

2.2 Boden

2.2.1 Grundlagen zum Schutzgut Boden – Einführung

Böden bestehen aus mineralischen und organischen Bestandteilen, aus wasser- und luftgefüllten Hohlräumen sowie aus Bodenorganismen. Die Bildung der Böden erfolgte in Abhängigkeit von ihren Umweltbedingungen, die den jeweiligen Wasser-, Luft-, Stoff- und Wärmehaushalt des Bodens bedingen. Die meisten Böden sind das Ergebnis von Bodenbildungsprozessen, die sich über mehrere 1000 Jahre erstrecken; daher sind Bodenzerstörungen praktisch irreversibel (LFUG 2004a).

Der Boden erfüllt nach § 2 Abs. 2 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)

- **natürliche Funktionen**
 - als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
 - als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
 - als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen aufgrund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers, sowie
 - für den Klimaschutz, insbesondere als Speicher für Kohlenstoff (LABO/BORA 2011);
- Funktionen als **Archiv der Natur- und Kulturgeschichte** und
- **Nutzungsfunktionen** als
 - Rohstofflagerstätte,
 - Fläche für Siedlung und Erholung,
 - Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
 - Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

Nach § 1 BBodSchG sind die Funktionen des Bodens nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden.

Im Rahmen des Naturschutzes ergibt sich die Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit des Bodens als zentrales Umweltmedium vor allem aus seiner Bedeutung als Naturkörper mit bestimmten Funktionen sowie aus seiner Gefährdung durch unterschiedliche Nutzungsansprüche (LFUG 2004a).

Die vielfältigen direkten und indirekten Einwirkungen des Menschen auf den Boden beeinflussen bzw. beeinträchtigen in unterschiedlicher Art und Intensität die natürlichen Bodenfunktionen. Dem Schutz des Bodens als unvermehrbares Naturgut und natürlicher Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen kommt daher besondere Bedeutung im Rahmen der Landschaftsplanung zu.

Im Folgenden werden sowohl die **Schutzwürdigkeit** als auch die **Schutzbedürftigkeit** von Böden in der Planungsregion Leipzig-West-sachsen bewertet.

Die Schutzwürdigkeit von Böden leitet sich dabei aus dem Grad der Funktionserfüllung der Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG (natürliche Bodenfunktionen bzw. Archivfunktion) sowie ihrer Klimaschutzfunktion ab. Danach sind besonders leistungsfähige bzw. wertvolle Böden als besonders schutzwürdig einzustufen (vgl. Kap. 2.2.3 und 2.2.4).

Die Schutzbedürftigkeit von Böden ergibt sich aus ihrer spezifischen Empfindlichkeit gegenüber Bodenbelastungen und damit gegenüber anthropogenen Beeinträchtigungen ihrer Bodenfunktionen (vgl. Kap. 2.2.5). Sie leitet sich aus dem Erfordernis, Böden vor Beeinträchtigungen im Sinne des § 1 BBodSchG zu bewahren, ab.

In die Bewertung der Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit von Böden sind auch so genannte Vorbelastungen einzubeziehen. Sie stellen nach PÖU (2003) Zustandsveränderungen des Bo-

dens in Abweichung von einem weitgehend natürlichen bzw. naturnahen Bodenzustand dar, die zugleich eine Beeinträchtigung natürlicher Bodenfunktionen oder der Archivfunktion bedeuten (können). Je nach Art und Intensität der Vorbelastung ergeben sich damit Änderungen bei der Erfüllung der Bodenfunktionen und somit im Grad der Schutzwürdigkeit bzw. im Grad der Empfindlichkeit des Bodens.

2.2.2 Die Böden der Planungsregion Leipzig-West-sachsen

Karten 2.2-1 „Böden der Region“
2.2-2 „Bodenlandschaften“

Die Planungsregion Leipzig-West-sachsen besitzt aufgrund der Mannigfaltigkeit ihrer geologischen Verhältnisse, unterschiedlicher morphologischer und klimatischer Bedingungen sowie ihrer Zugehörigkeit zu den Höhenstufen des Tief- und Hügellandes eine große Vielfalt an Böden. Sie reicht von den fruchtbaren Schwarzerdeböden der Brehnaer und Markranstädter Platte über die Auenböden der Elb-, Mulden- und Elsteraue und die nährstoffarmen Sandbraunerden und Podsole sowie Moorböden der Heidelandschaften bis zu den stauvergleyten Böden der Porphyrhügellandschaften und den Parabraunerden des Lösshügellandes. Gemäß der hierarchischen Gliederung der Böden Deutschlands nach AD-HOC-AG BODEN (2005) sind in Karte 2.2-1 die in der Region vorkommenden Bodenklassen und Bodentypen, wie sie der digitalen Bodenkarte 1 : 50 000 des Freistaats Sachsen (BK50) entnommen werden können, dargestellt.

