt. In Anlage 1 wird beschrieben, daß für alle Arten von Pflanzen im wesentlichen die gleichen Bedingungen für die Biomasseproduktion gelten. Die bodenbürtigen Standortverhältnisse, die hierbei zum Tragen kommen betreffen die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen. Die Informationen, mit denen diese Standortbedingungen am besten abgeschätzt werden können, sind für landwirtschaftlich genutzte Flächen in den Karten der Bodenschätzung und für Wälder in den Forstlichen Standortkarten zu finden, die anschließend näher charakterisiert werden.

- Die Ergebnisse der Bodenschätzung liegen für die landwirtschaftlichen Nutzflächen Sachsen-Anhalts flächendeckend im Maßstab 1 : 10.000 vor. In unterschiedlichem Umfang sind auch die Originalkarten im Maßstab 1 : 1000 bis 1 : 5000 sowie die sogenannten Grablochbeschriebe verfügbar. Mit den Acker- und Grünlandzahlen liegt so in hoher Informationsdichte eine Einstufung der Bodengüte in Form von Relativzahlen vor, die für eine Kennzeichnung der Qualitätsunterschiede von landwirtschaftlich genutzten Böden herangezogen werden können.
- Mit der Forstlichen Standortkarte im Maßstab 1 : 10.000 kann eine genaue Zuordnung der Standorteinheiten im großen Maßstab vorgenommen werden. Die hierin ausgewiesenen Stamm-Standortsformengruppen werden aus den Kriterien der Wasser- und Nährstoffversorgung bestimmt. Damit lassen sich in der Tabelle von KOPP & SCHWANECKE (1994: 110) die Stammfruchtbarkeitsziffern für Holzmasse (dt/ha/Jahr) ablesen. Diese können in Analogie zur Methode von FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG (1993) zur Klassifizierung der forstlich genutzten Böden verwendet werden. In der Verbindung von Karteninhalt und ausreichend großem Maßstab ist die Forstliche Standortkarte die geeignete Basis zur Bewertung des bodenbürtigen Ertragspotentials der Waldstandorte.

Als weitere denkbare Datengrundlage sind noch die Karten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) im Maßstab 1:100.000 in die Betrachtung einzubeziehen, die für Sachsen-Anhalt flächendeckend vorliegen und einen hohen Informations-

gehalt aufweisen. In deren Grundeinheit, den Standortregionaltypen, sind die wichtigsten Standortmerkmale bezüglich des Substrats, des Bodenwasserhaushalts und des Reliefs sowie die Bodenformen enthalten. Für standortgenaue Aussagen für Planungszwecke in größeren Maßstäben, wie z.B. bei Grünordnungsplänen, kann die MMK aber wegen der Heterogenität der Kartiereinheiten nicht herangezogen werden. Selbst konventionelle Bodenkarten im Maßstab 1 : 25.000 können diese Anforderungen nur beschränkt erfüllen. Deren Stärke liegt, wie bei der MMK, in einem Informationsgehalt auf der Ebene von bodenkundlichen Überblicken (BENNE & HEINEKE 1987). Die räumliche Aussagegenauigkeit hat im kommunalen Bodenschutz Vorrang vor der qualitativen Aussagegenauigkeit. Nach den oben formulierten Prämissen sind die Ergebnisse der Bodenschätzung, ohne das Schätzverfahren hier näher zu erörtern, die beste in Sachsen-Anhalt zur Verfügung stehende Grundlage für ein Bewertungssystem auf kommunaler Ebene und in den darüberliegenden Planungsebenen. Es lassen sich bei einfachem Datenzugriff auf schnelle und unkomplizierte Art lagegenaue und vergleichende Einstufungen der Bodengüte mit ausreichender Genauigkeit vornehmen (vgl. BMU 1995b).

Bezüglich der forstwirtschaftlich genutzten Böden eignen sich wegen ihrer hohen Informationsdichte und -qualität die Inhalte der Forstlichen Standortkarte im Maßstab 1 : 10.000 an erster Stelle als Grundlage für eine Klassifizierung. Entsprechend den Ackerzahlen der Bodenschätzung können als Maßzahlen für die Standortsproduktivität die hieraus abzuleitenden Fruchtbarkeitsziffern in Bewertungsklassen eingeteilt werden.

### 7.2.2 Bewertung der Biomassefunktion

In der Literatur gibt es Beispiele für die Bewertung der Biomasseproduktivität mit Hilfe der Bodenschätzung bzw. der Fruchtbarkeitssziffern aus der Forstlichen Standortkarte. Tabelle 8 gibt die Einstufung aus UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1994) wieder, wo entsprechend der dort festgesetzten Klassengrenzen, hier die beste Kategorie eine 1 und die schlechteste eine 5 erhält.

**Tabelle 8:** Bewertung der Bodenfunktion „Standort für Kulturpflanzen“ mit den Ackerzahlen der Bodenschätzung nach UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1994).

Kategorie	1	2	3	4	5
Acker- bzw. Grünlandzahl	> 75	61 - 75	41 - 60	25 - 40	< 25

In der Einstufung von FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG (1993: 4) wurden die insgesamt weniger günstigen Bodenverhältnisse des in Brandenburg liegenden Untersuchungsgebiets berücksichtigt. Es wurden daher noch Böden mit einer Ackerzahl von 44 in die beste Kategorie eingestuft, während anderenorts erst solche mit der Ackerzahl 60 oder höher als „sehr gut“ bewertet werden (Tabelle 9).

**Tabelle 9:** Bewertung der Bodenfunktion „landwirtschaftliche und gartenbauliche Produktion“ mit den Ackerzahlen der Bodenschätzung nach FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG (1993).

Kategorie	1	2	3	4	5	6
Ackerzahl	> 44	36 - 44	28 - 35	23 - 27	18 - 22	< 18

Forstwirtschaftlich genutzte Böden wurden in FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG (1993) nach der Stammfruchtbarkeitsziffer (Holzmasse in dt/ha/Jahr), wie in Tabelle 10 wiedergegeben, bewertet. Wie oben erläutert ist es nicht nötig, augenblicklich landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich genutzte Böden hinsichtlich des Ertragspotentials unterschiedlich zu bewerten.

**Tabelle 10:** Bewertung der Bodenfunktion „forstwirtschaftliche Produktion“ mit Hilfe der Stammfruchtbarkeitsziffer nach FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG (1993).

Kategorie	1	2	3	4	5	6
Stammfruchtbarkeitsziffer	> 50	45 - 50	40 - 45	35 - 40	30 - 35	< 30

Für die von 0 bis 100 reichenden Bodenzahlen der Bodenschätzung wird für Sachsen-Anhalt eine gleichmäßige 5-stufige Skalierung vorgenommen. D. h., daß die besten Böden hier erst ab einer Bodenzahl > 80 zu finden sind. Damit wird auch dem in Sachsen-Anhalt gehäuftem Vorkommen von Böden mit solch hohen Bodenzahlen, nämlich der Schwarzerden, Rechnung getragen. Bezüglich der Stammfruchtbarkeitsziffern besteht die Frage, welche dieser Werte den Bodenzahlen entsprechen, da der höchste Wert in der Tabelle von KOPP & SCHWANECKE (1994: 110) 67 und der niedrigste 7 beträgt.

Für die Einstufung der Fruchtbarkeitsziffern kann auf die Tabelle von HAHN & MIENTUS (1993) zurückgegriffen werden. Dort wurde für Waldböden des Tieflandes eine Zuordnung von Fruchtbarkeitsziffern zu den Bodenzahlen vorgenommen. Die Fläche Sachsen-Anhalts ist nach der forstlichen Standortserkundung zwar größtenteils der Klimastufe der unteren Lagen zuzuordnen. Es wurde aber trotzdem auf diese Publikation zurückgegriffen, da sie zum einen eine Orientierungshilfe darstellt und zum anderen die einzige Veröffentlichung bezüglich der Zuordnung dieser Bodenwertzahlen ist. Hiernach wird in dieser Arbeit die Klassifizierung der Biomassefunktion nach der Einteilung in Tabelle 11 vorgenommen:

**Tabelle 11:** Bewertung der Biomassefunktion des Bodens für Sachsen-Anhalt mit den Bodenzahlen der Bodenschätzung und den Stammfruchtbarkeitsziffern aus KOPP & SCHWANECKE (1994).

Kategorie	Bodenzahl	Stammfruchtbarkeitsziffer
1	81 - 100	> 65
2	61 - 80	57 - 65
3	41 - 60	46 - 56
4	21 - 40	26 - 45
5	$\leq 20$	$\leq 25$

Nach diesem Bewertungsschema sind die Waldböden erst mit Fruchtbarkeitsziffern > 65 in der Klasse 1 zu finden. In der Zusammenstellung von HAHN & MIENTUS (1993) beträgt die höchste Fruchtbarkeitsziffer bei den Böden des Tieflandes 65, während in KOPP & SCHWANECKE (1994: 110) die 67 der insgesamt höchste Wert ist. Das bedeutet, daß bei forstlich genutzten Böden die Klasse 1 nicht oder höchstens in Ausnahmefällen vorkommt. Diese Klasseneinteilung entspricht der realen Verteilung der Landnutzung, wonach die besten Böden nur unter Ackernutzung zu finden sind.

Zusammenfassend stellt sich bei der Betrachtung der Bodenbewertung für landwirtschaftliche und waldbauliche Nutzung heraus, daß der Boden für beide Nutzungsformen trotz der hierfür herangezogenen unterschiedlichen Verfahren gemeinsam bewertet werden kann. Dies ist darin begründet, daß die jeweilige Ertragsleistung von den gleichen Bodeneigenschaften bestimmt wird (SCHACHTSCHABEL et al. 1998, KOPP & SCHWANECKE 1994). Die Bewertung des Bodens hinsichtlich der natürlichen Vegetation muß dagegen gesondert vorgenommen werden, da hierfür nicht die Kriterien der Ertragsleistung und damit der Bodenfruchtbarkeit bzw. -produktivität angewendet werden können.

### 7.3 Weitere Aspekte der Funktion als Pflanzenstandort

Mit der Biomassefunktion wird die Menge an pflanzlicher Biomasse ohne Rücksicht auf ihre Zusammensetzung betrachtet, die ein Boden unter natürlichen Verhältnissen hervorbringen kann. Es gibt diesbezüglich erhebliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Böden. Die Bodeneigenschaften, die ein hohes Potential zur Erfüllung der Biomassefunktion hervorbringen, sind jedoch für natürliche Vegetation und für land- und forstwirtschaftliche Nutzpflanzen die gleichen. Eine hohe Menge an pflanzlicher Biomasse bedeutet weiterhin eine gute Ernährungsgrundlage für Tiere und andere Organismen, weshalb diese dort auch in größerer Arten- und Individuenzahl anzutreffen sind. Eine Korrelation zwischen dem Hemerobiegrad und der Erfüllung der Biomassefunktion existiert dagegen nicht.

Je mehr Biomasse ein Boden hervorbringen kann, desto besser ist er als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung geeignet (vgl. Kap. 7.2, Anlage 1). Die Fähigkeit des Bodens, viel Biomasse hervorzubringen, hat darüber hinaus noch mittelbar positive Auswirkungen auf das Klima, was nachfolgend beschrieben wird.

Zur Produktion von Biomasse nehmen Pflanzen über ihre Stomata  $\text{CO}_2$  aus der Luft auf. Die Biomasseproduktion ist direkt proportional zur  $\text{CO}_2$ -Aufnahme. Pflanzen sind also  $\text{CO}_2$ -Senken und entziehen der Atmosphäre umso mehr  $\text{CO}_2$ , je mehr Biomasse erzeugt wird. Die zur Zeit ansteigende  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre ist ein wesentlicher Grund für die prognostizierte, anthropogen bedingte Erwärmung. Die Nutzung geeigneter Böden für die Produktion von Biomasse hilft diesem Trend entgegenzuwirken.

Bei der Umwandlung von  $\text{CO}_2$  durch Photosynthese in Biomasse geben Pflanzen außerdem  $\text{O}_2$  ab. Sie verbrauchen zwar auch  $\text{O}_2$ , setzen insgesamt aber mehr davon frei. Biomasse, besonders in Form von Bäumen, kann außerdem Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern, was beides zur Verbesserung der Luftqualität beiträgt.

Pflanzen bestehen überwiegend aus Wasser. Von der Sonnenenergie, die auf einer Pflanze auftrifft, geht der größte Teil in die Umwandlung von Wasser in Wasserdampf ein, welcher durch die Stomata aus den Pflanzen entweicht. Pflanzen gleichen diesen Verdunstungsverlust durch die Aufnahme von Wasser aus dem Boden aus.

In Abwesenheit von Pflanzen würde diese Energie den Boden und die Luft darüber erwärmen. Da Wasserdampf über den gleichen Weg aus der Pflanze entweicht wie  $\text{CO}_2$  aufgenommen wird, nämlich durch die Stomata, ist die Verdunstung direkt proportional zur  $\text{CO}_2$ -Aufnahme und damit zur Biomasseproduktion. Daraus entsteht folgende Wirkungskette: je mehr Biomasse desto mehr Verdunstung, desto weniger Energie für die Erwärmung von

Luft und Boden, desto kühler die Umgebung. Dieser kleinräumig wirkende Effekt ist besonders im Sommer in Stadtgebieten spürbar.

Eine der Aufgaben der Raum- und Landschaftsplanung ist es, die Qualität der Umwelt, wozu auch Luft und Klima gehören, zu sichern und ggf. zu verbessern. Wie zuvor erläutert, kann Biomasse dazu einen Beitrag auf lokaler und globaler Ebene leisten. Die Biomassefunktion eines Bodens ist daher für die Planung ebenfalls ein wichtiger Faktor. Im Gegensatz zur Biotopfunktion läßt sich diese allgemeingültig und objektiv bewerten.

Böden, die für die Biotopfunktion eine große Bedeutung haben, können für die Biomassefunktion unbedeutend sein und umgekehrt. Für die Biotopfunktion sind u.a. Böden mit extremen Eigenschaften interessant, solche die z.B. zu naß, zu trocken oder zu sauer sind, so daß auf ihnen nur spezialisierte und damit seltene Pflanzenarten vorkommen. Für die Biomassefunktion sind diese Böden von geringer Bedeutung. Im Zuge des Planungsprozesses ist damit abzuwägen, welche Funktion Priorität haben soll, wobei an unterschiedlichen Standorten verschiedene Prioritäten gelten können. In der Nähe von Ballungsräumen kann z.B. die Biomassefunktion zur Verbesserung der Luftqualität den Vorrang erhalten, an anderen Stellen dagegen die Biotopfunktion. Andererseits gibt es auch Böden, die beide Funktionen gleich gut erfüllen können, wie z.B. Auenböden, die ein hohes Potential zur Erfüllung der Biomassefunktion aufweisen und andererseits oft auch Träger von ökologisch wertvollen Biotopen sind.

## **8. Bewertung der Funktion „Regelung im Wasserhaushalt“**

### **8.1 Inhalt der Funktion und Grundlagen der Bewertung**

Böden üben einen maßgeblichen Einfluß auf die Entstehung von Oberflächenabfluß und die Grundwasserneubildung aus. Sie haben dadurch eine wichtige Funktion in der Regelung des Wasserhaushaltes einer Landschaft. Die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt gliedert sich in diese beiden Teilaspekte.

Bei der Bewertung der Bodenfunktion "Regelung im Wasserhaushalt" soll aufgezeigt werden, wie gut verschiedene Böden diese Funktion potentiell erfüllen könnten. Wie bei den anderen Bodenfunktionen auch, sollen qualitative Standortsunterschiede in bezug auf die potentielle Erfüllung der Funktion deutlich gemacht werden. Ziel der Bewertung ist es nicht eine quantitative Bestimmung der hierfür ausschlaggebenden Phänomene, wie beispielsweise der Grundwasserneubildung, vorzunehmen.

Bei der Herleitung einer Bewertungsmethode sind wiederum die für die praktische Umsetzung des Bodenschutzes wichtigen Kriterien der leichten Anwendbarkeit und Verfügbarkeit der Datengrundlagen zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 5.3). Es wird daher auch für die Bewertung dieser Bodenfunktion die Bodenschätzung als Grundlage herangezogen. Was noch zu klären ist, ist die Frage, mit Hilfe welcher Parameter die beiden Teilaspekte der Funktion unter der oben formulierten Prämisse bewertet werden kann.

#### **8.1.1 Regelung von Oberflächenabfluß**

Zuviel Oberflächenabfluß kann zu Überschwemmungen führen. Er kann außerdem Boden-erosion zur Folge haben. Oberflächenabfluß entsteht, wenn die Niederschlagsintensität die Infiltrationskapazität eines Bodens übersteigt. Er tritt daher besonders häufig bei Niederschlägen mit hoher Intensität, z.B. bei Gewitterregen, auf.

Die Infiltrationskapazität wird von der Gründigkeit und dem Wassergehalt eines Bodens beeinflusst, aber letztlich durch seine gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) begrenzt (GREEN & AMPT 1911, zit. in HILLEL 1980). Für die Bewertung der Teilfunktion „Regelung von Oberflächenabfluß“ werden deshalb zunächst die kf-Werte herangezogen und in die Kategorien in Tabelle 14 eingeteilt (Kap. 8.3). Diese Einteilung ist an die kf-Stufen der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (KA4) angelehnt (AG BODEN 1994).

### 8.1.2 Regelung von Grundwasserneubildung

Grundwasser ist die wichtigste Quelle für Brauch- und Trinkwasser für Menschen. Sie wird durch Grundwasserneubildung wieder aufgefüllt. Um möglichst viel Grundwasser zur Verfügung zu haben, muß möglichst viel Grundwasser neu gebildet werden.

Grundwasserneubildung entsteht, wenn die Niederschlagsmenge, die in den Boden infiltriert, die Wasserspeicherkapazität eines Bodens übersteigt. Die Wasserspeicherkapazität wird daher häufig als der entscheidende bodenbürtige Faktor der Grundwasserneubildung angesehen und zu dessen Ermittlung herangezogen (z.B. MÜLLER et al. 1992). Aus diesem Grund wird dieser Vorgang hier näher betrachtet.

Theoretisch entspricht die maximale Wasserspeicherkapazität eines Bodens seiner Porosität. Die Poren in einem Boden sind unterschiedlich groß. Aus den größeren Poren fließt das Wasser als Folge der Schwerkraft schnell ab, so daß in der Praxis nicht der gesamte Porenraum als Wasserspeicher zur Verfügung steht. Die Wassermenge, die ein Boden gegen die Schwerkraft zurückhalten kann, ist die sogenannte Feldkapazität (FK). Sie hängt von der Bodenart und vom Abstand zum Grundwasser ab und ist der höchste Wassergehalt, den ein Boden unter natürlichen Bedingungen halten kann (HARTGE 1978).

In der Praxis ist die FK gleichzeitig auch der niedrigste Wassergehalt, den ein Boden erreicht, wenn keine Evaporation (Verdunstung von Wasser von der Bodenoberfläche) oder Transpiration (Verdunstung von Wasser durch Pflanzen) stattfindet, da hierbei nach der o.g. Definition kein Wasser mehr fließt.

Evaporation wirkt sich nur auf die oberen 5 - 10 cm eines Bodens aus, da sie den Boden von oben her austrocknet und dadurch die Nachlieferung von Wasser aus tieferen Bodenzonen gehemmt wird (CAMPBELL 1985).

Durch Transpiration können Pflanzen einem Boden bis in die Tiefe Wasser entziehen, in die ihre Wurzeln reichen. Abhängig von der Pflanzenart können Wurzeln wenige Zentimeter bis mehrere Meter tief wachsen (BORG & GRIMES 1986). Allerdings ist nicht das gesamte Bodenwasser pflanzenverfügbar. Mit abnehmender Menge wird es im Boden zunehmend fester gehalten. Ab einem bestimmten Wassergehalt können Pflanzen daher kein weiteres Wasser mehr aus dem Boden aufnehmen und verwelken nach kurzer Zeit, wenn dem Boden kein Wasser zugefügt wird (CAMPBELL 1985). Dieser Bodenwassergehalt wird deshalb permanenter Welkepunkt (PWP) genannt. Das dann noch im Boden vorhandene Wasser befindet sich in sehr kleinen Poren, in denen es praktisch nicht mehr fließt. Abgesehen von den oberen 5 - 10 cm, wo Evaporation den Boden weiter austrocknen kann, ist

der permanente Welkepunkt daher der niedrigste Wassergehalt, den ein Boden unter natürlichen Bedingungen erreicht. Er ist von der Boden- und Pflanzenart abhängig.

Die maximal verfügbare Wasserspeicherkapazität eines Bodens ergibt sich somit aus der Differenz zwischen dem höchsten (FK) und dem niedrigsten Wassergehalt (PWP), der unter natürlichen Bedingungen vorkommen kann, multipliziert mit der Wurzeltiefe der Pflanzen. Die Differenz FK - PWP wird nutzbare Feldkapazität (nFK) genannt. Sie hängt hauptsächlich von der Bodenart ab, wird aber auch vom Abstand zum Grundwasser und der Pflanzenart beeinflusst. Das ergibt sich aus den Faktoren, die die Feldkapazität und den permanenten Welkepunkt bestimmen.

Die Anzahl der Wurzeln nimmt mit der Tiefe ab (GERWITZ & PAGE 1974). Da die Wasseraufnahme von der Anzahl der Wurzeln abhängt, kann aus größeren Bodentiefen nicht soviel Wasser aufgenommen werden, wie aus geringeren. Um diesem Umstand gerecht zu werden, wird zur Berechnung der maximal verfügbaren Speicherkapazität nicht die maximale Wurzeltiefe, sondern eine sogenannte effektive Durchwurzelungstiefe ( $W_e$ ) benutzt (AG BODEN 1994). Sie beträgt ca. 50 - 60 % der maximalen Wurzeltiefe. Die maximal verfügbare Wasserspeicherkapazität (WSK) errechnet sich letztlich also als  $WSK = nFK \times W_e$ . Sie entspricht der Menge an pflanzenverfügbarem Wasser.

Wenn in einem Boden keine Pflanzen wachsen, wird ihm also außer in den obersten Zentimetern kein Wasser entzogen. Der Bodenwasserspeicher ist daher praktisch voll und der Wassergehalt ist die Feldkapazität. Mit jedem Niederschlagseintrag steigt der Bodenwassergehalt dann über die Feldkapazität, so daß das Wasser schnell in tiefere Bodenschichten sickert. Unter diesen Umständen wird die Grundwasserneubildung durch die Infiltrationskapazität begrenzt.

Ein Boden, in dem Pflanzen wachsen, kann dagegen bis zum permanenten Welkepunkt ausgetrocknet werden. Der Bodenwasserspeicher ist daher meist nicht voll und der Wassergehalt schwankt zwischen Feldkapazität und permanentem Welkepunkt. Niederschlagswasser, das in den Boden infiltriert, füllt dann zunächst den Bodenwasserspeicher auf. Das überschüssige Wasser sickert anschließend weiter nach unten bis zum Grundwasser. In diesem Fall sind die Infiltrationskapazität und die Wasserspeicherkapazität für die Grundwasserneubildung eines Bodens maßgeblich. Die Infiltrationskapazität bestimmt, wieviel Wasser in den Boden einsickert und damit theoretisch für die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht. Die Wasserspeicherkapazität bestimmt, wieviel davon tatsächlich für Grundwasserneubildung übrig bleibt, nachdem der Bodenwasserspeicher aufgefüllt ist. Je größer die Wasserspeicherkapazität ist, desto größer ist ihr Einfluß auf die Grundwasserneubildung. Bei sehr hohen Werten, also hoher nFK und/oder großer Wurzeltiefe, ist sie

der dominierende Faktor. Über die Wurzeltiefe hat die Art der Vegetation damit einen großen Einfluß auf die Grundwasserneubildung.

Im Rahmen des Bodenschutzes in der räumlichen Planung soll das Potential eines Bodens zur Erfüllung verschiedener Funktionen bewertet werden. Deshalb wird hier der Einfluß der Vegetation auf die Grundwasserneubildung nicht berücksichtigt und davon ausgegangen, daß der Boden vegetationsfrei ist. Wie oben ausgeführt, ist dann die Infiltrationskapazität der ausschlaggebende Faktor, so daß für die Bewertung der Bodenfunktion „Regelung der Grundwasserneubildung“ ebenfalls der kf-Wert herangezogen werden kann.

Diese Vorgehensweise kommt der Praxis nahe. Will man nämlich einen Boden primär für Grundwasserneubildung nutzen, sollte er vegetationsfrei sein, weil dann die Grundwasserneubildung am größten ist. Wenn eine Vegetationsdecke nötig ist, um Erosion oder die Versiegelung der Poren an der Bodenoberfläche durch die kinetische Energie der Regentropfen zu verhindern (was wiederum zu Oberflächenabfluß und damit Erosion führen kann), sollten dafür Pflanzen mit möglichst geringer Wurzeltiefe angesiedelt werden, damit die Wasserspeicherkapazität ( $nFK \times We$ ) möglichst gering gehalten und dadurch die Grundwasserneubildung möglichst wenig behindert wird. Unter diesen Bedingungen ist auch die Infiltrationskapazität der dominierende Faktor.

In der von UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1994) veröffentlichten Bewertungsmethode wird die Bodenfunktion als „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“ an Hand des kf-Werts und der nFK bewertet. Die Verwendung der nFK setzt die Annahme voraus, daß auf allen Böden die gleiche Vegetation wächst und diese außerdem eine relativ große Wurzeltiefe erreicht, denn nur dann ist die nFK der Faktor, der die Grundwasserneubildung bestimmt. Dadurch wird aber nicht die Fähigkeit eines Bodens zur Grundwasserneubildung bewertet, sondern die einer Kombination aus Boden und (relativ tiefwurzelnder) Vegetation.

Auf der Grundlage der Darlegungen in diesem Kapitel wird die Teilfunktion der Regelung von Grundwasserneubildung in gleicher Weise wie der Oberflächenabfluß nach dem kf-Wert der Böden bewertet. Das heißt, daß die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt mitsamt ihrer beiden Teilfunktionen durch den kf-Wert als Ganzes eingestuft werden kann (Kap.8.3). Weitere Ausführungen werden hierzu in Anlage 4 gemacht.

## 8.2 Zuordnung von kf-Werten zu den Klassenzeichen der Bodenschätzung

Als praktischer Lösungsweg bietet sich an, die kf-Werte, die sich in der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (KA4) für verschiedene Bodenarten und Lagerungsdichten finden (AG BODEN 1994: 305), den Klassenzeichen der Bodenschätzung zuzuordnen. In den Klassenzeichen sind die Bodenart, die Entstehungsart und die Zustandsstufe enthalten.

Es stellt sich hierbei das Problem, die in der Bodenschätzung aufgeführten Bodenarten in das aktuelle bodenkundliche Klassifikationssystem zu übersetzen. Nach der Auswertung der Literatur (z.B. BENNE et al. 1990) haben sich die Ergebnisse aus der Arbeit von WALLBAUM (1991) als die beste Grundlage für die Zuordnung dieser Bodenarten ergeben. Es wurden die dort aufgeführten Ergebnisse der statistischen Auswertung von Analyseergebnissen der Reichsmusterstücke herangezogen. In diesen Ergebnissen sind die in den Signa der Bodenschätzung am häufigsten vorkommenden Bodenartengruppen den der KA4 entsprechenden Bodenarten gegenübergestellt.

Die Ergebnisse der Übersetzung der Bodenarten sind in Tabelle 12 zusammengestellt. Dort sind auch die entsprechenden kf-Werte nach AG BODEN (1994: 305) eingetragen. Von diesen kf-Werten wurden anschließend die Mittelwerte für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung gebildet. Diese Mittelwerte sind in Anlage 3, Tabellen A.3.1 - A.3.3 für die verschiedenen Lagerungsdichten aufgelistet und in Abbildung 3 bis 5 graphisch dargestellt. Mit den Abbildungen wird veranschaulicht, daß sich die Hauptbodenarten auf Grundlage der Zuordnung der kf-Werte in folgende 5 Gruppen mit ähnlicher Wasserleitfähigkeit einteilen lassen: 1. S, 2. SI, 3. IS + SL, 4. sL + L, 5. LT + T.

Für die Zuordnung von kf-Werten zu den Klassenzeichen der Bodenschätzung müssen außer der Bodenart auch noch die Lagerungsdichte und der Bodentyp beachtet werden. In der Bodenschätzung sind diese Faktoren in die Zustandsstufe und die Entstehungsart eingeflossen. Um sie zu berücksichtigen, wurde bei der Zuordnung von kf-Werten wie folgt verfahren:

Mineralische Ackerböden der Zustandsstufen 1 und 2 sind locker gelagert und tiefgründig, die der Zustandsstufen 3, 4 und 5 haben entweder eine mittlere Lagerungsdichte oder eine mittlere Gründigkeit, Böden der Zustandsstufen 6 und 7 weisen entweder stark verdichtete Horizonte (z.B. Podsole) oder eine geringe Gründigkeit auf (ROTHKEGEL 1950). Mit zunehmender Lagerungsdichte nimmt der kf-Wert ab, flachgründige Böden sind schneller wassergesättigt als tiefgründige. Die Infiltrationskapazität sinkt daher sowohl mit zunehmender Lagerungsdichte als auch mit abnehmender Gründigkeit. Böden der Zustandstufe 1

haben die geringste Lagerungsdichte und die größte Gründigkeit und daher auch die höchste Infiltrationskapazität.

Um den Lagerungsdichten Rechnung zu tragen, wurden den Böden in Abhängigkeit von den Zustandsstufen die kf-Werte der KA4 für niedrige (Ld1-2), mittlere (Ld3) und hohe Lagerungsdichten (Ld4-5) zugeordnet. Um die Gründigkeit zu berücksichtigen ist davon auszugehen, daß die Infiltrationskapazität von den Zustandsstufen 1 und 2 hin zu den Zustandsstufen 6 und 7 abnimmt. Eine solche Abstufung ergab sich bereits durch die Berücksichtigung der Lagerungsdichte bei der Zuordnung der kf-Werte. Somit berücksichtigt die Zuteilung der kf-Werte zu den Klassenzeichen der Bodenschätzung sowohl Einflüsse der Lagerungsdichte als auch der Gründigkeit auf die Infiltrationskapazität.

Bei der Bodenart Moor hat die Zustandsstufe eine andere Bedeutung. Sie reflektiert den Zersetzungsgrad der organischen Substanz und die Wasserverhältnisse (REICHSFINANZ-MINISTERIUM 1935, ROTHKEGEL 1950). Die Zustandsstufe 3 ist die beste, die hier vergeben wurde, und steht für gut zersetztes Moor mit günstigem Grundwasserstand. Die Zustandsstufe 7 bedeutet wenig zersetztes Moor mit ungünstigen Wasserverhältnissen. Für Moorböden wurden die kf-Werte deshalb durch einen Vergleich der Zustandsstufen mit den Zersetzungsstufen und Entwässerungsgraden der KA4 und den dazugehörigen kf-Stufen bestimmt.

Das Ergebnis der Zuordnung der so gewonnenen kf-Werte zu den Klassenzeichen der Bodenschätzung ist in Tabelle 13 zusammengefaßt. Daraus kann abhängig von der Zustandsstufe und der Entstehungsart für jede mineralische Hauptbodenart der Bodenschätzung ein entsprechender kf-Wert abgelesen werden. Die verwendeten kf-Stufen der Moore sind, da es sich um Wertspannen handelt, nicht eingetragen (vgl. Kap. 8.3).

**Tabelle 12:** Zuordnung der Bodenarten der Bodenschätzung (BS) zu den Bodenarten der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (AG BODEN 1994 (KA4)) nach WALLBAUM (1991). Für die Bodenarten der KA4 sind die dazugehörigen kf-Werte bei verschiedenen Lagerungsdichten ebenfalls angegeben.

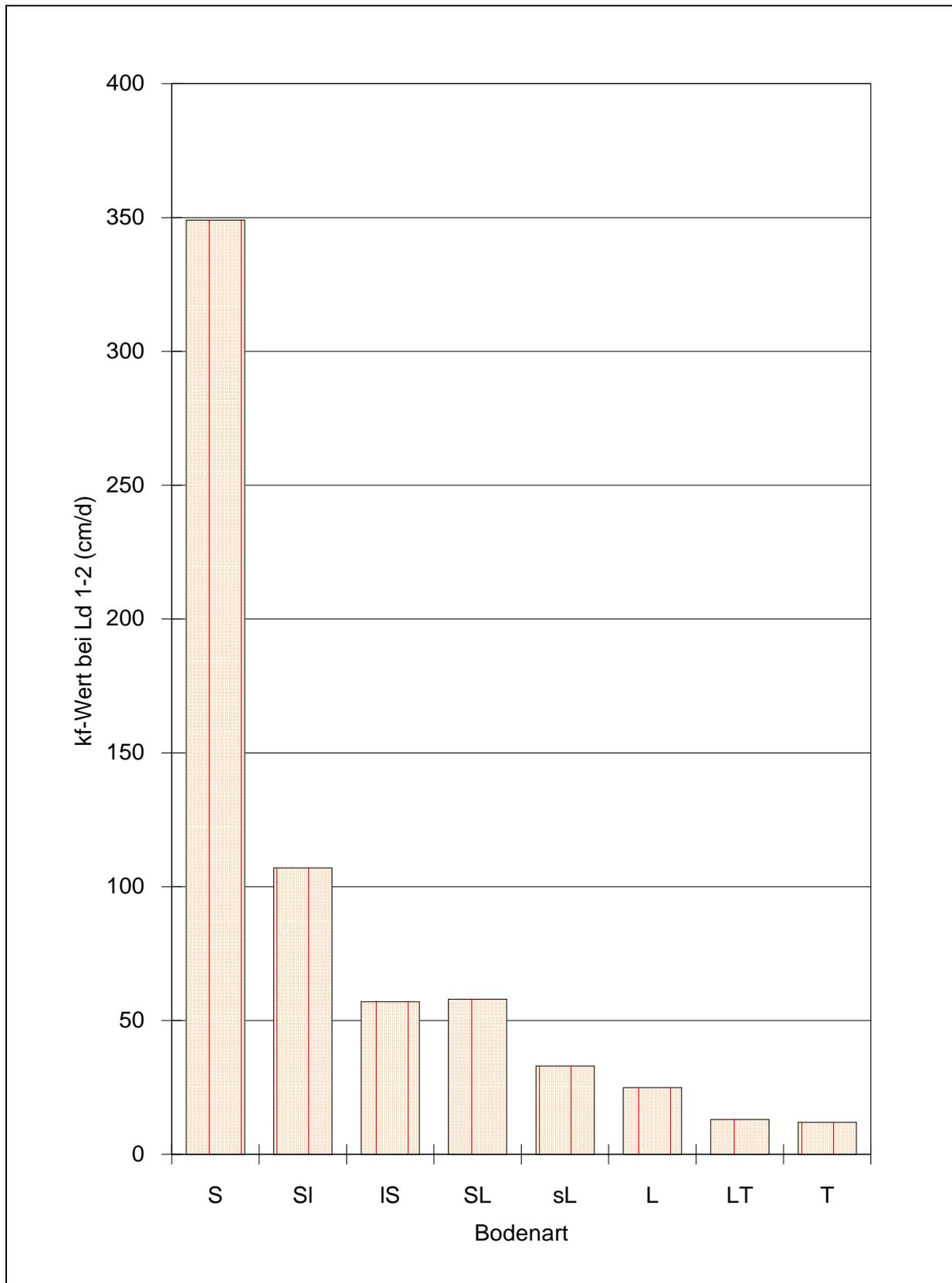
Bodenart BS/ Entstehung		Bodenart KA4	kf-Wert [cm/d] Ld 1-2 (KA4)	kf-Wert [cm/d] Ld 3 (KA4)	kf-Wert [cm/d] Ld 4-5 (KA4)	
<b>S (= S)</b>	<b>D</b>	Ss	349	229	126	
	Al	Ss	349	229	126	
	V	Ss	349	229	126	
<b>SI (= I-S)</b>	<b>D</b>	SI2, SI3, Su3	109, 47, 75	49, 33, 32	36, 15, 17	
	(I --) S	SI2, Su2	109, 157	49, 88	36, 36	
	I -- S	SI2, Su2	109, 157	49, 88	36, 36	
	I - S	SI3	47	33	15	
	(I --) S	Su2 * (1)	157	88	36	
	I -- S	SI2, Su2	109, 157	49, 88	36, 36	
	I - S	V	SI3	47	33	15
	I -- S	V	SI2	109	49	36
<b>IS (= IS)</b>	<b>D</b>	SI3, Su3	47, 75	33, 32	15, 17	
	IS	Lö	Us	10	-	
	I - S	Lö	SI3, Su3 (2)	47, 75	33, 32	15, 17
	IS	Al	SI2, SI3	109, 47	49, 33	36, 15
	IS	V	SI3, SI4	47, 43	33, 21	15, 12
		Vg	-			
<b>SL (= I+S)</b>	<b>D</b>	SI3, SI4	47, 43	33, 21	15, 12	
	t - S	D	Su2	157	88	36
	I + S	Lö	Us, Uls	22, 35	10, 14	-, 5
	t - S	Lö	SI3, St2, Us * (3)	47, 91, 22	33, 79, 10	15, 37, -
	I + S	Al	SI3	47	33	15
	t - S	Al	SI3 *	47	33	15
	I + S	V	SI4	43	21	12
	t - S	V	SI2, SI3 *	109, 47	49, 33	36, 15
		Vg	-			
<b>sL (= sL)</b>	<b>D</b>	SI4	43	21	12	
	tS	D	SI2, SI3, SI4 *	109, 47, 43	49, 33, 21	36, 15, 12
	t + S	D	Ls4 *	20	14	6
	s + L	D	SI3, Ls4	47, 20	33, 14	15, 6
	sL	Lö	SI3, Ls3, Ts3, Tt * (4)	47, 13, -, 7	33, 7, -, 2	15, 6, -, 1
	tS	Lö	St3, Ls3, Ls4 * (3)	-, 13, 20	17, 7, 14	7, 6, 6
	s + L	Lö	Ls2 * (3)	41	20	13
	sL	Al	SIu, SI4, Ls2, Ls4	41, 43, 41, 20	11, 21, 20, 14	8, 12, 13, 6
	tS	Al	SI3, SI4 *	47, 43	33, 21	15, 12
	t + S	Al	SI4 * (1)	43	21	12
	s + L	Al	Ls3, Ls4 *	13, 20	7, 14	6, 6
	sL	V	Ls2	41	20	13
	tS	V	SI4 *	43	21	12
	t + S	V	Lt3, Lts *	10, 12	10, 6	7, 3
	s + L	V	Ls3	13	7	6
		Vg	-			

Tabelle 12: fortgesetzt

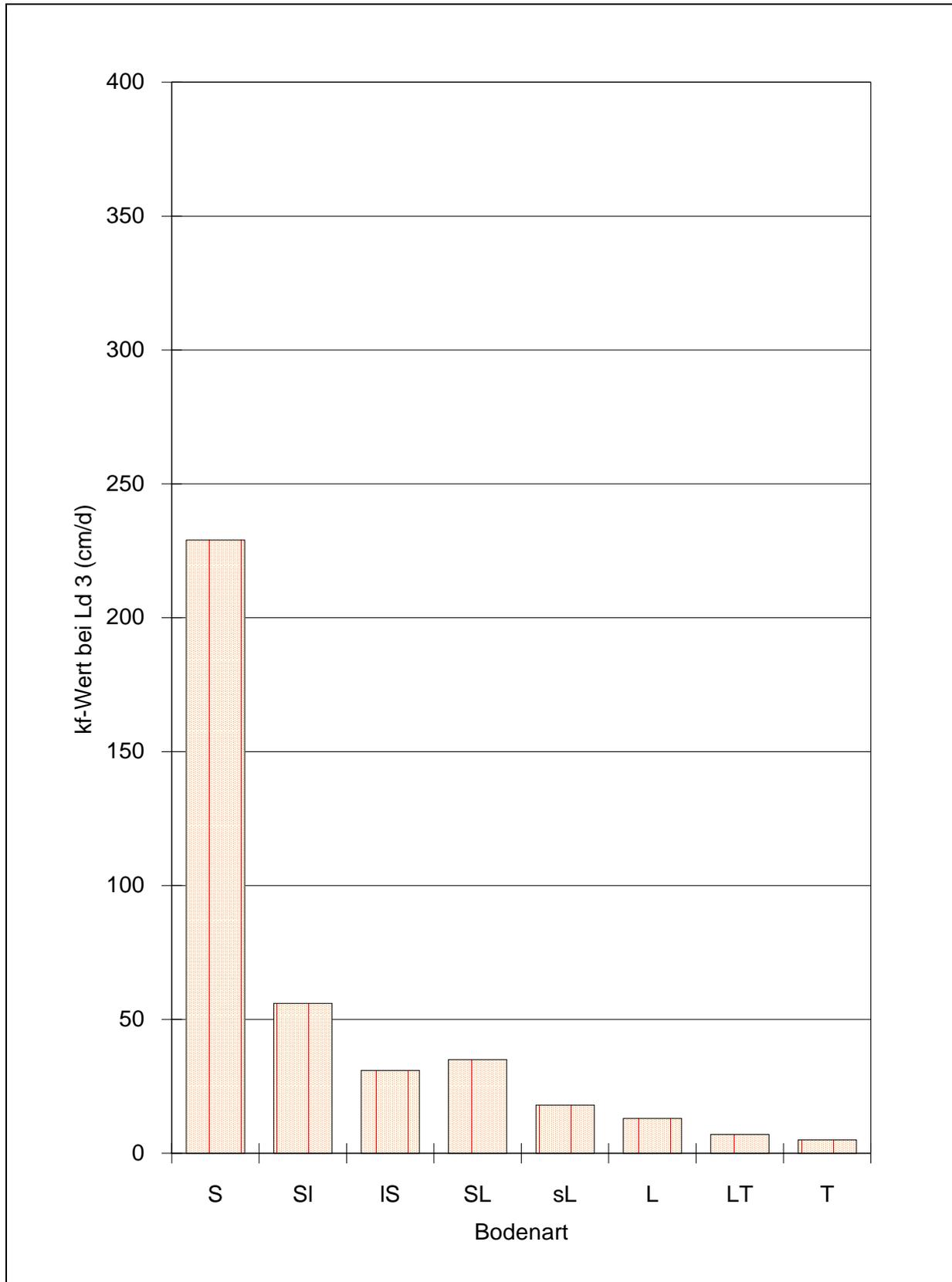
Bodenart RB/ Entstehung		Bodenart KA4	kf-Wert [cm/d] Ld 1-2 (KA4)	kf-Wert [cm/d] Ld 3 (KA4)	kf-Wert [cm/d] Ld 4-5 (KA4)
<b>L (= L)</b>	<b>D</b>	Slu, Lt2, Lts, Tu3	41, 13, 12, 27	11, 9, 6, 13	8, 4, 3, 6
s - L	D	Ls3, Ls4 *	13, 20	7, 14	6, 6
fsL	D	Ls2, Lu	41, 26	20, 18	13, 6
L	Lö	Ut2, Lu	30, 26	7, 18	4, 6
s - L	Lö	Ls4, Us, Uls * (3)	20, 22, 35	14, 10, 14	6, -, 4
fs + L	Lö	Uu, Us, Ut4	16, 22, 31	7, 10, 9	-, -, 4
fsL	Lö	Uu, Us, Ut3, Lu	16, 22, 38, 26	7, 10, 8, 18	-, -, 3, 6
fs - L	Lö	Ut4, Lu	31, 26	9, 18	4, 6
L	Al	Lt2	13	9	4
s - L	Al	Ls2, Ls3, Lu	41, 13, 26	20, 7, 18	13, 6, 6
fs + L	Al	Uls, ( Ut2 *)	35, 30	14, 7	5, 4
fsL	Al	Ls2, Lu	41, 26	20, 18	13, 6
fs - L	Al	Lt2, Lu	13, 26	9, 18	4, 6
L	V	Lt2, Tu3, Lu	13, 27, 26	9, 13, 18	4, 6, 6
s - L	V	Ls2, Ls3, Lu	41, 13, 26	20, 7, 18	13, 6, 6
fs + L	V	Ls3, Lt2	13, 13	7, 9	6, 4
fsL	V	Ls2, Lu	41, 26	20, 18	13, 6
fs - L	V	Ls2, Ls3	41, 13	20, 7	13, 6
Vg	Vg	-			
<b>LT (= t+L)</b>	<b>D</b>	Ts2, Ts3, Tt	-, -, 7	-, -, 2	-, -, 1
t + L	Al	Tt *	10	3	1
t - L	Al	Ls3 (2)	13	7	6
t + L	V	Lt3, Tu3 (2)	10, 27	10, 13	7, 6
t - L	V	Lt2 (1)	13	9	4
	Vg	-			
<b>T (= T)</b>	<b>D</b>	Tt, Tt * (2)	10, 7	3, 2	1, 1
sT	D	Ts3, Ts4 *	-, -	-, -	-, -
IT	D	Tt *	7	2	1
T	Al	Tt * (1)	10	3	1
sT	Al	Lts (1)	12	6	3
IT	Al	Tt *	10	3	1
T	V	Tt *	10	3	1
sT	V	Ls3 *	13	7	6
IT	V	Tu3, Tt	27, 10	13, 3	6, 1
	Vg	-			