Die Zuordnung der Böden der Planungsregion zu „Bodenlandschaften“ (vgl. Karte 2.2-2) beruht auf der Gliederung der Böden Sachsens, die auf lithogenetischen Merkmalen, d. h. auf der Verbreitung oberflächennaher Gesteine in den geologischen Baueinheiten, basiert. Sie fügt sich in ein bundesweit und mitteleuropäisch anwendbares Gliederungsschema ein, dass sich an der Verbreitung typischer Boden bildender Substrate und der mit ihnen verbundenen Leitböden orientiert (LFUG 2004a).

Danach durchschneiden die zur *Bodenregion der überregionalen Flusslandschaften [02]* gehörenden Bodenlandschaften des Riesa-Torgauer Elbtals und des Tals der Vereinigten Mulde die Sandböden der Heidelandschaften der Region. Sie sind durch eine teilweise intakte Auendynamik, den Wechsel von Auenböden und Gleyen (Grundwasserböden) und begleitend durch Flugsandgebiete geprägt.

Dieser Bereich ist in die Bodenregion der *Altmoränenlandschaften [04]* eingebettet, welche durch ihre verbreitet sandigen Substrate aus Moränen-, Schmelzwasser- und Hochflutablagerungen die Heidelandschaften im Norden Westsachsens prägt. Braunerden und Pseudogleye (staunasse Böden) sowie, im Bereich der Dübener Heide und Dahleiner Heide, Podsole (nährstoffarme saure Böden) kennzeichnen diesen Raum. Sie werden in Niederungen von Gleyen und Mooren begleitet. Ein Teil dieser Böden ist heute durch Grundwasserabsenkung nur noch als reliktsch zu bezeichnen.

In der südlich und westlich anschließenden *Bodenregion der Löss- und Sandlösslandschaften [06]* vollzieht sich der Übergang zwischen Tief- und Hügelland. Namen gebend sind Substrate aus äolischen Sedimenten (Löss, Sandlöss, Lössderivate). Südlich der Altmoränenlandschaften treten grobkörnigere Sandlössse in zum Teil noch lückenhafter Verbreitung auf. Kennzeichnend sind Pseudogleye, Parabraunerden (vertikale Tonverlagerung) und Fahlerden (intensive vertikale Tonverlagerung). Im Bereich der Lösshügelländer nimmt die Mächtigkeit der Lössdecken schnell zu und erreicht im Mittelsächsischen Lössgebiet ihr Maximum. Hier sind vor allem Parabraunerden ausgebildet. In Richtung des Berglandes nimmt die Mächtigkeit der Lössdecke schnell ab. Typisch sind hier vor allem Staunäseböden (Pseudogleye) und Parabraunerden. Die schwarzerdebetonten Lösslandschaften erreichen mit den Bodenlandschaften des Halleschen Lösshügellandes und des Weißenfelser Lössstieflandes den niederschlagsärmeren Westrand der Region. Neben Schwarzerden sind hier vor allem Parabraunerden charakteristisch.

Die *Böden der Bergbaufolgelandschaften [13.2]* umfassen die Bodenlandschaften des Leipziger und Bornaer Lössstieflandes im Nord- bzw. Südraum von Leipzig, die durch großflächigen Braunkohlenbergbau intensiv anthropogen überprägt sind. Hier treten großflächig Böden im Initial- oder Rohbodenstadium auf (Regosole, Pararendzinen).

2.2.3 Natürliche Bodenfunktionen

2.2.3.1 Lebensraumfunktion

2.2.3.1.1 Natürliche Bodenfruchtbarkeit

Karte 2.2-3 „Natürliche Fruchtbarkeit“

Die natürliche Bodenfruchtbarkeit resultiert aus dem Wasser- und Nährstoffhaushalt eines Bodens. Unter natürlicher Bodenfruchtbarkeit wird die natürliche Produktionsfähigkeit (Ertragsfähigkeit) des Bodens als Standort für höhere Pflanzen verstanden. Kriterien für die Bewertung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit sind nutzbare Feldkapazität, kapillare Aufstiegsrate, Vernäsungsgrad, Kationenaustauschkapazität, Basensättigung und Humusvorrat. Voraussetzung für eine hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit ist ein intaktes Bodenleben (LFUG 2004a).

Die Bewertung der natürlichen Fruchtbarkeit von Böden in der Region erfolgte entsprechend der Methodik des Bodenbewertungsinstruments Sachsen (LFULG 2009a) auf Grundlage der Bodenkarte 1 : 50 000 (BK50) des Freistaats Sachsen (vgl. Tab. 2.2-1).