Anmerkungen:

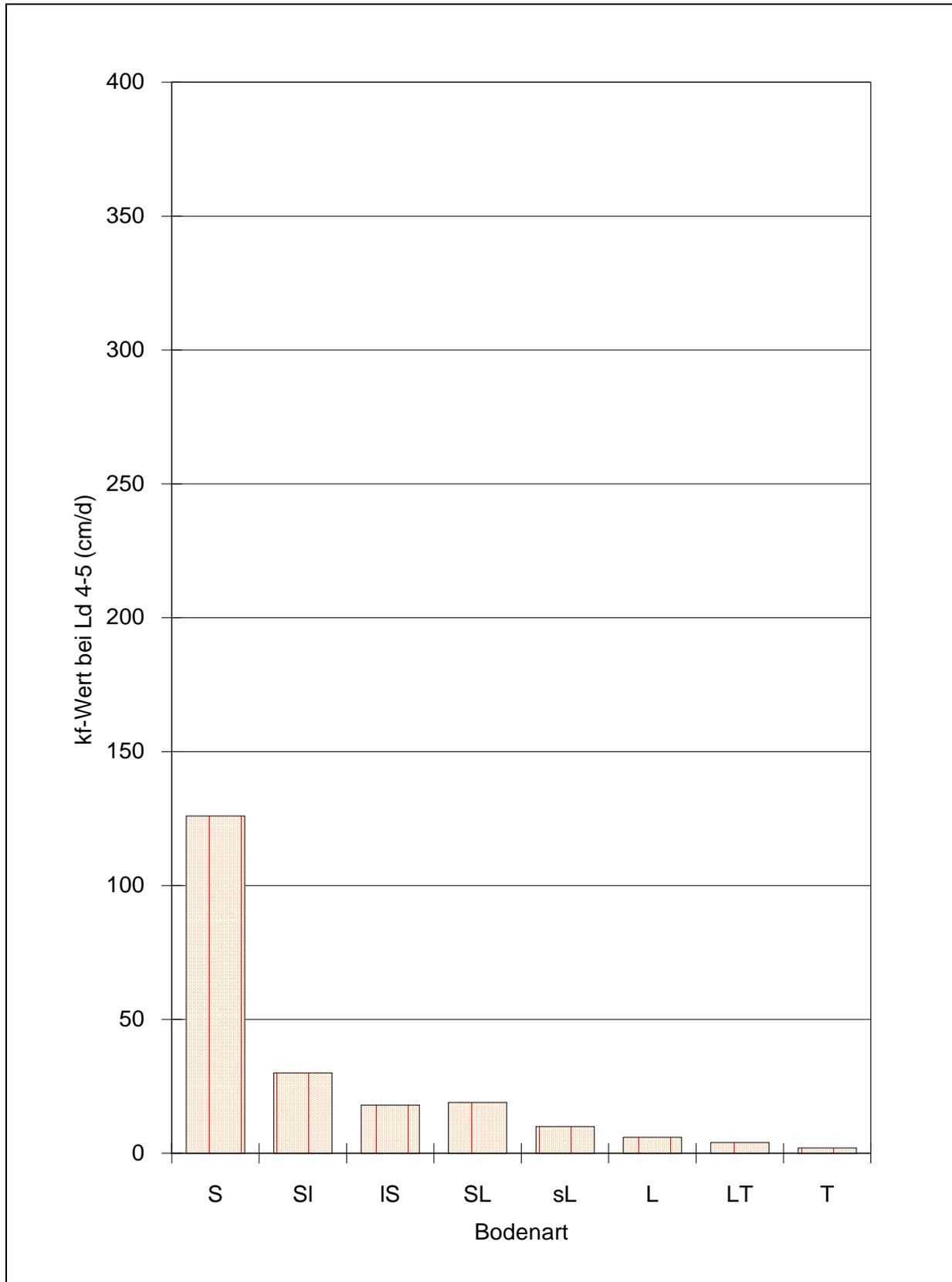
- \* Daten für Unterboden
- (3) Probenanzahl, hier nur bei geringer Probenanzahl angegeben
- keine Bodenarten in Wallbaum bzw. keine Werte in KA4 angegeben



**Abb. 3:** Graphische Darstellung der mittleren kf-Werte aus Tabelle 12 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei sehr geringer bis geringer Lagerungsdichte (Ld 1-2).



**Abb. 4:** Graphische Darstellung der mittleren kf-Werte aus Tabelle 12 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei mittlerer Lagerungsdichte (Ld 3).



**Abb. 5:** Graphische Darstellung der mittleren kf-Werte aus Tabelle 12 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei hoher bis sehr hoher Lagerungsdichte (Ld 4-5).

**Tabelle 13:** Zuordnung von kf-Werten zu den Hauptbodenarten der Bodenschätzung unter Berücksichtigung der Entstehungsart und der Zustandsstufe.

Bodenart	Entstehung	Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S	D		349	229	229	229	126	126
	AI		349	229	229	229	126	126
	V		349	229	229	229	126	126
SI	D		107	56	56	56	30	30
	AI		107	56	56	56	30	30
	V		107	56	56	56	30	30
IS	D	57	57	31	31	31	18	18
	Lö	57	57	31	31	31	18	18
	AI	57	57	31	31	31	18	18
	V		57	31	31	31	18	18
	Vg							
SL	D	58	58	35	35	35	19	19
	Lö	58	58	35	35	35	19	19
	AI	58	58	35	35	35	19	19
	V	58	58	35	35	35	19	19
	Vg							
sL	D	33	33	18	18	18	10	10
	Lö	33	33	18	18	18	10	10
	AI	33	33	18	18	18	10	10
	V	33	33	18	18	18	10	10
	Vg							
L	D	25	25	13	13	13	6	6
	Lö	25	25	13	13	13	6	6
	AI	25	25	13	13	13	6	6
	V	25	25	13	13	13	6	6
	Vg							
LT	D	13	13	7	7	7	4	4
	AI	13	13	7	7	7	4	4
	V	13	13	7	7	7	4	4
	Vg							
T	D		12	5	5	5	2	2
	AI		12	5	5	5	2	2
	V		12	5	5	5	2	2
	Vg							
Mo								
Zustandsstufe 1 - 2 = Ld 1-2 (KA4) Zustandsstufe 3 - 5 = Ld 3 (KA4) Zustandsstufe 6 - 7 = Ld 4-5 (KA4)								

### 8.3 Bewertung der Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“

Die in Tabelle 13 aufgeführten kf-Werte müssen nun in Klassen eingeteilt werden, um eine Bewertung der Bodenfunktion vornehmen zu können. Es erscheint sinnvoll, alle Böden mit einem kf-Wert  $> 100$  cm/d ( $\sim 4$  cm/hr) in die Kategorie 1 einzustufen, da bei einer solchen Wasserdurchlässigkeit auch bei den höchsten zu erwartenden Niederschlagsraten das gesamte Wasser in den Boden infiltriert und kein Oberflächenabfluß entsteht. Die weiteren Klassengrenzen wurden unter Berücksichtigung der Verteilung der kf-Werte in den Abbildungen 3 - 5 und in Anlehnung an AG BODEN (1994) gebildet. Daraus folgt schließlich die Einstufung in Tabelle 14.

**Tabelle 14:** Einteilung der Kategorien zur Bewertung der Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“ anhand von kf-Werten.

Kategorie	kf-Wert (cm/d)
1	$> 100$
2	51 - 100
3	26 - 50
4	11 - 25
5	$\leq 10$

Mit dieser Einteilung können die kf-Werte aus Tabelle 13 nun den entsprechenden Kategorien zugeordnet werden. Das Ergebnis für Ackerböden ist in Tabelle 15 und das für Grünlandböden in Tabelle 16 dargestellt. Bei der Zuordnung von Klassenzeichen der Bodenschätzung zu kf-Wert-Klassen musste noch folgendes berücksichtigt werden:

Für Ackerböden der Entstehungsart Vg wurde durchgehend ein um eine Kategorie höherer kf-Wert angesetzt, da die größeren Steinanteile bei dieser Entstehungsart tendenziell zu höheren kf-Werten führen.

Moorböden sind feuchter als mineralische Böden. Mit zunehmender Bodenfeuchte nimmt die Infiltrationskapazität ab (GREEN & AMPT 1911 zit. in HILLEL 1980). Entsprechend dem Feuchtegrad wurde die Infiltrationskapazität daher bei den Zustandsstufen 3 und 4 (frisch) um eine, bei der Zustandsstufe 5 (feucht) um zwei und bei den Zustandsstufen 6 und 7 (nass bis sumpfig) um drei Kategorien schlechter angesetzt als sich durch den kf-Wert für die Bodenart ergeben würde. Dadurch ergab sich für alle Zustandsstufen die Kategorie 5.

Die Einstufung der kf-Werte für Grünlandböden ist in Tabelle 16 enthalten. Hierbei wurde die gleiche Vorgehensweise gewählt wie für Ackerböden. Allerdings gibt es für sie nur drei Zustandsstufen (I, II und III), die den Zustandsstufen 2 - 3, 4 - 5 bzw. 6 - 7 für Ackerböden entsprechen. Die Zustandsstufe 1 kommt bei Grünlandböden nicht vor (REICHSFINANZMINISTERIUM 1935). Grünlandböden werden nicht nach Entstehungsarten unterschieden, dafür werden die Wasserverhältnisse in fünf Stufen unterteilt, wobei von der Stufe 1 (frisch) über Stufe 3 (feucht) zur Stufe 5 (nass bis sumpfig) der Wassergehalt steigt.

Mineralische Grünlandböden haben höhere Wassergehalte als mineralische Ackerböden gleicher Bodenart und damit eine niedrigere Infiltrationskapazität. Der Unterschied im Wassergehalt nimmt mit steigender Feuchtestufe zu. Analog zur Bodenart Moor bei Ackerböden wurde daher die Infiltrationskapazität bei der Feuchtestufe 1 um eine, bei der Stufe 3 um zwei, und bei der Stufe 5 um 3 Kategorien schlechter angesetzt als bei Ackerböden gleicher Bodenart und vergleichbarer Zustandsstufe. Die dazwischen liegenden Feuchtestufen wurden jeweils so zurückgesetzt, daß sich eine ausgewogene Abstufung zwischen den Zustands- und Feuchtestufen einer Bodenart ergab. Wenn das Zurücksetzen zu einer Kategorie > 5 führte, wurde sie gleich 5 gesetzt.

Was hinsichtlich der Verwendung der Bodenschätzung als Datengrundlage noch erklärungsbedürftig ist, ist die Einstufung von Böden mit stauenden Horizonten im Unterboden, wie beispielsweise der Pseudogleye. Derartige Einflüsse im Unterboden werden mit der Zustandsstufe erfaßt (ROTHKEGEL & HERZOG 1935). Die Zustandsstufe stellt nach ROTHKEGEL (1950) eine Annäherung an den Bodentyp dar.

Andererseits ist davon auszugehen, daß schwächere Einflüsse des Unterbodens auf die Wasserleitfähigkeit, wie beispielsweise in einer Parabraunerde, die noch keine schlechtere Zustandsstufe bewirken, wie das etwa bei einem Pseudogley der Fall ist, als Folge der Kartiertechnik bei der Bodenschätzung in dieser Bewertung nicht zum Tragen kommen. Das begründet sich darin, daß die Bodenschätzung die durchschnittliche Körnung des obersten Bodenmeters beschreibt und Substratschichtungen weitgehend unberücksichtigt läßt (WALLBAUM 1991: 9).

**Tabelle 15:** Bewertung der Ackerböden nach der Bodenschätzung für die Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“ für Sachsen-Anhalt.

Bodenart	Entstehungsart	Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S	D		1	1	1	1	2	2
	Al		1	1	1	1	2	2
	V		1	1	1	1	2	2
SI	D		1	2	2	2	3	3
	Al		1	2	2	2	3	3
	V		1	2	2	2	3	3
IS	D	2	2	3	3	3	4	4
	Lö	2	2	3	3	3	4	4
	Al	2	2	3	3	3	4	4
	V		2	3	3	3	4	4
	Vg			2	2	2	3	3
SL	D	2	2	3	3	3	4	4
	Lö	2	2	3	3	3	4	4
	Al	2	2	3	3	3	4	4
	V	2	2	3	3	3	4	4
	Vg			2	2	2	3	3
sL	D	3	3	4	4	4	5	5
	Lö	3	3	4	4	4	5	5
	Al	3	3	4	4	4	5	5
	V	3	3	4	4	4	5	5
	Vg	2	2	3	3	3	4	4
L	D	4	4	4	4	4	5	5
	Lö	4	4	4	4	4	5	5
	Al	4	4	4	4	4	5	5
	V	4	4	4	4	4	5	5
	Vg			3	3	3	4	4
LT	D	4	4	5	5	5	5	5
	Al	4	4	5	5	5	5	5
	V	4	4	5	5	5	5	5
	Vg			4	4	4	4	4
T	D		4	5	5	5	5	5
	Al		4	5	5	5	5	5
	V		4	5	5	5	5	5
	Vg			4	4	4	4	4
Mo			5	5	5	5	5	

S = Sand

SI = anlehmiger Sand

IS = lehmiger Sand

SL = stark sandiger Lehm

sL = sandiger Lehm

L = Lehm

LT = lehmiger Ton

T = Ton

Mo = Moor

D = pleistozäne Sedimente

Lö = Löß

Al = Schwemmland

V = verwittertes Festgestein

Vg = wie V, aber mit hohem Steingehalt

Die Zustandsstufen sind im Text erläutert.

**Tabelle 16:** Bewertung der Grünlandböden nach der Bodenschätzung für die Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“ für Sachsen-Anhalt.

Bodenart	Zu-stands-	Klima-stufe	Wasserverhältnisse				
			1	2	3	4	5
S	I	a	2	2	3	4	4
		b	2	2	3	4	4
		c	2	2	3	4	4
	II	a	2	3	3	4	5
		b	2	3	3	4	5
		c	2	3	3	4	5
	III	a	3	3	4	5	5
		b	3	3	4	5	5
		c	3	3	4	5	5
IS	I	a	3	4	4	5	5
		b	3	4	4	5	5
		c	3	4	4	5	5
	II	a	4	4	5	5	5
		b	4	4	5	5	5
		c	4	4	5	5	5
	III	a	5	5	5	5	5
		b	5	5	5	5	5
		c	5	5	5	5	5
L	I	a	4	5	5	5	5
		b	4	5	5	5	5
		c	4	5	5	5	5
	II	a	5	5	5	5	5
		b	5	5	5	5	5
		c	5	5	5	5	5
	III	a	5	5	5	5	5
		b	5	5	5	5	5
		c	5	5	5	5	5
T	I	a	5	5	5	5	5
		b	5	5	5	5	5
		c	5	5	5	5	5
	II	a	5	5	5	5	5
		b	5	5	5	5	5
		c	5	5	5	5	5
	III	a	5	5	5	5	5
		b	5	5	5	5	5
		c	5	5	5	5	5
Mo	I	a	5	5	5	5	5
		b	5	5	5	5	5
		c	5	5	5	5	5
	II	a	4	4	5	5	5
		b	4	4	5	5	5
		c	4	4	5	5	5
	III	a	3	3	4	5	5
		b	3	3	4	5	5
		c	3	3	4	5	5

Das oben dargestellte Bewertungsschema mit der Einstufung der kf-Werte auf Grundlage der Bodenschätzung ist nur bei Böden anwendbar, die zur Zeit der Bodenschätzung unter landwirtschaftlicher Nutzung waren. Bei forstwirtschaftlich genutzten Böden wird in der gleichen Weise auf Grundlage der Forstlichen Standortskarten im Maßstab 1 : 10.000 vorgegangen, anhand derer die in den Bodenformen angegebenen Bodenarten eingestuft werden. Für diese Bodenarten werden die kf-Werte in Tab. 62 der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (AG BODEN 1994: 305) abgelesen. Da die Forstlichen Standortskarten keine Angaben dazu enthalten, wurde von einer mittleren Lagerungsdichte ausgegangen. Anschließend werden die Böden gemäß Tabelle 14 in Kategorien eingeteilt. Das Ergebnis ist in Tabelle 17 dargestellt.

**Tabelle 17:** Bewertung von forstwirtschaftlich genutzten Böden für die Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“ in Sachsen-Anhalt.

Kategorie	Bodenarten der Forstlichen Standortskartierung
1	S
2	alS
3	IS, zS
4	sL, zL, sZL, ZL, sZ, slZ, lZ
5	tL, Z, IT

s = sandig	S = Sand
al = anlehmig	L = Lehm
l = lehmig	ZL = Schlufflehm
z = schluffig	Z = Schluff
t = tonig	T = Ton

### 8.3.1 Berücksichtigung des tieferen Untergrunds bei der Bewertung der Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“

Aus Sicht des Bodenschutzes kann die Betrachtung der Grundwasserneubildung hiermit beendet werden, nicht aber aus wasserwirtschaftlicher Sicht. Sowohl die Bodenschätzung als auch die Forstliche Standortskartierung machen in der Regel nur Angaben zu den obersten 1 bis 2 m des Bodens. In größerer Tiefe können aber noch Schichten vorkommen, die den Übertritt von Sickerwasser in einen wasserwirtschaftlich nutzbaren Grundwasserleiter behindern. (Als Sickerwasser wird hier der Teil des in einen Boden infiltrierten Niederschlagswassers bezeichnet, der übrig bleibt, nachdem der Bodenwasserspeicher aufgefüllt ist und deshalb weiter nach unten sickert).

Ob solche Schichten vorhanden sind, lässt sich am einfachsten anhand der Karten der Grundwassergefährdung aus dem Hydrogeologischen Kartenwerk der DDR überprüfen (GFE 1984), die flächendeckend im Maßstab 1 : 50.000 vorliegen. Dort sind Geschütztheitsgrade des Grundwassers ausgewiesen. Sie geben an, ob zwischen der Geländeoberfläche und dem ersten wasserwirtschaftlich nutzbaren Grundwasserleiter bindige Schichten liegen, die das Grundwasser vor Schadstoffeinträgen von oben schützen. Bindige Schichten behindern aber auch die Grundwasserneubildung.

Die Geschütztheitsgrade der Kategorie A besagen, daß keine bindigen Schichten vorliegen. Bei den Geschütztheitsgraden B1 und B2 sind solche Schichten zwar vorhanden, haben aber nur einen geringen bindigen Anteil, nur eine geringe Mächtigkeit oder sind gestört gelagert. Sie behindern daher die Grundwasserneubildung kaum. Sind Schichten von mehreren Metern Mächtigkeit vorhanden, die zu 20 - 80% aus bindigen Anteilen bestehen, wird die Geschütztheitsklasse B4 ausgewiesen. Dadurch wird die Grundwasserneubildung merklich behindert. Wenn Schichten mit > 80% bindigen Anteilen vorliegen, wird je nach Mächtigkeit der Schichten die Geschütztheitsklasse B5 oder C ausgewiesen. Solche Schichten behindern die Grundwasserneubildung erheblich.

Die Geschütztheitsklasse B3 entspricht in ihrem Schichtenaufbau der Klasse B4, wird aber dort vergeben, wo das Grundwasser an die Oberfläche tritt. In solchen sogenannten Grundwasserentlastungsgebieten findet keine Grundwasserneubildung statt. Weiterhin sind in den Karten Gebiete ausgewiesen, in denen kein nutzbarer Grundwasserleiter vorkommt. Wo dieser nicht vorhanden ist, findet aus wasserwirtschaftlicher Sicht auch keine Grundwasserneubildung statt.

Um tieferliegende Schichten zu berücksichtigen, die die Grundwasserneubildung behindern, ist die Bewertung eines Bodens nach den Tabellen 15 bis 17 gemäß dem Schema in Tabelle 18 zurückzustufen. Wenn sich durch die Zurückstufung eine Kategorie schlechter als 5 ergibt, wird dieser Boden in Kategorie 5 eingestuft.

**Tabelle 18:** Schema zur Berücksichtigung von tieferliegenden Schichten, die den Übertritt von Sickerwasser in einen wasserwirtschaftlich nutzbaren Grundwasserleiter behindern, auf Basis der Geschütztheitsgrade des Grundwassers im Hydrogeologischen Kartenwerk der DDR (GFE 1984).

<b>Geschütztheitsgrad</b>	<b>Zurückstufung</b>
A (alle), B1, B2	keine
B4	1 Kategorie
B5, C (alle)	2 Kategorien
B3, kein nutzbarer Grundwasserleiter vorhanden	Einstufung in Kategorie 5

## 9. Bewertung der Funktion „Archiv der Natur- und Kulturgeschichte“

Böden, die Spuren menschlichen Wirkens aus vergangener Zeit aufweisen (z.B. eine frühgeschichtliche Besiedlung), haben eine Funktion als Archiv der Kulturgeschichte. Sofern sie den Anforderungen des §2 des Denkmalschutzgesetzes des Landes Sachsen-Anhalt entsprechen, sind sie als Denkmal geschützt (LANDTAG SACHSEN-ANHALT 1991). Darüber entscheiden die Denkmalfachämter. Von der Auffindung bis zur endgültigen Entscheidung gelten solche Böden zunächst aber grundsätzlich als Denkmal.

Ein Kartenwerk oder eine vollständige Liste, in der alle bekannten Bodendenkmäler in Sachsen-Anhalt eingetragen sind, gibt es zur Zeit noch nicht. Um in Erfahrung zu bringen, ob im jeweiligen Betrachtungsgebiet Bodendenkmäler vorhanden sind, muß man sich daher an die zuständigen Denkmalfachämter in den Gemeinden, Städten und Landkreisen oder an das Landesamt für Archäologie in Halle wenden.

Bei Anfragen nach Bodendenkmälern geben die Ämter nicht nur Auskunft über die Lage bekannter Denkmäler, sondern auch über Gebiete, die bisher noch nicht genau untersucht wurden, in denen aber mit Bodendenkmälern zu rechnen ist. Nach dem Denkmalschutzgesetz stehen nicht nur bereits bekannte Bodendenkmäler unter Schutz, sondern auch solche, die erst im Zuge von Erdarbeiten gefunden werden. Das Landesamt für Archäologie ist dann berechtigt, die Fundstelle zu untersuchen (§9 DenkmSchG).

Das Denkmalschutzgesetz unterscheidet nicht nach mehr oder weniger schützenswerten Bodendenkmälern, sondern nur danach, ob ein Boden ein Kulturdenkmal ist oder nicht. Dementsprechend wurden hier alle Böden, die als Denkmal gelten oder bei denen mit Denkmälern zu rechnen ist, in Kategorie 1, alle anderen Böden in Kategorie 5 eingeordnet (Tabelle 19).

**Tabelle 19:** Bewertung der Bodenfunktion „Archiv der Natur- und Kulturgeschichte“ für Sachsen-Anhalt.

Kategorie	Status
1	Boden als Denkmal anerkannt oder Boden als Archiv der Naturgeschichte von Bedeutung
5	alle anderen Böden

Die Einordnung von Böden, bei denen mit Denkmälern zu rechnen ist, in Kategorie 1 liegt darin begründet, daß sie bei Auffindung eines Denkmals unter Denkmalschutz fallen würden. Ein dort geplantes Vorhaben müßte dann abgeändert werden. Da das mit erheblichen Kosten verbunden sein kann, ist es besser, solche Flächen nicht zu beplanen oder sie vorher von den Denkmalfachämtern untersuchen zu lassen.

Grundsätzlich sind alle Böden ein Archiv der Naturgeschichte. Um diese Archivfunktion zu erfüllen, genügen kleine Flächen eines bestimmten Bodentyps. Böden, die weit verbreitet sind, brauchen daher hinsichtlich ihrer Funktion als Archiv der Naturgeschichte keinen besonderen Schutz, wohl aber Böden, die selten vorkommen.

Als Maß für die Seltenheit könnte man den prozentualen Anteil eines bestimmten Bodentyps an der Landesfläche heranziehen. Wenn nur ein kleiner Teil des natürlichen Verbreitungsgebietes im Land liegt, kann das dazu führen, daß ein Boden als selten erscheint, der jenseits der Landesgrenze weit verbreitet ist. Das Verbreitungsgebiet eines Bodentyps wird durch natürliche Gegebenheiten (u.a. Klima und Ausgangsgestein) bestimmt. Ein Gebiet, das durch bestimmte Böden gekennzeichnet ist, wird als Bodenlandschaft bezeichnet. Als selten wurden hier deshalb Böden definiert, die entweder aus einem anderen erdgeschichtlichen Zeitalter stammen (Paläoböden) oder atypisch für die Bodenlandschaften sind, in denen sie auftreten.

Paläoböden entstanden unter heute nicht mehr vorhandenen klimatischen Bedingungen, atypische Böden als Folge einer ungewöhnlichen Kombination natürlicher Verhältnisse. Beide sind daher als Archiv der Naturgeschichte von besonderer Bedeutung. Obwohl solche Böden selten sind, ist es weniger ihre Seltenheit als ihre ungewöhnliche Entstehung, die sie als Archiv schützenswert macht.

Zur Zeit gibt es für Sachsen-Anhalt noch keine vollständige Liste oder Karte von ungewöhnlichen (seltenen) Böden. Ob im jeweiligen Betrachtungsgebiet solche Böden vorhanden sind, muss daher bei der Abteilung Bodenkunde des Geologischen Landesamts in Halle erfragt werden. Ähnlich wie bei Kulturdenkmälern gibt es auch hier Gebiete, in denen mit ungewöhnlichen Böden zu rechnen ist, die aber daraufhin noch nicht genau untersucht wurden. Eine Karte solcher Gebiete ist in Arbeit.

Analog zu Böden, die als Archiv für die Naturgeschichte von Bedeutung sind, wurden ungewöhnliche Böden und Gebiete, in denen mit solchen Böden zu rechnen ist, in Kategorie 1, alle anderen Böden in Kategorie 5 eingestuft (Tabelle 19).

Böden, die als Archiv der Naturgeschichte von besonderer Bedeutung sind, können gemäß §22 des Naturschutzgesetzes von Sachsen-Anhalt zu Naturdenkmälern erklärt werden (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1992). Das setzt ein entsprechendes behördliches Verfahren voraus. Im Gegensatz zu Böden, die ein Archiv der Kulturgeschichte sind, gelten sie also bis zur behördlichen Ausweisung nicht als Denkmal.

## 10. Berücksichtigung von Bodenbelastungen

Bodenbelastungen können zum einen durch den Eintrag und die Akkumulation von Schadstoffen im Boden entstehen. Zum anderen können Belastungen auftreten, die mechanische Ursachen haben, wie z.B. Bodenverdichtung oder Erosion.

In der oben vorgestellten Verfahrensweise zur Bewertung von Bodenfunktionen wurden Bodenbelastungen noch nicht berücksichtigt, da in den dafür herangezogenen Unterlagen in der Regel keine Angaben dazu enthalten sind. Das hier entwickelte Verfahren stützt sich stark auf die Bodenschätzung, die bis 1935 zurückgeht. Sofern sie zum Zeitpunkt der Schätzung schon vorhanden waren, wurden zumindest mechanische Bodenbelastungen darin erfaßt. Für stoffliche Belastungen fehlte damals das Bewußtsein, unter anderem weil sie noch nicht so weit verbreitet waren wie heute. Daher sind wohl nur offensichtliche Fälle stofflicher Belastung in die Schätzung eingegangen. Seit der Bodenschätzung sind auf jeden Fall neue stoffliche und mechanische Schäden entstanden.

Die Forstliche Standortkartierung liegt zum Teil auch schon etliche Jahre zurück. Für sie gilt daher allgemein das gleiche wie für die Bodenschätzung. Stärkere Bodenbelastungen, die mit einer Auswirkung auf die Trophie verbunden sind, welche durch die Humusform angezeigt wird, werden aber in der Forstlichen Standortkartierung ausgewiesen. Dies geschieht in der Darstellung der Zustandsfruchtbarkeit, die im Gegensatz zur Stammfruchtbarkeit nicht die potentielle, sondern die aktuelle Trophiestufe angibt (KOPP & SCHWAN-ECKE 1994). Bodenbelastungen, die eine Veränderung der Zustands- gegenüber der Stammfruchtbarkeit bewirken können, sind unter anderem Stoffverlagerungen durch Wind (z.B. die Immission von Zementstäuben).

Die PNV-Kartierung für Sachsen-Anhalt wurde gerade erst fertiggestellt. Allerdings ist auch hier davon auszugehen, daß Bodenbelastungen nur teilweise berücksichtigt wurden, nämlich dann, wenn sie im Gelände offensichtlich oder in Bodenkarten eingetragen sind. Letztere sind zum Teil auch schon älteren Datums. Es kann nicht davon ausgegangen werden, daß die Bearbeiter der PNV-Kartierung aktuelle Bodenbelastungsdaten hinzugezogen haben.

Eine vorhandene Bodenbelastung wirkt sich nicht unbedingt auf alle Bodenfunktionen gleich aus. Zum Beispiel kann eine stoffliche Belastung die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt einschränken, aber für die Biotopfunktion bedeutungslos sein. Bei der Biomassefunktion im allgemeinen und der darin enthaltenen ertragsorientierten Teilfunktion im speziellen („Standort für Landwirtschaft und Gartenbau“ bzw. „Standort für Forstwirtschaft“) ist zu beachten, daß stoffliche Belastungen einerseits nicht automatisch negative Konsequenzen

zen haben und es andererseits von der Pflanzenart abhängt, ob und in welchem Umfang negative Konsequenzen auftreten. Darüber hinaus kann eine stoffliche Belastung für die Funktion als „Archiv der Natur- und Kulturgeschichte“ sogar bedeutungslos sein.

Ein Bewertungsschema, in dem die Auswirkungen aller denkbaren Bodenbelastungen auf jede einzelne Bodenfunktion konkret aufgeführt sind, wäre demnach sehr umfangreich. Als Vereinfachung wird deshalb das Schema in Tabelle 20 vorgestellt. Demnach wird, je nachdem wie stark eine vorliegende Bodenbelastung die betrachtete Bodenfunktion beeinträchtigt, die Bewertung zurückgestuft, die sich ohne Berücksichtigung der Belastung nach der oben vorgestellten Methode ergibt.

**Tabelle 20:** Schema zur Berücksichtigung von Bodenbelastungen bei der Bewertung von Bodenfunktionen.

<b>Beeinträchtigung der betrachteten Bodenfunktion durch vorhandene Bodenbelastungen</b>	<b>Zurückstufung</b>
keine	keine
gering	1 Kategorie
deutlich	2 Kategorien
stark	3 Kategorien
Funktionserfüllung unmöglich	Einstufung in Kategorie 5

Die Rückstufung richtet sich also nicht nach der Stärke der Belastung, sondern danach, wie sehr sie sich auf die fragliche Bodenfunktion auswirkt. Daher hat z.B. eine starke Schwermetallbelastung nicht automatisch eine Rückstufung um 3 Kategorien zur Folge. Wenn sich durch die Zurückstufung eine Kategorie schlechter als 5 ergibt, wird dieser Boden in Kategorie 5 eingestuft.

Zur Überprüfung, ob eine stoffliche Belastung des Bodens vorliegt und welcher Art sie sein könnte, kann das "Kataster großräumiger Bodenbelastungen" (KATBO) für Sachsen-Anhalt herangezogen werden. Darin sind Flächen im Umfeld verschiedener anthropogener Schadstoffquellen (z.B. Deponien, Straßen, Industriebetriebe, Kraftwerke etc.) erfasst, auf denen mit Veränderungen der natürlichen Stoffgehalte bzw. mit Beeinträchtigungen von Bodenfunktionen gerechnet werden muss. Altlastverdächtige Flächen nach dem Abfallgesetz des Landes Sachsen-Anhalt sind darin nicht enthalten. KATBO-Daten liegen derzeit flächen-

deckend für die Landkreise Bitterfeld, Mansfelder Land, Merseburg-Querfurt und Salzwedel, sowie für die Planungsräume Autobahn Halle - Magdeburg (A 14), Südharzautobahn und Mittellandkanal vor.

Eine weitere Quelle für Angaben über stoffliche Bodenbelastungen sind die Erhebungen zu Altlasten und altlastverdächtigen Flächen, die in den letzten Jahren in allen Landkreisen Sachsen-Anhalts durchgeführt wurden. Die Ergebnisse liegen im Landesamt für Umweltschutz und in den zuständigen Ämtern der Kreisverwaltungen vor. Im Gegensatz zum KAT-BO, wo Flächen im Umfeld von Schadstoffquellen betrachtet werden, sind darin im wesentlichen nur ehemals industriell, gewerblich oder bergbaulich genutzte Flächen aufgeführt, also die Standorte der Schadstoffquellen.

## **11. Die Anwendung der Methode an einem Beispiel**

### **11.1 Einleitung**

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln eine Methode zur Bewertung von Bodenfunktionen entwickelt wurde, soll in diesem Kapitel eine praktische Anwendung des Verfahrens am Beispiel einer Region in Sachsen-Anhalt erfolgen.

### **11.2 Auswahl des Untersuchungsgebiets**

Da die vorliegende Arbeit in Sachsen-Anhalt erstellt wird, wird eine Region dieses Bundeslands für die Bewertung herangezogen. Die Region soll verschiedene Charakteristika aufweisen, um die Objektivität, Zuverlässigkeit und Aussagekraft des Bewertungsschemas zu untersuchen. Die vier wesentlichen Anforderungen an das Untersuchungsgebiet sind folgende:

1. Es soll eine Stadt in dem Gebiet gelegen sein, damit am Beispiel der konkreten Gefährdung der siedlungsnahen Böden durch Überbauung die wirksame Anwendung des Verfahrens gezeigt werden kann.
2. Die Umgebung der Stadt soll überwiegend landwirtschaftlich genutzt werden.
3. Es soll eine Landschaftseinheit mit gleichförmigem Bodenformeninventar enthalten sein.
4. Es soll eine Landschaftseinheit mit kleinräumigem Wechsel der Bodenformen enthalten sein.

Die vorstehenden Forderungen werden durch die Stadt Magdeburg und die angrenzenden Landschaften erfüllt. Es wurde eine Fläche ausgewählt, welche die Stadt Magdeburg sowie den östlich und nordöstlich daran anschließenden Landkreis Jerichower Land umfaßt. Die Region Magdeburg ist geeignet, um den Konflikt zwischen der neuzeitlichen Siedlungsausweitung und der landwirtschaftlichen Nutzung und die entsprechend möglichen Eingriffsmöglichkeiten der Bodenbewertung zu zeigen. Wie in WOLLKOPF (1995) ausgeführt, fallen an diesem Standort die hochwertigen lößbestimmten Ackerstandorte der Magdeburger Börde mit einer hohen Bevölkerungskonzentration zusammen und sind dadurch einem hohen Siedlungs- und Urbanisierungsdruck ausgesetzt.

Die Lage des Untersuchungsgebiets im Land Sachsen-Anhalt wird in der nachfolgenden Abbildung 6 wiedergegeben.

### Landkreise im Land Sachsen-Anhalt



**Abb. 6:** Lage des Untersuchungsgebiets im Land Sachsen-Anhalt (KARTOGRAPHISCHER DIENST DES LANDES SACHSEN-ANHALT).

## 11.3 Beschreibung des Untersuchungsgebiets

### 11.3.1 Landschaftsgliederung

Eine Einordnung der ausgewählten Region in großräumige Landschaftskomplexe läßt sich zunächst mit der in RICHTER (1989) im Maßstab von ca. 1:2.200.000 aufgeführten Einteilung der Landschaftsregionen und Flächennutzungskomplexe vornehmen. Der Stadtkreis Magdeburg liegt am Rand der Nordwestlichen Lößgefilde<sup>3</sup> und im Elbtal. Die westliche Grenze des Landkreises Jerichower Land verläuft im Elbtal und der nordöstliche Abschnitt hat Anteil am Mittelbrandenburger Tiefland, während der Süden des Landkreises zum westlichen Teil des Fläming gehört. Analog hierzu ergeben sich nach der in der Karte von GLA (1995) im M. 1:400.000 enthaltenen Landschaftsgliederung für das Untersuchungsgebiet drei geologisch-geomorphologische Einheiten, die durch ein eigenes Muster der Bodenbildung charakterisiert sind. Dies sind von West nach Ost das Löß- und Sandlößgebiet, die Flußau der Elbe und die pleistozänen Hochflächen.

Im Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt ist eine kleinräumigere, im Maßstab 1:300.000 dargestellte Gliederung enthalten, in der für das gesamte Land 5 Großlandschaften mit insgesamt 38 Landschaftseinheiten erfaßt sind (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b). Diese Landschaftsgliederung wird auf Grund des größeren Maßstabs im folgenden verwendet. Die Region hat hiernach Anteile an den folgenden Landschaftseinheiten, die nachstehend im Uhrzeigersinn von Westen aus aufgelistet werden. In Klammern werden hierbei die übergeordneten Großlandschaften angegeben:

#### Stadtkreis Magdeburg

- Magdeburger Börde (Ackerebenen)
- Elbtal (Talauen und Niederungslandschaften)

#### Landkreis Jerichower Land

- Elbtal (Talauen und Niederungslandschaften)
- Ländchen im Elbe-Havelwinkel (Landschaften am Südrand des Tieflandes - Südlicher Landrücken)
- Baruther Urstromtal / Fiener Bruch (Talauen und Niederungslandschaften)
- Burger Vorfläming (Landschaften am Südrand des Tieflandes - Südlicher Landrücken)
- Zerbster Ackerland (Ackerebenen)

Die Lage der Landschaftseinheiten des Untersuchungsgebiets ist in Abb. 7 dargestellt.

---

<sup>3</sup> „Nordwestlich“ bezieht sich hier auf den im Staatsgebiet der DDR gelegenen Teil der Lößgebiete.



**Abb. 7:** Landschaftseinheiten im Stadtkreis Magdeburg und Landkreis Jerichower Land. Kartengrundlage: Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt - Faltkarte 1 - Landschaftsgliederung (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b). M.: 1:300.000.

### 11.3.2 Klima

Großräumig betrachtet liegen der Stadtkreis Magdeburg und die südliche Hälfte des Landkreises Jerichower Land im nördlichen Randbereich des mitteleuropäischen Trockengebiets, das zu den niederschlagsärmsten Regionen in Deutschland gehört. Die Niederschlagsarmut wird durch die Lage im Lee des Harzes verursacht, welche sich bis in das Untersuchungsgebiet hinein auswirkt. Die jährlichen Niederschlagshöhen betragen hier 500 bis 525 mm und die Klimatische Wasserbilanz liegt zwischen -100 und 0 mm. Hierdurch ergeben sich Einschränkungen in der Grundwasserneubildung (SCHUMANN & MÜLLER 1995).

Das Regionalklima sowie die weiteren naturräumlichen Grundlagen des Untersuchungsgebiets werden, untergliedert nach den Landschaftseinheiten, in MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT (1994b) beschrieben. Hieraus stammen die nachfolgenden Angaben, die in Kurzform für die einzelnen Landschaftseinheiten aufgelistet werden.