Tab. 2.2-1: Bewertung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit

Natürliche Bodenfruchtbarkeit	Bewertungsstufe „Natürliche Bodenfruchtbarkeit“ nach LFULG (2009a)	Flächenanteil in der Planungsregion
sehr gering	I	6,5 %
gering	II	14,7 %
mittel	III	24,9 %
hoch	IV	26,9 %
sehr hoch	V	23,0 %

Böden mit einer hohen natürlichen Fruchtbarkeit, die damit über günstige Voraussetzungen für eine landwirtschaftliche Nutzung verfügen, nehmen ca. die Hälfte der Regionsfläche ein (vgl. Karte 2.2-3 und Tab. 2.2-1). Sie konzentrieren sich großflächig in den Lösshügellandschaften (Döbelner Lösshügelland, Kohrener Land, kleinräumiger im Mulde-Lösshügelland) sowie in der Sandlöss-Ackerebene, speziell im Bereich der Brehnaer und Markranstädter Platte. Darüber hinaus zeichnen sich die Auenbereiche, insbesondere von Elbe, Mulde und Weißer Elster durch eine sehr hohe Bodenfruchtbarkeit aus. Hohe Bodenfruchtbarkeiten sind in weiten Teilen der Sandlöss-Ackerebene und der Porphyrhügellandschaft verbreitet. Dagegen sind Böden mit geringer natürlicher Fruchtbarkeit und damit einer geringen Eignung für die landwirtschaftliche Nutzung vor allem in den Heidelandschaften zu finden.

2.2.3.1.2 Böden mit besonderen Standorteigenschaften

Karte 2.2-4 „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“

Böden mit besonderen oder extremen Standorteigenschaften sind Bodenbereiche, die sich in den Bodenfeuchte- und Nährstoffverhältnissen von dem nivellierten Einheitsstandort (mittelfeucht, nährstoffreich) abheben. Dies können z. B. sehr nasse, sehr trockene oder besonders nährstoffarme Böden sein. Sie sind zugleich Standorte hoch spezialisierter natürlicher bzw. naturnaher Ökosysteme und zumeist auch seltener und gefährdeter Biotoptypen. Sie besitzen somit auch ein hohes Biotopentwicklungspotenzial, das zur Schaffung von Voraussetzungen für die Entwicklung von Arten und Lebensgemeinschaften (Biotopverbund) besonders bedeutsam ist (vgl. auch Kap. 2.1.7). Über ihr Biotopentwicklungspotenzial hinaus haben sie auch eine besondere Bedeutung für den Erhalt der Vielfalt der Böden (Biodiversität). Böden mit besonderen Standorteigenschaften sind aufgrund der Entwicklung landwirtschaftlich genutzter Böden zu „Normalstandorten“ in der Regel selten und meist durch anthropogene Beeinträchtigungen wie Entwässerung oder intensive ackerbauliche Nutzung besonders gefährdet.

Die Bewertung von Böden mit besonderen Standorteigenschaften erfolgte entsprechend der Methodik des Bodenbewertungsinstruments Sachsen (LFULG 2009a) auf Grundlage der Bodenkarte 1 : 50 000 (BK50) des Freistaats Sachsen (vgl. Tab. 2.2-2).

Tab. 2.2-2: Bewertung der besonderen Standorteigenschaften von Böden (verändert nach LFULG 2009a)

Standorteigenschaften	Bodenparameter	Kriterium	Flächenanteil in der Region
besonders nasse Böden	Grundwasserböden <ul style="list-style-type: none"> • Moore • Gleye • Stauwasserböden 	Bodentypen <ul style="list-style-type: none"> • Niedermoore (HN, HNN) • Übergangsniedermoore (HNu) • Moorgleye (GH) • Anmoorgleye (GM) • Nassgleye (GN) • Moorstagnogleye (SGo) • ausgewählte Stagnogleye (SG) mit StStufe V (bzw. W_Stufe IV) 	2,4 %
besonders trockene Böden	nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) im mm	• nFKWe <60 mm, außer bei grundwasser-nahen Böden	3 %
besonders nährstoffarme Böden	Kationenaustauschkapazität (KAK _{pot})	• sehr geringe Kationenaustauschkapazität: KAK _{pot} <4 cmol _c /kg Boden = KAK 1 (Bewertungsstufe der Kationenaustauschkapazität)	9 %
besonders trockene und nährstoffarme Böden	nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) im mm Kationenaustauschkapazität (KAK _{pot})	• nFKWe <60 mm, außer bei grundwasser-nahen Böden • sehr geringe Kationenaustauschkapazität: KAK _{pot} <4 cmol _c /kg Boden = KAK 1 (Bewertungsstufe der Kationenaustauschkapazität)	0,8 %

Böden, die aufgrund ihrer Bodenfeuchteverhältnisse besondere Standorteigenschaften aufweisen, nehmen in Westsachsen nur einen äußerst geringen Flächenanteil von ca. 2,4 % ein (vgl. Karte 2.2-4 und Tab. 2.2-2). So konzentrieren sich besonders nasse Böden auf die Niedermoorstandorte und Sandgrundgleye der Dübener und Dahleiner Heide sowie die Stauwasserböden im Gebiet um Naunhof, während besonders trockene Böden im Bereich der Heidelandschaften mit kargen Sandböden vorkommen. Darüber hinaus treten besonders trockene und nährstoffarme Böden insbesondere in der Dahleiner Heide sowie in Teilen der Porphyrhügellandschaften und des Mulde-Lösshügellandes mit flachgründigeren Böden über anstehendem Gestein (Talhänge von Vereinigter Mulde und Wyhra) und im Bereich ehemaliger Rohstoffabbauvorhaben (terrestrische Rohböden) auf.