#### Stadtkreis Magdeburg

- Magdeburger Börde: Die Jahresniederschläge in der gesamten Börde liegen zwischen 450 und 540 mm. Der Nordteil, in dem sich auch Magdeburg befindet, gehört zum stärker maritim beeinflussten Binnentiefeland. Die Jahresmitteltemperatur von Magdeburg beträgt 9,4 °C.
- Elbtal: Die durchschnittlichen Jahresniederschläge werden für das Elbtal zwischen Grieben (ca. 33 km nordöstlich von der Magdeburger Stadtgrenze) und der Saalemündung (ca. 21 km südöstlich von der Magdeburger Stadtgrenze) mit 474 mm angegeben.

#### Landkreis Jerichower Land

- Elbtal: Siehe oben.
- Ländchen im Elbe-Havelwinkel: In dieser Landschaft deutet sich der Übergang zum subkontinentalen Binnenlandklima bei einer Jahresmitteltemperatur von 8,5 °C an. Der Durchschnitt der Jahresniederschläge beträgt 536 mm.
- Baruther Urstromtal / Fiener Bruch: Die großklimatischen Verhältnisse sind hier ähnlich den benachbarten Hochflächen und charakteristisch für das ostdeutsche Binnenlandklima. Die Jahresmittelwerte der Lufttemperatur liegen hier bei 8,5 °C.

- **Burger Vorfläming:** Die Jahresmitteltemperatur in dieser Landschaftseinheit beträgt 8,2 °C. Die Niederschlagsmengen steigen von Westen nach Osten an, die Jahresniederschläge liegen im Westteil bei 530 und in den übrigen Bereichen zwischen 550 und 570 mm.
- **Zerbster Ackerland:** Der Landkreis Jerichower Land umfaßt den Nordwesten dieser Landschaft, in der das mitteldeutsche Binnenlandklima durch eine schwache Leesituation östlich des Elbtals beeinflusst wird. Die jährliche Niederschlagsmenge liegt in Gommern bei 506 mm und die Jahresmitteltemperatur im südöstlich gelegenen Zerbst beträgt 8,7 °C.

### 11.3.3 Geologie und Geomorphologie

An dieser Stelle wird ein kurzer Überblick über die präquartäre Geologie des Untersuchungsgebiets gegeben, sofern diese in Oberflächennähe in Erscheinung tritt. Im Anschluß daran wird das Quartär getrennt für die einzelnen Landschaftseinheiten beschrieben, da dessen Ablagerungen hier nahezu flächendeckend an der Geländeoberfläche anstehen und als Ausgangsmaterial der Bodenbildung die größte Rolle spielen.

In WAGENBRETH & STEINER (1985) wird die Geologie des Untersuchungsgebiets umfassend dargestellt. Hieraus stammen die folgenden Ausführungen. Die ältesten in Magdeburg und Umgebung an der Oberfläche anstehenden Gesteine sind Konglomerate und Sandsteine des Rotliegenden und unterkarbonische Grauwacken und Tonschiefer, welche in Steinbrüchen aufgeschlossen sind. Diese sind ein Bestandteil der Flechtinger Scholle, einer von NW nach SO verlaufenden Grundgebirgsauftragung. Die Flechtinger Scholle ist eine subherzynische Kippscholle und ein Bestandteil der Verwerfungstreppe, mit der das Grundgebirge vom Harz aus in die nördlich gelegene Senke abtaucht. Die nach Süden geneigte Scholle wird von einem Deckgebirge des Zechsteins und Mesozoikums überlagert und von Störungen der saxonischen Salztektone durchzogen. Im Bereich des weiter im Westen sich morphologisch abhebenden Flechtinger Höhenzuges wird das Unterkarbon von einer 400 bis 600 m mächtigen Serie aus Sedimenten und Vulkaniten des Rotliegenden überlagert, welche die nördlichsten in Nordostdeutschland an der Oberfläche anstehenden Hartsteinvorkommen bilden. Gleichfalls aus dem Unterkarbon stammen die ehemals bei Gommern in Steinbrüchen aufgeschlossenen Quarzite und Tonschiefer. Als weitere präquartäre Bildungen haben die im Vorfläming bei Möckern anstehenden tertiären Rupeltone eine Bedeutung. Die Tone wurden durch Stauchmoränen in tiefreichende Falten gelegt und durchragen teilweise die glazialen Deckschichten, so daß sie früher örtlich durch Ziegeleien erschlossen wurden.

Das an der Oberfläche anstehende paläozoische Grundgebirge wurde im Pleistozän vom Inlandeis überfahren und mit Gletscherschrammen und Rundhöckern versehen. Die Geländeoberfläche des übrigen Untersuchungsgebiets wird flächendeckend von quartären Bildungen geprägt, die anschließend für die einzelnen Landschaftseinheiten aufgeführt werden:

### Stadtkreis Magdeburg

- Magdeburger Börde: Die Magdeburger Börde läßt sich in die Niedere und die Hohe Börde gliedern. Das Untersuchungsgebiet ist ein Bestandteil der Niederen Börde, die in einem 8 km breiten Streifen westlich an das Elbtal anschließt. Diese wird durch eine Nord-Südverlaufende saalezeitliche Endmoränenkette geprägt (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b, vgl. EISSMANN & LITT 1994). Die für die Bodenbildung entscheidende Sedimentbildung ist der weichselzeitliche Löß, der am nördlichen und östlichen Rand der Börde in einen schmalen Gürtel aus Sandlöß übergeht. Die Mächtigkeit des Lösses beträgt in den ebenen Bereichen der Börde durchschnittlich 0,8 - 1,2 m und an den Unterhängen 3 m und mehr.

An den Sandlößgürtel schließt sich östlich in einem kontinuierlichen Übergang die Zone der spätglazialen Geschiebedecksande an. Diese sind, wie Löß und Sandlöß äolische Ablagerungen, aber auch noch durch weitere Periglazialprozesse entscheidend geprägt. Generell nimmt der Schluffanteil der Substrate mit größerer Entfernung vom Lößgebiet ab (ALTERMANN 1995, MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b, vgl. EISSMANN & LITT 1994).

- Elbtal: Die Elbeniederung von Torgau bis Magdeburg verläuft in dem warthestadialen Lausitzer-Magdeburger Urstromtal der Saale-Kaltzeit. Im weiteren Verlauf, ab Magdeburg, floß das Schmelzwasser nicht dem heutigen Elbtal nach Norden folgend, sondern durch die Ohreniederung in Richtung Westen ab. Während der Weichselkaltzeit lag die Untersuchungsregion im Periglazialgebiet und das Elbtal wurde durch die Aufschüttung der Niederterrasse geprägt. Die Niederterrasse setzt sich morphologisch durch eine Geländekante gegenüber der holozänen Aue ab, deren Basis von Auenschottern gebildet wird. Die Oberfläche der Aue und damit das Ausgangsmaterial der Böden wird von den 3 bis maximal 4 m mächtigen Auelehmen gebildet, die besonders am Rand der Aue von Talsanden abgelöst werden. (KUGLER & VILLWOCK 1995, MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b).

## Landkreis Jerichower Land

- Elbtal: Siehe oben.
- Ländchen im Elbe-Havelwinkel: Der mittlere, im Landkreis Jerichower Land gelegene Teil des Ländchens im Elbe-Havelwinkel ist das Genthiner Land, das ein Talsandgebiet eines Teils des weichselzeitlichen Urstromtals des Brandenburger Stadiums darstellt. Die Talsande werden von einer Endmoräne unterlagert, welche die Talsandfläche vereinzelt in Form von Kuppen durchstößt. Stellenweise werden die Talsande von kleinen, bis zu 4 m hohen Dünen überlagert. Der südliche, in Insellage zwischen dem verzweigten Baruther Urstromtal gelegene Abschnitt des Ländchens ist die Karower Platte, eine flachwellige Grundmoräne, die aus sandig-lehmigem Substrat aufgebaut wird (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b).
- Baruther Urstromtal / Fiener Bruch: Im Baruther Urstromtal flossen die Schmelzwässer des Inlandeises während des Brandenburger Stadiums der Weichselkaltzeit in westliche Richtung ab. Die Niederung wird von Talsanden aufgebaut und ist morphologisch durch seine mindestens 5 m tiefere Lage gegenüber den nördlich und südlich anstehenden Hochflächen abgegrenzt (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b).
- Burger Vorfläming: Die Basis des Burger Vorfläming wird von einer im Drenthestadial der Saalekaltzeit entstandenen Grundmoräne gebildet. Die Grundmoräne wird von vereinzelt West-Ost ausgerichteten Endmoränen des Warthestadials und den dazugehörigen, südlich anschließenden Sanderflächen überlagert. Die Landschaftseinheit ist mit einer deutlichen, 15 - 20 m hohen Geländekante vom angrenzenden Elbtal und dem Fiener Bruch abgesetzt (WAGENBRETH & STEINER 1985, MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b).
- Zerbster Ackerland: Neben den oben beschriebenen Festgesteinen des Paläozoikums, die südlich von Gommern die Erdoberfläche darstellen, wird der größte Teil der Landschaft von Grundmoränenbildungen der älteren Saalezeit gebildet. Die Zerbster Acker ebene gehörte spätestens seit der Weichselkaltzeit zum Periglazialgebiet, so daß hier einerseits Abtragung durch Solifluktion und Deflation stattfand. Im Weichselglazial kam es andererseits zur Aufwehung von Sanden und Sandlöß, die heute als Ausgangsmaterial der Bodenbildung an der Oberfläche anstehen. Der äußerste Südosten des Landkreises wird noch von den Ausläufern der Leitzkauer Höhen berührt, die aus saalezeitlichen Stauchmoränen aufgebaut werden, in denen oligozäne Rupeltone in Falten gelegt sind und die quartären Deckschichten stellenweise durchstoßen (MINISTERIUM FÜR

UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1994b, WAGENBRETH & STEINER 1985).

#### 11.3.4 Böden

Die dem geologisch-geomorphologischen Aufbau entsprechende Verteilung der Bodenformen in den Landschaftseinheiten des Untersuchungsgebiets wird in der Übersichtskarte der Böden von Sachsen-Anhalt 1:400.000 (GLA 1995) wiedergegeben. Hieraus und aus der zusammenfassenden Beschreibung der Böden in MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT (1994b) stammt die folgende Ausführung. In beiden Publikationen wird die aus der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) stammende Nomenklatur verwendet (vgl. SCHMIDT & DIEMANN 1981).

##### Stadtkreis Magdeburg

- Magdeburger Börde: Im Westen des Stadtkreises sind flächenhaft Löß-Schwarzerden bis -Braunschwarzerden ausgebildet, welche zudem die verbreitetsten Bodenformen auf den grundwasserfernen Standorten der Magdeburger Börde sind. Gleichfalls im Westen der Stadt sind in den tieferen Lagen Kolluviallöß-Schwarzgleye vertreten. Nördlich des bebauten Stadtgebiets befindet sich die nordöstliche naturräumliche Grenze der Magdeburger Börde, die durch den Übergang von Löß zu Sandlöß gekennzeichnet ist. Die Substratgrenze wird durch die Bodenformen nachgezeichnet. Es sind hierin Sandlöß-Schwarzerden und -Braunschwarzerden entwickelt, die sich gegenüber den im Löß vorkommenden Bodentypen durch eine stärkere Degradation unterscheiden (vgl. ALTERMANN 1995). Demnach sind die Schwarzerden hier mit Bodentypen vergesellschaftet, die, wie z.B. die Schwarzerde-Parabraunerde, verschiedene Degradationsstufen repräsentieren. Im bebauten Stadtgebiet kommen nur anthropogen überformte Böden vor, die allgemein als Siedlungsböden über Hochflächenbildungen (Löß, Sand, usw.) zusammengefaßt werden.
- Elbtal: In dem zum Stadtkreis Magdeburg gehörenden Teil des Elbtals sind die folgenden Bodenformen ausgewiesen: Auenlehmtiefton- bis Auenton-Vegaamphigleye bis Schwarzamphigleye und Schwarzgleye sowie Auendecksalm- bis Auensalm-Gleye nördlich der Stadt. Die flächenmäßig größte Bedeutung haben im Stadtkreis die Auendecklehm- bis Auenlehm-Gleye. Bei den im Elbtal befindlichen überbauten Böden handelt es sich größtenteils um Siedlungsböden über Talsanden (Niederungssanden) und holozänen San-

den und nur im Norden der Stadt kommen Siedlungsböden über Auen- und Kolluvialsedimenten vorwiegend lehmig-toniger Zusammensetzung vor.

### Landkreis Jerichower Land

- Elbtal: In dem im Landkreis Jerichower Land gelegenen Abschnitt des Elbtals sind die Auendecksalm- bis Auensalm-Gleye und Auendecklehm- bis Auenlehm-Gleye die häufigsten Bodenformen. Weitere Bodenformen mit geringeren Flächenanteilen sind Auenton-Gleye bis Humus-Gleye. Auenlehmtiefton- bis Auenton-Vegaamphigleye bis Schwarzamphigleye und Schwarzgleye sowie Auenlehmtiefton- bis Auenton-Vegas. Nur am Rand des Elbtals kommen darüber hinaus Auenlehm-Vegas bis -Vegagleye und Auenlehm-Humusgleye bis Anmoorgleye vor.
- Ländchen im Elbe-Havelwinkel: Die Verteilung der Böden läßt sich hier an der morphologischen Gliederung der Landschaftseinheit in zwei verschiedene Bereiche unterscheiden. Zum einen ist es der vom Grundwasser beeinflusste Niederungsbereich, welcher den größeren Teil der Landschaft einnimmt. Hier sind Sand-Gleye bis Humus-Gleye, Auendecksalm- bis Auensalm-Gleye und Auenton-Gleye bis Humusgleye die häufigsten Bodenformen. Die in den sandigen Substraten entwickelten Gleye sind an die Standorte mit Talsanden gekoppelt und die bindigeren Substrate befinden sich vorwiegend in den Auen der langsam fließenden Bäche. Daneben kommen geringflächig auch Torf-Niedermoore vor sowie auf etwas höher liegenden Standorten, wie z.B. auf Talsandinseln, noch Sand-Rostgleye (unter Acker) und Sand-Braunpodsolgleye bis -Podsolgleye (unter Wald). Rein terrestrische Bodenbildungen kommen auf erhöhten Geländebereichen wie Dünen und Pleistozänkernen vor. Auf ersteren sind Sand-Ranker bis Podsole entwickelt und auf letzteren Sand-Braunpodsole (unter Wald) und Rosterden (unter Acker). Im Südosten der Landschaft kommen darüber hinaus Salmtieflehm-Braunerde/Fahlerden vor.
- Baruther Urstromtal / Fiener Bruch: Im Osten der Landschaftseinheit, in der Niederung des Fiener Bruchs, sind Decktorf-Niedermoore bis Sand-Anmoorgleye und Torf-Niedermoore die vorherrschenden Bodenformen. Im westlichen Abschnitt sind die anmoorigen und moorigen Bildungen seltener, hier dominieren Sand-Gleye bis Humus-Gleye und Auendecksalm- bis Auensalm-Gleye. Daneben kommen kleinflächig Sand-Braunpodsole (unter Wald) und Rosterden (unter Acker) sowie Sand-Ranker bis Podsole auf grundwasserfernen Standorten vor.
- Burger Vorfläming: Entsprechend der in Oberflächennähe vorwiegend sandigen Ausprägung der saalezeitlichen Grund- und Endmoränen sind im Burger Vorfläming die trock-

nen und nährstoffarmen Standorte am verbreitetsten. Die vorherrschende Bodenform sind Sand-Braunpodsole (unter Wald) und Rosterden (unter Acker). Daneben treten auf diesen Standorten Sand-Ranker bis Podsole auf. Auf den Standorten, an denen die Sedimente in bindiger, mineralreicher Ausprägung anstehen, sind Decksalm-Braunerden, Sandtieflehm-Rosterde/Fahlerden, unter Wald Braunpodsol/Fahlerden und Salmtieflehm-Braunerde/Fahlerden ausgebildet. Diese sind örtlich, bei Vorliegen einer ausgeprägten Schichtung des Substrats, mit Sandtieflehm-Rosterde/Fahlstaugleyen und unter Wald mit Wald Braunpodsol/Fahlstaugleyen vergesellschaftet. Infolge der Gliederung des Reliefs durch Täler kommen im Burger Vorflämung auch grundwassernahe Standorte vor, in denen Sand-Rostgleye (unter Acker) und Sand-Braunpodsolgleye bis Podsolgleye (unter Wald) sowie Sand-Gleye bis Humus-Gleye die vorherrschenden Bodenformen sind. In den Bachtälern kommen darüber hinaus auch anmoorige bis moorige Böden wie Auen-sand-Humusgleye bis -Anmoorgleye und Decktorf-Niedermoore bis Sand-Anmoorgleye vor.

- Zerbster Ackerland: Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung an den grundwasserfernen Standorten wird hier durch einen Schleier an spätglazial aufgewehten Sanden und Lössen gebildet, welche den saalezeitlichen Sedimenten aufliegen. Die verbreitetsten in diesen Schichten entwickelten Bodenformen des Untersuchungsgebiets sind Sandtieflehm bis Salmtieflehm-Schwarzstaugleye und Lehm- bis Lehmtiefton-Schwarzstaugleye. Weiter dort vertretene Bodenformen sind Sandtieflehm-Rosterde/Fahlerden - unter Wald Braunpodsol-Fahlerden, Salmtieflehm-Braunerde/Fahlerden. In den Niederungen kommen Sand-Rostgleye (unter Acker) und Sand-Braunpodsolgleye bis Podsolgleye (unter Wald), Sand-Gleye bis -Humusgleye, Decksalm- bis Salmtieflehm-Gleye und Sand-Humusgleye bis -Anmoorgleye vor.

#### **11.4 Vorgehensweise, Datengrundlage und Auswertung**

Wie in den Kapiteln 6 bis 8 bereits erläutert wurde, sind die Ergebnisse der Bodenschätzung die geeignete Datengrundlage, die hier zur Auswertung herangezogen wird. Es wurden für den Stadtkreis Magdeburg und den Landkreis Jerichower Land die im Maßstab 1:10.000 vorliegenden Karten der Reichsbodenschätzung ausgewertet. Die Karten wurden vom Amt für Landwirtschaft und Flurneuordnung in Stendal zur Verfügung gestellt.

Die Bewertung der Bodenfunktionen auf Grundlage der Bodenschätzungsergebnisse erfolgt nach dem bereits vorgestellten 5-stufigen Klassifikationssystem, in dem der Grad der besten Erfüllung der Bodenfunktion mit 1 und der schlechtesten Erfüllung mit 5 eingestuft

wird. In den anschließend beschriebenen Beispielen werden die drei folgenden, grundlegenden Bodenfunktionen dargestellt und zur weiteren Auswertung aufbereitet.

- Biomassefunktion (Standort für Landwirtschaft und Gartenbau)
- Biotopfunktion (Standort für natürliche Vegetation)
- Regelung im Wasserhaushalt

Die Auswertung erfolgte hier nicht für die Zwecke und auf der Ebene der Bauleitplanung, sondern im Maßstab eines gesamten Landkreises, somit in einem größeren Bereich, in dem unterschiedliche Landschaftsformen anzutreffen sind. Da auf der Ebene des Landkreises ein deutlich kleinerer Maßstab als 1:10.000 angemessen ist, war eine Transformation des Karteninhalts in den kleineren Maßstab und damit eine stärkere Generalisierung der Daten erforderlich. Dies geschah mittels eines visuell statistischen Verfahrens. Hierzu wurde zunächst mit einer Folie ein Gitter aus gleich großen Quadraten über die Karte mit den Ergebnissen der Bodenschätzung gelegt. Die Quadrate entsprachen einer Fläche mit einer Kantenlänge von 250 m im Gelände (=6,25 ha) und es wurde darin das in diesem Feld flächenmäßig am häufigsten vorkommende Klassenzeichen der Bodenschätzung eingetragen. Bei nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen wurde die entsprechende Nutzung eingetragen, wobei zwischen Wald, Gewässern und Siedlungsgebieten unterschieden wurde. Das auf die Karte gelegte Gitter war entsprechend der Rechts- und Hochwerte ausgerichtet, so daß die räumliche Zuordnung der Ergebnisse bei der späteren Verarbeitung der Daten gewährleistet war (BORG et al. 2000).

Die bei der Auswertung ermittelten Klassenzeichen der Bodenschätzung wurden in eine Datenbank eingetragen, um mit dem Geographischen Informationssystem ARCVIEW weiter verarbeitet und dargestellt zu werden. Durch das Geographische Informationssystem (GIS) können die durch Lage und räumliche Ausdehnung definierten Geographischen bzw. Geometriedaten und die beschreibenden Merkmale, die Daten der Bodenschätzung und die aus ihnen abgeleiteten Bewertungen der Bodenfunktionen miteinander verknüpft und einer raumbezogenen Analyse unterzogen werden. Hierbei wird eine maßstabsfreie und blattschnittunabhängige Visualisierung der Ergebnisse in Form von Rasterdaten ermöglicht. Die so entstandenen Karten finden sich im Anhang und die Ergebnisse werden im nachfolgenden Kapitel beschrieben. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt im Maßstab 1:100.000.

## 11.5 Ergebnisse

### 11.5.1 Bodenarten und Entstehungsarten der Böden

In Karte 1 werden farblich die Bodenarten und durch Symbole die Entstehungsarten der landwirtschaftlich genutzten Böden dargestellt. Die Karte ist das Ergebnis der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Auswertung auf Grundlage der Bodenschätzung.

Im Kreis Magdeburg kristallisieren sich dabei drei grundverschiedene Bereiche heraus. Es ist zum einen die fast ausschließlich landwirtschaftlich genutzte Magdeburger Börde im Westen, in der die Lößböden mit der Bodenart Lehm annähernd flächendeckend vertreten sind. Der zweite Bereich ist eine in östlicher Richtung anschließende Übergangszone, in der die Lehme zunehmend durch stärker sandige Substrate wie sandige Lehme und stark lehmige Sande abgelöst werden. Der dritte Abschnitt ist das Elbtal im Osten mit seinen Alluvialböden und einer heterogenen Bodenartenverbreitung. Großenteils herrschen dort tonige Lehme vor. Das Spektrum der dazwischen in unterschiedlicher Ausdehnung anstehenden Bodenarten reicht von reinen Sanden bis hin zu Ton.

Im Landkreis Jerichower Land ist zunächst das Elbtal im Westen zu nennen, dessen Alluvialböden das gleiche Bodenartenspektrum wie im Stadtkreis Magdeburg aufweisen. Der Norden des Landkreises wird gleichfalls von den Alluvialböden in den Niederungen dominiert. Die Verteilung der Bodenarten ist in wechselnde Bereiche gestaffelt. Zum einen sind es Sande bis lehmige Sande und zum anderen Lehme bis Tone, die hier zusammenhängend größere Flächen bilden. Im Süden des Ländchens im Elbe-Havelwinkel dominieren die sandigen Substrate, die sowohl als Alluvialbildungen als auch an den Standorten von Pleistozänkern und Hochflächen als Diluvialböden ausgewiesen sind. Im Norden der Niederung des Baruther Urstromtals/Fiener Bruchs sind Alluvialböden mit sandiger bis lehmiger Bodenart in unregelmäßiger Verteilung vertreten. Der Süden der Landschaftseinheit ist durch eine auffallend flächendeckende Verbreitung von Mooren gekennzeichnet, zwischen denen einige Inseln mit alluvialen Sanden bis anlehmigen Sanden vorkommen.

Der Burger Vorfläming ist durch eine ausgedehnte Bewaldung gekennzeichnet. Entsprechend der hier vorkommenden ausgedehnten Sanderflächen sind Diluvialböden mit der Bodenart Sand bis lehmiger Sand vorherrschend. In den Bachtälern kommen hingegen verbreitet Moore vor. Im Westen des Burger Vorflämings sind dagegen auch bindigere Substrate des Diluviums verbreitet, während im äußersten Westen, an der Grenze zum Elbtal, wiederum großflächig diluviale Sande vorkommen. Das Zerbster Ackerland unterscheidet sich stark vom Burger Vorfläming und wird von sandigen Lehmen und stark lehmigen San-

den des Diluviums dominiert. Auffallend sind hier die im Südwesten des Gebiets vorkommenden Diluvialböden mit der Bodenart Ton.

## **11.5.2 Bewertung der Bodenfunktion Pflanzenstandort**

### **11.5.2.1 Biotopfunktion**

Als erste von den beiden Teilfunktionen des Pflanzenstandorts wird in Karte 2 die Bewertung der Biotopfunktion durch eine Kategorisierung der PNV dargestellt. Die Einstufung basiert auf dem in Tabelle 5, Kap. 7.1.2, enthalten Bewertungssystem. In der Karte wird im Gegensatz zu der, die auf der Bodenschätzung beruht, die aktuelle Ausdehnung der Siedlungsgebiete dargestellt, des weiteren werden hierbei auch die Waldgebiete eingestuft.

In der Einstufung der PNV im Stadtkreis Magdeburg wird ersichtlich, daß die größten zusammenhängenden Flächen der höchsten hier vorkommenden Kategorie im Westen und Süden des Stadtgebiets, in der Magdeburger Börde liegen. Die Standorte sind dort der Kategorie 1 zugeordnet. Inselhaft kommen darin Flächen vor, die mit 3 oder 5 eingestuft werden. Im Elbtal des Stadtkreises wie auch des Landkreises Jerichower Land wird der Hochflutbereich mit 2 eingestuft und auch der weitere Auenbereich mit 2, wobei darin wiederum größere mit 3 bewertete Flächen vorkommen. Der übrige Landkreis wird annähernd flächenhaft mit 3 klassifiziert, wobei vor allem im Norden, im Ländchen im Elbe-Havelwinkel, auch größere Areale mit 2 eingestuft werden. Ein größeres zusammenhängendes Gebiet, das mit 2 bewertet wird, liegt im östlichen Bereich des Baruther Urstromtals/Fiener Bruch.

### **11.5.2.2 Biomassefunktion (Standort für Landwirtschaft und Gartenbau)**

Wie in Kapitel 7.2 und 7.3 näher ausgeführt wurde, beinhaltet die Biomassefunktion des Bodens mehrere Aspekte. Dies sind im wesentlichen die Vorzüge bezüglich des Klimas und als CO<sub>2</sub>-Senke sowie die Funktion als Standort für Landwirtschaft und Gartenbau. Da in einem Flächenland wie Sachsen-Anhalt die landwirtschaftliche Nutzung eine große Rolle spielt und im Rahmen dieser Arbeit ein Beispiel für Bodennutzungsplanung ausgearbeitet wird, erfolgt die nachfolgende Auswertung und Beschreibung im Hinblick auf die Landwirtschaft.

In Karte 3 wird die Klassifizierung der Standorte nach den Bodenzahlen der Bodenschätzung entsprechend der Tabelle 11 in Kap. 7.2.2 wiedergegeben. Im Stadtkreis Magdeburg fällt die annähernd flächendeckende Einstufung der Böden westlich und südlich der Stadt in

Klasse 1 auf. Es sind dies die Lößstandorte der Magdeburger Börde, in denen nur inselhaft kleine Flächen mit sandigen Substraten schlechter klassifiziert werden. Die nördlich der Stadt liegende Übergangszone mit Sandlöß und stärker degradierten Böden wird überwiegend mit 2 bewertet. Gleichermaßen werden die Alluvialböden im gesamten, dem Untersuchungsgebiet zugehörigen Elbtal, vorwiegend mit 2, daneben aber auch verbreitet mit 3 und seltener mit 4 eingestuft. Im Norden des Landkreises Jerichower Land ist eine Staffelung der Einstufungen analog der Bodenartenverteilung ersichtlich. Die bindigeren Böden werden hier überwiegend mit 3 und innerhalb dieser Flächen örtlich mit 2 bewertet und die übrigen Standorte mit 4. In der gesamten Mitte des Landkreises dominiert die Einstufung der Böden mit 4. Dies sind die Diluvialbildungen im Süden des Ländchens im Elbe-Havelwinkel, die Moore und alluvialen Sande im Baruther Urstromtal/Fiener Bruch und zum großen Teil die Standorte im Burger Vorfläming, wobei bei letzterem im Westen auch verbreitet Einstufungen mit 3 und inselhaft mit 2 vorkommen. Der Osten des Burger Vorfläming weist in dieser Auswertung als einziges Gebiet des Landkreises auch Flächen der Stufe 5 auf. Im Zerbster Ackerland überwiegt die Klassifizierung der Böden mit 3, während zu geringeren und etwa gleichen Anteilen auch die Klassen 2 und 4 vertreten sind.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß die Böden im Stadtkreis Magdeburg annähernd durchweg eine gute Eignung für die landwirtschaftliche Nutzung aufweisen, während die Standorte des Landkreises Jerichower Land insgesamt geringer geeignet sind.

### **11.5.3 Bewertung der Bodenfunktion Regelung im Wasserhaushalt (kf-Werte)**

Die Ergebnisse der Bodenfunktion zur Regelung im Wasserhaushalt werden in Karte 4 dargestellt. Die Beurteilung der Funktion erfolgt nach dem in Tabelle 15, Kap. 8.3 wiedergegebenen Schema. Da hierbei die stärker wasserdurchlässigen, d.h. weniger bindigen Texturen besser bewertet werden sind die Ergebnisse bei den mineralischen Bodenarten tendenziell gegensätzlich zu denen der Bodenwertzahlen. So werden die Lößstandorte der Magdeburger Börde fast durchweg mit 3, bei einzelnen Standorten mit 4 oder 5 eingestuft. Die bindigen Alluvialbildungen im Elbtal führen zu einer flächenhaften Bewertung mit 5 wobei aber auch örtlich kleinere Flächen günstiger, bis hin zu Kategorie 1, eingestuft werden.

Auch in den übrigen Gebieten des Landkreises Jerichower Land spiegelt sich die Staffelung bzw. Verteilung der Bodenarten in der teilweise kleinräumigen Variabilität der Kategorien wider, die innerhalb einer Landschaftseinheit von 1 bis 5 reicht. Als homogene Fläche hervorzuheben sind dagegen die Moorstandorte im Süden des Baruther Urstromtals/Fiener Bruch, die überwiegend mit 5, zu geringeren Anteilen mit 4 und nur stellenweise mit 3 ein-

gestuft werden. Große zusammenhängende Flächen, die mit 1 bewertet werden, finden sich dagegen in der östlichen Hälfte und auch im äußersten Westen des Burger Vorfläming.

Die Böden des Stadtkreises Magdeburg weisen insgesamt eine geringe Eignung für die Inanspruchnahme der Regelungsfunktion im Wasserhaushalt auf. Im Landkreis Jerichower Land findet sich dagegen über das gesamte Kreisgebiet verteilt eine größere Anzahl von Flächen, welche hierfür gut zu gebrauchen sind.

#### **11.5.4 Verschneidung der Bewertungen**

In den Kapiteln 11.5.2 und 11.5.3 wurden Karten vorgestellt, in denen jeweils die Eignung des Bodens zur Erfüllung einer einzelnen Funktion dargestellt wurde. Diese Karten lassen sich unmittelbar für spezielle Planungszwecke einsetzen. Mit den Bodenwertzahlen wird ausgesagt, welcher Standort die höchste Produktivität bei landwirtschaftlicher Nutzung aufweist, und mit den Karten der PNV kann die Wertigkeit der Vegetation eines sich selbst überlassenen Gebiets vorhergesagt werden. Mit der Karte der kf-Werte können Standorte ausgewählt werden, die vorrangig für die Grundwasserneubildung zu nutzen bzw. freizuhalten sind.

Bei den in diesem Kapitel besprochenen Karten 5 bis 7 erfolgt über eine Verschneidung die gemeinsame Bewertung der drei Bodenfunktionen als Standort für Landwirtschaft und Gartenbau (Biomassefunktion), als Standort für natürliche Vegetation (Biotopfunktion) und zur Regelung im Wasserhaushalt. Die Darstellung erfolgt in der Weise, daß jeweils die am besten bewertete Bodenfunktion farblich in der Kategorie dargestellt wird, in die sie eingestuft wurde. Die Verschneidung der Ergebnisse erfolgt mittels des GIS nach dem Prinzip des u.a. bei Umweltverträglichkeitsprüfungen angewendeten „map overlay“ (vgl. HAMHABER et al. 1992). Dabei werden die Grundlagenkarten übereinander gelegt, und es wird aus den verschiedenen Karten nur die besser bewertete Bodenfunktion für die jeweilige Fläche ausgewählt und dargestellt.

Hierbei kann es nun vorkommen, daß zwei oder mehr Funktionen in der gleichen Klasse eingestuft werden, z.B. können die PNV und die Regelung im Wasserhaushalt am gleichen Standort mit 1 bewertet werden. Daher ist es notwendig, zuvor eine Wichtung der Bodenfunktionen vorgenommen zu haben. Das bedeutet, daß Prioritäten in der Form gesetzt werden müssen, daß vorab festgelegt wird, welche Bodenfunktion im Fall des Gleichstands der Einstufungen ausgewählt und dargestellt wird. Am Beispiel der 1. Priorität PNV und der 2. Priorität Grundwasser besagt dies, daß bei einer Klassifikation der PNV und der Regelungsfunktion im Wasserhaushalt mit 3 und der Ertragsfunktion mit 3 oder schlechter die PNV als

beste Nutzung dargestellt wird. Würde bei diesem Beispiel die PNV mit 4 und die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt sowie die Ertragsfunktion mit 3 eingestuft werden, so wäre die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt (WH) als beste Nutzung aus Sicht des Bodenschutzes auszuweisen. In dem Fall, daß die Ertragsfunktion aber besser als die beiden anderen Funktionen bewertet wäre, so würde diese auch dargestellt werden und die Festsetzung der Prioritäten käme nicht zu Tragen. Gleichwohl wird ersichtlich, daß es für die Entscheidungsfindung notwendig ist, Prioritäten zu setzen.

Mit den auf Basis der Bodenschätzung erstellten Grundlagenkarten, den daraus abgeleiteten Bewertungen der Bodenfunktionen und weiteren Kartengrundlagen lassen sich 6 Verschneidungen mit unterschiedlichen Prioritäten erstellen, die nachfolgend aufgelistet werden:

		Landnutzung		
		1. Priorität	2. Priorität	3. Priorität
1.	PNV	Biomassefunktion	Regelung im WH	
2.	PNV	Regelung im WH	Biomassefunktion	
3.	Biomassefunktion	PNV	Regelung im WH	
4.	Biomassefunktion	Regelung im WH	PNV	
5.	Regelung im WH	PNV	Biomassefunktion	
6.	Regelung im WH	Biomassefunktion	PNV	

Die verschiedenen Varianten der Setzung von Prioritäten können in Abhängigkeit der vorhandenen Böden zu Unterschieden in der vorgeschlagenen Landnutzung führen. Das wird im folgenden demonstriert, indem für das Untersuchungsgebiet als Beispiele die Varianten 2 und 3 der obenstehenden Auflistung beschrieben werden.

Die nachfolgend vorgestellten Karten der Verschneidungen beinhalten inhaltliche Erweiterungen gegenüber den zuvor gezeigten Darstellungen der Bewertung einzelner Bodenfunktionen. So sind darin die Ausweitungen der Siedlungsgebiete seit der Zeit der Bodenschätzung ausgewiesen. Des weiteren werden, sofern vorhanden, geschützte Naturdenkmale, Biosphärenreservate sowie Landschafts-, Natur- und Trinkwasserschutzgebiete aufgeführt.

#### 11.5.4.1 1. Priorität PNV, 2. Priorität Regelung im Wasserhaushalt

In Karte 5 wird die Bewertung der Bodenfunktionen mit der Reihenfolge der Prioritäten 1. PNV, 2. Regelung im Wasserhaushalt, 3. Landwirtschaft gezeigt.

Im Stadtkreis Magdeburg wird auf der Mehrzahl der unbebauten Flächen die landwirtschaftliche Nutzung am besten bewertet und ist damit aus Sicht des Bodenschutzes selbst bei diesen Prioritäten die sinnvollste Nutzung. Vor allem auf den Standorten der Magdeburger Börde sind nur geringe Flächenanteile, bei denen unter dieser Gewichtung die PNV besser klassifiziert wird. Im Elbtal wird sowohl im Stadt- als auch im Landkreis annähernd der gesamte unbebaute Auenbereich und das Gebiet von Altarmen mit der PNV am besten bewertet. Diese Flächen haben auch häufig schon den Status als Landschafts- oder Naturschutzgebiet. An den übrigen Standorten des Elbtals ist größtenteils die landwirtschaftliche Nutzung als die günstigste anzusehen. Stellenweise finden sich darin aber auch größere zusammenhängende Flächen, in denen die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt bei dieser Gewichtung am höchsten eingestuft wird. Bemerkenswert ist im Stadtkreis Magdeburg noch die Darstellung der Siedlungserweiterung seit der Durchführung der Bodenschätzung. Diese konzentriert sich einerseits im Westen und Süden der Stadt und damit auf die bestmöglichen, mit 1 klassifizierten Ackerstandorte. Die Erweiterung im Norden Magdeburgs betrifft Standorte, bei denen die landwirtschaftliche Nutzungsfunktion überwiegend mit 2 eingestuft wurde, was aus Sicht des Bodenschutzes gleichfalls unerwünscht ist, aber immer noch günstiger, als wenn Böden der Kategorie 1 betroffen wären.

Bei den Landschaften des Landkreises Jerichower Land sind im Norden und vor allem im Süden, im Zerbster Ackerland, die höchsten Einstufungen gleichmäßig auf die drei Nutzungsansprüche verteilt. In der Mitte des Landkreises konzentrieren sich bei dieser Gewichtung die Nutzungsempfehlungen dagegen auf die PNV und die Grundwasserfunktion. Eine großflächig homogene Einstufung zu Gunsten der PNV erfolgt bei den Moorflächen im Süden des Baruther Urstromtals/Fiener Bruch. Diese werden vereinzelt durch gleichfalls weitläufige Flächen unterbrochen, in denen die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt am besten bewertet wird. Die Wasserhaushaltsfunktion wird auch in den größten Abschnitten des Burger Vorfläming, und dort vor allem im Osten, am höchsten klassifiziert.

Wenn auf der Basis der Karte 5 die Planung der Landnutzung betrieben wird, dann dominiert im Stadtkreis Magdeburg, abgesehen von Teilbereichen der Elbaue, die landwirtschaftliche Nutzung. Im Landkreis Jerichower Land wird hiernach, neben den Flächen mit einem kleinräumigen Wechsel der Nutzungsempfehlungen, in weiten Bereichen die PNV und die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt favorisiert.

Zuletzt sei noch der Blick auf die in den Karten ausgewiesenen Schutzgebiete unter dem Aspekt gerichtet, ob dort Konflikte zwischen der vorgeschlagenen Nutzung und dem bestehenden Schutzstatus existieren. Es finden sich in beiden Kreisen keine Widersprüche in der Weise, daß großflächig die landwirtschaftliche Nutzung in bestehenden Naturschutzgebieten vorgeschlagen wird. Allein im Elbtal, im Süden des Stadtkreises Magdeburg liegen klei-

neren, für die Landwirtschaft empfohlene Flächen innerhalb eines Naturschutzgebiets und ansonsten in einem Landschaftsschutzgebiet, wobei mit letzterem aber kein Konflikt zu sehen ist. Die ausgedehnten Schutzgebiete mit unterschiedlichem Status im Landkreis Jerichower Land finden sich fast ausschließlich auf Flächen mit der PNV oder der Wasserhaushaltsfunktion als bester Nutzung oder in Waldgebieten.

#### **11.5.4.2 1. Priorität Biomassefunktion, 2. Priorität PNV**

Die Karte 6 zeigt die Bewertung der Bodenfunktionen mit der Reihenfolge der Prioritäten 1. Landwirtschaft, 2. PNV, 3. Regelung im Wasserhaushalt.

Im Stadtkreis Magdeburg hat sich mit der 1. Priorität auf der landwirtschaftlichen Nutzung der Anteil der hierfür empfohlenen Standorte in der Magdeburger Börde nur leicht gegenüber der Karte 5 erhöht, da hier die Böden unabhängig von Prioritäten ganz überwiegend am besten für die Landwirtschaft geeignet sind. In dem im Stadtkreis gelegenen Elbtal wird dagegen ein merklich erhöhter und damit auch überwiegender Flächenanteil für die Landwirtschaft empfohlen. Die PNV wird dagegen kleinräumiger und nur noch im engeren Bereich der Elbaue ausgewiesen.

Im Landkreis Jerichower Land ist zunächst das Elbtal zu betrachten, in dem, ähnlich wie in Karte 5, überwiegend die landwirtschaftliche Nutzung am besten bewertet wird. Die Einstufung der PNV als beste Nutzung beschränkt sich auch hierbei auf die Aue und die Bereiche von Altarmen, hat aber zu Gunsten der Landwirtschaft eine geringere Ausdehnung der Flächen. Die für die Wasserhaushaltsfunktion empfohlenen Flächenanteile sind etwa die gleichen wie in Karte 5, was bedeutet, daß hier Substratunterschiede zum Tragen kommen, die sich unabhängig von der Gewichtung auf die Nutzungsempfehlung auswirken.

Auch im Norden des Landkreises hat sich der Flächenanteil der am höchsten eingestuften Ertragsfunktion deutlich gegenüber der Karte 5 erhöht, dies gleichermaßen auf Kosten der PNV wie auch der Regelungsfunktion im Wasserhaushalt. Es sind dabei vor allem Böden, die sowohl für die Grundwasser- als auch die Ertragsfunktion in Kategorie 3 eingestuft wurden, welche hier für die Zunahme der für die Landwirtschaft empfohlenen Flächenanteile sorgen. Im nördlichen Baruther Urstromtal/Fiener Bruch und im Süden des Ländchens im Elbe-Havelwinkel ergibt sich eine deutliche Aufteilung der Flächen für die Landwirtschaft und die Wasserhaushaltsfunktion bei etwa gleichen Anteilen. Auffällig ist die großräumig einheitliche Nutzungsempfehlung für die PNV im Süden des Baruther Urstromtals/Fiener Bruch. Es sind dies die anmoorigen und moorigen Bodenbildungen, die auch in Karte 5 in

gleicher Weise und Ausdehnung beurteilt wurden und unabhängig von jeder Gewichtung nicht sinnvoller genutzt werden könnten.

Ähnlich wie bei den Moorstandorten verhält es sich mit den sandigen Substraten im Osten und teilweise auch Westen des Burger Vorfläming, welche gewichtungsresistent und großflächig für die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt am höchsten eingestuft werden. Im Nordwesten der Landschaftseinheit findet sich dagegen eine Reihe von Standorten, die hier gegenüber der PNV in Karte 5 mit der Einstufung in Kategorie 3 für die landwirtschaftliche Nutzung vorgeschlagen werden.

Im Zerbster Ackerland wird nun der überwiegende Flächenanteil am besten für die landwirtschaftliche Nutzung klassifiziert, die Einstufung erfolgt zum größeren Anteil in Kategorie 3 und zum etwas geringeren Teil in Klasse 2. Daneben kommen noch Nutzungsempfehlungen für die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt der Kategorien 1 und 2 vor, insgesamt hat diese Funktion aber geringere Anteile als in Karte 5, was auf den Einfluß der Gewichtung zurückzuführen ist. Die in Karte 5 noch ähnlich stark vertretene PNV kommt hier nur ganz selten und kleinflächig vor, d.h., daß diese die gleiche Einstufung wie die landwirtschaftliche Nutzung hat und zuvor nur wegen der Setzung der Prioritäten zu einem hohen Flächenanteil kam. Die Nutzungsempfehlungen, die sich hier in die landwirtschaftliche und die Grundwasserfunktion aufteilen sind dagegen rein bodenbürtiger Natur.

Trotz partiell erhöhter Flächenanteile für die Landwirtschaft ergeben sich im Stadtkreis Magdeburg keine Konflikte mit bestehenden Schutzgebieten (vgl. Kap. 11.5.4.1). Im Landkreis Jerichower Land wird dagegen im nördlichen Bereich des Elbtals nunmehr eine größere Fläche für die Landwirtschaft empfohlen, die bereits als Naturschutzgebiet ausgewiesen ist. Die Trinkwasserschutzzonen liegen in sinnvoller Weise fast ausschließlich in Waldgebieten oder in solchen, die für die PNV empfohlen werden. Lediglich im Norden des Landkreises Jerichower Land, im Ländchen im Elbe-Havelwinkel und im Baruther Urstromtal/Fiener Bruch liegen zwei ausgedehnte Trinkwasserschutzzonen zum Teil in ackerbaulich genutzten Flächen, woraus örtlich der Konflikt mit einer potentiellen Nitratbelastung des Grundwassers resultieren kann.

#### **11.5.4.3 Darstellung der Böden in Kategorie 3, 4 und 5**

In den zuvor beschriebenen Karten erfolgt eine Darstellung der am besten bewerteten Potentiale der Böden, mit denen diese eine bestimmte Funktion erfüllen können. Wenn diese Karten nun in der räumlichen Planung dafür verwendet werden, um bei Siedlungserweiterungen oder anderen Baumaßnahmen die Belange des Bodenschutzes zu berücksichtigen,

so werden damit zunächst Flächen gezeigt, bei denen die Böden zu erhalten sind und die Bebauung also nicht erfolgen sollte. Die Karten haben damit einen restriktiven Charakter. Um unter dem Aspekt des Bodenschutzes eine Empfehlung zur Bebauung zu geben und damit einen Beitrag zur Steuerung des Planungsprozesses zu leisten, wurde hier die Karte 7 ausgearbeitet. In dieser werden die bezüglich jeder Funktion am schlechtesten eingestuften Böden der Kategorien 3, 4 und 5 gezeigt, die unter dem Aspekt des Bodenschutzes am ehesten für eine Bebauung hergegeben werden können.

Im Stadtkreis Magdeburg finden sich hiernach die Böden mit den geringsten Potentialen, die in die Kategorien 3 und 4 eingestuft wurden, östlich des Stadtgebiets im Elbtal. Der Bereich der Magdeburger Börde weist dagegen nur inselhaft kleinräumige Standorte mit ungünstiger Bewertung auf. Aus der isolierten Sicht des Bodenschutzes wäre daher die Ausweitung der Stadt in die gekennzeichneten Bereiche des Elbtals zu befürworten. Da der Boden jedoch nur eines von mehreren Schutzgütern ist, das bei den im Planungsprozeß auftretenden Nutzungskonflikten zu berücksichtigen ist, würde sich eine solche Empfehlung aus den hier übergeordneten Gründen des Hochwasserschutzes als wenig sinnvoll erweisen.

Im Landkreis Jerichower Land drückt sich die insgesamt schlechtere Einstufung der Böden in den über den gesamten Landkreis verteilten Flächen aus, die maximal mit 3 eingestuft werden. Allein im Elbtal, im Süden des Baruther Urstromtals/Fiener Bruch, im Süden des Burger Vorfläming und in Bereichen des Zerbster Ackerndes finden sich zusammenhängende Flächen, die besser als mit 3 klassifiziert werden. Durch die weite Verbreitung der relativ niedrig, d.h. in Klasse 3, eingestuften Böden finden sich direkt angrenzend an die bestehenden Siedlungen auch immer Flächen, die bevorzugt für deren Erweiterungen empfohlen werden können. Böden, die bezüglich jeder Bodenfunktion mit maximal 4 oder 5 klassifiziert werden, sind dagegen extrem selten, was in diesem Fall aus Sicht des Bodenschutzes unerfreulich ist, da andernfalls eine Bebauungsempfehlung leichter ausgesprochen werden könnte.

## 11.6 Fazit

Die voranstehend beschriebenen Beispiele der Auswertungen zeigen, daß die Bewertung der Bodenfunktionen auf Grundlage der Bodenschätzungsergebnisse ein zuverlässiges Instrument zur Entscheidungsfindung im Planungsprozeß sind. Eine Voraussetzung hierfür ist in vielen Fällen die Gewichtung der Bodenfunktionen, d.h., daß das planerische Ziel definiert werden muß und vorab festgelegt wird, welche Form der Bodennutzung angestrebt wird. Unabhängig davon setzt sich eine Bewertung, die besser als andere ist, auch immer

als Nutzungsempfehlung durch. Zum Beispiel wird die landwirtschaftliche Nutzung bei den Standorten in der Magdeburger Börde jedesmal am höchsten eingestuft. Dieses Ergebnis wird auch durch jegliche Gewichtung nicht beeinflusst, d.h., daß bodenbürtige Standortunterschiede, die objektiv bestehen, auch immer zum Tragen kommen. Die vorgestellte Methode besitzt daher die Aussagekraft, um die Anliegen des Bodenschutzes im Sinne des Flächenschutzes bei Planungsverfahren objektiv zu vertreten.

## 12. Literatur

ABGEORDNETENHAUS VON BERLIN (1995): Berliner Gesetz zur Vermeidung und Sanierung von Bodenverunreinigungen (Bln BodSchG).- Gesetz- und Verordnungsblatt für Berlin, 51. Jg., H. 58: 646 - 652.

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 4. Aufl., 392 S.; Hannover.

AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 3. Aufl.; 331 S.; Hannover.

ALTERMANN, M. (1995): Überblick über die Böden des mitteldeutschen Raumes.- Mitt. dt. bodenk. Ges., 77: 27 - 34.

AMUNDSON, R. & YAALON, D.H. (1995): History of Soil Science.- Soil Sci. Soc. Am. J., 59: 4 - 13.

ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (1996): Forstliche Standortsaufnahme, 5. Aufl., 352 S.; München (IHW).

ARGUMENT GmbH (1995): Operationalisierung der Bodenfunktionen unter dem Gesichtspunkt der Bodennutzung und der Bodeneigenschaften am Beispiel des Kreises Oberhavel.- 147 S.; Bericht für das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Abteilung Abfallwirtschaft, Altlasten und Bodenschutz.

ARNOLD, H. (1996): Derzeitiges hessisches Konzept zur Bewertung von Böden. Unveröffentlichte Diskussionsgrundlage, 3 S.

ARZL, N., DVORAK, A., RISS, A., SCHREIER, I. & SCHWARZ, I. (1998): Development of the soil information system BORIS in Austria.- 77 - 90. In: HEINEKE, H.J., ECKELMANN, W., THOMASSON, A.J. JONES, R.J.A., MONTANARELLA, L., BUCKLEY, B. (Hrsg.) (1998): Land Information Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources.- European Soil Bureau Research Report, 4: 546 S.; Luxembourg.

BARNES, C.P. (1936): The Value of economic Studies in determining the Use Capabilities of Land Classes.- Soil Sci. Soc. Proc., 1: 469 - 474.

- BAUER, A., BERGER, C. & STOCK, P. (1997): Bodenschutz in der Planungspraxis - Dargestellt am Beispiel des Umlandverbandes Frankfurt.- Naturschutz und Landschaftsplanung, 9: 282-288.
- BAYERISCHER LANDTAG (1999): Gesetz zur Umsetzung des Gesetzes zum Schutz des Bodens in Bayern.- Bayerisches Gesetz- und Verordnungsblatt, 5: 36-39.
- BEAR, J. (1972): Dynamics of fluids in porous media.- New York.
- BECKER, K.-W., FREDE, H.G. & MEYER, B. (1983): Bodenschutz.- In: AURAND, K. und Mitarbeiter: Bodenschutzstrategien - Versuch einer Bestandsaufnahme.- BGA-Schriften, 2: 26 - 28; MMV, München.
- BENNE, I. & HEINEKE, H.-J. (1987): Die Übersetzung der Bodenschätzung und ihre digitale Bereitstellung in einem Bodeninformationssystem für den Umwelt- und Bodenschutz.- Mitt. dt. bodenk. Ges., 53: 89 - 94.
- BENNE, I., HEINEKE, H.-J. & NETTELMANN, R. (1990): Die DV-gestützte Auswertung der Bodenschätzung. Erfassungsanweisung und Übersetzungsschlüssel.- Technische Berichte zum NIBIS - Bodenkunde, 125 S.; Hannover.
- BENZLER, J.-H., ECKELMANN, W. & OELKERS, K.-H. (1987): Ein Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation.- Mitt. dt. bodenk. Ges., 53: 95 - 101.
- BERGER, C. (1995): Planungsrelevante Bodenbewertungskriterien: Anforderungen und Möglichkeiten.- Mitt. dt. bodenk. Ges., 76: 1257 - 1260.
- BESSA, M.R.T. (1991): Application of soil maps to soil protection in Portugal.- 127 - 129. In: HODGSON, J.M. (Hrsg.) (1991): Soil and groundwater research report I - Soil survey - a basis for european soil protection.- Commission of the European Communities, 214 S., Luxembourg.
- BIBBY, J.S. & MACKNEY, D. (1977): Land Use Capability Classification.- The Soil Survey, Technical Monograph, 1; 27 S.; Aberdeen.
- BICKENBACH, J., KREIBIG, H. & SCHMIDT, R. (1982): Die mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkarte 1:100.000 - Leitungs- und Planungsgrundlage der Landwirtschaft.- Petermanns geographische Mitteilungen, 3: 205 - 211.

- BLAB, J. (1996): Aspekte eines Biotopverbundsystems aus bundesweiter Sicht. In: Das ökologische Verbundsystem (ÖVS) in Sachsen-Anhalt - seine Planung und Umsetzung. Kurzfassung der Vorträge der Fachtagung am 22.5.1996 in Halle (Saale); S. 3.
- BLUM, W.E.H. & WENZEL, W.W. (1989): Bodenschutzkonzeption - Bodenzustandsanalyse und Konzepte für den Bodenschutz in Österreich.- 147 S., Wien.
- BLUME, H.-P. (Hrsg.) (1990): Handbuch des Bodenschutzes, 686 S.; Landsberg/Lech.
- BMI (Bundesminister des Innern) (Hrsg.) (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung.- Bundestags-Drucksache 10/2977 vom 7.3.1985; 227 S.; Kohlhammer.
- BML (Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten) (1998): Agrarbericht der Bundesregierung.- Kap. 2.2.4, Internet.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (1993): Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall). Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen.- Bundesanzeiger, 99a.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (1995a): Bundeseinheitliche Regelungen für Altlasten und Bodenschutz.- Umwelt, 10: 354 - 356.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (1995b): Nutzung der Bodenschätzungsergebnisse zum Aufbau eines Bodeninformationssystems.- Umwelt, 10: 361 - 362.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (1996): Referentenentwurf zum Bundes-Bodenschutzgesetz vom 22.3.1996 (BBodSchG-E).- 125 S.
- BORG, H. & GRIMES, D.W. (1986): Depth development of roots with time: an empirical description.- Trans. ASAE, 29: 194 - 197.
- BORG, H. (1995): Programm zur Berechnung des Stofftransports mit abstellbarer Stoffquelle und mit interaktiver Parametereingabe.- 3 S. (unveröffentlicht).

- BORG, H., PREETZ, H., FEHSE, K.-U. & WOLTER, M. (1998): Bodenschutz in der räumlichen Planung. Eine Methode zur Bewertung und Wichtung von Bodenfunktionen.- Ber. d. Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 29: 48 S.; Halle.
- BORG, H., WOLTER, M., CARRE, S, FEHSE, K.-U. & PREETZ, H. (2000): Aufbereitung der Karten der Reichsbodenschätzung für die räumliche Planung in Sachsen-Anhalt in Maßstäben  $\leq 1:50.000$ .- Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung, 41: 162 - 166.
- BRAHMS, M., VON HAAREN, C, & JANßEN, U. (1989): Ansatz zur Ermittlung der Schutzwürdigkeit der Böden im Hinblick auf das Biotopentwicklungspotential.- Landschaft u. Stadt, 21, (3): 110 - 114.
- BREBURDA, J. (1983): Bodenerosion und Bodenerhaltung.- 128 S., Frankfurt a. M.
- BULLOCK, P. (1991): Concepts and principles of soil protection policies - the role of soil survey.- 139 - 147. In: HODGSON, J.M. (Hrsg.) (1991): Soil and groundwater research report I - Soil survey - a basis for european soil protection.- Commission of the European Communities, 214 S., Luxembourg.
- BUNDESGESETZGEBER (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens vom 17. März 1998.- Bundesgesetzblatt, Teil 1, Nr. 16.
- BUNDESKABINETT (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV).- Bundesgesetzblatt, 36: 1554 - 1568.
- CAMPBELL, G.S. (1985): Soil physics with basic. Transport models for soil - plant systems.- Amsterdam.
- CONREY, G.W. (1936): Chemical Characteristics as Factor in Determination of Class and Use of land.- Soil Sci. Soc. Proc., 1: 459 - 462.
- CORDESEN, E. (1990): Bodenüberformung und -versiegelung.- In: BLUME, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes, S. 115 - 137. Landsberg/Lech.
- D'ARCY, H. (1856): Les fontaines publique de la ville de Dijon.- 25 S.; Paris.
- DIEZ, T. (1983): Schädigung der Bodenfruchtbarkeit durch Bodenerosion.- In: AURAND, K. und Mitarbeiter (1983): Bodenschutzstrategien - Versuch einer Bestandsaufnahme: 29 - 30.

- DITTERICH, E. (1996): Wirbel um den Bodenschutz.- Umweltmagazin, 4: 46 - 48.
- DUMBECK, G. & HARRACH, T. (1985): Porenverteilung bei Bodenverdichtungen.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 43/I: 213 - 218.
- DVWK (Hrsg.) (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen - Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren.- DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, 212: 12 S.; Hamburg, Berlin.
- DVWK, FACHAUSSCHUSS 4.2 (1996): Sanierung kontaminierter Böden.- 253 S.; Berlin.
- EIDG. JUSTIZ UND POLIZEIDEPARTEMENT, BUNDESAMT FÜR RAUMPLANUNG, EIDG. VOLKSWIRTSCHAFTSDEPARTEMENT & BUNDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT (1992): Sachplan Fruchtfolgeflächen (FFF) - Festsetzung des Mindestumfanges der Fruchtfolgeflächen und deren Aufteilung auf die Kantone.- 230 S.; Bern.
- EISSMANN, L. & LITT, T. (Hrsg.) (1994): Das Quartär Mitteleuropas - Ein Leitfaden und Exkursionsführer - Mit einer Übersicht über das Präquartär des Saale-Elbe-Gebietes.- Altenbg. nat. wiss. Forsch., 7: 1 - 458.
- EVERT, M. & BAUMGÄRTNER, M. (1993): Natur- und kulturräumliche Wertigkeit von Böden.- UVP-Report, 4: 214 - 216.
- FIEDLER, H.J. & HUNGER, W. (1970): Geologische Grundlagen der Bodenkunde und Standortslehre.- 382 S. Dresden.
- FISCHER, K. (1983): Bauen ohne Ende? Ressource Boden gelangt an die Grenze der Belastungsfähigkeit.- VDI-Nachrichten, 13: 31.
- FISCHER, K. (1986): Bodenschutz in der Regional- und Landesplanung.- Hohenheimer Arbeiten, Bodenschutz. Tagung über Umweltforschung an der Universität Hohenheim: 23-44; Ulmer.
- FLÖRKEMEIER, H. (1993): Die Bewertung des Bodens als landwirtschaftliche Produktionsgrundlage innerhalb einer UVP.- UVP-Report, 3: 132-135.
- FOKUHL, C. (1994): Beitrag der örtlichen Landschaftsplanung zum Bodenschutz.- Naturschutz u. Landschaftsplanung, 26, (3): 106 - 112.

- FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG (1993): Bodengüte.- 6 S. In: CADMAP GmbH & AUHAGEN, A. (1993): Ökologische Ressourcenplanung Berlin und Umland - Planungsgrundlagen - Erläuterungstexte zu den Karten.- UBA-Texte, 22/93.
- FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A. (1979): Groundwater.- 604 S; Englewood Cliffs.
- GELHAR, L.W. (1986): Stochastic subsurface hydrology from theory to application.- Water Resour. Res., 22: 135 - 145.
- GERWITZ, A. & PAGE, E.R. (1974): An empirical mathematical model to describe plant root systems.- J. Appl. Ecol., 11: 773 - 781.
- GFE (VEB Kombinat Geologische Forschung und Erkundung Halle) (1984): Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR, Maßstab 1 : 50.000.
- GLA - GEOLOGISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT (1995): Übersichtskarte der Böden von Sachsen-Anhalt 1:400.000 - Erläuterungen.- 1. Aufl.; 1 S.; Halle.
- GÖTTNER, J.J. (1994): Experimentelle Bestimmung von Stofftransportparametern in wassergesättigten tonigen Substraten.- Gutachten des Instituts für Abfallentsorgung und Altlastensanierung Berlin (Unveröffentlicht).
- GRIMM, B. & SOMMER, B. (1993): Bewertung von Boden und Bodenverlust im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung.- UVP-Report, 4: 211 - 213.
- GRÖNGROFT, A., HOCHFELD, B. & MIEHLICH, G. (1999): Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen.- 46 S.; Kurzfassung des Gutachtens des Instituts für Bodenkunde der Univ. Hamburg im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg, Amt für Umweltschutz, Gewässer- und Bodenschutz.
- GUNREBEN, M., BIRGER, J., HERRMANN, B., LACHMANN, S., RÖSEL, B. & RÖßLING, H. (1995): Kriterienkatalog für die Bewertung von Nutzungsartenänderungen.- Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Sachsen-Anhalt.- 151 S., Institut für Geographie, Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg.

- HAASE, G. (1978): Zur Ableitung und Kennzeichnung von Naturraumpotentialen.- Petermanns Geogr. Mitt., 122: 113 - 125.
- HAHN, R. & MIENTUS, J. (1993): Bodenwertermittlung - Orientierungshilfe für die Waldbodenbewertung.-Der Wald Berlin, 43, (12): 417.
- HAMHABER, J., RABELS, M.C. & BARKER, M.L. (1992): Grundlagen der Umweltverträglichkeitsprüfung - Recht, Praxis und Methodik.- Arbeiten aus dem Geographischen Institut der Universität des Saarlandes: 106 S.; Saarbrücken.
- HANUS, H. (1990): Bearbeitung und Verdichtung von Böden.- In: BLUME, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes: 138-164; Landsberg/Lech.
- HARPER, H.J. (1954): When and where is Soil Conservation a Problem?- Soil Sci. Soc. Proc., 18: 120 - 126.
- HARRACH, T. (1987): Bodenbewertung für die Landwirtschaft und den Naturschutz.- Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 28: 184 - 190.
- HARTGE, K.H. (1978): Einführung in die Bodenphysik.- 364 S.; Stuttgart.
- HEINEKE, H.J., ECKELMANN, W., THOMASSON, A.J. JONES, R.J.A., MONTANARELLA, L. & BUCKLEY, B. (Hrsg.) (1998): Land Information Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources.- European Soil Bureau Research Report, 4: 546 S.; Luxembourg.
- HERMS, U. & BRÜMMER, G. (1980): Einfluß der Bodenreaktion auf Löslichkeit und tolerierbare Gesamtgehalte an Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei in Böden und kompostierbaren Siedlungsabfällen.- Landw. Forsch., 4: 408-422.
- HILLEL; D. (1980): Fundamentals of Soil Physics.- 385 S.; New York.
- HOCKENSMITH, R.D. & STEELE, J.G. (1949): Recent Trends in the Use of the Land-Capability Classification.- Soil Sci. Soc. Proc., 14: 383 - 388.
- HÖLSCHER, J. & WALTHER, W. (1985): Belastung von Wasser und Boden in der Bundesrepublik Deutschland durch Luftverunreinigungen.- Mitt. aus d. Niedersächsischen Landesamt für Wasserwirtschaft, 2.

- HÖLTING, B., HAERTLE, T., HOHBERGER, K.-H., NACHTIGALL, K.H., VILLINGER, E., WEINZIERL, W. & WROBEL, J.-P. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.- Geol. Jb., C, 63: 5 - 24; Hannover.
- HÖLTING, B. (1996): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie.- 441 S., 5. Aufl., Stuttgart, (Enke).
- HÜBLER, K.-H. (1983): Landschafts- und Bodenverbrauch. Überlegungen zu wirksameren Schutzstrategien.- In: AURAND, K. und Mitarbeiter: Bodenschutzstrategien - Versuch einer Bestandsaufnahme.- BGA-Schriften, 2: 89 - 95; MMV, München.
- HULPKE, H., JORNS, A.C. & SCHENDEL, F.A. (1998): Das Bundes-Bodenschutzgesetz aus industrieller Sicht.- Altlastenspektrum, 5: 249-251.
- IBANEZ, J.J., FERNANDEZ-GONZALEZ, F., & BELLO, A. (1991): Current threats to soils and ecosystems in Spain.- 163 - 168. In: HODGSON, J.M. (Hrsg.) (1991): Soil and groundwater research report I - Soil survey - a basis for european soil protection.- Commission of the European Communities, 214 S., Luxembourg.
- KARTOGRAPHISCHER DIENST DES LANDES SACHSEN-ANHALT (o.J.): Landkreise im Land Sachsen-Anhalt.- Karten auf CD-ROM.
- KNAUER, N. (1990): Böden und Pflanzengesellschaften.- In: BLUME, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes: 85 - 91; Landsberg/ Lech.
- KLOTZ, D. (1973): Untersuchungen zur Dispersion in porösen Medien.- Z. dt. geol. Ges., 124: 523 - 533.
- KOLCHAKOV, I., GEORGIEV, B. & STOICHEV, D. (1998): Capture, updating and evaluation of field and analytical data for Bulgarian soils.- 101 - 106. In: HEINEKE, H.J., ECKELMANN, W., THOMASSON, A.J. JONES, R.J.A., MONTANARELLA, L., BUCKLEY, B. (Hrsg.) (1998): Land Information Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources.- European Soil Bureau Research Report, 4: 546 S.; Luxembourg.
- KOPP, D., JÄGER, K.-D. & SUCCOW, M. (1982): Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Beispiel des Tieflandes der DDR. 339 S; Berlin.

- KOPP, D. & SCHWANECKE, D. (1994): Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologischer Forstwirtschaft.- 248 S.; Berlin.
- KRÜGER, W. (1970): Über den Einfluß unterschiedlicher Bodenverdichtung auf einige bodenphysikalische Eigenschaften und das Pflanzenwachstum.- A. Thaer-Archiv, 14, (7): 613 - 624.
- KUGLER, H. & VILLWOCK, G. (1995): Geomorphologie des mitteldeutschen Raumes.- Mitt. dt. bodenk. Ges., 77: 23 - 26.
- LABO (Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz) (1995): Empfehlungen der LABO zur planerischen Umsetzung von Bodenschutzzielen.- In: ROSENKRANZ, EINSELE, HARRESS & BACHMANN: Bodenschutz, 18. Lfg. 5/95: 1-4.
- LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT ABTEILUNG NATURSCHUTZ (1996): Programm zur Weiterentwicklung des ökologischen Verbundsystems in Sachsen-Anhalt bis zum Jahre 2005 - 2. Entwurf.- Unveröffentlicht; 17 S.
- LANDKREIS PEINE; AMT FÜR UMWELTSCHUTZ UND REGIONALPLANUNG (Hrsg.) (1991): Landschaftsrahmenplan gemäß §5 Niedersächsisches Naturschutzgesetz für den Landkreis Peine- Überarbeiteter Vorentwurf.- 347 S.
- LANDTAG SACHSEN-ANHALT (1991): Denkmalschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt.
- LEE, J. (1991): Soil mapping and land evaluation research in Ireland.- 39 - 55. In: HODGSON, J.M. (Hrsg.) (1991): Soil and groundwater research report I - Soil survey - a basis for european soil protection.- Commission of the European Communities, 214 S., Luxembourg.
- von LERSNER, H. (1989): Schutz des Bodens als umweltpolitische Aufgabe.- In: ROSENKRANZ, EINSELE, HARRESS & BACHMANN: Bodenschutz, 3. Lfg. 6/89: 1-12.
- LESCHBER, R. (1992): Entwicklung des Bodenschutzes in Deutschland.- Korrespondenz Abwasser, 10: 1472-1478.
- LEVEN, A.A., MEURISSE, R.T, CARLETON, J.O. & WILLIAMS, J.A. (1974): Land Response Units - An Aid to Forest Land Management.- Soil Sci. Soc. Proc., 38: 140 - 144.

- MARKS, R., MÜLLER, M.J., LESER, H. & KLINK, H.-J. (Hrsg.) (1989): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes.- Forschungen zur deutschen Landeskunde, 229: 222 S.; Trier.
- MAYER, H. (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage.- 4. Aufl., 522 S., 185 Abb., 25 Tab.; Stuttgart.
- McRAE, S.G. & BURNHAM, C.P. (1981): Land evaluation.- 239 S.; Oxford.
- MILLER, F.P. & WALI, M.K. (1995): Soils, land use and sustainable agriculture: a review.- Can. J. Soil Sci., 75: 413-422.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT (1992): Naturschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt.-
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT (1994a): Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt, Teil 1, Grundsätzliche Zielstellungen.- 84 S.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT (1994b): Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt, Teil 2, Beschreibungen und Leitbilder der Landschaftseinheiten.- 215 S.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT (1994c): Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt, Teil 3: Karten.
- MOSIMANN, T. (1993): Bodenschutzkonzepte.- Geographische Rundschau, 45, (6): 366 - 373.
- MOON, J.W. (1937): The Soil Type as a Unit for Land Classification in the Tennessee Valley Area.- Soil Sci. Soc. Proc., 2: 489 - 493.
- MRU LSA (MINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG UND UMWELT DES LANDES SACHSEN-ANHALT) (Hrsg.) (1998): Empfehlungen zum Bodenschutz in der Bauleitplanung.- 24 S.; Magdeburg.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1982): Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen.- 2. Aufl., 579 S.; Frankfurt a. M.

- MÜLLER, U., DEGEN, C. & JÜRGING, C. (1992): Dokumentation zur Methodendatenbank des Fachinformationssystems Bodenkunde (FIS Boden).- Technische Berichte zum NIBIS - Bodenkunde: 5. Aufl., H. 3; Hannover.
- von MUTIUS, A. (1990): Gesetzliche Möglichkeiten des Bodenschutzes.- In: BLUME, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes: 477 - 496; Landsberg/Lech.
- NIEDERSÄCHSISCHER LANDTAG (1999): Gesetz zur Einführung des Niedersächsischen Bodenschutzgesetzes und zur Änderung des Niedersächsischen Abfallgesetzes.- Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt, 4: 45-49.
- NORTON, E.A. (1939): Classes of Land according to Use Capability.- Soil Sci. Soc. Proc., 4: 378 - 381.
- NUNNS, F.K. (1958): The Classification of rural Land.- In: USDA (Hrsg.): Land - the Yearbook of Agriculture: 362-370.
- NYBORG, A.A. & KLAKEGG, O. (1998): Using a soil information system to combat soil erosion from agricultural lands in Norway.- 177 - 179. In: HEINEKE, H.J., ECKELMANN, W., THOMASSON, A.J. JONES, R.J.A., MONTANARELLA, L., BUCKLEY, B. (Hrsg.) (1998): Land Information Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources.- European Soil Bureau Research Report, 4: 546 S.; Luxembourg.
- ÖKOTEC (1995): Operationalisierung der Bewertung landwirtschaftlich genutzter Böden im Land Brandenburg unter Anwendung eines Geoinformationssystems.- 114 S.; Bericht für das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Referat A6, Bodenschutz.
- OSCHE, G. (1973): Ökologie - Grundlagen, Erkenntnisse, Entwicklungen der Umweltforschung.- 5. Aufl., 143 S., Freiburg, Basel, Wien.
- PARKER, J.C. & VAN GENUCHTEN, M.T. (1984): Flux-averaged and volume-averaged concentrations in continuum approaches to solute transport.- Water Res. Res., 20: 866 - 872.
- PLAIR, T.B. (1952): A Forest Land Capability Classification.- Soil Sci. Soc. Proc., 16: 316.

- POLLMER, U. (1999): Lebensmittel frisch aus dem Abfalleimer.- Der Tagesspiegel, 16.674: 6.
- PRIEST, T.W., WHITESIDE, E.P. & HENEBERRY, W.H. (1963): Use of Soil Management Groups and related Information in Evaluation of Farmlands and their Utilization.- Soil Sci. Soc. Proc., 27: 335 - 439.
- RAULS, W. (1993): Raumordnung und Landschaftsentwicklung unter ökologischen Gesichtspunkten: die politischen Zielsetzungen in Sachsen-Anhalt.- Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung, 34: 329-337.
- REICHSFINANZMINISTERIUM (Hrsg.) (1935): Schätzungsrahmen mit Erläuterungen. 21 S.; Berlin.
- RICE, D. (1936): Physical Characteristics of the Soil Profile as applied to Land Classification.- Soil Sci. Soc. Proc., 1: 455 - 458.
- RICHTER, H. (1989): Die Stellung der Flächennutzung in der Territorialstruktur.- Geographische Berichte, 131 (2): 91 - 103.
- ROTHKEGEL, W. (1950): Geschichtliche Entwicklung der Bodenbonitierungen und Wesen und Bedeutung der deutschen Bodenschätzung.- 147 S.; Stuttgart, (Ulmer).
- ROTHKEGEL, W. & HERZOG, H. (1935): Das Bodenschätzungsgesetz.- 140 S.; Berlin, (Heymanns).
- SÄCHSISCHER LANDTAG (1991): Erstes Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen (EGAB).- Sächsisches Gesetz u. Verordnungsblatt, 22: 306 - 322.
- SAG - BUND LÄNDER-SONDERARBEITSGRUPPE „INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ (1992): Bewertung von Stoffen in Böden - Normwerte Bodenschutz.- UBA-Texte 28/92: 57 S.; Berlin.
- SANDNER, E. & MANNSFELD, K. (1992): Ertragspotential des Freistaates Sachsen.- Naturschutz und Landschaftsplanung, 6: 216 - 220.

- SANKA, M. & STANA, J. (1998): Agricultural soil evaluation system in the Czech Republic and connected activities of UKZUZ.- 139 - 142. In: ARGE ALP / ARBEITSGEMEINSCHAFT ALPENLÄNDER (1998): Schutzgut Boden: Bewertung und Bewahrung.- 178 S.; München.
- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., HARTGE, K.H. & SCHWERTMANN, U. (1992): SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL - Lehrbuch der Bodenkunde.- 13. Aufl., 491 S.; Stuttgart (Enke).
- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., HARTGE, K.H. & SCHWERTMANN, U. (1998): SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL - Lehrbuch der Bodenkunde.- 14. Aufl., 494 S.; Stuttgart, (Enke).
- SCHILLING, W. & WIEFEL, H. (1962): Jungpleistozäne Periglazialbildungen und ihre regionale Differenzierung in einigen Teilen Thüringens und des Harzes.- Geologie, 11: 428-460.
- SCHLABACH, E. (1996): Das neue Bundesbodenschutzgesetz: Ein Entwurf mit Lücken?- Wasser & Boden, 12: 7-10.
- SCHLICHTING, E. (1986): Wofür, wogegen und wie Bodenschutz?- Hohenheimer Arbeiten, Bodenschutz. Tagung über Umweltforschung an der Universität Hohenheim: 1 - 8; Ulmer.
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P. & STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum.- 295 S.; Berlin.
- SCHLOSSER, S. (1996): Planung und Umsetzung des ÖVS Sachsen-Anhalts.- S. 13 -19; In: Das ökologische Verbundsystem (ÖVS) in Sachsen-Anhalt - seine Planung und Umsetzung. Kurzfassung der Vorträge der Fachtagung am 22.5.1996 in Halle (Saale).
- SCHMIDT, R. & DIEMANN, R. (Hrsg.) (1981): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung.- 78 S; Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg.
- SCHNEIDER, W. & GÖTTNER, J.-J. (1991): Schadstofftransport in mineralischen Tonabdichtungen und natürlichen Tonschichten.- Geol. Jb., C, 58: 132 S.; Hannover.

- SCHOENMANN, L.R. (1936): Essential Elements in Land Classification.-  
Soil Sci. Soc. Proc., 1: 453 - 454.
- SCHROEDER, D. (1983): Bodenkunde in Stichworten.- 4. Aufl., 160 S., Unterägeri.
- SCHUMANN, A. & MÜLLER, J. (1995): Klimatologische Kennzeichnung des mitteldeutschen Trockengebietes.- Mitt. dt. bodenkd. Ges., 77: 43 - 48.
- SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT (1996): Verordnung über die Raumplanung (RPV) vom 2.10.1989 (Stand am 1.7.1996).- 9 S.
- SEMMELE, A. (1964): Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 92: 275-285.
- SEMMELE, A. (1983): Grundzüge der Bodengeographie.- 2. Aufl., 123 S., Stuttgart.
- SEMPLE, A.T. (1937): Grassland Management for Soil Conservation.-Soil Sci. Soc. Proc., 2: 571 - 577.
- SENING, C., (1988): Flächenverbrauch und Bodenschutz.- In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G. EINSELE, G. & HARREß H.-M: Bodenschutz. Ergänzendes Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Bd. 1: 1-21; Berlin.
- SIMONSON, R.W. (1940): The National Conference on Land Classification.-  
Soil Sci. Soc. Proc., 5: 324 - 326.
- SMIT, B., BRKLACICH, M., DUMANSKI, J., McDONALD, K.B., & MILLER, M.H. (1984): Integral Land Evaluation and its Application to Policy.- Can. J. of Soil Sci., 64: 467-479.
- SOMMER, C. (1975): Zum Verhalten von Böden unter äußerer Belastung.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 22: 43 - 56.
- SOMMER, C. (1985): Ursachen und Folgen von Bodenverdichtungen sowie Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung.- Landtechnik, 9: 378 - 383.

- SOMMER, C. & ALTEMÜLLER, H.-J. (1982): Direkt- und Nachwirkungen starker Verdichtungen auf das Bodengefüge und den Pflanzenertrag.- Mitt. Dt. Bodenkd. Ges., 34: 187-192.
- SPILOK, G. (1992): Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg, Kurzkomentierung.- 115 S; Stuttgart.
- STEELE, J.G. & HOCKENSMITH, R.D. (1949): Work of the Soil Scientist in Soil Conservation Operations.- Soil Sci. Soc. Proc., 14: 323 - 327.
- STORIE, R.E. & WEIR, W.W. (1942): The Use of Soil Maps for Assessment Purposes in California.- Soil Sci. Soc. Proc., 7: 416 - 418.
- SWARTJES, F.A., FAHRENHORST, C. & RENGER, M. (1991): Entwicklung und Erprobung eines Simulationsmodelles für die Verlagerung von Schwermetallen in wasserungesättigten Böden.- UBA-Texte, 47/91; Berlin.
- THIERE, J. (1975): Zur Nutzung mittelmaßstäbiger landwirtschaftlicher Standortkartierungen für die Intensivierung der Pflanzenproduktion.- Arch. Acker u. Pflanzenbau u. Bodenkd., 19, H. 11: 757 - 770.
- THIERE, J. & SCHMIDT, R. (1979): Kriterien von Flächentypen bei der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung.- Arch. Acker u. Pflanzenbau u. Bodenkd., 23, H. 9: 529 - 537.
- THIERE, J., ALTERMANN, M. & RAU, D. (1984): Grundlagen für den Vergleich von Standortbedingungen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion.- Arch. Acker u. Pflanzenbau u. Bodenkd., 28, H. 6: 325 - 335.
- THIERE, J., ZEIDLER, M., LENTZ-WOROBJEW, M. & LORENZ, S. (1994): Anbaueignung und Umwidmungskategorien in Gemeinden, Kreisen und Gebieten von Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt - Übersichtskarten und Flächenachweise.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 73: 119 - 122.
- THIERE, J. & ZEIDLER, M. (1995): Standortvergleiche nach Anbaueignung, Umwidmungspriorität und geologischer Herkunft von Bodensubstraten für administrative und naturräumliche Einheiten des Landes Sachsen-Anhalt.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 76: 1217 - 1220.

- TRAUTMANN, W. (1966): Erläuterungen zur Karte der potentiellen natürlichen Vegetation der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200.000, Blatt 85 Minden.- Schriftenreihe für Vegetationskunde, 1: 137 S.; Bad Godesberg.
- UMLANDVERBAND FRANKFURT (Hrsg.) (1994): Ökologische Standorttypisierung und -klassifizierung der Böden im UVF-Gebiet.- 1. Bericht, 27 S.
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1994): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren.- Luft, Boden, Abfall.- Entwurf, H. 31: 50 S.
- VARALLYAY, G. (1988): Land evaluation in Hungary - scientific problems, practical applications.- In: Land qualities in space and time.- Proc. Symp. ISSS, Wageningen, The Netherlands, 22 - 26 August, 1988: 241 - 252; PUDOC Wageningen.
- VARALLYAY, G., SZABO, J., PASZTOR, L. & MICHELI, E. (1998): A database for sustainable agriculture and environmental protection in Hungary.- 151 - 164. In: HEINEKE, H.J., ECKELMANN, W., THOMASSON, A.J. JONES, R.J.A., MONTANARELLA, L., BUCKLEY, B. (Hrsg.) (1998): Land Information Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources.- European Soil Bureau Research Report, 4: 546 S.; Luxembourg.
- WAGENBRETH, O. & STEINER, W. (1985): Geologische Streifzüge - Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg.- 2. Aufl., 204 S.; Leipzig.
- WALLBAUM, E. (1991): Ableitung von Informationen zur Bodenkartierung aus Ergebnissen der Reichsbodenschätzung.- Dissertation, Humboldt-Universität, Berlin.
- WESTIN, F.C. (1974): Soil Classification and Land Sale Prices.- Soil Sci. Soc. Proc., 38: 804 - 807.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. (1978): Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning.- U.S, Dept. Agric., Agric. Handbook, 537: 58 S.
- WOLLKOPF, H.-F. (1995): Landnutzung, Wirtschafts- und Agrarstruktur des mitteldeutschen Raumes.- Mitt. dt. bodenk. Ges., 77: 9 - 12.

## **Anlage 1**

Weitere Ausführungen zu den Unterschieden und Gemeinsamkeiten in den Standortanforderungen verschiedener Kulturpflanzen und natürlicher Vegetation

Die Forstwirtschaft muß sich neben überwirtschaftlichen Anforderungen wie der Schutz- und Erholungsfunktion von Wäldern vor allem an einer nachhaltig hohen und rationellen Holzherzeugung orientieren. Damit sind sowohl für die Land- als auch für die Forstwirtschaft entsprechende Ansprüche an die Ertragsfähigkeit des Bodens verbunden. Die Bewertung von Waldstandorten nach Kriterien der Produktivität ist also auch von daher berechtigt, daß es sich bei den Wäldern Deutschlands fast ausnahmslos und primär um Wirtschaftswälder handelt, die sich aus Gründen der Ertragsleistung in einem mehr oder weniger naturnahen Zustand befinden. Der langfristige Waldbau hat gegenüber der Landwirtschaft eine stärker ökologisch-biologische Ausrichtung und geht von natürlichen Waldlebensgemeinschaften aus. Die Forstwirtschaft muß sich zum Erreichen der Wirtschaftsziele mit gesunden Beständen und stabilen Waldbauformen stark nach den Naturgegebenheiten ausrichten, während im Feldbau bei kurzem jährlichem Produktionszeitraum die Biologie einer relativ großen technischen Manipulierbarkeit unterliegt (MAYER 1992, ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1996). Trotz der angesprochenen unterschiedlichen Produktionsbedingungen sind beide Wirtschaftsformen nach gleichen Maßstäben, nach ertragskundlichen Kriterien zu bewerten.

In MAYER (1992) ist eine tabellarische Gegenüberstellung der unterschiedlichen Produktionsvoraussetzungen für Land- und Forstwirtschaft enthalten. Hieraus ist in Tabelle A.1.1 ein den Boden betreffender Ausschnitt wiedergegeben.