Vor allem nährstoffarme Böden nehmen dagegen mit fast 9 % einen höheren Flächenanteil in der Region ein. Sie umfassen im Wesentlichen die Böden der Heide- und Porphyrhügellandschaften der Region.

2.2.3.1.3 Lebensraumfunktion für Bodenorganismen

Da für eine Bewertung der Bodenteilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ bisher keine allgemein anwendbaren Methoden vorliegen, wird im Folgenden auf die Ausführungen des Entwurfs des Fachbeitrags Naturschutz und Landschaftspflege zum Landschaftsprogramm des Freistaats Sachsen (LFUG 2004a) verwiesen.

In Böden leben zahlreiche Bodenorganismen, die untereinander in enger Wechselbeziehung stehen. Zusammensetzung und Individuendichte sind insbesondere von den spezifischen Bodenverhältnissen und der Bodennutzung abhängig. Mehr als 90 % aller Bodenorganismen leben in den obersten humosen Bodenhorizonten. In einem Wiesenboden befindet sich auf einem Hektar in etwa die Biomasse von 10 Tonnen Bodenorganismen. Ein Kilogramm von diesem Boden setzt sich zusammen aus:

- 1 bis 100 Mrd. Bakterien und Pilzen
- 10 Mio. bis 1 Mrd. Geißeltiere, Amöben und Wimpertiere
- 10 000 bis 10 Mio. Rädertiere, Fadenwürmer, Milben und Springschwänze
- 10 bis 50 Tausendfüßler, Asseln, Käfer, Engerlinge, Regenwürmer

Wird das Bodenleben vernichtet oder wesentlich in seiner Zusammensetzung gestört, so verliert der Boden seine Leistungsfähigkeit. Das Ökosystem gerät aus seinem Gleichgewicht.

In mitteleuropäischen Ökosystemen erfüllen die Bodenorganismen vor allem die folgenden Funktionen:

- Zersetzung und Abbau von abgestorbener organischer Substanz
- Bildung von Huminstoffen und Ton-Humus-Komplexen
- Mineralisierung organischer Stoffe und Freisetzen von Pflanzennährstoffen
- Umwandlung organischer Stickstoff-Verbindungen
- Oxidation und Reduktion von Verbindungen zahlreicher Elemente wie Schwefel, Mangan, Stickstoff und Kohlenstoff
- Lockerung und Durchmischung des Bodens und Stabilisierung des Bodengefüges
- Abbau und Fixierung von Schadstoffen

2.2.3.2 Böden als Bestandteil des Wasserkreislaufs

Im Naturhaushalt nimmt der Boden eine Schlüsselstellung ein, denn er reguliert mit seinem unterschiedlich ausgeprägten Porensystem in besonderem Maße die Teilströme des Wasserhaushalts (Oberflächenabfluss, Infiltration, Verdunstung und Versickerung). Im Boden bilden sich in Abhängigkeit vom standörtlichen Faktorengefüge (Bodenporensystem, Klima, Relief) unterschiedliche Bodenfeuchteregime aus: Vom sehr trockenen Boden mit einem sehr gering pflanzenverfügbaren Wasservorrat, über verschiedene im Jahresverlauf wechselfeuchte Böden, bis zum andauernd nassen Boden.

Aufgrund der standörtlichen Anpassungen und Verträglichkeiten bzw. des ökologischen Verhaltens der Pflanzen- und Tierarten gibt es verschiedenartige Lebensraumtypen mit Bindung an das spezifische Bodenfeuchteregime. So sind z. B. Standorte mit Grundwasserböden meist seltene und gefährdete Biotoptypen, deren Erhaltung vom Fortbestand eines oberflächennahen Grundwasserspiegels abhängen (vgl. Kap. 2.3.2.5).

In der Karte zum Bodenwasserhaushalt (Karte 8) des Entwurfs des Fachbeitrags Naturschutz und Landschaftspflege zum Landschaftsprogramm des Freistaats Sachsen (LFUG 2004a) sind unterschiedliche Potenziale des Bodenwasserhaushalts in folgender Abfolge dargestellt:

- Stadtböden mit hohem Versiegelungsgrad
- Bergbauböden mit oftmals noch gestörtem Wasserhaushalt
- Auenböden spiegeln die natürlichen Überschwemmungsbereiche wider
- stark vernässte Böden – außerhalb der Auen durch Grundnässe oder Staunässe geprägt
- Böden mit hoher Infiltrationskapazität – Böden, in die in kurzer Zeit sehr viel Regen infiltrieren können (mehr als 500 mm pro Tag)
- Böden mit hoher pflanzenverfügbaren Wasserspeicherkapazität (nutzbare Feldkapazität) sind in der Lage, mehr als 200 mm Wasser pflanzenverfügbar im Wurzelraum des Bodens zu speichern
- Böden mit sonstigen Eigenschaften

Neben den landnutzungsgebundenen Stadt- und Bergbauböden sowie den Auenböden sind für Leipzig-West Sachsen folgende „Böden mit besonderer Prägung durch den Wasserhaushalt“ typisch, die im Wesentlichen auch die im Kap. 2.2.2 benannten Bodenlandschaften widerspiegeln. Die Lösshügellandschaften und Sandlössgebiete der Region zeichnen sich durch eine hohe pflanzenverfügbare Wasserspeicherkapazität aus, die auch ihre hohe Bodenfruchtbarkeit begründet. Dagegen werden die Heidelandschaften von Böden mit hoher Infiltrationskapazität geprägt, die ihre Bedeutung für die Grundwasserneubildung und den Wasserrückhalt begründen (vgl. Kap. 2.3.2.3.1 bzw. 2.3.1.1.10).

Die Heidelandschaften werden darüber hinaus von stark grundvernässten Böden geprägt. Stark stauvernässte Böden treten insbesondere in den Sandlöss-Landschaften sowie den Porphyrahügellandschaften auf. Sie sind oftmals Standorte seltener und gefährdeter Biotoptypen oder besitzen als Böden mit besonderen Standorteigenschaften bzw. aufgrund ihrer Archivfunktion besondere Bedeutung (siehe auch Kap. 2.2.3.1.2 bzw. 2.2.4).

2.2.3.2.1 Wasserspeichervermögen des Bodens

Karte 2.2-5 „Wasserspeichervermögen des Bodens“

Das Wasserspeichervermögen umfasst nach LESER ET AL. (1993) die Eigenschaft von Böden, in ihrem Porensystem Wasser zu speichern, das mit der Größe des Porenvolumens und dem Anteil an Fein- und Mittelporen (zunehmende Feinheit der Körnung) zunimmt. Die Höchstwerte werden somit in Ton- und Schluffböden erreicht.

Neben seiner Bedeutung für den Wasserrückhalt im Landschaftswasserhaushalt und damit den Hochwasserschutz (vgl. auch Kap. 2.3.1.1.10) ist das Wasserspeichervermögen von Böden auch für deren Ertragsfähigkeit ausschlaggebend.

Die Bewertung des Wasserspeichervermögens der Böden in der Planungsregion erfolgte entsprechend der Methodik des Bodenbewertungsinstruments Sachsen (LFULG 2009a) auf Grundlage der Bodenkarte 1 : 50 000 (BK50) des Freistaats Sachsen (vgl. Tab. 2.2-3 und Karte 2.2-5). Die Bewertung erfolgte im Wesentlichen auf Grundlage des Kriteriums „nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum“ (nFKWe). Böden mit einem hohen Wasserspeichervermögen können über 200 mm Regen (200 Liter pro m²) pflanzenverfügbar speichern (nFK). Liegt die nutzbare Feldkapazität eines Bodens über 250 mm, so wird das Wasserspeichervermögen als sehr hoch beurteilt (LFUG 2004b).

Tab. 2.2-1: Bewertung des Wasserspeichervermögens

Wasserspeichervermögen	Bewertungsstufe des Wasserspeichervermögens nach LFULG (2009a)	Flächenanteil in der Planungsregion
sehr gering	I	4,6 %
gering	II	11,2 %
mittel	III	28,4 %
hoch	IV	31,1 %
sehr hoch	V	20,7 %

Böden mit einem hohen oder sehr hohen Wasserspeichervermögen nehmen mehr als die Hälfte der Regionsfläche ein. Sie konzentrieren sich insbesondere in den Lösshügellandschaften und Auenbereichen (vgl. Karte 2.2-5). Dagegen sind Böden mit sehr geringem Wasserspeichervermögen fast ausschließlich in den Heidelandschaften verbreitet.

Das natürliche Wasserspeichervermögen von Böden wird vor allem durch Bodenversiegelung, Bodenerosion und -verdichtung gefährdet. Aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes und einer nachhaltigen Bodennutzung ist das Wasserspeichervermögen von Böden grundsätzlich zu erhalten. Dazu sind

- Bodennutzungen, die den Erhalt des Wasserspeichervermögens gewährleisten, zu befördern und
- Böden mit hohem oder sehr hohem Wasserspeichervermögen vor Bodenversiegelungen zu schützen und ihre Beeinträchtigung durch Bodenerosion und Bodenverdichtung zu vermeiden bzw. zu minimieren.