**Tabelle A.1.1:** Gegenüberstellung der Produktionsvoraussetzungen für Land- und Forstwirtschaft nach MAYER (1992).

Parameter	Landwirtschaft	Forstwirtschaft
Kulturpflanzen	kurzlebige Gräser, Kräuter, Stauden	langlebige Bäume
Produktionszeitraum	1 Jahr	40 - 120, z. T. 350 Jahre
Umstellungsmöglichkeit der Produktion	kurzfristig, relativ rasch	nur langfristig in engsten Grenzen (standörtliche Zwangsproduktion)
Ertragssteigerungsmöglichkeiten	größer	kleiner
Bodenbearbeitung	Regel	seltene Spezialfälle (Melioration)
Düngung	kurzfristige Wirkung, Mehrertrag rasch verfügbar	kurzfristige Wirkung, Mehrertrag erst langfristig erzielbar
Biologische Ausgangslage	künstliche Pflanzengemeinschaften von kurzer Lebensdauer (4 - 6 Monate), die meist künstlich gesund erhalten werden und kurzfristig durch Bodenbearbeitung und Düngung unterstützt Höchstleistungen erzielen sollen	naturnähere Lebensgemeinschaften von langer (80-120 Jahre) Lebensdauer, wobei nur stabile Strukturen eine nachhaltige Dauerleistung, naturfernere Bestände auch erhebliche Produktionseinbußen hervorrufen können

Land- und Forstwirtschaft weisen außer in der Produktionsweise auch grundlegende Unterschiede in den zur Zeit vorliegenden Standortbedingungen auf. Ausgehend davon, daß auf den meisten Flächen in Deutschland unterschiedliche Waldformen die Potentielle Natürliche Vegetation darstellen, differenzieren sich die land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen in der Regel nach unterschiedlicher Standortqualität. Wegen der größeren Bedeutung der Lebensmittel- gegenüber der Holzproduktion wurden schon seit dem Beginn des Ackerbaus im Neolithikum die erkennbar fruchtbareren und leichter zu bearbeitenden Standorte in die landwirtschaftliche Nutzung genommen. Die landwirtschaftliche Produktion hat bis heute eine gegenüber der Forstwirtschaft höhere ökonomische Wertigkeit und beansprucht deshalb die Flächen mit höherer Bodenfruchtbarkeit.

Für den Waldbau stehen in der Regel dagegen die Bereiche minderer Standortqualität zur Verfügung. Diese sind, neben ihrer geringeren Ertragsfähigkeit vor allem wegen zu starkem Relief und zu hoher Steingehalte, durch Ackerbau nicht mehr ökonomisch zu bewirtschaften. Weiterhin sind die Waldstandorte aufgrund ihrer Lage an Stellen stärkerer Hangneigung und wegen der fehlenden Bodenbearbeitung durch eine größere Heterogenität im Bodenaufbau geprägt. Die Verteilung der Nutzungsformen auf die Standorte verschiedenener Qualität erfolgt nach wirtschaftlichen Kriterien. Gleichwohl gilt, daß in der Forstwirtschaft die besseren Erträge grundsätzlich auch auf Böden höherer Qualität erzielt werden. Diese werden allerdings zur Zeit meist landwirtschaftlich genutzt.

Die verschiedenen Pflanzen haben stark unterschiedliche Ansprüche an die Bodeneigenschaften, die in ihrer Summe die Fähigkeit zur Biomasseproduktion jeglicher Pflanzenart beeinflussen. Hier ist als Grundvoraussetzung zunächst die Durchwurzelbarkeit des Bodens zur Verankerung der Pflanzen zu nennen. Der durchwuzelte Boden dient der Pflanze zur Versorgung mit Wasser, Sauerstoff, Wärme und Nährstoffen. Des weiteren ist die Abwesenheit von Pflanzenschadstoffen eine für die Erträge grundlegende Bodeneigenschaft. Darüber hinaus hat die Erodierbarkeit des Bodens langfristige Auswirkungen auf dessen Produktivität, sofern Erosion durch unsachgemäße Bodennutzung hervorgerufen wird.

Diese Ansprüche an die Bodenfruchtbarkeit gelten grundsätzlich gleichermaßen für land- und forstwirtschaftliche Nutzpflanzen sowie für die natürliche Vegetation. Dabei ist aber zu beachten, daß die Ansprüche einzelner Pflanzenarten stark voneinander abweichen können. Die unterschiedlichen Standortansprüche der Pflanzen erschweren eine allgemeingültige Bewertung der Biomasseproduktivität unterschiedlicher Standorte. Eine genaue Klassifikation der Produktivität kann deshalb nur für ein begrenztes Spektrum von Pflanzen erfolgen. Da die Bodeneigenschaften mit den Ansprüchen der Vegetation verglichen werden müssen, welche wiederum von der Pflanzenart und der Witterung mitbestimmt werden, besteht die Notwendigkeit, daß zur Beurteilung des Bodens Durchschnittswerte herangezogen

werden (SCHLICHTING et al. 1995: 241). Die Bodenbewertung kann also nur auf einem allgemein gehaltenen Niveau, einem kleinsten gemeinsamen Nenner, nämlich den oben formulierten Ansprüchen entsprechend erfolgen.

Da die unterschiedlichen Standortansprüche der verschiedenen Kulturpflanzen eine auf die Kulturart abgestimmte Bewertung des Bodens erfordern, werden für Land- und Forstwirtschaft unterschiedliche Erkundungsverfahren angewandt. Für den Waldbau werden in Deutschland heute überwiegend Verfahren benutzt, mit denen Standorteinheiten über die Kartierung ökologisch bedeutender Bodeneigenschaften und die Aufnahme von ökologischen Zeigerartengruppen unterschieden werden. Die ökologischen Zeigerartengruppen sind brauchbare Indikatoren für die Standortverhältnisse, mit denen insbesondere der Bodenwasserhaushalt relativ genau beurteilt werden kann. Daneben können der Nährstoff- und Kalkgehalt geschätzt werden. Da hierzu die Vegetation der Krautschicht herangezogen wird, kann jedoch der Einfluß des besonders für die tiefer wurzelnden Waldbäume wichtigen Unterbodens nicht vollständig erfaßt werden (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1996).

Die Ertragsfähigkeit von Acker- und Grünlandstandorten wird bis heute nach dem Bodenschätzungsgesetz von 1934 bewertet. Dies wurde nach ökonomischen Aspekten aufgestellt, um Kulturböden nach dem erzielbaren Reinertrag zu bewerten. Für die Ackerschätzung werden dabei Kriterien der Bodenform, die Bodenart und das Ausgangsgestein sowie als Annäherung an den Bodentyp die Zustandsstufe herangezogen (ROTHKEGEL 1950, vgl. SCHROEDER 1983).

Die verschiedenen Produktions- und Standortbedingungen schlagen sich im methodischen und analytischen Instrumentarium der Bodenuntersuchungen nieder, welches in der Land- und der Forstwirtschaft zur Anwendung kommt. Ein Beispiel hierfür ist die Charakterisierung der Nährstoffversorgung der verschiedenen Nutzungsformen unter Berücksichtigung der unterschiedlich langen Produktionszyklen in Land- und Waldbau (SCHLICHTING et al. 1995: 249 ff.). Trotz aller Unterschiede beruht aber die in der Bodenschätzung bzw. Standortserkundung vorgenommene näherungsweise Schätzung für beide Nutzungsformen auf den gleichen Basisdaten, mit denen der ökologische Zustand und das Leistungsvermögen der Böden beurteilt werden.

Die Problematik, eine Messung der Biomasseproduktivität verschiedener Bodenformen anhand einer einzelnen Pflanzenart sinnvoll vorzunehmen, wird in FIEDLER & HUNGER (1970) beschrieben. Hierin wird die Standortsform diskutiert, die eine gemeinsame Kategorie aus der Ergänzung von Boden- und Klimaform darstellt. Die Standortsform bildet die Grundlage für ökologische und ertragskundliche Untersuchungen sowohl in der Land- als

auch in der Forstwirtschaft. Als Standortfaktoren werden das Klima sowie der Wasser- und Nährstoffhaushalt der Bodenform genannt. In der Beurteilung der Bodenform sind weiterhin Faktoren der Bearbeitbarkeit enthalten. Als Bewertungsgrundlage wird insgesamt eine Standortwertziffer gebildet. Der Wertbegriff, d.h. die Biomasseproduktivität der Bodenform, wird letztlich aus dem Zusammenwirken von natürlicher Ausstattung und den Maßnahmen der Bodenkultur gebildet. Als Maß für die Ertragsfähigkeit bieten sich die Kulturpflanzenerträge (Roherträge) an. Die hierin bestehende beträchtliche Schwierigkeit wird wie folgt formuliert: "Da die Bodenformen infolge ihrer differenzierten natürlichen Ausstattung eine sehr unterschiedliche Daseinsmöglichkeit für die verschiedenen Kulturpflanzen aufweisen, ist es nicht möglich, die Ertragsfähigkeit aller Bodenformen nur mit einer einzigen Pflanzenart sinnvoll vergleichbar zu messen." (FIEDLER & HUNGER, 1970: 346). Als Beispiel wird eine (nicht genannte) Bodenform angeführt, die für Zuckerrüben höchste Erträge liefert und für einen Fichtenbestand völlig unzureichend wäre. Auf einer anderen Bodenform kann dagegen ein optimales Fichtenwachstum erzielt werden, obwohl hier der Anbau von Hafer sinnlos wäre.

Der beschriebene Konflikt gilt aber nicht nur für landwirtschaftliche gegenüber forstwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Es bestehen auch zwischen den landwirtschaftlichen Feldfrüchten stark unterschiedliche Standortansprüche und vor allem die Baumarten des Waldes sind durch unterschiedliche Bedürfnisse an ihre Umwelt geprägt, die ihr Vorkommen auf bestimmte Umweltgegebenheiten begrenzen.

Die Methode der forstlichen Standortserkundung als Teil einer allgemeinen Naturraumerkundung und ihre außerforstlichen Anwendungsmöglichkeiten sind in KOPP et al. (1982) dargestellt. Es wird hierin als Teil der Naturraumpotentiale das biotische Ertragspotential formuliert, welches das Vermögen des Naturraums beschreibt, lebende organische Substanz zur Befriedigung gesellschaftlicher Bedürfnisse zu erzeugen. Die Anforderungen an das Ertragspotential werden benannt, ohne daß zwischen forst- und landwirtschaftlichen Nutzpflanzen unterschieden wird. Von herausragender Bedeutung hierfür sind die ökologisch begründeten Ansprüche von Pflanzen an die Standortfruchtbarkeit. Die wesentlichen Kriterien der Standortfruchtbarkeit sind die "standortabhängigen Bedingungen für eine Versorgung von Kultur- u.a. Nutzpflanzen mit Licht, Wasser, Wärme, Luft und Nährstoffen sowie den Technischeinsatz in Land- und Forstwirtschaft" (KOPP et al. 1982: 221). Dies deckt sich, abgesehen von dem nicht bodenbürtigen Faktor der Lichtversorgung, mit den für dieses Konzept oben benannten Faktoren der Biomasseproduktivität.

Das biotische Ertragspotential wird in KOPP et al. (1982) unter anderem weiter untergliedert in die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion und die Holzerzeugung, wobei für beide Varianten die Bodenform, versehen mit unterschiedlichen Zusatzaussagen, herangezogen wird.

Beispielsweise wird für die landwirtschaftliche Variante des Ertragspotentials als Zusatzeigenschaft die Bearbeitbarkeit und Meliorierbarkeit des Bodens näher gekennzeichnet. Letztlich werden in KOPP et al. (1982) die Faktoren der Bodenfruchtbarkeit den Ansprüchen sowohl der landwirtschaftlichen als auch forstwirtschaftlichen Nutzung gegenübergestellt. Es werden zu diesem Zweck die bestimmenden Parameter wie Bodenart, Humusgehalt usw. im gleichen Verfahren für die Ansprüche der Land- als auch der Forstwirtschaft angewandt.

Die oben genannten Ansprüche der Nutzpflanzen an die Bodeneigenschaften bilden gleichfalls die Lebensgrundlage für die natürliche Vegetation. Diese Standorte werden unter dem Aspekt der Bodenfunktion der Biomasseproduktivität gemeinsam mit den Nutzpflanzen betrachtet.

## **Anlage 2**

Überlegungen zur Bedeutung der Bodenfunktion "Schadstoffsenke"

## **1. Stellenwert der Bodenfunktion „Schadstoffsenke“ im Rahmen des Bodenschutzes in der räumlichen Planung**

### **1.1 Inhalt der Funktion**

Vorangestellt sei, daß diese Funktion meistens als „stoffliche Regelungsfunktion“ oder ähnlich lautend angesprochen wird. In der folgenden Diskussion wird daher auch dieser Begriff verwendet.

Unter den Gefährdungen des Bodens, die einen Bodenschutz erforderlich machen, steht an erster Stelle die fortschreitende Überformung und Versiegelung der Böden durch die Nutzung als Siedlungs-, Industrie-, Gewerbe-, Verkehrs- und Freizeitfläche. Als weitere nachteilige Einwirkungen sind Schadstoffeinträge aus unterschiedlichen Quellen, Verdichtungen und Bodenerosion anzuführen (vgl. UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1994; CORDSEN 1990).

Das Ziel des Bodenschutzes wird allgemein mit der Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Bodenfunktionen formuliert. Hierzu müssen an erster Stelle die relevanten Bodenfunktionen, anhand derer eine Quantifizierung des Schutzguts Boden vorgenommen werden kann, definiert und voneinander abgegrenzt werden. Bodenschutz hat somit keinen ideellen Charakter, sondern ist funktionsbezogen.

Im Bundes-Bodenschutzgesetz (BUNDESGESETZGEBER 1998) sowie in allen weiteren Konzepten und Veröffentlichungen zum Schutz von „intakten“ bzw. nicht kontaminierten Böden wird als natürliche Bodenfunktion die Regelungsfunktion im Stoffkreislauf aufgeführt. Der Boden wird im BBodSchG zu diesem Punkt definiert als „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers“.

In einigen Konzepten wird der Begriff der Regelungsfunktion erweitert und faßt die Filter- und Puffereigenschaften mit der Regulation des Wasserhaushalts, dem Wasserrückhaltevermögen, unter der Hauptfunktion „Regelung“ zusammen (ARNOLD 1996, ARGUMENT GmbH 1995, ÖKOTEC 1995). Im Gutachten von ARGUMENT (1995), ähnlich in ÖKOTEC (1995), wird in Anlehnung an den Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU 1985) mit einer sehr extensiven Begriffsbestimmung der Regelungsfunktion gearbeitet. Es sind hierin unter anderem alle „Stoff- und Energieflüsse im Ökosystem“, gegliedert in eine physikalisch-mechanische und eine chemisch-biologische Teilfunktion, enthalten. Die so ausgestattete Regelungsfunktion besitzt größte Komplexität und dadurch eine „zentrale öksy-

stemare Bedeutung, die die anderen Funktionen maßgeblich mit beeinflusst“ (ARGUMENT 1995: 10).

Die Definition im BBodSchG ist deckungsgleich mit der bodenkundlichen Begriffsbestimmung, in welcher dem Boden die Funktion des Filters, Puffers und Transformators zugeordnet wird (BLUME 1990: 96). Hierin wird die Fähigkeit des Bodens charakterisiert, im Bodenwasser suspendierte oder gelöste Stoffe zu filtern. Diese werden durch die Filterung der Einwirkung auf Bodenorganismen und Pflanzenwurzeln, der Aufnahme durch Pflanzenwurzeln sowie des Transports in das Grundwasser und in Oberflächengewässer entzogen. Die Filterung wird nach ihrer Wirkungsweise unterschieden in Filterung, Pufferung und Transformation. Unter Filterung wird die rein mechanische Rückhaltung im Porensystem des Bodens verstanden. Die Pufferung beschreibt die Adsorption aufgrund der physikochemischen Eigenschaften der Bodenkolloide, die chemische Fällung, bei der gering wasserlösliche Verbindungen entstehen sowie die Neutralisation von Säuren nach der Reaktion mit bodeneigenen Stoffen. Bei der Transformation erfolgt ein biologischer Um- oder Abbau der Substanzen, die danach meistens keine Schadstoffwirkung mehr besitzen.

Die beschriebenen Filtereigenschaften der Böden können auch zusammengefaßt als Gesamtfilterwirkung definiert werden (AG BODEN 1994). Hierdurch kann die Handhabung der Regelungsfunktion vereinfacht werden.

Es sollte aus inhaltlichen Gründen und wegen der Anwendbarkeit grundsätzlich eine Beschränkung der Regelungsfunktion auf die Funktion im Stoffkreislauf erfolgen, wobei die Wasserhaushaltsfunktion als eigenständige Hauptfunktion zu bearbeiten ist (vgl. BMU 1996, UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1994, BLUME 1990). Die Anwendung einer hochkomplexen Hauptfunktion beinhaltet die Gefahr, daß interne Widersprüche und gegenseitige Aufhebungen bei der Klassifizierung entstehen.

Bei der Definition der Funktion sollten die eigentliche Funktion und die Parameter, die zu ihrer Klassifizierung herangezogen werden, getrennt werden. So sind z.B. die in ARGUMENT (1995) als Teilfunktion der Regelungsfunktion aufgeführten Regelungen des Bodenwärme und -lufthaushalts als Parameter anzusehen, die zur Beurteilung des Bodens als Pflanzenstandort herangezogen werden können.

Zusammenfassend wird vorgeschlagen, die Regelungsfunktion im Stoffkreislauf auf den Rahmen der Gesamtfilterwirkung, angelehnt an AG BODEN (1994), zu beschränken, in der die wesentlichen Reaktionen des Bodens auf stoffliche Einflüsse subsumiert sind.

Die stoffliche Regelungsfunktion des Bodens wird in allen Publikationen als eine allgemeine Bodenfunktion, zum Teil auch in Verbindung mit ökologischen Bodenfunktionen (ARGUMENT 1995) aufgeführt. Über die Beanspruchung des Bodens als Medium des Grundwasserschutzes erlangt dieser die Funktion einer Schadstoffsenke. Zu bedenken ist, daß eine dauerhafte Inanspruchnahme der Schadstofffilterung und -pufferung letztlich zu einer irreparablen Bodenkontamination führen kann (vgl. SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Das führt zu einer Zerstörung dieser Bodenfunktion.

Die stoffliche Regelungsfunktion ist wegen ihres bodenbelastenden Charakters am sinnvollsten bei den Nutzungsfunktionen und bodenbelastenden bzw. -zerstörenden Nutzungsansprüchen einzuordnen.

Betrachtet man diese Bodenfunktion unter dem Gesichtspunkt der auf den Boden wirkenden Schadstoffeinträge, so sind dabei die gezielten und beabsichtigten von den ungesteuerten Einträgen zu unterscheiden (von MUTIUS 1990).

In die erste Kategorie gehören Schadstoffeinträge durch Düngemittel, Pestizide oder Klärschlammabbringungen. Derartige Einträge zu filtern und puffern läßt der Regelungsfunktion den Status einer „Mißbrauchsfunktion“ zukommen. Es ist hierbei zu prüfen, ob dies eine Aufgabe des Bodenschutzes ist oder ob im geltenden Recht bereits Regelungen existieren, die diesen Gefährdungen entgegenwirken. In Frage kommen dabei Vorschriften mit unmittelbar bodenschützendem Inhalt wie das Abfallgesetz, Pflanzenschutzgesetz oder Düngemittelgesetz (vgl. von MUTIUS 1990).

Zu den ungesteuerten Schadstoffeinträgen gehören ungezielte Immissionen, die entweder unmittelbar oder über Luft und Wasser in den Boden gelangen. Die Hauptemittenden hierfür sind Industrie, private Haushalte und der Individualverkehr. Als besonders problematisch werden hierbei persistente Schadstoffe, v.a. die Schwermetalle, angesehen, die im Boden nicht oder nur in langen Zeiträumen abgebaut werden (von MUTIUS 1990). Auch für diese Schadstoffeinträge stellt sich die Frage, ob sie durch den Bodenschutz oder durch bereits existierende, vorgeschaltete Regelungen wie das Bundesimmissionsschutzgesetz zu bearbeiten sind.

Des weiteren ist es zweifelhaft, ob die ungesteuerten Schadstoffeinträge, besonders in Form von Schwermetallen, in so großer Menge erfolgen, daß sie eine Grundwassergefährdung darstellen und einer Filterung in der Bodenpassage bedürfen. D.h., es soll hier grundsätzlich die Notwendigkeit der Regelungsfunktion unter diesem Aspekt in Frage gestellt werden. In der Hydrogeologie werden als Ursachen der Grundwasserbelastung in erster Linie gezielte Einträge aus Mülldeponien, Altlasten und landwirtschaftlichen Flächen ver-

merkt (vgl. HÖLTING 1996). Als weitere bedeutende Schadstoffquellen sind Industrie- und Transportunfälle anzuführen, die aber ebenso wie die zuvor genannten Emittenden nicht durch den Bodenschutz zu regeln sind.

## 1.2 Die stoffliche Regelungsfunktion in der Bauleitplanung

Ausgehend davon, daß hierzulande die fortschreitende Bodenversiegelung die größte Gefährdung des Bodens darstellt, wird der Bodenschutz hier unter dem Aspekt der Bauleitplanung betrachtet.

Unter Bodenversiegelung ist die Bedeckung des Bodens mit undurchlässigen Substanzen, mit Teer, Beton oder Gebäuden zu verstehen, die ein weitestgehendes Unterbinden des Wasser- und Gasaustauschs zwischen Boden und Atmosphäre verursacht. Die Art, Ausformung und das Ausmaß der Bodenversiegelung und ihre Folgen sind differenziert zu betrachten. Es gilt aber als Grundsatz, daß vollständig, z.B. durch Gebäude, versiegelte Böden ihre Funktionen als Pflanzenstandort, ihre Regelungsfunktionen im Wasserhaushalt und Stoffkreislauf verloren haben (vgl. CORDSEN 1990).

Betrachtet man den Verlust der Filterwirkung des Bodens hinsichtlich des Zwecks der stofflichen Regelungsfunktion, so entfällt zunächst die Aufgabe, im Bodenwasser suspendierte Schadstoffe der Einwirkung auf Bodenorganismen und Pflanzenwurzeln und der Aufnahme durch Pflanzenwurzeln zu entziehen, da diese an dem betreffenden Standort nicht mehr existieren. Etwas, das nicht existiert, bedarf auch keines Schutzes mehr.

Die weitere und im BBodSchG als vordringlich beschriebene Aufgabe, Schadstoffeinträge in das Grundwasser zu unterbinden, entfällt auch, da mit dem Unterbinden der Infiltration auch keine Schadstoffe mehr in Boden und Grundwasser eingetragen werden. Der Funktionsverlust bedeutet in keinem Fall eine Einschränkung hinsichtlich des Ziels Grundwasserschutz. Er kann im Gegenteil, bei Böden mit einer geringen Gesamtfilterwirkung, eine Verbesserung des Grundwasserschutzes bedeuten.

Zusammengefaßt bedeutet diese Überlegung, daß die Beachtung der stofflichen Regelungsfunktion in der Bauleitplanung keinen Sinn ergibt.

Eine Beachtung der stofflichen Regelungsfunktion in der Bauleitplanung ist aber dagegen bei der Standortauswahl der Bebauung denkbar. Wenn Standorte unterschiedlicher Qualität für eine geplante Versiegelung in Frage kommen, so kann von der Seite des Bodenschutzes eine dahingehende Entscheidung getroffen werden, daß der Boden mit der als

schlechter klassifizierten Regelungsfunktion dem mit der besseren vorgezogen wird. Hierbei stellt sich die Frage, ob bei der Bodenbewertung hinsichtlich der Regelungsfunktion diese einzeln erfaßt werden muß oder ob sie nicht bei anderen Funktionen, z.B. bei der Klassifizierung als Pflanzenstandort, mit erfaßt wird (vgl. Kap. 3). Dies zu entscheiden wäre aber die Aufgabe einer Sensibilitätsprüfung der einzelnen Funktionen.

## **2. Bewertung der stofflichen Regelungsfunktion in den Gesetzgebungen zum Bodenschutz**

Bisher liegen sechs gesetzliche Bestimmungen zum Bodenschutz vor (vgl. Kap. 3.2):

- das Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg (BodSchG Ba Wü) (SPILOK 1992),
- das Erste Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen (EGAB) (SÄCHSISCHER LANDTAG 1991),
- das Berliner Gesetz zur Vermeidung und Sanierung von Bodenverunreinigungen (Bln BodSchG) (ABGEORDNETENHAUS VON BERLIN 1995),
- das Gesetz zur Einführung des Niedersächsischen Bodenschutzgesetzes und zur Änderung des Niedersächsischen Abfallgesetzes (NBodSchG) (NIEDER-SÄCHSISCHER LANDTAG 1999),
- das Gesetz zur Umsetzung des Gesetzes zum Schutz des Bodens in Bayern (BayBodSchG) (BAYERISCHER LANDTAG 1999)
- das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) (BUNDESGESETZGEBER 1998), Begründung hierzu im Entwurf des Gesetzes (BBodSchG-E) (BMU 1996).

Übereinstimmung besteht im Zweck der Gesetze, in dem, graduell unterschiedlich formuliert, der Boden als Naturkörper und Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen in seinen Funktionen geschützt und erhalten werden soll. Dazu sind Vorsorgemaßnahmen gegen schädliche Einwirkungen auf die Bodenfunktionen zu treffen. Die Maßgabe, daß Bodenverunreinigungen zu beseitigen bzw. zu sanieren sind, bezieht sich auf Altlasten und ist in diesem Zusammenhang als Nachsorgemaßnahme zu betrachten.

Die Bodenfunktionen werden in diesen Regelungen in unterschiedlichem Umfang definiert. Im sächsischen und im Berliner Bodenschutzgesetz bleibt die Formulierung nur allgemein bei dem Boden als Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen. Im BodSchG Ba

Wü 1991 und im BBodSchG werden die Bodenfunktionen dagegen einzeln benannt. Besonders im baden-württembergischen Gesetz erfolgt die Benennung in Analogie zu dem dort erarbeiteten Bodenschutzkonzept (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1994) wohl auch im Hinblick auf die bodenschutztechnische Anwendbarkeit. Die Aufzählung im BBodSchG 1998 ist mit ihren weitgehend allgemein gehaltenen Formulierungen am umfangreichsten, aber nicht durchgehend nachvollziehbar gegliedert. Beispielsweise wird die Funktion als Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung zwischen der Funktion als Rohstofflagerstätte und der als Fläche für Siedlung und Erholung aufgeführt. Im Umfang der Auflistung kommt das Bestreben zum Ausdruck, keine denkbare Bodenfunktion und keinen Nutzungsanspruch unberücksichtigt zu lassen.

Die stoffliche Regelungsfunktion, d.h. die Aufgabe des Bodens als Filter und Puffer für Schadstoffe zu dienen, wird sowohl im BBodSchG als auch im BodSchG Ba Wü 1991 aufgeführt. Nach SPILOK (1992: 21) dient Bodenschutz sogar, dem heute vorherrschenden Verständnis entsprechend, "primär der Erhaltung des Bodens als Filter- und Reinigungsfaktor und als natürliche Produktionsgrundlage." Den so formulierten Ansprüchen stehen aber die durch Schadstoffe entstehenden Bodenbelastungen entgegen, die bei Inanspruchnahme der Regelungsfunktion entstehen.

In den Begriffsbestimmungen, §3 des Bln BodSchG 1995 und §8 EGAB 1991 sind Bodenbelastungen definiert als Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen insbesondere durch stoffliche Einwirkungen. Die Besorgnis besteht bei Böden, die durch Schadstoffe gefährdet sind. Die Formulierungen im BBodSchG-E (BMU 1996) und im BodSchG Ba Wü 1991 zielen neben anderem in die gleiche Richtung. Auch im NBodSchG und im Bay-BodSchG bezieht man sich auf schädliche Bodenveränderungen im Sinne des BBodSchG.

Das Wesen des Bodens wurde im Gesetzeskommentar von SPILOK (1992) bezüglich der Schadstoffeinträge im bodenkundlichen Sinn richtig erfaßt. Hiernach ergibt sich die Notwendigkeit vorsorgenden Schutzes unter anderem aus der begrenzten Belastbarkeit und der Gefahr einer schleichenden irreversiblen Schädigung und kaum gegebenen Regenerierbarkeit der Böden. Nach oben zitiertem Zweck der Gesetze ist es deshalb folgerichtig, daß derartige Stoffeinträge in den Boden zu vermeiden sind. Wird nun aber die Regelungsfunktion beansprucht, d. h. der Boden als Schadstofffilter benutzt, so stellt dies einen krassen Widerspruch zum Zweck der Gesetzgebung dar. Das Heranziehen der stofflichen Regelungsfunktion würde bedeuten, daß der Boden unter diesem Aspekt als Nutzgut an sich selbst (sowie Grundwasser und Pflanzen) in seiner gleichzeitigen Eigenschaft als Schutzgut zu schützen hätte, wovor er eigentlich durch die Gesetzgebung geschützt werden soll. Weiterhin wäre bei einem als Schadstofffilter belasteten Boden das Prinzip der Vorsorge

außer Kraft gesetzt und es würde in letzter Konsequenz ein Fall für nachsorgende Behandlung, eine Altlast, geschaffen.

Die Widersprüchlichkeit zwischen Regelungsfunktion und Ziel des Bodenschutzes bzw. anderen Bodenfunktionen wurde auch in SPILOK (1992) erkannt. Als Beispiel wird der Konflikt zwischen der Funktion als Standort für Kulturpflanzen und als Schadstofffilter angeführt. Hierzu wird argumentiert, daß die Benennung der Funktionen keine Wertungsrangfolge darstellt und je nach den Umständen der einen oder anderen Funktion aus fachlichen Gründen eine größere Bedeutung beigemessen werden kann.

Dadurch wird aber der Konflikt nicht aufgelöst, sondern nur auf eine andere Entscheidungsebene verlagert. Es stellt sich weiter die Frage nach der Verbindlichkeit, der Transparenz und der objektiven Anwendbarkeit der Bodenfunktionen wenn deren Bewertung nicht am Anfang des Verfahrens, in der Formulierung der Gesetzgebung oder des Konzeptes, klar festgelegt ist. Überdies bleibt immer noch die grundsätzliche Frage im Raum, ob dem Boden vorsätzlich auch nur gering dosierte Schadstoffeinträge zugemutet werden sollen. Hierzu könnte angeführt werden, daß nach dem Grundsatz „die Menge macht das Gift“ nicht jeder Schadstoffeintrag auch unmittelbar eine Schädigung entfaltet. Zu betrachten sind aber nicht abbaubare und von daher sich anreichernde Stoffe, wie beispielsweise Schwermetalle, die zu irreversiblen Bodenbelastungen führen können. In der Begründung zum BBodSchG-E (BMU 1996) wird folgerichtig an erster Stelle die Gefahr durch eine schleichende Anreicherung umweltgefährdender Stoffe im Boden, die zu irreversibler Schädigung führen können, genannt. Die heute übliche Bodenbelastung übersteigt nach SPILOK (1992: 26) häufig seine Regenerationsfähigkeit, wodurch ihnen neben den ökologischen Auswirkungen auch eine ökonomische Bedeutung zukommen kann. Die Schäden werden verzögert sichtbar und die Nutzungsmöglichkeiten teilweise eingeschränkt oder unwiederbringlich vernichtet.

Im BBodSchG ist die stoffliche Regelungsfunktion gemeinsam mit den als ökologisch zu bezeichnenden Bodenfunktionen in den Schutzzweck mit einbezogen. Gleiches gilt für das BodSchG Ba Wü 1991. In Baden-Württemberg sind dagegen die im BBodSchG als Bodenfunktionen aufgeführten Nutzungsansprüche wie beispielsweise „Fläche für Siedlung und Erholung“ nicht mit erfaßt. Dies wird damit begründet, daß derartige Inanspruchnahmen mit einem Verlust anderer Bodenfunktionen einhergehen. Eine bebaute Fläche führt zum Ausfall sämtlicher ökologischer Bodenfunktionen. Der negative Einfluß der Bodenversiegelung ist unbestritten. Es ist deshalb folgerichtig, Nutzungsansprüche, die mit einer Bodenversiegelung einhergehen, zu benennen und aus dem Schutzzweck herauszuhalten.

In SPILOK (1992: 25) werden als Formen der Bodenbelastung alle gravierenden Änderungen der Bodenbeschaffenheit definiert. Hierin sind namentlich und in dieser Reihenfolge stoffliche Belastungen, Bodenversiegelungen, Bodenverdichtung und -erosion genannt. Daraus geht hervor, daß es auch unstrittig ist, daß die stofflichen Einwirkungen, die eine Beanspruchung der Regelungsfunktion notwendig machen, eine der Bodenversiegelung gleichgestellte oder zumindest ähnliche Bodenbelastung darstellen. Die stofflichen Einwirkungen und die durch sie beanspruchte Filterwirkung des Bodens stellen also gleichfalls eine Inanspruchnahme dar, die mit dem Verlust an anderen Funktionen einhergeht. Als Beispiel wird an dieser Stelle noch einmal auf den Konflikt zwischen der Funktion als Schadstofffilter und der Pflanzenproduktionsfunktion verwiesen. Es wäre von daher konsequent, die stoffliche Regelungsfunktion als bodenbelastenden Nutzungsanspruch zu klassifizieren und ebenso aus dem Schutzzweck der Bodenschutzregelungen herauszuhalten.

In diesem Zusammenhang sei auch die Frage nach dem Stellenwert der stofflichen Regelungsfunktion im Hinblick auf das bereits existierende Umweltrecht aufgeworfen. In der Begründung zum BBodSchG-E (BMU 1996) wird unter 3. f) "Landwirtschaft", darauf verwiesen, daß die im Düngemittel- und Pflanzenschutzrecht wie auch in der Klärschlammverordnung geregelten Anforderungen vorrangig zu beachten bleiben. Unter 3. g) "Einfügung in das Umweltrecht" wird die enge Verzahnung mit dem Bundes-Immissionsschutzgesetz beschrieben, wonach die emissionsbegrenzenden Anforderungen an Anlagen so festzulegen sind, daß keine schädlichen Bodenveränderungen hervorgerufen werden können. In §3, dem Anwendungsbereich des BBodSchG wird festgelegt, daß das Gesetz keine Anwendung findet, so weit inhaltliche Festsetzungen des Abfallgesetzes über das Aufbringen von Abwasser, Klärschlamm, Kompost usw. eingehalten werden. Das BBodSchG ist gegenüber diesen in §3, Absatz 2 genannten Vorschriften mit bodenschutzrelevantem Inhalt nur subsidiär (unterstützend) anzuwenden. Zur Anwendung kommt das Bundes-Bodenschutzgesetz erst dann, wenn die in §3 genannten Vorschriften nicht eingehalten werden und wenn der Gesetzesverstoß zusätzlich zu einer schädlichen Bodenveränderung führt. "Erst wenn beide Tatbestandsvoraussetzungen vorliegen, können nach diesem Gesetz Sanierungsmaßnahmen angeordnet werden." (Begründung BMU 1996: 62).

Im Rahmen der schon vorhandenen Vorschriften läßt sich die stoffliche Regelungsfunktion nicht ohne Widerspruch unterbringen, da gezielte Schadstoffeinträge erstens durch Gesetze mit unmittelbar bodenschützendem Inhalt unterbunden werden sollen. Bei Einhaltung der Gesetze bedarf es keiner stofflichen Regelungsfunktion. Zum zweiten ist, der Formulierung in der Begründung zum BBodSchG-E (BMU 1996) folgend, bei deren Nichteinhaltung und schädlicher Bodenveränderung auch keine Anwendung mehr für eine stoffliche Regelung gegeben. In diesem Fall sind die Filter- und Pufferkapazitäten des Bodens bereits überschritten und es liegt eine im Extremfall sanierungsbedürftige Altlast vor.

Letztlich bleibt noch die Frage, wie es dazu kommt, daß in allen Publikationen zum Bodenschutz die stoffliche Regelungsfunktion zur vorrangigen und schützenswerten Bodenfunktion deklariert wird. Andere, als Schutzgut zu behandelnde Umweltmedien wie Luft und Wasser weisen gleichfalls eine Puffer- und Transformationsfähigkeit für Schadstoffe auf. Ihnen wird mit gutem Grund dennoch nicht die Aufgabe der Schadstofffilterung, -pufferung und -transformation zugeschrieben. Die Vorstellung, daß der Boden als Filter zu dienen hat, wird vielleicht indirekt dadurch bestärkt, daß er nur eine mittelbare Lebensgrundlage für Menschen ist. Während Luft zum Atmen und Grundwasser als Lebensmittel unmittelbar auf den Menschen einwirken, ist der Boden nur ein Medium der Lebensmittelproduktion.

## **Anlage 3**

Statistische Auswertung der kf-Werte der Hauptbodenarten der Bodenschätzung

**Tabelle A3.1:** Statistische Auswertung der kf-Werte in Tabelle 12 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei sehr geringer bis geringer Lagerungsdichte (Ld 1-2).

Parameter	Hauptbodenarten der Bodenschätzung							
	S	SI	IS	SL	sL	L	LT	T
Anzahl der Werte	3	13	9	13	28	44	6	10
Minimum	349	47	22	22	7	12	7	7
Maximum	349	157	109	157	109	41	27	27
Median	349	109	47	47	41	26	11,5	10
<b>Mittelwert</b>	<b>349</b>	<b>107</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>12</b>
Standardabw.	0	41	24	37	21	10	6	5
Varianz	0	1680	575	1359	426	94	42	29

**Tabelle A3.2:** Statistische Auswertung der kf-Werte in Tabelle 12 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei mittlerer Lagerungsdichte (Ld 3).

Parameter	Hauptbodenarten der Bodenschätzung							
	S	SI	IS	SL	sL	L	LT	T
Anzahl der Werte	3	13	9	13	28	44	6	10
Minimum	229	32	10	10	2	6	2	2
Maximum	229	88	49	88	49	20	13	13
Median	229	49	33	33	18,5	12	8	3
<b>Mittelwert</b>	<b>229</b>	<b>56</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>5</b>
Standardabw.	0	22	10	23	10	5	4	3
Varianz	0	500	98	542	107	25	15	10

**Tabelle A3.3:** Statistische Auswertung der kf-Werte in Tabelle 12 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei hoher bis sehr hoher Lagerungsdichte (Ld 4-5).

Parameter	Hauptbodenarten der Bodenschätzung							
	S	SI	IS	SL	sL	L	LT	T
Anzahl der Werte	3	13	9	13	28	44	6	10
Minimum	126	15	12	5	1	3	1	1
Maximum	126	36	36	37	36	13	7	6
Median	126	36	15	15	10	6	5	1
<b>Mittelwert</b>	<b>126</b>	<b>30</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
Standardabw.	0	9	7	11	6	3	2	2
Varianz	0	90	50	116	40	9	6	4

## **Anlage 4**

Verwendung der nutzbaren Feldkapazität zur Bewertung der Grundwasserneubildung im Rahmen der Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“

Wie in Kapitel 8.1.2 erwähnt, wird die nutzbare Feldkapazität (nFK) oft als der entscheidende bodenbürtige Faktor für die Bestimmung der Grundwasserneubildung angesehen (z.B. MÜLLER et al. 1992). Um damit in Verbindung mit den Daten der Bodenschätzung zu einem Bewertungsschema für die Grundwasserneubildung zu gelangen, wurde in der gleichen Weise verfahren, wie mit den kf-Werten.

Zunächst wurden der Zuordnung der Bodenarten nach der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (KA4) zur Bodenschätzung nach WALLBAUM (1991) die entsprechenden Werte für die nFK aus der KA4 gegenübergestellt (Tab. A.4.1). Aus dieser Zuordnung wurden anschließend die Mittelwerte für die nFK der Hauptbodenarten der Bodenschätzung gebildet. Diese sind in den Tabellen A.4.2, A.4.3 und A.4.4 für verschiedene Lagerungsdichten dargestellt.

In Tabelle A.4.5 sind diese mittleren nFK-Werte den Hauptbodenarten der Reichsbodenschätzung unter Berücksichtigung der Entstehung und der Zustandsstufe zugeordnet. Daraus ist ersichtlich, daß die Bodenart Sand (S) die niedrigsten nKF-Werte aufweist und damit hier mit der höchsten potentiellen Grundwasserneubildung zu rechnen ist. Das ist erwartungsgemäß. Der Erfahrung widersprechend ist hingegen, daß hiernach der Ton (T) und der schwere Lehm (LT) günstiger für die Grundwasserneubildung einzustufen wären als schwach lehmiger (SI) und lehmiger Sand (IS). Das steht im Gegensatz zu langjährigen Erfahrungen aus der Hydrogeologie (vgl. HÖLTING 1996).

Der Grund für diese Diskrepanz liegt im folgenden: Die nFK ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Wassergehalt bei Feldkapazität und dem Wassergehalt beim Permanenten Welkepunkt (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Beim Permanenten Welkepunkt ist sowohl im Sand als auch im Ton der kfu-Wert so gering, daß praktisch keine Perkolation stattfindet. Bei Feldkapazität findet zwar Perkolation statt, aber nicht in einem nennenswerten Umfang. Das gilt gleichermaßen für Sand und Ton. Steigt nun der Wassergehalt über die Feldkapazität an, nimmt im Sand die Wasserleitfähigkeit mit zunehmendem Wassergehalt sehr stark, im Ton bei gleicher Zunahme des Wassergehaltes aber nur sehr wenig zu. Das bedeutet, daß das im Sand hinzugekommene Wasser schnell in tiefere Bodenschichten versickert und damit den Wurzelraum verläßt, während es im Ton so langsam versickert, daß es noch länger pflanzenverfügbar ist. Außerdem gelangt in bindigen Böden mehr Wasser durch kapillaren Aufstieg zur Bodenoberfläche, von wo es durch Evaporation an die Atmosphäre abgegeben wird.

Das Feldkapazitätskonzept besagt aber, daß alles Wasser mit Wassergehalten > Feldkapazität der Grundwasserneubildung zugeführt wird. Wie eben erläutert, ist das of-

fensichtlich unzutreffend. Daher wird die Bestimmung der Grundwasserneubildung in bindigen Böden mit dem Konzept der Feldkapazität überschätzt.

Die Werte in Tabelle A.4.5 zeigen außerdem, daß zwischen den Bodenarten nur relativ geringe Unterschiede in der nFK bestehen. Das ist in Abbildung A.4.1 für die nFK-Werte bei mittlerer Lagerungsdichte graphisch dargestellt. Aus der Hydrogeologie sind dagegen deutlichere Unterschiede in der Grundwasserneubildung bei diesen Bodenarten bekannt.