2.2.3.3 Böden als Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen (Regelungsfunktion)

2.2.3.3.1 Filter-, Puffer- und Transformatorfunktion

Karte 2.2-6 „Schadstofffilter- und Puffervermögen des Bodens“

Unter „Filter und Puffer für Schadstoffe“ wird die Fähigkeit des Bodens verstanden, gelöste oder suspendierte Stoffe von ihrem Transportmittel zu trennen. Die Fähigkeit kann aus mechanischen oder physikalisch-chemischen Filtereigenschaften abgeleitet werden (LFULG 2009a). Im Stoffhaushalt von Ökosystemen wirken somit Böden als natürliches Reinigungssystem. In Abhängigkeit von den jeweiligen Bodeneigenschaften und der Schadstoffart sind intakte Böden in der Lage, Schadstoffe aufzunehmen, zu binden und abzubauen. Dadurch können Schadstoffe aus dem Stoffkreislauf entfernt werden. So wird z. B. belastetes Sickerwasser während der Bodenpassage gereinigt.

Die Filterfunktion von Böden beruht auf einem mechanischen Rückhalt der Schmutz- und Schadstoffpartikel aufgrund des Porensystems im Boden. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Böden bedingen die Pufferfunktion. So werden z. B. Schwermetalle durch die Adsorption an die Bodenaustauscher gebunden oder durch Reaktionen im Boden gefällt. Nicht versauerte Böden mit hohen Gehalten an Humus und Ton sowie Fe-, Al- und Mn-Oxiden weisen in der Regel eine hohe Pufferkapazität auf. Für die stoffliche Umwandlung von organischen Schadstoffen sind insbesondere die Bodenorganismen entscheidend. Die mikrobielle Transformation kann je nach Art des organischen Schadstoffs bis zu dessen vollständigem Abbau führen (LFUG 2004a).

Zu den potenziell schädigenden Stoffen gehören neben den Säurebildnern (z. B. Schwefel- und Stickstoffgruppen) vor allem Schwermetalle (z. B. Blei, Cadmium) und schwer abbaubare organische Substanzen, die u. a. aus der Industrie, verkehrsbedingten Einträgen in Randbereichen von Straßen sowie aus Pflanzenschutzmitteln und Düngern der Landwirtschaft oder aus Altlasten stammen können.

Die natürliche Reinigungsleistung des Bodens ist jedoch nicht unbegrenzt belastbar. Bei einer Überschreitung der Filter-, Puffer- oder Transformatorfunktion des Bodens gelangen die Schadstoffe über das Bodenwasser in Pflanze und Grundwasser und somit über die Nahrungskette bis zum Menschen (vgl. Kap. 2.2.5.2). Die Vermeidung und Verminderung von Schadstoffeinträgen muss daher vorrangiges Ziel – auch des vorsorgenden Bodenschutzes – sein (LFUG 2004a).

Das Stoffspeichervermögen des Bodens wird vor allem vom Bodensubstrat, vom Versickerungsvermögen und vom Humusanteil des Bodens, bei Schwermetallen auch von der Bodenreaktion bestimmt. Sandige Böden neigen bei ungestörter Versickerung und geringem Humusanteil zur Schadstoffverlagerung ins Grundwasser, während überwiegend bindige Böden über ein in der Regel hohes Speichervermögen gegenüber Schadstoffen verfügen.

Entsprechend der landesweiten Bewertung des Filter- und Puffervermögens der Böden (LFULG 2009a) auf Grundlage der Bodenkarte 1 : 50 000 (BK50) besitzen die Böden auf ca. 40 % der Regionsfläche nur ein sehr geringes bzw. geringes Filter- und Puffervermögen (vgl. Tab. 2.2-4 und Karte 2.2-6). Diese konzentrieren sich auf die durchlässigen Sandböden der Heidelandschaften und sind besonders vor Schadstoffeinträgen zu schützen. Böden mit hohem Schadstofffilter- und -puffervermögen sind vor allem im Bereich der Lösshügellandschaften, in den schwarzerdegeprägten Bereichen der Brehnaer und Markranstädter Platte sowie in den Auen verbreitet, sie nehmen ca. ein Fünftel der Regionsfläche ein.

Tab. 2.2-4: Bewertung der Filter- und Pufferwirkung des Bodens für Schadstoffe

Filter- und Pufferwirkung für Schadstoffe	Bewertungsstufe der Filter- und Pufferwirkung für Schadstoffe nach LFULG (2009a)	Flächenanteil in der Planungsregion
sehr gering	I	2,5 %
gering	II	38,9 %
mittel	III	31,7 %
hoch	IV	22,8 %

2.2.3.4 Klimaschutzfunktion

Karte 2.2-7 „Böden mit hoher Klimaschutzfunktion“

Böden bilden die größten terrestrischen Kohlenstoffvorräte (WBGU 1998, SCHLESINGER 1997). Kohlenstoff aus dem CO₂ der Atmosphäre kann in Böden langfristig in Form von organischer Bodenaufgabe, Torfsubstrat oder gelösten Bodenkohlenstoffverbindungen festgelegt werden (CO₂-Rückhaltevermögen). Die langjährige Kohlenstoffspeicherung in Böden ist an spezifische Bodeneigenschaften (Bodenfeuchte, -temperatur u. a.) gebunden. Insbesondere Böden feucht-nasser, kühler Standorte absorbieren unter anaeroben Bodenverhältnissen und stark reduzierter Mineralisierungsrate große Kohlenstoffvorräte. Infolge der hohen Bodenwassersättigung ist der Sauerstoffgehalt dieser Böden stark limitiert und die organischen Bodenbestandteile folglich vor Zersetzung bewahrt und konserviert. Böden mit sehr hoher oder hoher Kohlenstoffbindefähigkeit besitzen aufgrund ihres bodenspezifischen Potenzials, Kohlenstoff an anorganische Bodenpartikel zu binden und in organomineralischen Verbindungen festzulegen, eine hohe CO₂-Senkenfunktion (SCHMIDT ET AL. 2011).

Intakte Moorökosysteme mit Torfbildung und andere Feuchtbiotop mit Akkumulation organischer Substanz stellen Speicher- und Senkenökosysteme von Treibhausgasen (THG), insbesondere für den Kohlenstoff aus dem CO₂, dar. Nasse, „lebende“ Moore haben eine Stoffsenkenfunktion, entwässerte Moore mit Torfzersetzung sind dagegen Stoffquellen. Sie emittieren klimaschädliches CO₂ sowie Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor, die funktional verbundene Ökosysteme wie Fließgewässer mit ihren Auen sowie Stillgewässer beeinträchtigen können. Insbesondere hydromorphe Böden wie Moorböden und nicht drainierte, vernässte Mineralböden (z. B. Gleye) mit dauerhafter Vegetationsdecke haben eine hohe Funktion als Kohlenstoffsenke. Aufgrund ihrer hohen Kohlenstoffbindungs- und -speicherfähigkeit besitzen sie eine große Bedeutung für den Klimaschutz (LFULG 2014a).

Böden mit hoher Kohlenstoffspeicherfunktion konzentrieren sich in der Region v. a. in den Wald- und Mooregebieten der Dübener Heide sowie im Feuchtgebietskomplex der Döbrichauer Wiesen. Häufungen sowie reliktsiche Vorkommen zeigen auch die Zschampertau, die Dahleener Heide und die Dahleener Platte sowie der nördliche Teilbereich der Bad Lausicker Hügellandschwelle. Wassergesättigte, organische oder schwere mineralische Böden mit hoher bzw. sehr hoher CO₂-Senkenleistung bestimmen insbesondere die Gewässerauen der Dübener Heide und Dahleener Heide, die Elbaue, die Muldenaue sowie die Auen der Muldezuflüsse im Mulde-Porphyrhügelland, die südliche Parthenaue sowie die Elster-Luppe-Aue (vgl. Karte 2.2-7).

Nutzungen und Bewirtschaftungsintensität (Humuszehrung, Bodenbruch, -verdichtung, Stoffeinträge etc.) sowie veränderte Klimabedingungen (längere Trockenphasen, höhere Durchschnittstemperaturen, negative Wasserbilanzen etc.) beeinflussen den Wasser-, Luft- und Temperaturhaushalt im Boden und wirken somit auch auf die bodenspezifischen Senken- und Speicherfunktionen. Land- oder forstwirtschaftliche Nutzungen mit intensiver Bodenbearbeitung, -bruch oder Melioration erhöhen im Vergleich zu anderen Nutzungen die Kohlenstoffumsatzrate der Böden um ein Vielfaches und beeinträchtigen so die im Boden gebundenen Kohlenstoffvorräte erheblich. Die landwirtschaftliche Intensivnutzung von organischen Böden bildet eine Hauptquelle für klimarelevante CO₂-Emissionen in Deutschland, bei der eine potenzielle Freisetzung von 400 bis <700 t C/ha möglich ist (HÖPER 2009). Auch steigende Bodentemperaturen oder sinkende Bodenfeuchte infolge veränderter Klimabedingungen wirken limitierend auf die im Boden gebundenen Kohlenstoffvorräte und befördern so die CO₂-Freisetzung. Ein Bodentemperaturanstieg um 1 °C kann bei anderweitig gleichbleibenden Standort- und Nutzungsbedingungen eine Erhöhung der CO₂-Emission des Bodens um etwa 10 % bewirken (KAMP ET AL. 2008).

Aus Gründen des Klimaschutzes gilt es, diese Böden insbesondere vor Entwässerung, Umbruch, Abgrabung und Versiegelung zu schützen. Maßnahmen zur Erhöhung der Naturnähe bzw. zur „Wiederbelebung“ des Torfwachstums (Revitalisierung) in Mooren u. a. Feuchtbiotopen kommt neben der Stabilisierung der Bodenwasserverhältnisse, dem Erhalt standortverträglicher Nutzungen, dem Erhalt sowie der Förderung CO₂-senkender Landnutzungen eine erhöhte Bedeutung zu. Da diese Böden häufig auch eine hohe Biotopentwicklungsfunktion haben, gibt es hier große Synergieeffekte zwischen Klimaschutz und Naturschutz (LFULG 2014a); vgl. auch Kap. 2.3.2.5.