Die Bewertung des Grundwasserneubildungspotentials verschiedener Böden anhand der nFK-Werte funktioniert also nicht. Das wird auch aus der Abbildung in HÖLTING (1996: 66) deutlich, wonach vom Sand zum Lehm die Grundwasserneubildung bodenartenabhängig stetig abnimmt. Die nFK-Werte sind demnach ungeeignet für eine Bewertung des Bodenpotentials „Grundwasserneubildung“ im Rahmen der Bodenfunktion „Regelung im Wasserhaushalt“.

**Tabelle A.4.1:** Zuordnung der Bodenarten der Bodenschätzung (BS) zu den Bodenarten der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (KA4, AG BODEN 1994) nach WALLBAUM (1991). Für die Bodenarten der KA4 sind die dazugehörigen nFK-Werte bei verschiedenen Lagerungsdichten ebenfalls angegeben.

Bodenart BS/ Entstehungsart		Bodenart KA4	nFK (Vol.-%) Ld 1-2 (KA4)	nFK (Vol.-%) Ld 3 (KA4)	nFK (Vol.-%) Ld 14-5 (KA4)	
<b>S (= S)</b>	<b>D</b>	Ss	12	10,5	-	
	Al	Ss	12	10,5	-	
	V	Ss	12	10,5	-	
<b>SI (= I-S)</b>	<b>D</b>	SI2, SI3, Su3	19, 21,5, 23	17,5, 18, 20,5	16, 15,5, 18	
	(I--) S	SI2, Su2	19, 17,5	17,5, 16	16, 13	
	I-- S	SI2, Su2	19, 17,5	17,5, 16	16, 13	
	I - S	Al	SI3	21,5	18	15,5
	(I--) S	Al	Su2 * (1)	17,5	16	13
	I -- S	Al	SI2, Su2	19, 17,5	17,5, 16	16, 13
	I - S	V	SI3	21,5	18	15,5
I -- S	V	SI2	19	17,5	16	
<b>IS (= IS)</b>	<b>D</b>	SI3, Su3	21,5, 23	18, 20,5	15,5, 18	
	IS	Lö	Us	25,5	-	
	I - S	Lö	SI3, Su3 (2)	21,5, 23	18, 20,5	15,5, 18
	IS	Al	SI2, SI3	19, 21,5	17,5, 18	16, 15,5
	IS	V	SI3, SI4	21,5, 20,5	18, 17	15,5, 14,5
		Vg	-			
<b>SL (= I+S)</b>	<b>D</b>	SI3, SI4	21,5, 20,5	18, 17	15,5, 14,5	
	t - S	D	Su2	17,5	16	13
	I + S	Lö	Us, Uls	27, 26	25,5, 22	-, 19,5
	t - S	Lö	SI3, St2, Us * (3)	21,5, 18,5, 27	18, 14, 25,5	15,5, 13,5, -
	I + S	Al	SI3	21,5	18	15,5
	t - S	Al	SI3 *	21,5	18	15,5
	I + S	V	SI4	20,5	17	14,5
	t - S	V	SI2, SI3 *	19, 21,5	17,5, 18	16, 15,5
		Vg	-			
<b>sL (= sL)</b>	<b>D</b>	SI4	20,5	17	14,5	
	tS	D	SI2, SI3, SI4 *	19, 21,5, 20,5	17,5, 18, 17	16, 15,5, 14,5
	t + S	D	Ls4 *	21	16	12,5
	s + L	D	SI3, Ls4	21,5, 21	18, 16	15,5, 12,5
	sL	Lö	SI3, Ls3, Ts3, Tt * (4)	21,5, 20, -, -	18, 15, -, 15	15,5, 13, -, 11
	tS	Lö	St3, Ls3, Ls4 * (3)	-, 20, 21	15,5, 15, 16	12, 13, 12,5
	s + L	Lö	Ls2 * (3)	21	15,5	13,5
	sL	Al	Slu, SI4, Ls2, Ls4	27,5, 20,5, 21, 21	21, 17, 15,5, 16	17, 14,5, 13,5, 12,5
	tS	Al	SI3, SI4 *	21,5, 20,5	18, 17	15,5, 14,5
	t + S	Al	SI4 * (1)	20,5	17	14,5
	s + L	Al	Ls3, Ls4 *	20, 21	15, 16	13, 12,5
	sL	V	Ls2	21	15,5	13,5
	tS	V	SI4 *	20,5	17	14,5
	t + S	V	Lt3, Lts *	17,5, 17,5	14, 13,5	10, 10,5
	s + L	V	Ls3	20	15	13
	Vg	-				

Tabelle A.4.1: fortgesetzt

Bodenart RB/ Entstehung		Bodenart KA4	nFK (Vol.-%) Ld 1-2 (KA4)	nFK (Vol.-%) Ld 3 (KA4)	nFK (Vol.-%) Ld 14-5 (KA4)
<b>L (= L)</b>	<b>D</b>	Slu, Lt2, Lts, Tu3	27,5, 17,5, 17,5, 21	21, 15, 13,5, 15,5	17, 11, 10,5, 11,5
s - L	D	Ls3, Ls4 *	20, 21	15, 16	13, 12,5
fsL	D	Ls2, Lu	21, 21	15,5, 17	13,5, 14,5
L	Lö	Ut2, Lu	27, 21	25, 17	21, 14,5
s - L	Lö	Ls4, Us, Uls * (3)	21, 27, 26	16, 25,5, 22	12,5, -, 19,5
fs + L	Lö	Uu, Us, Ut4	28,5, 27, 22	26, 25,5, 20,5	-, -, 18
fsL	Lö	Uu, Us, Ut3, Lu	28,5, 27, 25,5, 21	26, 25,5, 23,5, 17	-, -, 18, 21,5, 14,5
fs - L	Lö	Ut4, Lu	22, 21	20,5, 17	18, 14,5
L	Al	Lt2	17,5	15	11
s - L	Al	Ls2, Ls3, Lu	21, 20, 21	15,5, 15, 17	13,5, 13, 14,5
fs + L	Al	Uls, ( Ut2 *)	26, 27	22, 22	19,5, 21
fsL	Al	Ls2, Lu	21, 21	15,5, 17	13,5, 14,5
fs - L	Al	Lt2, Lu	17,5, 21	15, 17	11, 14,5
L	V	Lt2, Tu3, Lu	17,5, 21, 21	15, 15,5, 17	11, 11,5, 14,5
s - L	V	Ls2, Ls3, Lu	21, 20, 21	15,5, 15, 17	13,5, 13, 14,5
fs + L	V	Ls3, Lt2	20, 17,5	15, 15	13, 11
fsL	V	Ls2, Lu	21, 21	15,5, 17	13,5, 14,5
fs - L	V	Ls2, Ls3	21, 20	15,5, 15	13,5, 13
Vg	Vg	-			
<b>LT (= t+L)</b>	<b>D</b>	Ts2, Ts3, Tt	-, -, -	-, -, 15	-, -, 11
t + L	Al	Tt *	18,5	14,5	11
t - L	Al	Ls3 (2)	20	15	13
t + L	V	Lt3, Tu3 (2)	17,5, 21	14, 15,5	10, 11,5
t - L	V	Lt2 (1)	17,5	15	11
	Vg	-			
<b>T (= T)</b>	<b>D</b>	Tt, Tt * (2)	18,5, -	14,5, 15	11, 11
sT	D	Ts3, Ts4 *	-, -	-, -	-, -
IT	D	Tt *	-	15	11
T	Al	Tt * (1)	18,5	14,5	11
sT	Al	Lts (1)	17,5	13,5	10,5
IT	Al	Tt *	18,5	14,5	11
T	V	Tt *	18,5	14,5	11
sT	V	Ls3 *	20	15	13
IT	V	Tu3, Tt	21, 18,5	15,5, 14,5	11,5, 11
	Vg	-			

Anmerkungen:

- \* Daten für Unterboden
- (3) Probenanzahl, hier nur bei geringer Probenanzahl angegeben
- keine Bodenarten in Wallbaum bzw. keine Werte in KA4 angegeben

**Tabelle A.4.2:** Statistische Auswertung der nFK-Werte in Tabelle A.4.1 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei sehr geringer bis geringer Lagerungsdichte (Ld 1-2).

Parameter	Hauptbodenarten der Bodenschätzung							
	S	SI	IS	SL	sL	L	LT	T
Anzahl der Werte	3	13	9	13	26	44	5	8
Minimum	12	17,5	19	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Maximum	12	23	27	27	27,5	28,5	21	21
Median	12	19	21,5	21,5	20,75	21	18,5	18,5
<b>Mittelwert</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>19</b>
Standardabw.	0	2	2	3	2	3	1	1
Varianz	0	3	4	9	3	10	2	1

**Tabelle A.4.3:** Statistische Auswertung der nFK-Werte in Tabelle A.4.1 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei mittlerer Lagerungsdichte (Ld 3).

Parameter	Hauptbodenarten der Bodenschätzung							
	S	SI	IS	SL	sL	L	LT	T
Anzahl der Werte	3	13	9	13	28	44	6	10
Minimum	10,5	16	17	14	13,5	13,5	14	13,5
Maximum	10,5	20,5	25,5	25,5	21	26	15,5	15,5
Median	10,5	17,5	18	18	16	17	15	14,5
<b>Mittelwert</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
Standardabw.	0	1	3	3	1	4	0	1
Varianz	0	1	6	11	2	14	0	0

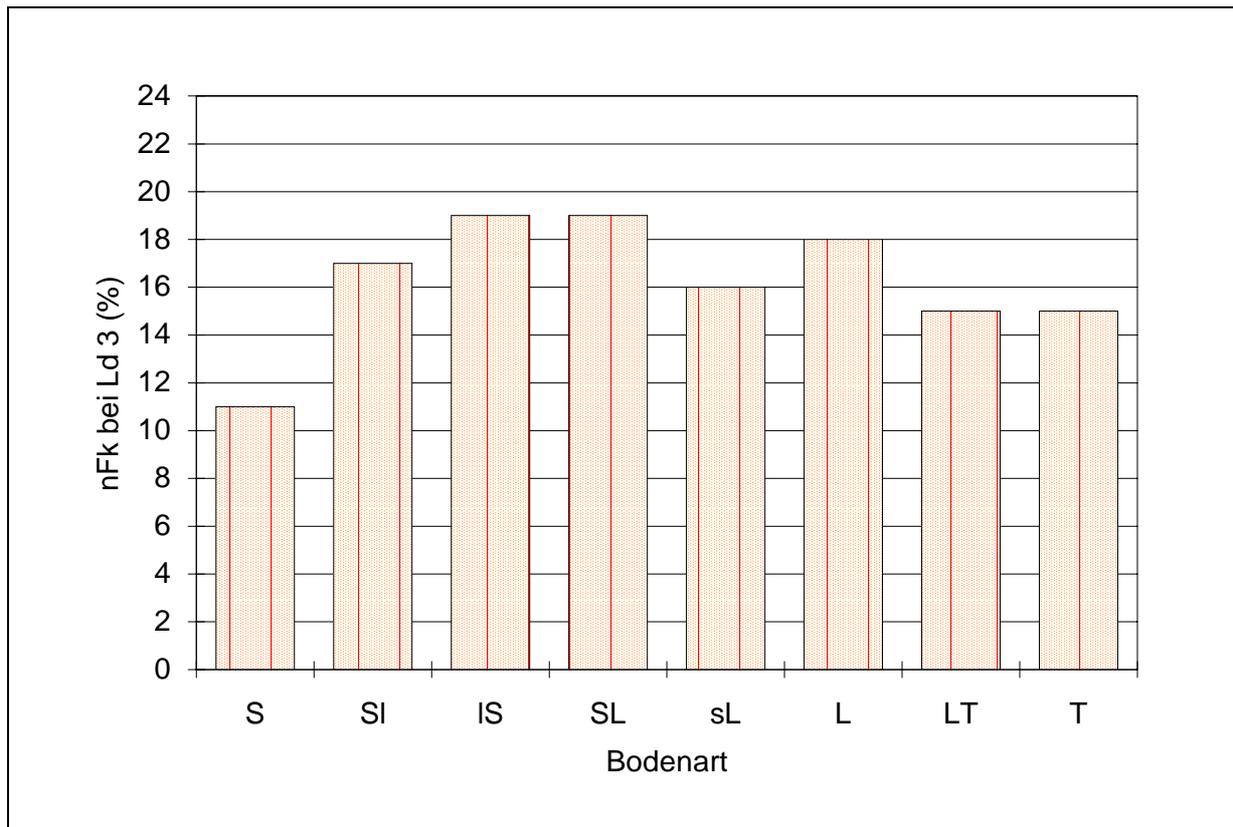
**Tabelle A.4.4:** Statistische Auswertung der nFK-Werte in Tabelle A.4.1 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei hoher bis sehr hoher Lagerungsdichte (Ld 4-5).

Parameter	Hauptbodenarten der Bodenschätzung							
	S	SI	IS	SL	sL	L	LT	T
Anzahl der Werte	-	13	9	13	26	44	5	8
Minimum	-	13	14,5	13	10	10,5	10	10,5
Maximum	-	18	18	19,5	17	21,5	13	13
Median	-	15,5	15,5	15,5	13,5	13,5	11	11
<b>Mittelwert</b>	-	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>11</b>
Standardabw.	-	2	1	2	2	3	1	1
Varianz	-	2	1	3	3	9	1	0

**Tabelle A.4.5:** Zuordnung von nFK-Werten zu den Hauptbodenarten der Bodenschätzung unter Berücksichtigung der Entstehung und der Zustandsstufe.

Bodenart	Entstehung	Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S	D		11	11	11	11	-	-
	AI		11	11	11	11	-	-
	V		11	11	11	11	-	-
SI	D		19	17	17	17	15	15
	AI		19	17	17	17	15	15
	V		19	17	17	17	15	15
IS	D	22	22	19	19	19	16	16
	Lö	22	22	19	19	19	16	16
	AI	22	22	19	19	19	16	16
	V		22	19	19	19	16	16
	Vg							
SL	D	22	22	19	19	19	15	15
	Lö	22	22	19	19	19	15	15
	AI	22	22	19	19	19	15	15
	V	22	22	19	19	19	15	15
	Vg							
sL	D	21	21	16	16	16	14	14
	Lö	21	21	16	16	16	14	14
	AI	21	21	16	16	16	14	14
	V	21	21	16	16	16	14	14
	Vg							
L	D	22	22	18	18	18	14	14
	Lö	22	22	18	18	18	14	14
	AI	22	22	18	18	18	14	14
	V	22	22	18	18	18	14	14
	Vg							
LT	D	19	19	15	15	15	11	11
	AI	19	19	15	15	15	11	11
	V	19	19	15	15	15	11	11
	Vg							
T	D		19	15	15	15	11	11
	AI		19	15	15	15	11	11
	V		19	15	15	15	11	11
	Vg							
Mo								

Zustandsstufe 1 - 2 = Ld 1-2 (KA4)  
 Zustandsstufe 3 - 5 = Ld 3 (KA4)  
 Zustandsstufe 6 - 7 = Ld 4-5 (KA 4)



**Abb. A.4.1:** Graphische Darstellung der mittleren nFK-Werte aus Tabelle A.4.3 für die Hauptbodenarten der Bodenschätzung bei mittlerer Lagerungsdichte (Ld 3).

## **Anlage 5**

Filterfunktion gegenüber Schadstoffen

## 1. Filterfunktion gegenüber Schadstoffen

### 1.1 Inhalt der Funktion

Nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz hat der Boden die Funktion als „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers“ (BUNDESGESETZGEBER 1998). Die Inanspruchnahme dieser Bodenfunktion bedeutet in letzter Konsequenz das Zulassen von Schädigungen des Bodens. Diese Funktion sollte deshalb hier, in einem Beitrag zum vorsorgenden Bodenschutz, nicht berücksichtigt werden. Nähere Ausführungen dazu sind in Anlage 2 enthalten. Gleichwohl wird in diesem Kapitel ein System zu ihrer Bewertung vorgestellt. Die Bodenfunktion ist in anderen Bereichen des Bodenschutzes, z.B. in bezug auf Altlasten von großer Wichtigkeit. Mit dem hier vorgestellten Bewertungssystem wird dem hohen Stellenwert Rechnung getragen, den diese Funktion in der andere Zweige des Bodenschutzes behandelnden Literatur hat.

Mit der Definition der Bodenfunktion im Bundes-Bodenschutzgesetz ist das Verhalten des Bodens gegenüber Schadstoffen in 3 wesentlichen Teilprozessen angesprochen. Es sind dies die mechanischen (Filterung), physiko-chemischen (Pufferung) und mikrobiellen Vorgänge (Transformation) im Boden, welche eine Verringerung der Schadstoffgehalte in der Bodenlösung bewirken. Von DVWK (1988) wird unter den „Filtereigenschaften“ des Bodens zusammenfassend seine Fähigkeit verstanden, „grobdisperse Stoffe aus Dispersionen mechanisch, kolloiddisperse Stoffe aus Dispersionen mechanisch oder physikochemisch und ionendisperse Stoffe aus echten Lösungen physikochemisch, chemisch oder biochemisch so festzulegen, auszufällen oder umzuformen, daß sie nicht in Pflanzen, Grund- oder Oberflächenwasser gelangen und nicht auf Bodenorganismen wirken können.“ Der Begriff der „Filterung“ ist damit umfassender als der in der voranstehenden Beschreibung. Diese Terminologie von DVWK (1988) wird auch hier als zusammenfassende Charakterisierung der Bodenfunktion verwendet.

Die Erfüllung der Filterfunktion des Bodens hängt maßgeblich von den beiden Faktoren Durchflußgeschwindigkeit und Sorption ab. Für beide dieser Eigenschaften sind in erster Linie die Parameter Korngrößenzusammensetzung und die Mächtigkeit des Filterkörpers bestimmend. Weiter beeinflussen die Lagerungsdichte, die Porosität, die Sickerate und Sickergeschwindigkeit in entscheidendem Ausmaß die Durchflußgeschwindigkeit. Für das Ausmaß der Sorption sind darüber hinaus der Gehalt an organischer Substanz, der pH-Wert und die Kationenaustauschkapazität die grundlegenden Größen (vgl. HÖLTING et al. 1995). Nach SAG (1992) sind der Ton- und Humusgehalt sowie der pH-Wert die wichtigsten Parameter zur Einstufung der Belastbarkeit von Böden (vgl. DVWK 1988).

Die Schadstoffe, welche eine Belastung des Bodens darstellen können lassen sich in drei Gruppen unterteilen: Anorganische Substanzen mit positiver Ladung, anorganische Substanzen mit negativer Ladung sowie organische Substanzen, die eine unterschiedliche Ladung aufweisen.

Demnach ist zu berücksichtigen, daß die verschiedenen Schadstoffgruppen im Boden ein unterschiedliches Sorptions-, Migrations und Abbauverhalten aufweisen (HÖLTING et al. 1995), das zum einen von deren physikalisch-chemischen Stoffeigenschaften wie Wasserlöslichkeit, Verteilungskoeffizient, Dampfdruck und Sorptionsvermögen und zum anderen von deren biologischen Stoffeigenschaften wie mikrobielle Abbaubarkeit/Persistenz, Akkumulationsfähigkeit und den Wirkungseigenschaften auf spezifische Organismen abhängt (SAG 1992).

Nun wäre die physikalische Beschreibung und Bewertung der im voranstehenden Absatz aufgelisteten Eigenschaften angebracht, um alle Schadstoffgruppen bei einer Klassifizierung zu berücksichtigen. Da dieses hier aber zu kompliziert wäre, müssen Vereinfachungen vorgenommen werden. Dabei besteht das Ziel, mit ausreichender Genauigkeit ein relatives Maß für die Standortsunterschiede bezüglich der Filterfunktion zu finden.

Zunächst werden unter diesem Gesichtspunkt die mechanischen Filtereigenschaften des Bodens betrachtet. Seine damit beschriebene Fähigkeit, eine Suspension mechanisch zu klären, hängt vor allem von der Wasserdurchlässigkeit, der Porenverteilung und besonders dem Grobporenanteil ab (AG BODENKUNDE 1982). Beansprucht wird diese Funktion primär bei der Nutzung des Bodens als Filterkörper wie z.B. für Zwecke der Abwasserreinigung. Da derartige Nutzungen gegenwärtig kaum noch in Anspruch genommen werden und diese außerdem den Anliegen des Bodenschutzes zuwiderlaufen, braucht dieser Teil der Filterfunktion hier nicht berücksichtigt zu werden. Sollte die mechanischen Filtereigenschaften dennoch bewertet werden, so würde dies zu einem verwässernden Kompromiß bezüglich der Filtereigenschaften insgesamt führen. Dies würde am Beispiel von Sanden so aussehen, daß deren auf der hohen Wasserdurchlässigkeit basierende gute mechanische Filterung einerseits und die am geringen Gehalt an Bodenkolloiden liegende geringe Sorptionsfähigkeit und damit schlechte physiko-chemische Filterung andererseits in deren Einstufung einfließen müsste. Damit würde den Sanden eine mittlere Erfüllung der Filterfunktion zugeschrieben.

Für die Bewertung der Transformationseigenschaften des Bodens bezüglich organischer Schadstoffe gibt es bislang einen gut begründeten Entwurf von GRÖNGROFT et al. (1999). Für dessen Anwendung ist jedoch die Kenntnis der Humusform des Standorts in ausreichend großmaßstäbiger Grundlage notwendig. Da aber eine derartige Grundlage nicht

existiert und bei dem hier zu entwickelnden Verfahren keine Geländeuntersuchungen durchgeführt werden, sondern auf existierende Unterlagen zurückgegriffen wird, besteht keine Möglichkeit, sich an diese Methode anzulehnen. Die mikrobiell bedingten Transformationseigenschaften des Bodens müssen daher so wie weitere Umwandlungsprozesse von organischen Schadstoffen in der Bewertung unberücksichtigt bleiben. Zu diesen Umwandlungsprozessen gehören photochemische Vorgänge auf der Bodenoberfläche sowie rein chemische Reaktionen im Boden wie Hydrolyse, Oxidation und Isomerisation. Die Nichtberücksichtigung der Transformation ist auch deshalb vertretbar, da die hiervon betroffenen Substanzen im Gegensatz zu den gelösten Schadstoffen im Boden die geringere ökologische Relevanz besitzen. Es sind nämlich primär die gelösten Stoffe, die ins Grundwasser verlagert und von den Pflanzen aufgenommen werden können (vgl. SCHACHTSCHABEL et al. 1992). Die gelösten Stoffe werden im Boden jedoch durch die Pufferung immobilisiert.

Was in der Betrachtung bleibt ist also die physikochemische und chemische Festlegung sowie die Ausfällung von Stoffen aus der Bodenlösung. Hierbei ist die physikochemische Festlegung, die Sorption, von Schadstoffen der dominierende Prozeß. Die Sorptionsfähigkeit des Bodens wird am genauesten durch Sorptionsisothermen ausgedrückt. Da diese jedoch nur selten zur Verfügung stehen kann die Sorptionsfähigkeit auch durch ein stellvertretendes und leicht anwendbares Maß, durch die Kationenaustauschkapazität (KAK) ausgedrückt werden. Diese wird bei den anorganischen Bodenbestandteilen hauptsächlich durch den Tongehalt beeinflusst. Hierdurch erschließt sich die Möglichkeit wiederum die Bodenarten der Bodenschätzung für die Bewertung heranzuziehen.

Mit der Auswahl der Bodenart als entscheidende Bewertungsgrundlage stellt sich die Frage, ob die drei oben genannten Stoffgruppen durch das Verfahren in ausreichendem Maß erfaßt werden, um relative Standortsunterschiede in bezug auf deren Filterung feststellen zu können. Für die positiv geladenen anorganischen Substanzen kann die mit der Bodenart bzw. dem Tongehalt korrelierte KAK als direktes Maß für die Filterwirkung verwendet werden (vgl. AG BODEN 1994).

Die organischen Schadstoffe weisen gleichfalls eine Adsorbierbarkeit auf, die aber in Abhängigkeit von der Substanz eine extreme Variationsbreite aufweist. Darüber hinaus erfolgt die Adsorption der organischen Schadstoffe überwiegend an der organischen Substanz des Bodens (SCHACHTSCHABEL et al. 1992). Da aber gleichfalls eine Adsorption an den anorganischen Austauschern des Bodens stattfindet, kann auch hier eine von Sand über Schluff zu Ton zunehmende Filterwirkung zu Grunde gelegt werden (vgl. GRÖNGROFT et al. 1999).

Die Adsorption von Anionen erfolgt im Boden nur an wenigen und im Durchschnitt eher seltenen Tonmineralen. Diese werden dagegen in Abhängigkeit vom pH-Wert stärker an den Al- und Fe- Oxiden sowie der organischen Substanz adsorbiert (SCHACHTSCHABEL et al. 1992). Die Anionen unterliegen im Boden insgesamt einer nur schwachen Adsorption an die Bodenkolloide und werden leicht mit dem Sickerwasser verlagert. Die Tonanteile können hierfür also nicht direkt als Bewertungsgrundlage fungieren. In diesem Zusammenhang ist eine weitere, die Filterwirkung beeinflussende Grundlage zu betrachten. Mit zunehmender Länge der Verweildauer des Sickerwassers im Boden können die Abbau- und Sorptionsprozesse für alle Stoffgruppen besser wirksam werden (HÖLTING et al. 1995). Die Verweildauer des Sickerwassers wird von den hydraulischen Eigenschaften des Bodens bestimmt. So bewirkt ein zunehmender Tongehalt eine geringere Wasserdurchlässigkeit und damit eine größere Verweildauer des Sickerwassers im Boden (vgl. Kap. 8.1.2). Daher kann die Bodenart als indirekter Parameter bzw. stellvertretend für die Bewertung der Filterwirkung gegenüber Anionen herangezogen werden (vgl. HÖLTING et al. 1995).

Wie oben gesagt, soll auch hier versucht werden, die Daten der Bodenschätzung ähnlich wie bei den anderen Funktionen für die Bewertung der Filterfunktion heranzuziehen. Um einen kurzen Überblick zu geben, werden zunächst Bewertungssysteme betrachtet, die gleichfalls die Bodenart als wichtige Grundlage zur Einschätzung der Filterfunktion verwenden.

Bei DVWK (1988) erfolgt die Beurteilung der relativen Bindungsstärke der Böden für Schwermetalle zunächst nach den pH-Werten. Daran anschließend werden Zuschläge zur Berücksichtigung des Humus- und Tongehalts bzw. der Bodenart vergeben. Erwartungsgemäß gibt es für Sand keine und mit zunehmender Bindigkeit höhere Zuschläge.

In der Methode von HÖLTING et al. (1995) ist bei Lockergesteinen die Bodenart neben anderen Parametern (nFK, Sickerwassermenge, Schichtmächtigkeit sowie Zuschläge für Besonderheiten des Aquifers) ein entscheidender Faktor im Bewertungssystem. Mit steigendem Tongehalt steigt die Filterwirkung der Grundwasserüberdeckung.

Nach der Methode von AG BODEN (1994) werden die Klassen der Luftkapazität (LK) sowie der KAK für die Bewertung der Gesamtfilterwirkung herangezogen. Die geringste Filterwirkung haben Böden mit hoher LK und niedriger KAK und die beste Filterwirkung ist bei niedriger LK und hoher KAK anzutreffen. Dies bedeutet indirekt eine Zunahme der Filterwirkung mit steigendem Tongehalt.

An dieser Stelle erscheint es angebracht die Auswirkung unterschiedlicher Tongehalte auf die Ergebnisse im Fall einer hypothetischen Stoffverlagerung zu überprüfen. Damit soll

auch untersucht werden, ob sich mit den Bodenarten der Bodenschätzung eine Gruppierung ergibt, die für eine Klassifizierung der Filterwirkung verwendet werden kann. Dazu ist es jedoch zunächst notwendig, die hierfür benötigten Grundlagen des Schadstofftransports zu betrachten.

## 2. Relevante Grundlagen des Stofftransports

Der Schadstofftransport in porösen Medien, wie sie z.B. Böden darstellen, wird bestimmt durch die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Wasserinhaltsstoffe, deren Reaktionen untereinander und mit der Bodenmatrix sowie durch die hydraulischen Eigenschaften der Böden (SCHNEIDER & GÖTTNER 1991).

Neben anderen Teilvorgängen sind vor allem Massenflüsse und Reaktionen, die den Wasserinhaltsstoff aus dem Boden entfernen oder ihm denselben zuführen, für den Schadstofftransport im Boden verantwortlich. Im einzelnen haben folgende Teilprozesse die größte Bedeutung:

1. Konvektion
2. Dispersion
3. Diffusion
4. Sorption

Das Zusammenwirken dieser Prozesse wird durch die folgende Version der Stofftransportgleichung beschrieben (FREEZE & CHERRY 1979):

$$\frac{\delta C}{\delta t} = D \frac{\delta^2 C}{\delta z^2} - v \frac{\delta C}{\delta z} - \frac{\rho}{\theta} \frac{\delta S_a}{\delta t} \quad (5.1)$$

- C     Stoffkonzentration im Wasser (M/L<sup>3</sup>)  
t     Zeit (T)  
z     Entfernung (L)  
D     Diffusions-Dispensionskoeffizient (L<sup>2</sup>/T)  
v     durchschnittliche Fließgeschwindigkeit (L/T)  
ρ     Trockendichte des porösen Mediums (M/L<sup>3</sup>)  
θ     volumetrischer Wassergehalt (L<sup>3</sup>/L<sup>3</sup>)  
S<sub>a</sub>     im porösen Medium adsorbierte Stoffmenge (M/M)

Die Terme auf der rechten Seite der Gleichung sind von links nach rechts der Diffusions-Dispersionsterm, der Konvektionsterm und der Sorptionsterm. Im folgenden werden die Terme der Gleichung erläutert.

### Diffusions-Dispersionskoeffizient

Der Diffusions-Dispersionskoeffizient setzt sich aus einem Diffusions- und einem Dispersionskoeffizienten zusammen:

$$D = D_m + D_h \quad (5.2)$$

$D_m$  Diffusionskoeffizient im porösen Medium ( $L^2/T$ )

$D_h$  Dispersionskoeffizient im porösen Medium ( $L^2/T$ )

### Diffusion

Die Diffusion ist ein physikalischer Ausgleichsprozess, bei dem Moleküle, Atome und Ionen in Folge ihrer Wärmebewegung (BROWNsche Molekularbewegung) von Orten höherer Konzentration zu Orten niedrigerer Konzentration gelangen. Sie stellt einen von der Wasserbewegung unabhängigen Bewegungsmechanismus dar. Der Diffusionskoeffizient eines Stoffes in freier Flüssigkeit wird von seinen physikalisch-chemischen Eigenschaften und denen der Flüssigkeit bestimmt. Bei den meisten Stoffen liegen sie zwischen  $2 \times 10^{-9}$  und  $8 \times 10^{-10}$   $m^2/s$  (SCHNEIDER & GÖTTNER 1991).

Im Porenraum des Bodens wird die Diffusion jedoch gegenüber der im freien Flüssigkeitsraum behindert. Dies liegt vor allem daran, daß die Poren nicht vollständig wassergesättigt sind und durch ihre Krümmung die Diffusionswege gegenüber der freien Flüssigkeit verlängern (Tortuosität). Weiterhin werden die Diffusionskoeffizienten durch elektrochemische Faktoren verringert (HARTGE 1978). Alle diese, den Diffusionsvorgang behindernden Faktoren werden durch den Impedanzfaktor ( $\gamma$ ) quantifiziert, daraus ergibt sich für den Diffusionskoeffizienten in einem porösen Medium folgende Beziehung:

$$D_m = \gamma D_0 \quad (5.3)$$

$\gamma$  Impedanzfaktor (dimensionslos)

$D_0$  Diffusionskoeffizient in freiem Wasser ( $L^2/T$ )

Der Impedanzfaktor ist wegen der Behinderung durch die oben genannten Faktoren folgerichtig immer  $< 1$ . Da er nicht durch die Eigenschaften des Mediums abgeleitet werden kann, muß er durch Messungen bestimmt werden. Er kann aber auch durch empirische Gleichungen berechnet werden. In der Literatur (z.B. SCHNEIDER & GÖTTNER 1991) werden Angaben zu gemessenen Diffusionskoeffizienten verschiedener Stoffe in porösen

Medien gemacht. Diese Werte variieren in Abhängigkeit vom Medium und den experimentellen Bedingungen. Letztlich liegen sie aber alle in der gleichen Größenordnung, im Bereich um  $5 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s. Dieser Wert wurde daher auch für die folgenden Berechnungen eingesetzt.

### Dispersion

Die Dispersion beruht auf den unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten des Porenwassers, die von der unterschiedlichen Größe und Krümmung der Poren verursacht werden. Die unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten innerhalb einer Pore bewirken eine Verteilung bzw. Vermischung der gelösten Wasserinhaltsstoffe im bewegten Porenwasser. Der Dispersionskoeffizient (L<sup>2</sup>/T) ist abhängig von der mittleren Porenwassergeschwindigkeit (v). Er wird nach BEAR (1972) folgendermaßen berechnet:

$$D_h = \alpha v \quad (5.4)$$

$D_h$  Dispersionskoeffizient (L<sup>2</sup>/T)

$\alpha$  Dispersivität (L)

Durch die Dispersivität werden alle Einflußgrößen des Bodens, die Variationen der Fließgeschwindigkeit hervorrufen, berücksichtigt. Die Dispersivität erhöht sich mit abnehmender Porosität, zunehmender Korngröße, abnehmendem Rundungsgrad und zunehmender Ungleichförmigkeit (KLOTZ 1973). Der entscheidende Faktor ist aber die Länge des Fließweges. Nach der Zusammenstellung gemessener Werte in GELHAR et al. (1992) kann die folgende einfache Beziehung zu Grunde gelegt werden:

$$\alpha \approx 0,1 L_f \quad (5.5)$$

$L_f$  Länge des Fließweges

Diese Beziehung wird für die hier folgenden Berechnungen angewendet.

Fließgeschwindigkeit (Konvektion)

Die Fließgeschwindigkeit in einem porösen Medium wird nach D´Arcy (1856) mit der folgenden Formel berechnet:

$$v = \frac{k_f}{\theta} \frac{d(h+z)}{dz} \quad (5.6)$$

$k_f$  gesättigte Wasserleitfähigkeit (L/T)

$h$  Wasserdruck oder Wasserspannung

Für die folgenden Berechnungen wurde zu Grunde gelegt, daß der betrachtete Boden wassergesättigt und kein Wasser darauf gestaut ist. Damit ist  $h = 0$  und das Fließgefälle  $d(h+z)/dz$  reduziert sich zu  $dz/dz = 1$ . Dies bedeutet, daß die Wasserbewegung ausschließlich als Folge der Schwerkraft stattfindet (HILLEL 1980).

Die Wasserleitfähigkeit des Bodens wird primär durch seine Korngrößenverteilung beeinflusst. Grundsätzlich geht mit zunehmender Feinkörnigkeit bzw. zunehmendem Tongehalt eine Abnahme der Wasserleitfähigkeit einher. Dieser Zusammenhang wird aber durch das Bodengefüge modifiziert. Besonders bei feinkörnigen Böden kann der Anteil der gut wasserleitenden Grobporen (Sekundärporen) durch die Gefügeentwicklung so groß sein, daß diese ähnlich hohe  $k_f$ -Werte wie gröbere Substrate aufweisen (HARTGE 1978). Für die hier anstehenden Berechnungen wurden die in Tab. 12 aufgeführten, aus der KA 4 (AG BODEN 1994) stammenden  $k_f$ -Werte benutzt.

Trockendichte und Wassergehalt

Bei dieser Betrachtung wird, so wie im vorherigen Abschnitt, davon ausgegangen, daß der Boden über die zu betrachtende Länge wassergesättigt ist. Damit sind alle Poren wassergefüllt und der volumetrische Wassergehalt entspricht der Gesamtporosität.

Zwischen der Gesamtporosität und der Rohdichte (Trockenraumgewicht) besteht die folgende Beziehung:

$$\rho = (1-\theta_s) \rho_p \quad (5.7)$$

$\rho$  Rohdichte (M/L<sup>3</sup>)

$\theta_s$  Gesamtporosität bzw. Wassergehalt bei Sättigung (L<sup>3</sup>/L<sup>3</sup>)

$\rho_p$  Dichte der festen Bestandteile, Korndichte (M/L<sup>3</sup>)

In der Regel bildet Quarz den Hauptanteil der Festsubstanz des Bodens. Daher kann für die Korndichte der meisten Böden die Dichte des Quarzes von  $2.650 \text{ kg/m}^3$  angenommen werden. Dieser Wert wird auch hier für  $\rho_p$  angesetzt (vgl. SCHACHTSCHABEL et al. 1992). Für die in Tab. A.5.1 aufgeführten 3 verschiedenen Rohdichten von  $1250$ ,  $1550$  und  $1850 \text{ kg/m}^3$  wurden die daraus resultierenden Porositäten von  $0,53$ ,  $0,42$  und  $0,31$  zur Berechnung eingesetzt.

### Adsorption

#### Einfluß des Substrates

Die im Wasser gelösten Stoffe können an der Oberfläche der Feststoffbestandteile des Bodens angelagert werden (Adsorption), ihre Freisetzung wird als Desorption bezeichnet. Je kleiner die festen Bodensubstanzen sind, desto größer ist deren spezifische Oberfläche, mit der die Summe der Grenzflächen fest-flüssig und fest-gasförmig bezeichnet wird. So beträgt die spezifische Oberfläche bei Sand  $< 0,1 \text{ m}^2/\text{g}$ , bei Schluff  $0,1 - 1 \text{ m}^2/\text{g}$ , bei Ton  $5 - 500 \text{ m}^2/\text{g}$  und bei den Huminstoffen  $800 - 1000 \text{ m}^2/\text{g}$  (SCHACHTSCHABEL et al. 1992).

Aus diesen Angaben ergibt sich, daß die Tonminerale und die Huminstoffe im wesentlichen die Adsorptionskapazität von Böden ausmachen. Für die hier anstehende Bearbeitung wird aber die Betrachtung auf die anorganischen Austauscherelemente, die Tonminerale beschränkt, da die Huminstoffe im Regelfall nur im Oberboden anzutreffen sind und hier die mineralischen Bodenarten der Bodenschätzung bis in  $1 \text{ m}$  Tiefe beurteilt werden.

Neben der spezifischen Oberfläche sind Art und Ausmaß der Adsorption von der Ladungsart und der Ladungsdichte der Tonminerale abhängig. Da die Tonminerale der mitteleuropäischen Böden meistens negativ geladen sind, ergibt sich, daß positiv geladene Stoffe in weit größerem Ausmaß adsorbiert werden als negativ geladene oder unpolare Stoffe. Die Zunahme der elektrischen Ladungsdichte (Ladung/ $\text{m}^2$  Oberfläche) der Tonminerale ist mit einer Erhöhung der Adsorptionskapazität verbunden (SCHACHTSCHABEL et al. 1992).

#### Adsorptions-Isothermen

Die adsorbierte Menge eines Stoffes steht in einem Gleichgewicht mit der Stoffkonzentration im Porenwasser. Bei steigender Konzentration des Stoffes im Porenwasser wird auch eine zunehmende Menge an den Feststoffen adsorbiert. Eine Abnahme im Porenwasser

führt zur Desorption von den Feststoffen. Die Ad- und Desorptionsprozesse sind also reversibel.

Die Adsorption eines Stoffes an der Festsubstanz verläuft bis zu einer bestimmten Konzentration im Porenwasser linear. Mit einer weiter steigenden Konzentration im Porenwasser wird die adsorbierte Menge aber geringer und erreicht einen Punkt, an dem alle Adsorptionsplätze belegt sind. Dann werden keine Stoffe mehr adsorbiert, die Stoffmenge, die an den Feststoffen des Bodens adsorbiert werden kann, ist also begrenzt (SCHNEIDER & GÖTTNER 1991).

Dieser Zusammenhang zwischen der Stoffkonzentration im Porenwasser und der adsorbierten Stoffmenge wird mathematisch durch Sorptions-Isothermen beschrieben. Der Begriff „Sorptions“ beinhaltet, daß es sich dabei sowohl um Ad- als auch um Desorptionsprozesse handelt. Der Begriff „Isotherme“ bedeutet, daß die Messungen bei konstanter Temperatur durchgeführt werden, weil die darin auftretenden Parameter temperaturabhängig sind.

Es existieren drei Sorptionsisothermen, die am häufigsten benutzt werden. Die FREUNDLICH-Isotherme ist der älteste nichtlineare Sorptionsansatz. Mit ihr wird die Begrenzung der Adsorptionsplätze an den Feststoffen nicht berücksichtigt. Gleichwohl liefert die FREUNDLICH-Isotherme befriedigende Ergebnisse zur Beschreibung des Sorptionsverhaltens von anorganischen und organischen Wasserinhaltsstoffen bis zu einem bestimmten Konzentrationsbereich (SCHNEIDER & GÖTTNER 1991).

Mit der ebenfalls nichtlinearen LANGMUIR-Isotherme wird dagegen die Endlichkeit der Adsorptionskapazität an den Feststoffoberflächen berücksichtigt. Mit ihr erfolgt also vor allem in höheren Konzentrationsbereichen die genaueste Beschreibung der Sorptionsvorgänge. Im unteren Konzentrationsbereich liefert sie dagegen ähnliche Ergebnisse wie die FREUNDLICH-Isotherme (SWARTJES et al. 1991).

Die HENRY-Isotherme ist dagegen ein linearer Sorptionsansatz und die einfachste und am häufigsten benutzte Isotherme. Die Begrenzung der Adsorptionskapazität der Feststoffe wird mit ihr nicht berücksichtigt. Sie ist daher vor allem für die Beschreibung der Sorption in geringeren Konzentrationsbereichen geeignet. Da mit der HENRY-Isotherme eine analytische Lösung der Stofftransportgleichung gut möglich ist und die im Boden vorkommenden Schadstoffkonzentrationen im Normalfall im linearen Bereich des Sorptionsprozesses liegen, wird sie für die Beschreibung der Sorption herangezogen. Die Gleichung der HENRY-Isotherme lautet:

$$S_a = k_H C \quad (5.8)$$

$k_H$  Verteilungskoeffizient der HENRY-Isotherme ( $L^3/M$ )

Wie oben erläutert werden die Sorptionseigenschaften der Matrix vor allem vom Tongehalt bestimmt. Dies findet in der HENRY-Isotherme seinen Niederschlag im Parameter  $k_H$ . Von GÖTTNER (1994) wurden u.a. mit Zink Sorptionsversuche an verschiedenen Bodenarten durchgeführt. Aus diesen Daten wurde durch Regressionsanalysen die folgende Beziehung abgeleitet, die auch für die nachfolgenden Berechnungen eingesetzt wurde:

$$k_{H \text{ Zink}} = 0,0123 \exp(0,0322 Tg) \quad (5.9)$$

$Tg$  Tongehalt (Gewichts-%)

### Zu betrachtender Stoff

Aus der großen Anzahl der Schadstoffe, die im Porenwasser des Bodens gelöst sein können, wurde stellvertretend für die Gruppe der Schwermetalle Zink ausgewählt um die Sorptionsvorgänge zu beschreiben. Zink ist einerseits ein für Mensch, Tier und Pflanze essentielles Spurenelement, das andererseits in höheren Konzentrationen eine toxische Wirkung auf Pflanzen ausüben kann. Das Metall liegt in der Bodenlösung vor allem als  $Zn^{2+}$  vor. Der Gehalt unbelasteter Böden an Gesamt-Zink liegt meistens zwischen 10 und 80 mg/kg (SCHACHTSCHABEL et al. 1992). Die aktuellen Vorsorgewerte für Zink im Boden liegen nach der Bundes-Bodenschutzverordnung bei 60 mg/kg für die Bodenart Sand, bei 150 mg/kg für Lehm/Schluff und bei 200 mg/kg für Ton (BUNDESKABINETT 1999). Zink eignet sich gut als Repräsentant zur Beschreibung der Schwermetalladsorption, da es eine mittlere Bindungsstärke an die Tonminerale des Bodens aufweist (vgl. DVWK 1988).

## **3. Durchführung der Berechnungen**

### Einfügen der HENRY-Isotherme in die Stofftransportgleichung

Um die Berechnungen durchführen zu können, muß zunächst die HENRY-Isotherme (Gl. 5.8) in die Stofftransportgleichung (Gl. 5.1) eingefügt werden. Hierzu wird der Sorptionsterm in Gl. 5.1 durch die HENRY-Isotherme ersetzt und die Gleichung vereinfacht. So ergibt sich folgende Stofftransportgleichung, die hier für die Berechnungen benutzt wird:

$$R \frac{\delta C}{\delta t} = D \frac{\delta^2 C}{\delta z^2} - v \frac{\delta C}{\delta z} \quad (5.10)$$

R Retardationskoeffizient (dimensionslos)

Der Retardationskoeffizient wird dabei durch folgende Gleichung dargestellt:

$$R = \left[ 1 + \frac{\rho k_H}{\theta} \right] \frac{\delta C}{\delta t} \quad (5.11)$$

### Randbedingungen

Um die Gleichung 5.10 lösen zu können, müssen die Randbedingungen des zu beschreibenden Stofftransportprozesses benannt werden. Es werden folgende Randbedingungen angesetzt:

- der Boden ist homogen, so daß R, D, v sowie die Parameter, die in ihre Berechnung eingehen ( $\rho$ ,  $\theta_s$ ,  $\rho_p$ ,  $k_H$ ,  $\theta$ ,  $D_m$ ,  $\alpha$ ,  $k_f$ , und  $h$ ) überall gleich sind,
- das poröse Medium ist wassergesättigt
- das Fließgefälle hat den Wert 1 und bleibt über den Betrachtungszeitraum konstant, so daß auch v konstant bleibt,
- vor Beginn des Betrachtungszeitraums ( $t < 0$ ) ist die Zinkkonzentration überall im Boden Null ( $C = 0$ ),
- zu und nach Beginn des Betrachtungszeitraums ( $t \geq 0$ ) ist die Zinkkonzentration am oberen Rand des Bodens ( $z = 0$ ) konstant und hat den Wert  $C = C_0$ ,
- weit weg vom oberen Rand des Bodens ( $z = \infty$ ) ist die Stoffkonzentration zu jeder Zeit Null ( $C = 0$ ).

### Lösung der Stofftransportgleichung

Mit den oben genannten Randbedingungen lautet die Lösung der Gleichung 5.10 nach PARKER & VAN GENUCHTEN (1984) wie folgt:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{2} \left[ \operatorname{erfc} \left[ \frac{z - v't}{2\sqrt{D't}} \right] + \exp \left[ \frac{vz}{D} \right] \operatorname{erfc} \left[ \frac{z + v't}{2\sqrt{D't}} \right] \right] \quad (5.11)$$

$C_0$     Stoffkonzentration am oberen Rand des Bodens

$v'$      $v/R$

$D'$      $D/R$

Mit dieser Form der Stofftransportgleichung wird ausgesagt, wie lange es dauert, bis ein bestimmter Anteil der Ausgangskonzentration einer Substanz am oberen Ende des porösen Mediums am unteren Ende anzutreffen ist. Das Ergebnis ist unabhängig von der Wahl des Wertes für  $C_0$ .

Für die anschließenden Berechnungen wurde ein Computerprogramm von BORG (1995) verwendet, das in der Sprache „QBASIC“ auf MS-DOS läuft. Das Programm kann in der Weise eingestellt werden, daß als variierende Parameter nur der kf-Wert, der Tongehalt und die Lagerungsdichte eingegeben zu werden brauchen.

#### 4. Berechnungen an Hand der Bodenarten der Bodenschätzung

Mit den Berechnungen soll die unterschiedliche Verlagerung von Zink am Beispiel der Hauptbodenarten der Bodenschätzung dargestellt werden. Damit wird deren unterschiedliche Erfüllung der Filterfunktion gezeigt.

Die Darstellung der Schadstoffverlagerung am Beispiel von Anionen oder von organischen Schadstoffen wird nicht durchgeführt, da sich die Anionen im wesentlichen nur mit dem Sickerwasser bewegen. Hierbei wäre das Ergebnis das Gleiche wie bei der Beschreibung und schließlich auch der Einstufung der Grundwasserneubildung. Dies gilt auch für organische Stoffe, die großenteils Retardationskoeffizienten zwischen 1 und 2 aufweisen und auch nur schwach adsorbiert werden. Daher erfolgt eine Beschränkung der Untersuchung auf Kationen.

Für die Berechnungen wurden die mittleren Tongehalte der Bodenarten der KA 4 (AG BODEN) herangezogen, wie sie sich aus der Zuordnung zu den Hauptbodenarten der Bodenschätzung nach Tab. 12 ergeben. Die hier eingesetzten kf-Werte sind das Ergebnis der Zuordnung aus Tab. 13. Die Trockenraumgewichte (Rohdichte) wurden entsprechend der in Tab. 13 vorgenommenen Zuweisung von Klassen der effektiven Lagerungsdichte zu den Zustandsstufen der Bodenschätzung als repräsentative Mittelwerte in Anlehnung an die Werte aus Tab. 19 der KA4 (AG BODEN 1994) eingesetzt.

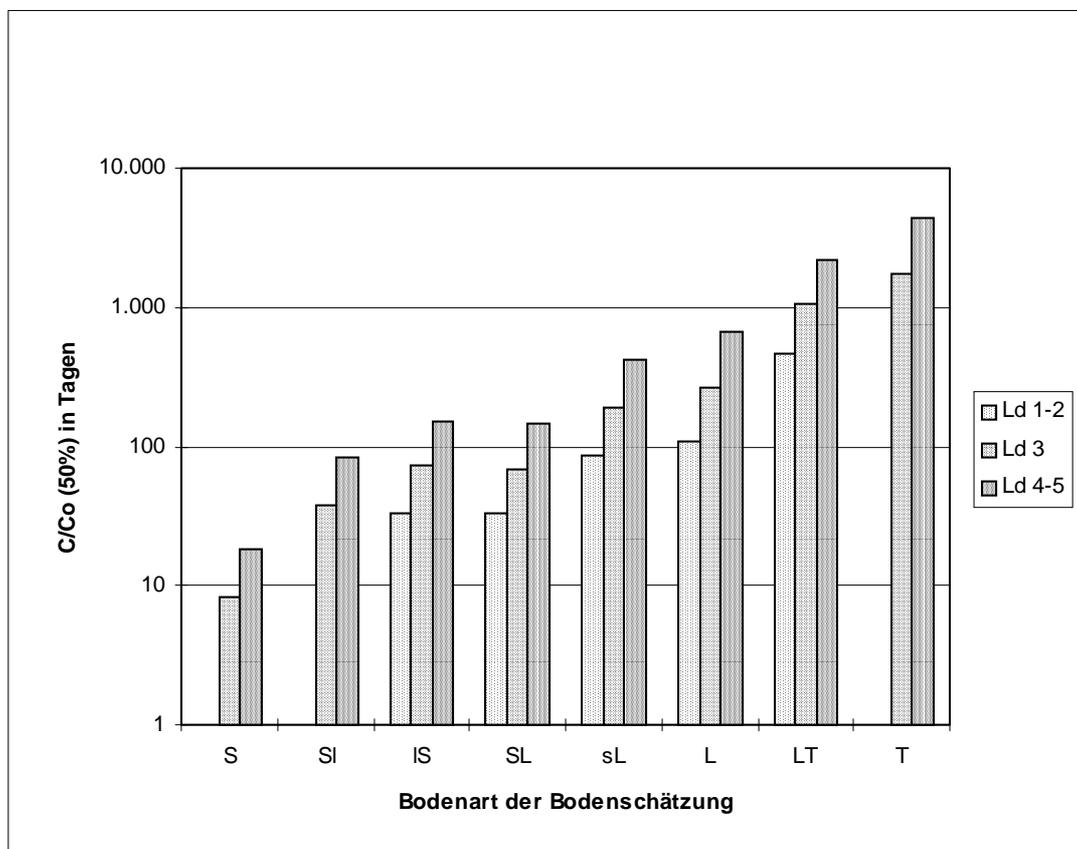
Weiter wird in den Berechnungen, in Übereinstimmung mit den Grundlagen der Bodenschätzung, eine Profiltiefe von 1 m zu Grunde gelegt. Berechnet wurden die Zeiten, die vergehen, bis 50 % der Zinkkonzentration vom oberen Ende der Bodensäule am unteren Ende, in 1 m Tiefe auftreten. Diese Zeiten, in den Tabellen als  $C/C_0$ -Werte angegeben, werden im folgenden auch als Durchtrittszeiten bezeichnet.

In Tab. A.5.1 und Abb. A.5.1 sind die Ergebnisse der Berechnungen zur Zinkverlagerung in den Hauptbodenarten der Bodenschätzung für drei verschiedene Lagerungs- bzw. Rohdichten wiedergegeben. Von den drei miteinander zusammenhängenden Faktoren Rohdichte, Tongehalt und  $k_f$ -Wert hat, wie ergänzende Berechnungen gezeigt haben, die Rohdichte den geringsten, einen durchaus als unerheblich zu bezeichnenden Einfluß auf die Durchtrittswerte.

Die Tongehalte haben dagegen eine merkliche Auswirkung auf die Höhe der Durchtrittswerte, die mit zunehmendem Tonanteil (schwach exponentiell) ansteigen. Der entscheidende und alles überlagernde Faktor sind aber die  $k_f$ -Werte, die mit ihrer Abnahme für eine im gleichen Ausmaß erfolgende (lineare) Zunahme der Durchtrittswerte verantwortlich sind. Dabei ist jeweils für sich betrachtet der Einfluß der beiden Parameter zunächst gleich. So bewirkt die Verdopplung des Tongehalts etwa die gleiche Veränderung der Durchtrittswerte wie die Halbierung der  $k_f$ -Werte. Die verschiedenen Variationsbreiten der beiden Parameter sind aber für ihre unterschiedlichen Einflüsse auf die Stoffverlagerung verantwortlich. So unterscheiden sich die Tongehalte der überprüften Bodenarten maximal nur um den Faktor 20. Der höchste eingesetzte  $k_f$ -Wert ist dagegen um das 115-fache größer als der niedrigste. Die  $k_f$ -Werte sind also der sensiblere Faktor zur Berechnung der Stoffverlagerung und hieraus erklärt sich, daß die Verteilung der Durchtrittswerte in Abbildung A.5.1 eine vergleichbare Abstufung ergibt wie die der  $k_f$ -Werte in Abbildung 4 (Kap. 8.2).

**Tabelle A.5.1:**  $C/C_0$ -Werte (50 %) der Zinkverlagerung für die Bodenarten der Bodenschätzung bei verschiedenen Zustandsstufen bzw. Lagerungsdichten.

Bodenart	Zustandsstufe	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Tongehalt [%]	kf [cm/d]	$C/C_0$ 50%
S	3 - 5	1550	2,5	229	8,4 d
	6 - 7	1850	2,5	126	18,0 d
SI	3 - 5	1550	5,9	56	38,2 d
	6 - 7	1850	5,9	30	84,4 d
IS	1 - 2	1250	8,1	57	32,7 d
	3 - 5	1550	8,1	31	73,9 d
	6 - 7	1850	8,1	18	150,9 d
SL	1 - 2	1250	9,2	58	33,3 d
	3 - 5	1550	9,2	35	67,7 d
	6 - 7	1850	9,2	19	148,0 d
sL	1 - 2	1250	21,3	33	85,7 d
	3 - 5	1550	21,3	18	193,5 d
	6 - 7	1850	21,3	10	414,0 d
L	1 - 2	1250	20,5	25	110,2 d
	3 - 5	1550	20,5	13	261,2 d
	6 - 7	1850	20,5	6	672,4 d
LT	1 - 2	1250	45,1	13	463,6 d
	3 - 5	1550	45,1	7	1064 d
	6 - 7	1850	45,1	4	2219 d
T	3 - 5	1550	50,3	5	1761 d
	6 - 7	1850	50,3	2	4398 d



**Abb. A.5.1:** Darstellung der  $C/C_0$ -Werte aus Tabelle A.5.1 für die Bodenarten der Bodenschätzung bei 3 verschiedenen Lagerungsdichten.

Die in Tab. A.5.1 und Abb. A.5.1 dargestellten Ergebnisse relativieren sich und bekommen einen eher abstrakten Charakter dadurch, daß sie auf den maximalen, für diese Bodenarten möglichen kf-Werten beruhen. So wird die Ausnutzung der hohen kf-Werte von Sand unter natürlichen Bedingungen normalerweise nicht erreicht. Dies bedeutet, daß die Unterschiede zwischen den sandigen Bodenarten und den weniger durchlässigen Texturen weniger gravierend sein müssen als in Abb. A.5.1 dargestellt.

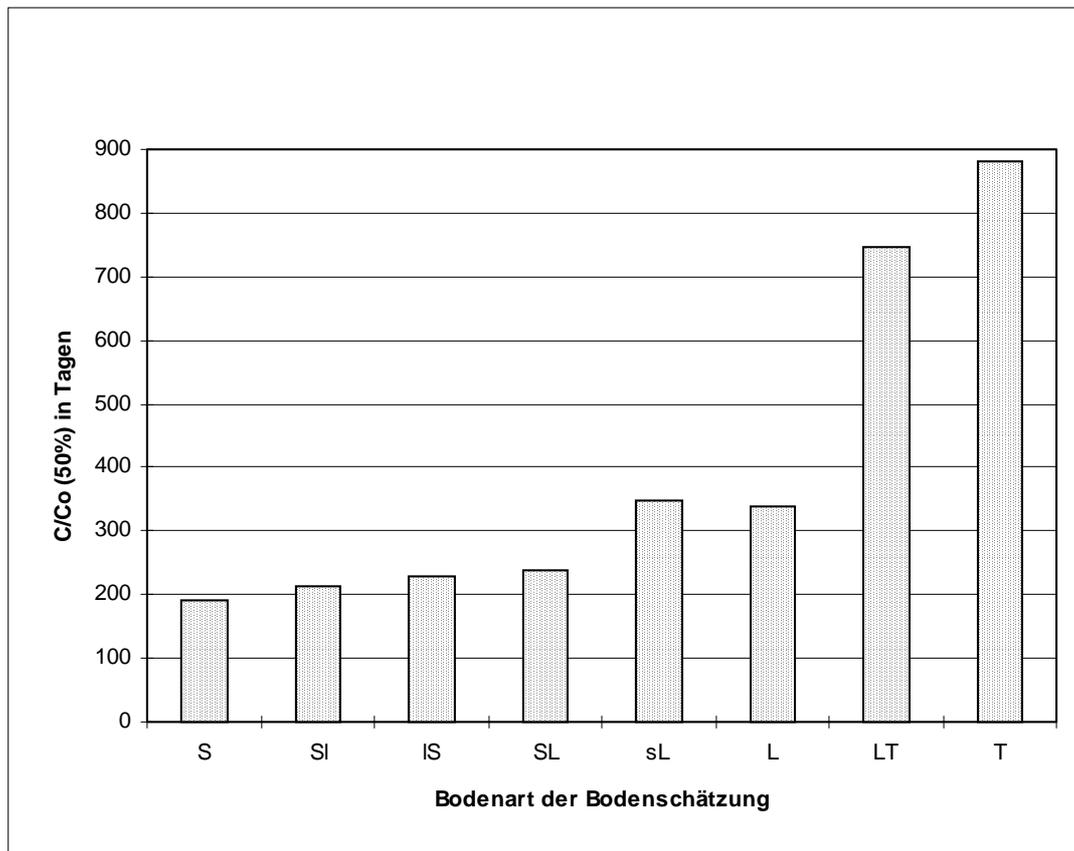
Aus diesem Grund wurden die Berechnungen mit einem für alle Bodenarten gleichen kf-Wert durchgeführt, um so eine Vorstellung über die Perkolation des Bodenwassers bei realistischen Niederschlagsverhältnissen zu erhalten. Dabei wurde zunächst mit 10 cm/d ein Wert eingesetzt, der einem sintflutartigen Niederschlagsereignis entspricht. Diese Ergebnisse sind in Tab. A.5.2 und Abb. A.5.2 wiedergegeben. Für die Bodenarten LT und T wurden deren maximale kf-Werte von 7 bzw. 5 cm/d herangezogen.

Im Anschluß wurden die gleichen Berechnungen noch mit dem kf-Wert von 0,1 cm/d für die verschiedenen Bodenarten vorgenommen. Diese Ergebnisse sind in Tab. A.5.3 und Abb. A.5.3 enthalten. Die Durchtrittszeiten entsprechen einem geringen Sickerwasseranfall, wie er in der Natur bei niedrigen Niederschlagswerten vorkommt.

Die Abbildungen A.5.2 und A.5.3 zeigen trotz der um den Faktor 100 verschiedenen kf-Werte die gleiche Verteilung der Durchtrittszeiten. Dies liegt am linearen Zusammenhang zwischen den kf- und den  $C/C_0$ -Werten. Im Anstieg der Durchtrittszeiten mit zunehmendem Tongehalt ist außerdem die exponentielle Beziehung zwischen den Tongehalten und den Durchtrittszeiten ersichtlich.

**Tabelle A.5.2:**  $C/C_0$ -Werte (50 %) der Zinkverlagerung für die Bodenarten der Bodenschätzung bei kf-Werten  $\leq 10$  cm/d.

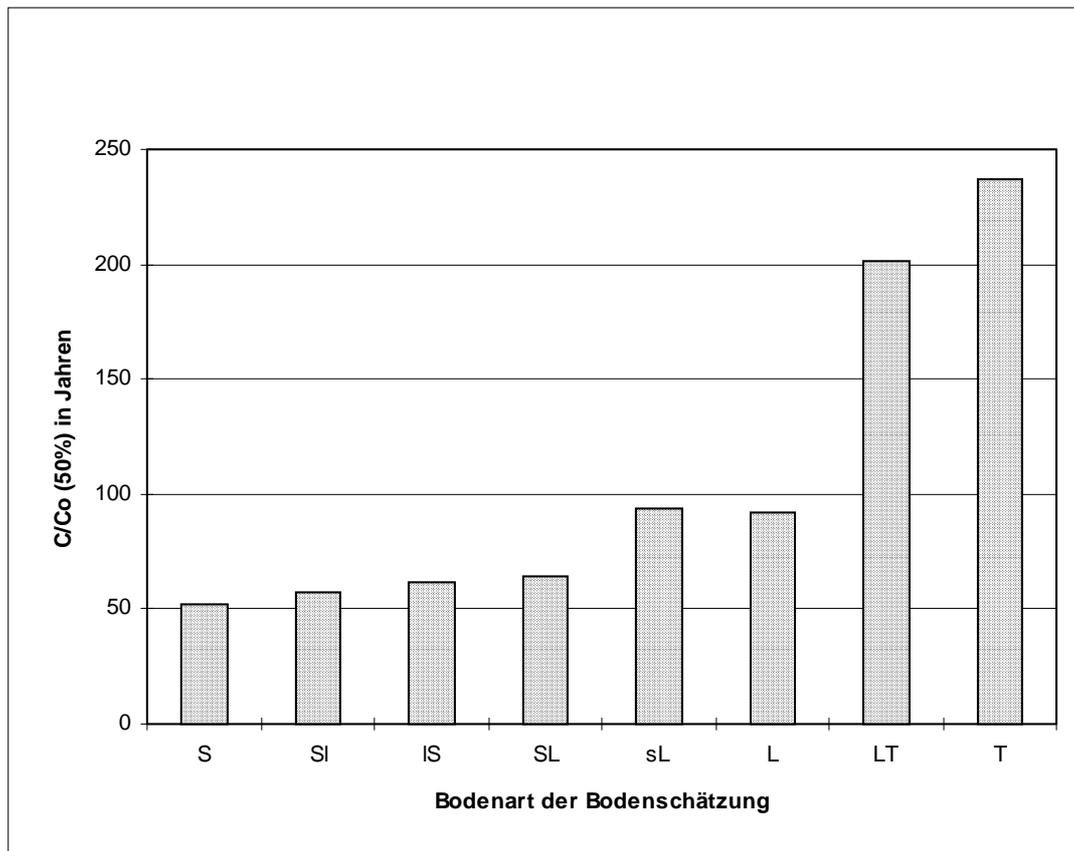
Bodenart	Zustandsstufe	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Tongehalt [%]	kf [cm/d]	$C/C_0$ 50%
S	2 - 5	1550	2,5	10	191,8 d
SI	2 - 5	1550	5,9	10	213,6 d
IS	2 - 5	1550	8,1	10	229,0 d
SL	2 - 5	1550	9,2	10	237,1 d
sL	2 - 5	1550	21,3	10	348,3 d
L	2 - 5	1550	20,5	10	339,5 d
LT	2 - 5	1550	45,1	7	1064 d
T	2 - 5	1550	50,3	5	1761 d



**Abb. A.5.2:** Darstellung der  $C/C_0$ -Werte aus Tabelle A.5.2 für die Bodenarten der Bodenschätzung bei mittlerer Lagerungsdichte und  $k_f$ -Werten  $\leq 10$  cm/d.

**Tabelle A.5.3:**  $C/C_0$ -Werte (50 %) der Zinkverlagerung für die Bodenarten der Bodenschätzung bei gleichem  $k_f$ -Wert von 0,1 cm/d.

Bodenart	Zustandsstufe	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Tongehalt [%]	$k_f$ [cm/d]	$C/C_0$ 50% (a)
S	3 - 5	1550	2,5	0,1	51,8
SI	3 - 5	1550	5,9	0,1	57,6
IS	3 - 5	1550	8,1	0,1	61,8
SL	3 - 5	1550	9,2	0,1	64
sL	3 - 5	1550	21,3	0,1	93,9
L	3 - 5	1550	20,5	0,1	91,6
LT	3 - 5	1550	45,1	0,1	201
T	3 - 5	1550	50,3	0,1	237,4



**Abb. A.5.3:** Darstellung der  $C/C_0$ -Werte aus Tabelle A.5.3 für die Bodenarten der Bodenschätzung bei mittlerer Lagerungsdichte und gleichem  $k_f$ -Wert von 0,1 cm/d.

## 5. Bewertung der Filterfunktion für Schadstoffe auf Grundlage der Durchtrittswerte für Zink

Die im vorherigen Kapitel dargestellten Durchtrittswerte von Zink in verschiedenen Bodenarten dienen jetzt als Grundlage für die Bildung von Klassen zur Einstufung der Filterfunktion. Es wäre erstrebenswert, die an den  $k_f$ -Werten der „Praxis“ orientierten Ergebnisse in den Abbildungen A.5.2 und A.5.3 als Basis der Klassifizierung heranzuziehen. Dies ist aber unzuweckmäßig, da sich diese Ergebnisse nur in drei Gruppen sinnvoll einordnen ließen. Es wird aber, wie bei den anderen Funktionen auch, die Entwicklung eines 5-stufigen Bewertungssystems angestrebt. Des weiteren müssten bei Verwendung der Abbildungen A.5.2 und A.5.3 die Bodenarten S, SI, IS und SL in eine gemeinsame Klasse eingestuft werden. Diese Spanne ist jedoch zu weit.

Was bleibt ist daher das Heranziehen der Ergebnisse in Tab. A.5.1 zur Bildung der 5 Klassen. Dies ist gut möglich, wie die in Abb. A.5.1 gezeigte Verteilung der Durchtrittszeiten

zeigt. Es spricht auch nichts gegen die Verwendung dieser Werte, obwohl sie eher theoretischer Natur sind (Kap. 4 dieser Anlage). Es geht hier nämlich nicht um absolute Werte, sondern darum, ein relatives Maß zur Beurteilung der Filterfunktion zu finden. Und zu diesem Zweck sind die Werte aus Abb. A.5.1 gut geeignet.

Auf Grundlage der Tab. A.5.1 und Abb. A.5.1 werden die in Tab. A.5.4 dargestellten Klassen zur Beurteilung der Filterfunktion herangezogen.

**Tabelle A.5.4:** Einteilung der Kategorien zur Bewertung der Bodenfunktion „Filterung von Schadstoffen“ anhand von  $C/C_0$ -Werten von Zink.

Kategorie	$C/C_0$ (50 %) von Zink
1	> 300 d
2	100 - 300 d
3	60 - 99 d
4	30 - 59 d
5	< 30 d

In der nachfolgenden Tab. A.5.5 sind die in Tab. A.5.1 enthaltenen Durchtrittszeiten eingetragen und so den Klassenzeichen der Bodenschätzung zugeordnet. An Hand der Kategorien in Tab. A.5.4 wird dann die Eintragung der Einstufungen in den Ackerschätzungsrahmen in der anschließenden Tab. A.5.6 vorgenommen. Dabei bleibt zunächst noch die Frage nach der Klassifizierung der Bodenarten mit der Entstehungsart Vg und der Moore. Dies geschieht in der Weise, daß die Entstehungsarten Vg wegen der erhöhten Steingehalte innerhalb ihrer Hauptbodenart pauschal um eine Stufe zurückgesetzt werden. Die Moore besitzen wegen der großen inneren Oberfläche der organischen Substanz sehr hohe Sorptionskapazitäten. Sie werden aus diesem Grund mit allen Zustandsstufen in die Kategorie 1 eingestuft.

**Tabelle A.5.5:** Zuordnung der  $C/C_0$ -Werte von Zink (50 %, d) aus Tab. A5.1 zu den Hauptbodenarten der Bodenschätzung unter Berücksichtigung der Entstehungsart und der Zustandsstufe.

Bodenart	Entstehung	Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S	D			8,4	8,4	8,4	18	18
	Al			8,4	8,4	8,4	18	18
	V			8,4	8,4	8,4	18	18
Sl	D			38,2	38,2	38,2	84,4	84,4
	Al			38,2	38,2	38,2	84,4	84,4
	V			38,2	38,2	38,2	84,4	84,4
IS	D	32,7	32,7	73,9	73,9	73,9	150,9	150,9
	Lö	32,7	32,7	73,9	73,9	73,9	150,9	150,9
	Al	32,7	32,7	73,9	73,9	73,9	150,9	150,9
	V		32,7	73,9	73,9	73,9	150,9	150,9
	Vg							
SL	D	33,3	33,3	67,7	67,7	67,7	148	148
	Lö	33,3	33,3	67,7	67,7	67,7	148	148
	Al	33,3	33,3	67,7	67,7	67,7	148	148
	V	33,3	33,3	67,7	67,7	67,7	148	148
	Vg							
sL	D	85,7	85,7	193,5	193,5	193,5	414	414
	Lö	85,7	85,7	193,5	193,5	193,5	414	414
	Al	85,7	85,7	193,5	193,5	193,5	414	414
	V	85,7	85,7	193,5	193,5	193,5	414	414
	Vg							
L	D	110,2	110,2	261,2	261,2	261,2	672,4	672,4
	Lö	110,2	110,2	261,2	261,2	261,2	672,4	672,4
	Al	110,2	110,2	261,2	261,2	261,2	672,4	672,4
	V	110,2	110,2	261,2	261,2	261,2	672,4	672,4
	Vg							
LT	D	463,6	463,6	1064	1064	1064	2219	2219
	Al	463,6	463,6	1064	1064	1064	2219	2219
	V	463,6	463,6	1064	1064	1064	2219	2219
	Vg							
T	D			1761	1761	1761	4398	4398
	Al			1761	1761	1761	4398	4398
	V			1761	1761	1761	4398	4398
	Vg							
Mo								

Zustandsstufe 1 - 2 = Ld 1-2 (KA4)  
Zustandsstufe 3 - 5 = Ld 3 (KA4)  
Zustandsstufe 6 - 7 = Ld 4-5 (KA4)

**Tabelle A.5.6:** Bewertung der Ackerböden nach der Bodenschätzung für die Bodenfunktion „Filterung von Schadstoffen.“

Bodenart	Entstehung	Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S	D		5	5	5	5	5	5
	Al		5	5	5	5	5	5
	V		5	5	5	5	5	5
SI	D		5	4	4	4	3	3
	Al		5	4	4	4	3	3
	V		5	4	4	4	3	3
IS	D	4	4	3	3	3	2	2
	Lö	4	4	3	3	3	2	2
	Al	4	4	3	3	3	2	2
	V		4	3	3	3	2	2
	Vg			4	4	4	3	3
SL	D	4	4	3	3	3	2	2
	Lö	4	4	3	3	3	2	2
	Al	4	4	3	3	3	2	2
	V	4	4	3	3	3	2	2
	Vg			4	4	4	3	3
sL	D	3	3	2	2	2	1	1
	Lö	3	3	2	2	2	1	1
	Al	3	3	2	2	2	1	1
	V	3	3	2	2	2	1	1
	Vg			3	3	3	2	2
L	D	2	2	2	2	2	1	1
	Lö	2	2	2	2	2	1	1
	Al	2	2	2	2	2	1	1
	V	2	2	2	2	2	1	1
	Vg			3	3	3	2	2
LT	D	1	1	1	1	1	1	1
	Al	1	1	1	1	1	1	1
	V	1	1	1	1	1	1	1
	Vg			2	2	2	2	2
T	D		1	1	1	1	1	1
	Al		1	1	1	1	1	1
	V		1	1	1	1	1	1
	Vg			2	2	2	2	2
Mo				1	1	1	1	1

Zustandsstufe 1 - 2 = Ld 1-2 (KA4)  
Zustandsstufe 3 - 5 = Ld 3 (KA4)  
Zustandsstufe 6 - 7 = Ld 4-5 (KA4)

## **Anlage 6**

Weitere Verfahren zur bodenkundlichen Landschaftsbewertung

## 1. Amerikanische Verfahren

### 1.1 Storie Index Rating (SIR)

Der Storie Index wurde zuerst im Jahr 1933 zum Zweck der Besteuerung von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Kalifornien veröffentlicht (STORIE & WEIR, 1942). Er gehört zu den bekanntesten parametrisch-multiplikativen Bewertungssystemen, welches in vielen anderen Ländern in abgewandelter Form verwendet wird. Er wurde mehrfach überarbeitet, die letzte Fassung stammt von 1978. Der Algorithmus, welcher heute noch verwendet wird, ist eine Version von 1944 (McRAE & BURNHAM 1981):

$$\text{SIR} = \begin{array}{cccc} A & \times & B & \times & C & \times & X \\ \text{Bodentyp} & & \text{Bodenart} & & \text{Hangneigung} & & \text{Verschiedenens} \\ & & & & & & \text{z.B. Drainage,} \\ & & & & & & \text{Nährstoffhaushalt} \end{array}$$

Der Storie Index ist so einfach anzuwenden wie er aussieht. Die Einstufungen der einzelnen Faktoren werden in einer Liste abgelesen, in der sie in Form von Prozentangaben klassifiziert sind. Der Bodentyp wird hierin nach der geomorphologischen Lage, dem Ausgangsmaterial, dem Entwicklungsgrad und der Gründigkeit in 9 Profilgruppen eingeteilt und eingestuft. Die Bodenart wird direkt und die Hangneigung nach der Reliefform und der prozentualen Hangneigung klassifiziert. Für den Faktor X werden ein oder mehrere Eigenschaften, ihrer Ausprägung entsprechend, der Liste entnommen. Die so gewonnenen Prozentangaben werden als Dezimalzahl (d.h. 80 % = 0,8) in die Formel eingesetzt und multipliziert. Das Endergebnis wird dann wieder in % ausgedrückt. Hierzu ist ein Beispiel in McRAE & BURNHAM (1981) aufgeführt:

Faktor A:	„Altamont series brown upland soil“, Ausgangsmaterial Schieferthon, Festgestein bei 90 cm, Profilgruppe VIII	70 %
Faktor B:	clay loam	85 %
Faktor C:	wellige Topographie (9-15 % Hangneigung)	90 %
Faktor X:	mäßige Flächenerosion mit flachen Rinnen	70 %

Storie Index =  $0,70 \times 0,85 \times 0,90 \times 0,70 = 0,37$ , angegeben als 37 %.

Als Grundlage für die Standortbewertung mit dem Storie Index dient eine Bodenkarte. Mit diesem System werden die Bodendaten vereinfacht dargestellt und die Anzahl der Bodeneinheiten gegenüber der als Grundlage verwendeten Bodenkarte stark reduziert. Die Ergebnisse werden als Landschaftstypenkarte und in detaillierter Form in Tabellen dargestellt.

Ein in den Tabellen angegebenes Ergebnis ist neben anderen das generelle Nutzungspotential des Bodentyps (STORIE & WEIR 1942).

## 1.2 Land Response Units

Das weniger bekannte Konzept der land response units wird von LEVEN et al. (1974) vorgestellt. Diese Methode kann, McRAE & BURNHAM (1981) folgend, als eine Kombination aus kategorisch und parametrisch angesehen werden. Die land response units wurden entwickelt, um Landschaftseinheiten im Südwesten der USA zu beschreiben, die relativ gleichförmig bezüglich der Landschaftsform, der groben Bodenmorphologie, der potentiellen Vegetation und des Mikroklimas sind. Im folgenden soll ein Verfahren vorgestellt werden, mit dem die land response units bezüglich der Fähigkeit, Biomasse zu produzieren und die menschliche Nutzung zu verkräften, klassifiziert werden.

Die Bewertung als Pflanzenstandort basiert bei dieser Methode auf den „integrierten Ökofaktoren“ des Bodens - der Bodenfeuchtigkeit, der Temperatur und den Nährstoffen. Diese gelten hier als die grundlegenden Bodenparameter nach denen ein Ökosystem funktioniert. Der Feuchtigkeitshaushalt hat die höchste Priorität in der Bewertung der Nutzungsfähigkeit, da dieser der am meisten limitierende Faktor für das Pflanzenwachstum im ariden Südwesten der USA ist. Die Bodentemperatur ist auf der zweiten Prioritätsstufe, da das Pflanzenwachstum und die Länge der Vegetationsperiode eng mit deren Jahresgang verbunden sind. Der Nährstoffhaushalt wird an dritter Stelle herangezogen. Aus diesen Faktoren ergibt sich die „soil capability“, die in drei Klassen eingeteilt wird. Nachfolgend wird die Durchführung der Bewertung im einzelnen dargestellt.

Die Bodenfeuchtigkeit wird in die 3 Kategorien arid, feucht und naß eingeteilt. Die Informationen hierzu werden aus Bodenkarten oder Klimadiagrammen entnommen. Für die Bodentemperatur existieren für die entsprechende Region 5 Bereiche, die wie die Bodenfeuchte in Bodenkarten zu ersehen sind (Soil Taxonomy des National Cooperative Soil Survey). Als dann wird der Nährstoffhaushalt des Bodens eingestuft, was vereinfachend an Hand der 4 folgenden Charakteristika geschieht:

- Effektive Bodentiefe; dies ist die Tiefe des Bodenprofils abzüglich des prozentualen Anteils der Steine im Profil. Es wird hiermit das Volumen des Bodens zur Wasser und Nährstoffspeicherung sowie die Wurzelentwicklung berechnet.
- Textur; diese wird als Indikator für die Verfügbarkeit von Bodenwasser und Nährstoffen sowie für das Porenvolumen verwendet.
- Bodenfarbe; hiermit wird der Gehalt an organischer Substanz geschätzt.

- pH; hierdurch werden allgemein die Bedingungen des Bodens als Medium des Pflanzenwachstums charakterisiert.

Die einzelnen Parameter werden gewichtet und numerisch bewertet und nach Tab. A.6.1 in drei Klassen eingeteilt. Anschließend wird die Summe der einzelnen Wertzahlen gebildet welche in 3 Nährstoffklassen eingestuft wird. Hierbei bestehen folgende Grenzen zwischen den einzelnen Klassen: hoch  $\geq 0,40$ , mittel =  $0,28-0,39$ , niedrig  $\leq 0,27$ .

**Tabelle A.6.1:** Gewichtung und Einstufung der Bodenparameter zur Bestimmung des „Nährstoffregimes“ nach LEVEN et al. (1974)

Bodeneigenschaft	Klasse		
	I	II	III
Bodentiefe [cm]	92	50 - 92	50
Wertzahl	0,33	0,22	0,11
Textur	mittel, ziemlich fein	ziemlich grob, fein	grob
Wertzahl	0,08	0,06	0,03
Bodenfarbe	dunkel	ziemlich dunkel, ziemlich hell	hell
Wertzahl	0,04	0,03	0,01
pH	6,6 - 7,3	5,6 - 6,5; 7,4 - 8,4	< 5,6, > 8,4
Wertzahl	0,04	0,03	0,01

Die drei Eignungsparameter Bodenfeuchtigkeit und -temperatur sowie Nährstoffhaushalt werden nun in einer Tabelle kombiniert, um die Nutzungseignung abzulesen (Tab. A.6.2).

Des weiteren läßt sich mit den land response units nach LEVEN et al. (1974) auch die Standortempfindlichkeit gegenüber der menschlichen Nutzung einstufen. Die wichtigsten Faktoren hierfür sind Hangneigung, Erosionsgefährdung und Oberflächenabfluß. Die Hangneigung wird nach der Beschränkung der Bearbeitbarkeit in drei Klassen eingeteilt, und die beiden anderen Faktoren werden quantitativ bestimmt und dann klassifiziert. Darüber hinaus ist eine kombinierte Darstellung von Standortsproduktivität und -empfindlichkeit möglich.

Abschließend vertreten LEVEN et al. (1974) die Ansicht, daß das System der land response units ein breites Spektrum der Anwendbarkeit bietet. Dies beinhaltet forstwirtschaftlich sowie intensiv als auch extensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen und ist auch für andere Anliegen der Landschaftsklassifikation nutzbar.

**Tabelle A.6.2:** Einstufung der Nutzungseignung von Standorten zur Pflanzenproduktion nach LEVEN et al. (1974)

Feuchtigkeitsregime	Temperaturregime	Nährstoffregime	Nutzungseignung
arid	heiß	niedrig mittel hoch	niedrig niedrig niedrig
feucht	heiß	niedrig mittel hoch	niedrig mittel mittel
	warm	niedrig mittel hoch	niedrig mittel hoch
	kalt	niedrig mittel hoch	niedrig mittel hoch
naß	warm	niedrig mittel hoch	niedrig mittel hoch
	kühl	niedrig mittel hoch	niedrig mittel hoch
	kalt	niedrig mittel hoch	niedrig mittel hoch
	frostig	niedrig mittel hoch	niedrig niedrig mittel

### 3. Deutsche Bewertungssysteme

#### 3.1 Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK) der DDR

Mit der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) wurde die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche der DDR kartiert. Das Ziel war die Herstellung einer Grundlage für die Bodennutzungsplanung und Meliorationsvorbereitung. Durch eine besser dem Standort angepasste Bodennutzung sollten ohne zusätzliche Investitionen Reserven erschlossen werden, um eine Verbesserung des Verhältnisses von Aufwand und Ertrag zu erreichen. Da eine großmaßstäbige bodenkundliche Aufnahme in kurzer Zeit nicht zu realisieren war, wurde eine Übersichtskartierung unter Auswertung von vorhandenen Unterlagen durchgeführt, die von 1976 bis 1980 realisiert wurde (BICKENBACH et al. 1982). Die MMK ist also eine abgeleitete Karte, für die großmaßstäbige Unterlagen herangezogen wurden. Hierbei handelt es sich um die Ergebnisse der Bodenschätzung und der Ergänzung der Bodenschätzung, weiter um geologische, bodengeologische und topographische Karten sowie um vereinzelte Boden- und Standortkarten, die durch ergänzende Erhebungen im Gelände unterstützt werden sollten (THIERE 1975). Die Karten der MMK liegen im Maßstab 1:100.000 vor, daneben existieren noch die Arbeitsreinkarten im Maßstab 1:25.000, welche allerdings den gleichen Inhalt haben und die gleichen Grenzen wie die kleinmaßstäbigere Darstellung aufweisen.

Das Ziel der Kartierung bestand darin, Informationen über die Beschaffenheit und räumliche Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Standorte und über die Möglichkeiten zu deren Beeinflussung und Nutzung für die Pflanzenproduktion zu erhalten. Es sollte ein Nachweis der standortbedingten Eignungen für Maßnahmen und Verfahren zur Intensivierung der Pflanzenproduktion erbracht werden. Hierzu mussten die wichtigsten produktionsbestimmenden relativ stabilen Standorteigenschaften nach einer einheitlichen Methode erfaßt werden (THIERE 1975). Unter dieser Prämisse wurden die Kartiereinheiten gebildet. In SCHMIDT & DIEMANN (1981) werden die Leitkriterien aufgelistet, die für die Kartierung von besonderer Bedeutung sind:

- Oberflächenformen und Hangneigung bzw. die Hangneigungsflächentypen,
- Bodenformeninventar,
- das Gefüge als Typ der regelhaften Anordnung von Bodenformen,
- Substratflächentyp,
- Hydromorphieflächentyp.

Weiterhin werden auch die Geologie und die Steingehalte der Böden berücksichtigt.

Mit den Hangneigungs-, Substrat- und Hydromorphieflächentypen werden die Primärdaten des Standorts zur Hangneigung, zum Substrat und zum Bodenwasserregime zusammenge-

faßt, um Eingangsgrößen für die Nutzungsbeurteilung zu erhalten (THIERE & SCHMIDT 1979).

Die Kartierungsergebnisse werden durch die Standortgliederung für das Gebiet der DDR vergleichbar gemacht. Die Kartiereinheiten werden auf 3 Niveaus unterschieden:

- Standortgruppe (StG): Zusammenfassende Einheit nach den für die DDR hauptsächlichsten Unterschieden in den Substrat und Wasserverhältnissen der Bodendecke. Es existieren insgesamt 15 Standortgruppen; ein Beispiel ist die StG 2 - Sand- und Tieflehmstandorte.
- Standorttyp (StT): Mittlere Gliederungseinheit, in der Standortregionaltypen nach charakteristischen Substrat- und Bodenwasserverhältnissen und/oder Bodenformen zusammengefaßt sind. Es gibt 53 Standorttypen, ein Beispiel ist der StT D3a - Sickerwasserbestimmte Tieflehme und Sande.
- Standortregionaltyp (StR): Grundeinheit der MMK, die durch das Bodenformeninventar, Substrat- und Bodenwasserverhältnisse sowie Reliefmerkmale gekennzeichnet ist. Die Anzahl der Standortregionaltypen beträgt 278, ein Beispiel ist der StR D3a3 - Tieflehm und Sand der ebenen bis kuppigen Platten.

(SCHMIDT & DIEMANN 1981, BICKENBACH et al. 1982).

Die Bewertung der landwirtschaftlichen Standorte mittels der MMK geschieht in 2 Stufen. Zum einen werden für einzelne, in den Standortregionaltypen aufgeführte Parameter Klassen gebildet, mittels derer der Grad der durch sie verursachten Eignung, Gefährdung oder Behinderung der Nutzung eingestuft wird. Ein Beispiel hierfür ist die Hangneigung, welche von 0 bis 13 ° in 4 Klassen eingeteilt wird. Die Hangneigungen > 13 ° bilden ohne weitere Untergliederung die 5. Klasse. Es wird weiterhin der Flächenanteil, auf den sich diese Einstufungen beziehen, in 4-stufig klassifizierter Form angegeben (SCHMIDT & DIEMANN 1981). Diese Methode kann, McRAE & BURNHAM (1981) folgend, als kategorisch bezeichnet werden.

Darüber hinaus erfolgt die Bewertung der Pflanzenstandorte nach SCHMIDT & DIEMANN (1981) mit komplexen Algorithmen, die folgende Größen einbeziehen:

- Flächentypen für Substrat,
- Bodenwasserregime,
- Hangneigung,
- Steingehalt,
- Vorherrschen bestimmter Bodenformen,
- Niederschlag,
- Höhenlage.

Fragestellungen, die hiermit bearbeitet werden, sind z.B. Standortvergleiche vor dem Hintergrund der Anbaueignung für verschiedene Fruchtarten (THIERE et al. 1984). In jüngerer Zeit werden die mit Hilfe von Algorithmen aus der MMK abgeleiteten Standortbeurteilungen auch für außerlandwirtschaftliche Zwecke, z.B. als Entscheidungshilfe bei Nutzungsänderungen, d.h. für die untere Ebene der Raumplanung bereitgestellt (THIERE et al. 1994, THIERE & ZEIDLER 1995). Die Methode der Standortbewertung mit Algorithmen kann mit McRAE & BURNHAM (1981) als komplex-parametrisch benannt werden.

### **3.2 Baden-Württembergisches Bodenschutzkonzept**

Die erste, in Deutschland in Zusammenhang mit der Gesetzgebung zum Bodenschutz publizierte Konzeption zur Umsetzung eines landesweiten Bodenschutzes in der Planungspraxis ist die des Landes Baden-Württemberg (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1994). Dieser Leitfaden soll auf den verschiedenen Planungsebenen, von der Landesentwicklungsplanung bis hinab in die Bauleitplanung, angewandt werden. Der Schutz von Böden in Form des Flächenschutzes wird darin unter der Maßgabe der Erhaltung von möglichst viel Bodenfläche mit den folgenden Grundsätzen anvisiert:

- „wertvolle Böden mit sehr großer Leistungsfähigkeit ... vorrangig zu erhalten,“
- unabweismbare, Bodenbelastungen verursachende Nutzungen auf solchen Flächen vorzusehen, auf denen die geringste Einbuße an Leistungsfähigkeit zu erwarten ist,
- für Maßnahmen, die zu einem weitgehenden Verlust der Böden führen, z.B. Versiegelungen, Standorte zu nutzen, die bereits erheblich anthropogen verändert bzw. physikalisch oder chemisch belastet sind.

Die Bewertung von Böden nach dem baden-württembergischen Bodenschutzkonzept war die erste amtliche Methode in Deutschland mit einer bundeslandweiten Gültigkeit, die explizit für die Zwecke des Bodenschutzes erstellt wurde. Hiermit werden die Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit zur Erfüllung verschiedener Bodenfunktionen und insgesamt nach ihrer Schutzwürdigkeit beurteilt. Die Bodenfunktionen, welche bewertet werden, sind die folgenden:

- Standort für die natürliche Vegetation,
- Standort für Kulturpflanzen,
- Ausgleichskörper im Wasserkreislauf,
- Filter und Puffer für anorganische und organische Schadstoffe sowie Säuren,
- landschaftsgeschichtliche Urkunde.

Außerdem wird eine weitere Funktion des Bodens als „Lebensraum für Bodenorganismen“ genannt, kann aber mangels Grundlagen bis heute noch nicht beurteilt werden. Mit dem Leitfaden wird die Bewertung von Böden auf verschiedenen Planungsebenen, von der Landesentwicklungsplanung bis herunter zur Bauleitplanung, geregelt.

Die Leistungsfähigkeit der Böden kann auf zwei Wegen an Hand vorhandener Unterlagen abgeleitet werden. Zum einen basiert die Methode auf der Auswertung von neueren Bodenkarten und zum anderen können die Daten der Bodenschätzung herangezogen werden.

Die endgültige Klassifizierung der einzelnen Bodenfunktionen erfolgt nach einer 5-stufigen Skala. Abschließend werden die Klassifizierungsergebnisse für die einzelnen Bodenfunktionen zu einer Gesamtbewertung zusammengefaßt. Deren Einteilung geschieht nach folgendem Schema:

$\geq 1 \times 5$  (als Klassenwert)\*  $\Rightarrow$  Standort von sehr hoher Bedeutung für den Bodenschutz

$\geq 2 \times 4$   $\Rightarrow$  Standort von hoher Bedeutung für den Bodenschutz

$1 \times 4$  oder  $\geq 2 \times 3$   $\Rightarrow$  Standort bedeutend für den Bodenschutz

$< 2 \times 3$   $\Rightarrow$  Standort wenig bedeutend für den Bodenschutz

(\*  $1 \times 5$  bedeutet hierbei, daß eine Bodenfunktion mit 5, d.h., der in diesem Fall besten Einstufung beurteilt wurde).

## **Anlage 7**

Verzeichnis der Abkürzungen

C	Stoffkonzentration im Wasser ( $M/L^3$ )
$C_0$	Stoffkonzentration am oberen Rand des porösen Mediums ( $M/L^3$ )
D	Diffusions-Dispersionskoeffizient ( $L^2/T$ )
$D_h$	Dispersionskoeffizient im porösen Medium ( $L^2/T$ )
$D_m$	Diffusionskoeffizient im porösen Medium ( $L^2/T$ )
$D_o$	Diffusionskoeffizient in freiem Wasser ( $L^2/T$ )
FK	Feldkapazität (Masse-%)
KAK	Kationenaustauschkapazität
$L_d$	Lagerungsdichte ( $M/L^3$ )
$L_f$	Länge des Fließweges (L)
nFK	nutzbare Feldkapazität (Masse-%)
PWP	Permanenter Welkepunkt (Masse-%)
R	Retardationskoeffizient (dimensionslos)
$S_a$	im porösen Medium adsorbierte Stoffmenge (M/M)
Tg	Tongehalt (Masse-%)
We	effektive Durchwurzelungstiefe (L)
WSK	Wasserspeicherkapazität (Masse-%)
h	Wasserdruck oder Wasserspannung (L)
kf	gesättigte Wasserleitfähigkeit (L/T)
$k_H$	Verteilungskoeffizient in der Henry-Isotherme ( $L^3/M$ )
t	Zeit (T)
v	durchschnittliche Fließgeschwindigkeit (L/T)
z	Entfernung (L)
$\theta$	volumetrischer Wassergehalt ( $L^3/L^3$ )
$\theta_s$	Gesamtporosität bzw. Wassergehalt bei Sättigung ( $L^3/L^3$ )
$\alpha$	Dispersivität (L)
$\gamma$	Impedanzfaktor (dimensionslos)
$\rho$	Trockendichte des porösen Mediums ( $M/L^3$ )
$\rho_p$	Korndichte, Dichte der festen Bestandteile des Substrats ( $M/L^3$ )
M	Masseneinheit (z.B. mg, g, kg)
L	Längeneinheit (z.B. mm, cm, m)
T	Zeiteinheit (s, min, d, a)

## **Anlage 8**

Liste der besprochenen Karten

Liste der besprochenen Karten:

1. Bodenarten und Entstehungsarten der Böden
2. Klassifizierung der PNV
3. Klassifizierung der Bodenwertzahlen
4. Klassifizierung der kf-Werte
5. Verschneidung der Klassifizierungen,  
1. Priorität PNV, 2. Priorität Regelungsfunktion im Wasserhaushalt
6. Verschneidung der Klassifizierungen,  
1. Priorität Biomassefunktion, 2. Priorität PNV
7. Verschneidung der Klassifizierungen,  
Darstellung der Flächen mit Böden der Kategorien 3, 4 und 5

**Bewertung von Bodenfunktionen  
für die praktische Umsetzung  
des Bodenschutzes  
(dargestellt am Beispiel eines Untersuchungsgebiets  
in Sachsen-Anhalt)**

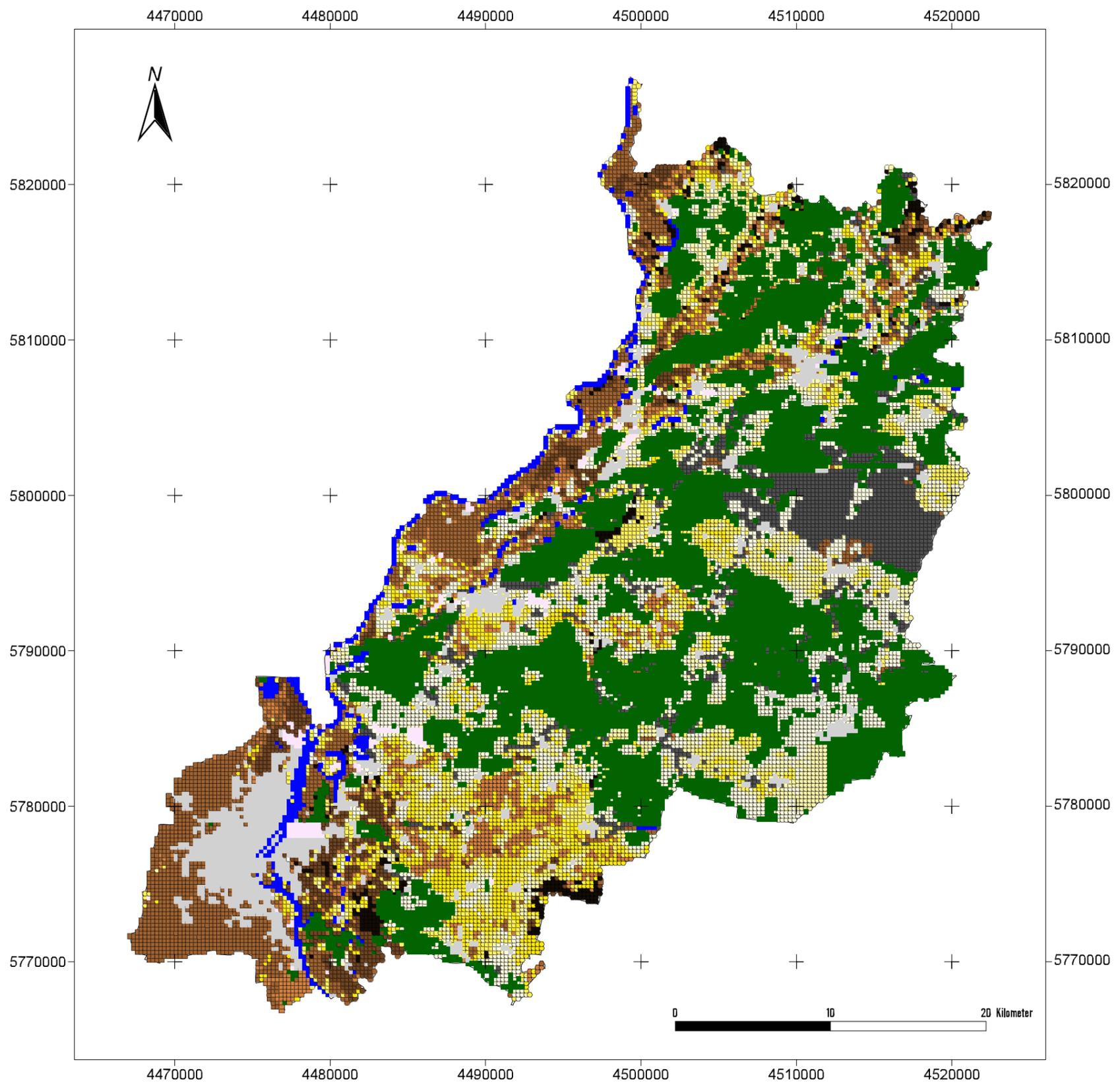
**Anhang**

**Karten:**

1. Bodenarten und Entstehungsarten der Böden
2. Klassifizierung der PNV
3. Klassifizierung der Bodenwertzahlen
4. Klassifizierung der kf-Werte
5. Verschneidung der Klassifizierungen,  
1. Priorität PNV, 2. Priorität Regelungsfunktion im Wasserhaushalt
6. Verschneidung der Klassifizierungen,  
1. Priorität Biomassefunktion, 2. Priorität PNV
7. Verschneidung der Klassifizierungen,  
Darstellung der Flächen mit Böden der Kategorien 3, 4 und 5

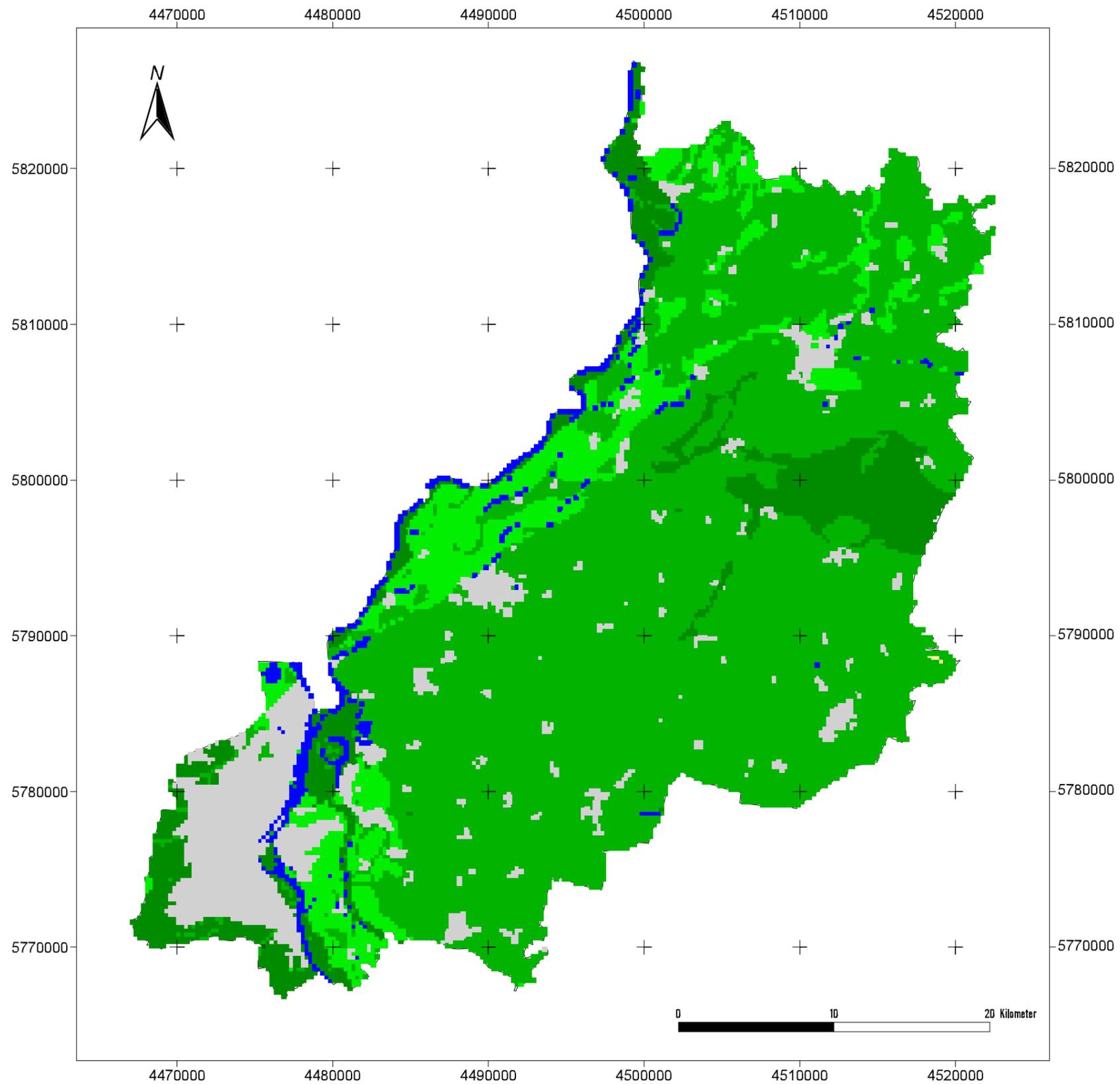
*Anmerkung: Der Maßstab der Karten war ursprünglich 1 : 100.000 und wurde auch so im Text besprochen. Aus dem Grund der Verfielfältigung werden die Karten hier auf das A3-Format verkleinert.*

# Karte 1: Bodenarten und Entstehungsarten der Böden - Jerichower Land und Magdeburg



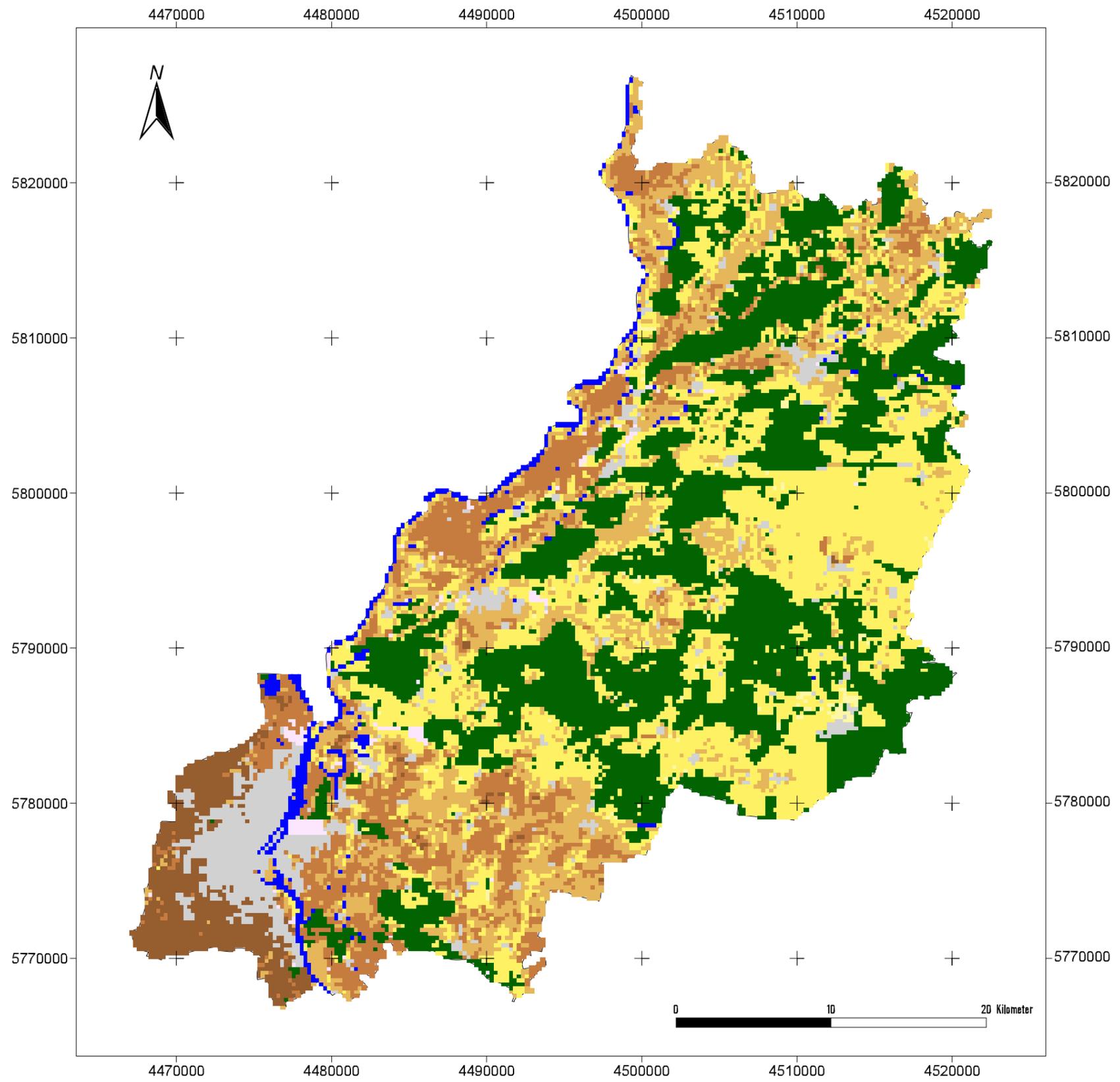
Kartengrundlage: Topographische Karten 1 : 10.000  
 Datengrundlage: Reichsbodenschätzung

## Karte 2: Klassifizierung der PNV - Jerichower Land und Magdeburg



Kartengrundlage: Topographische Karten 1 : 10.000  
Datengrundlage: PNV-Kartierung LSA

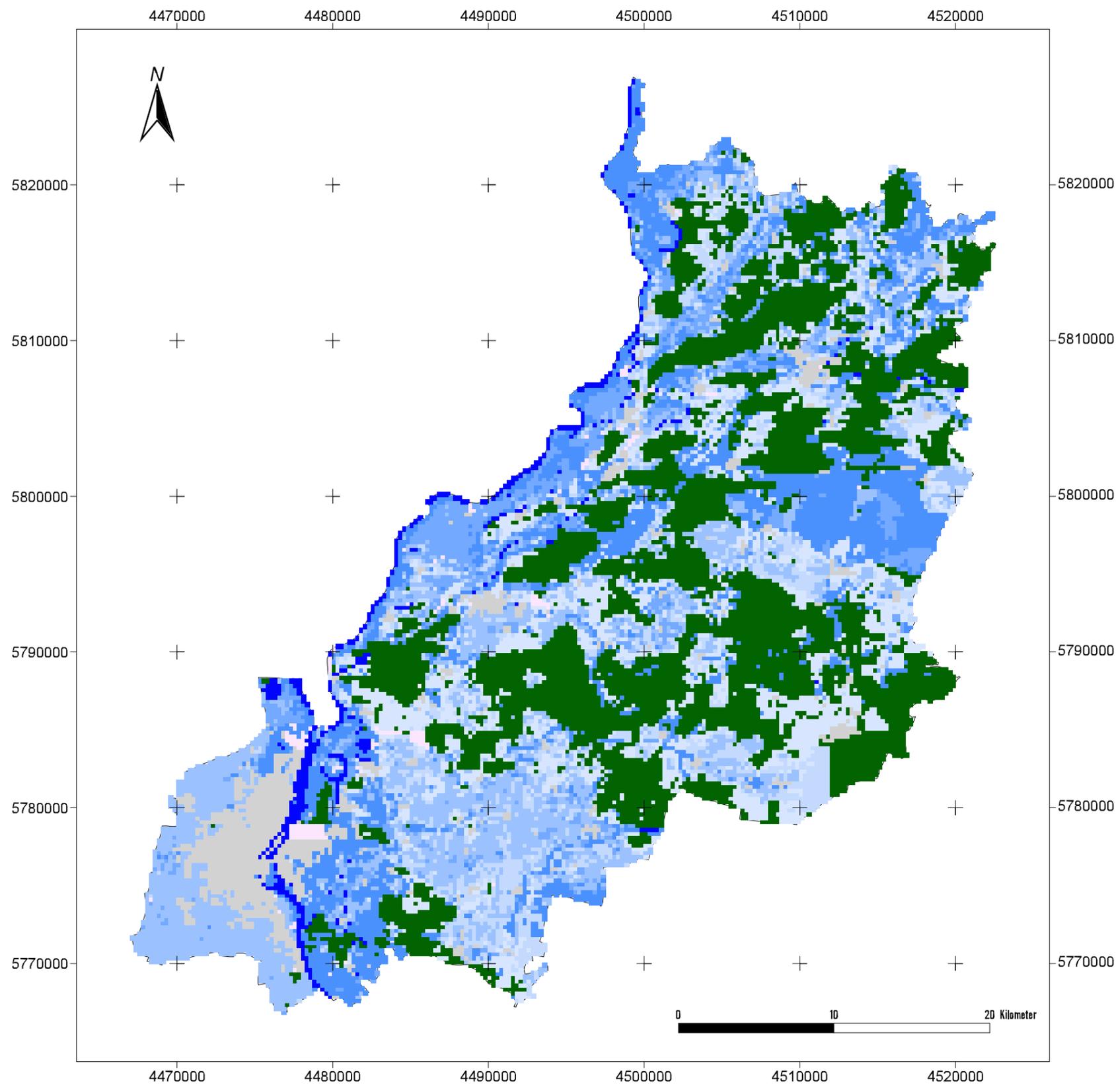
### Karte 3: Klassifizierung der Bodenwertzahlen - Jerichower Land und Magdeburg



Kategorie	Bodenzahl
	1 81 - 100
	2 61 - 80
	3 41 - 60
	4 21 - 40
	5 7 - 20
	Wald
	Gewässer
	Siedlungsgebiete (z. Zt. der Bodenschätzung)
	Aufschüttung, Unland

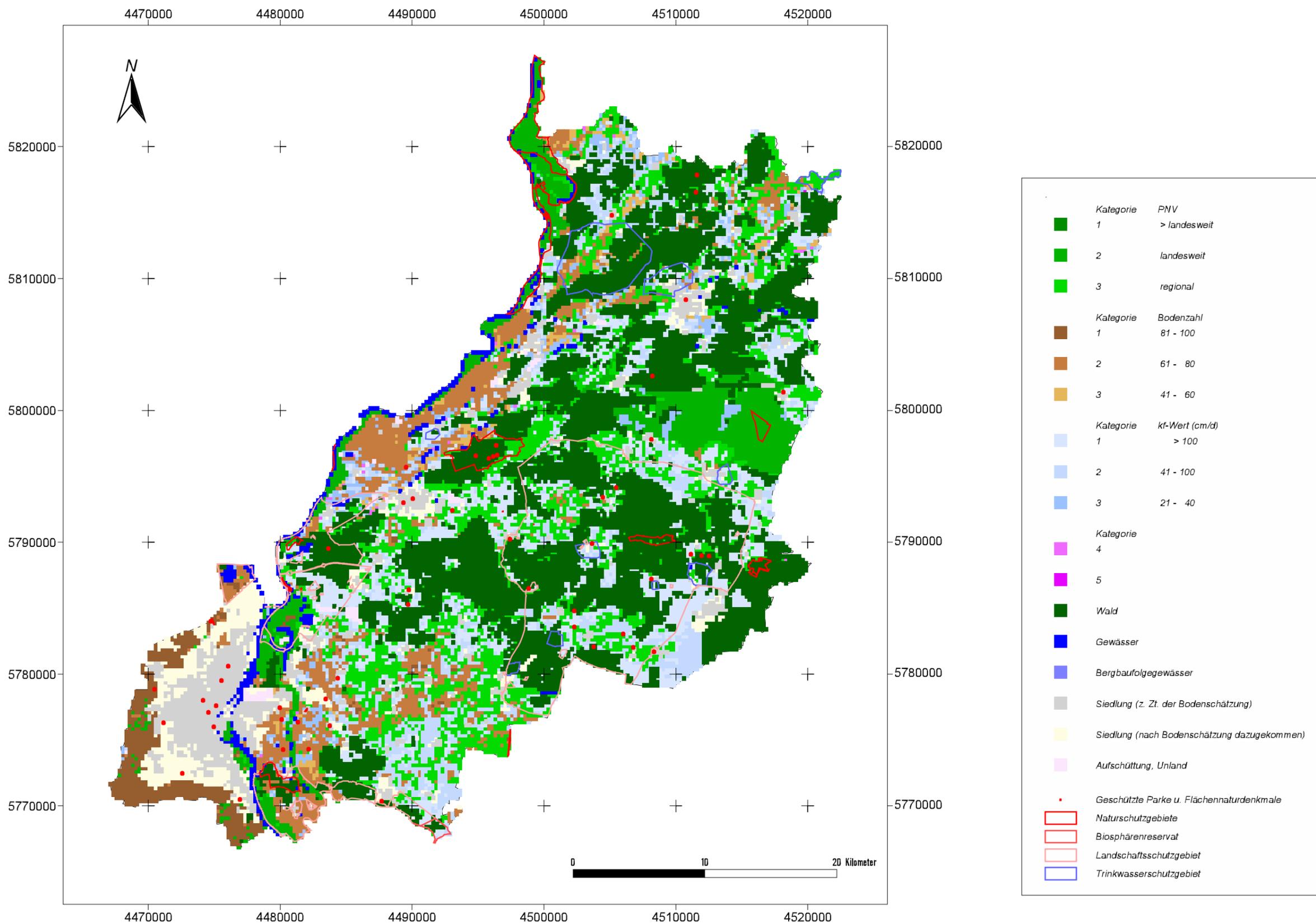
Kartengrundlage: Topographische Karten 1 : 10.000  
Datengrundlage: Reichsbodenschätzung

Karte 4: Klassifizierung der kf-Werte - Jerichower Land und Magdeburg



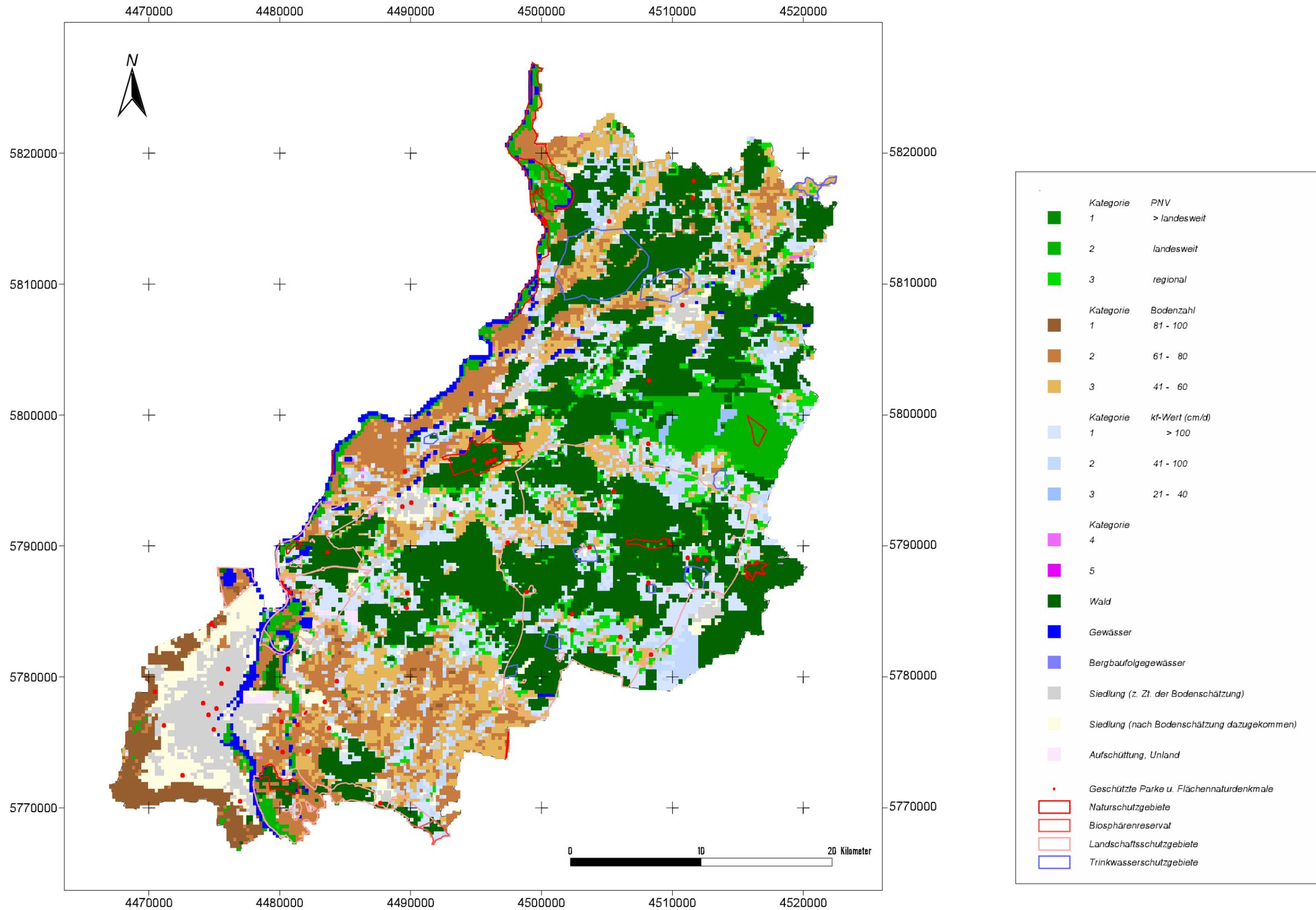
Kartengrundlage: Topographische Karten 1 : 10.000  
Datengrundlage: Reichsbodenschätzung, KA 4

Karte 5: Verschneidung der Klassifizierungen, 1. Priorität PNV, 2. Priorität Regelungsfunktion im Wasserhaushalt - Jerichower Land und Magdeburg



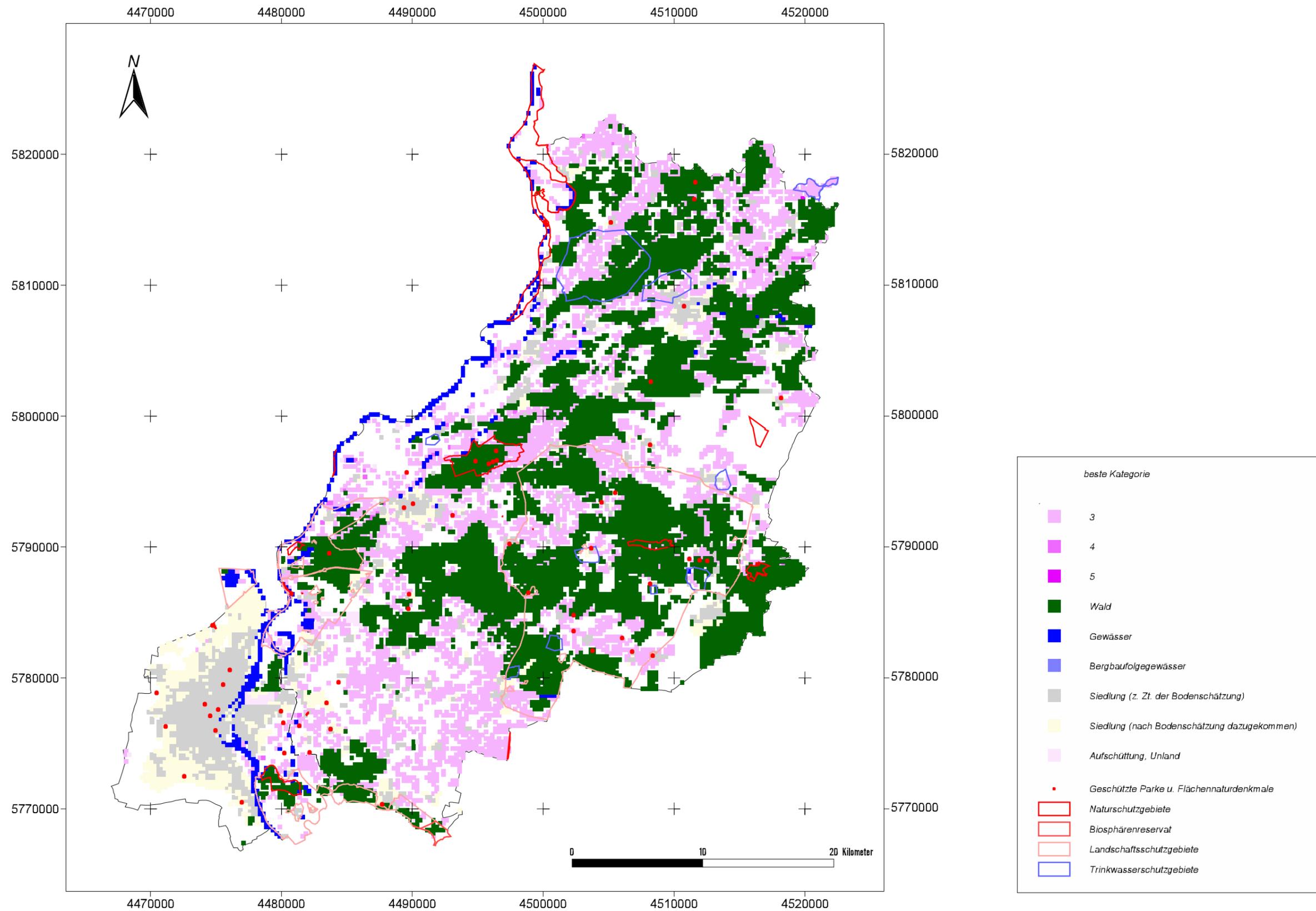
Kartengrundlage: Topographische Karten 1 : 10.000  
 Datengrundlage: Reichsbodenschätzung, PNV-Kartierung LSA, KA 4

Karte 6: Verschneidung der Klassifizierungen, 1. Priorität Biomassefunktion, 2. Priorität PNV - Jerichower Land und Magdeburg



Kartengrundlage: Topographische Karten 1 : 10.000  
 Datengrundlage: Reichsbodenschätzung, PNV-Kartierung LSA, KA 4

Karte 7: Verschneidung der Klassifizierungen, Darstellung der Flächen mit Böden der Kategorien 3, 4 und 5 - Jerichower Land und Magdeburg



Kartengrundlage: Topographische Karten 1 : 10.000  
 Datengrundlage: Reichsbodenschätzung, PNV-Kartierung LSA, KA 4

## AUSBILDUNGSGANG UND BERUFSTÄTIGKEIT

Name: Holger Preetz  
Geburtsdatum: 28.9.1961  
Geburtsort: Bad Nauheim (Hessen)

Anschrift: Riehlstraße 16  
14057 Berlin  
Tel./Fax: (030) - 326 010 03

Ausbildung: 1981 Abitur an der Gesamtschule Hungen  
1989 Diplom in Geographie am FB Geowissenschaften der der J. W.-  
Goethe-Universität Frankfurt am Main; Schwerpunkt Physische  
Geographie und Bodenkunde  
Thema der Diplomarbeit: Bodenchemische und bodenphysikali-  
sche Untersuchungen in einem Altbuchenbestand des Frankfur-  
ter Stadtwaldes

### Arbeitsstellen seit dem Studienabschluß:

April 1989 - Sept. 1995 Institut für Abfallentsorgung und Altlastensanierung  
Dr. Göttner, Berlin  
Okt. 1995 - Mai 1996 Winking Geophysik Umwelttechnik, Berlin  
Juni 1996 - Sept. 1999 Institut für Agrartechnik und Landeskultur,  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
seit Feb. 2000 Geoexpert GmbH, Berlin

### Ausgeführte Tätigkeiten

Bodenkundliche Geländeuntersuchungen in verschiedenen Landschaftsräumen (höhere Lagen und Beckenlagen der Mittelgebirge, nord- und nordostdeutsches Tiefland): Bodenkartierung, erweiterte Profilaufnahme und Probennahme, bodenphysikalische Gelände- und Laboruntersuchungen zum Wasser- und Lufthaushalt.

Altlastenerkundung und -sanierung: Untersuchung sowohl gestörter als auch ungestörter Böden in Gelände und Labor, Boden- und Grundwasserprobennahme, Einrichtung von Pegeln und Meßstellen, Analytik von Boden und Wasser, Laborversuche zur Schadstoffverlagerung; Projektierung und Durchführung von Boden- und Grundwassersanierungen.

Anwendung geophysikalischer Erkundungsmethoden.

Auswertung von Meßdaten, graphische Darstellung und kartographische Bearbeitungen sowie die Anfertigung von Berichten und Gutachten.

Durchführung von Lehrveranstaltungen zur Vermessungstechnik.

Berlin, Januar 2002

## **Erklärung**

Ich versichere hiermit, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfaßt habe. Andere als die darin angegebenen Quellen und Hilfsmittel wurden nicht benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Holger Preetz