2.2.4 Archivfunktion

Nach § 2 (2) BBodSchG erfüllt der Boden neben natürlichen Funktionen und Nutzungsfunktionen auch Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. In Abhängigkeit von seiner physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaft konserviert der Boden die Spuren seiner langen natürlichen Entstehungsgeschichte und die auf ihm erfolgten anthropogenen Einwirkungen und wird damit zum Archiv der Natur- und Kulturgeschichte (LUA 2005).

Böden sind in Sachsen von besonderer natur- und kulturhistorischer Bedeutung (Archivfunktion), wenn sie im Profilaufbau Zeugnis über vergangene geologische Epochen bzw. über die Entwicklung des Menschen oder seines Einflusses auf die Natur ablegen (LFUG 2004a). Sie besitzen somit als Dokumente der Landschafts-, Natur- und Kulturgeschichte eine Informationsfunktion über abgelaufene natur- und kulturgeschichtliche Prozesse.

Dem Boden ist aufgrund seiner langen Entwicklungszeit, die durch natürliche Faktoren wie z. B. Ausgangsgestein, Relief und Klima und später auch durch den Menschen beeinflusst wurde, generell eine Archivfunktion immanent. Nachfolgend werden jedoch nur Böden, die hinsichtlich ihrer Archivfunktion besonders schutzwürdig oder schutzbedürftig sind, betrachtet. Dabei treten zwischen den einzelnen Kriterien der Kennzeichnung der Archivfunktion von Böden zahlreiche Überschneidungen auf. So besitzen seltene Böden häufig auch eine besondere natur- oder kulturgeschichtliche Bedeutung oder sind als potenziell naturnahe Böden einzustufen.

Im Folgenden erfolgt die Bewertung der Archivfunktion nach den Teilfunktionen „Archiv der Naturgeschichte“ und „Archiv der Kulturgeschichte“.

2.2.4.1 Archivböden der Naturgeschichte

Als Kriterien zur Bewertung von Böden hinsichtlich ihrer naturgeschichtlichen Archivfunktion werden die Parameter **Seltenheit**, **Naturnähe** und **besondere naturgeschichtliche Bedeutung** (Böden als naturgeschichtliche Urkunde) herangezogen.

Es erfolgt eine gesonderte Betrachtung von Naturnähe und Seltenheit, da beide Begriffe nicht unmittelbar gleichzusetzen sind: Natürliche/naturnahe Böden sind generell als selten einzustufen, währenddessen seltene Böden nicht in jedem Fall natürlich sein müssen.

2.2.4.1.1 Seltene Böden

Karte 2.2-8 „Seltene Böden“

Der Begriff der Seltenheit beschreibt einen insgesamt bzw. regional selten oder nicht großflächig vorkommenden Boden. Gründe für die Seltenheit eines Bodens können zum einen natürliche Ursachen als auch anthropogene Einwirkungen sein. Seltene Böden sind aufgrund ihrer Kleinflächigkeit besonders gefährdet. Zur Sicherung möglichst vieler unterschiedlicher Böden und damit dem Erhalt einer möglichst großen Standortvielfalt sind seltene Böden vor Beeinträchtigungen oder Totalverlust (z. B. durch Rohstoffabbau) besonders zu schützen.

Der Begriff „Seltenheit“ ist relativ und für jede Region unterschiedlich zu definieren. So kann ein Boden landesweit selten sein, aber regional häufig vorkommen; ebenso gibt es Böden, die regional eine Seltenheit darstellen, aber landesweit zahlreich vorkommen (FOKUHL 1994).

Die Bewertung der Seltenheit von Böden in Westsachsen erfolgte auf Grundlage des „Bodenbewertungsinstruments Sachsen“ (LFULG 2009a). Danach wurden Böden mit einem Flächenanteil von ≤ 1 % an der Regionsfläche als „**regional selten**“ eingestuft. Sofern diese nach LFUG (2004a) zugleich landesweit selten sind, sind sie als „regional und landesweit seltene Böden“ gekennzeichnet. Des Weiteren wurden landesweit seltene Böden, die in der Region aufgrund ihres Flächenanteils von > 1 %, **aber ≤ 1 %** weniger selten sind, als „**weitere landesweit seltene Böden**“ dargestellt (vgl. Karte 2.2-8). Hier besteht eine besondere regionale Verantwortung zum Schutz dieser landesweit seltenen Böden.

Tab. 2.2-5: Seltene Böden in Leipzig-West Sachsen

Bodentyp	Flächenanteil des Bodentyps an der Regionsfläche (%)	regional selten	landesweit selten
(Norm)Ranker	0,26	X	X
podsoliger Pseudogley-Regosol	0,20	X	
Pseudogley-Regosol	0,15	X	
(Norm)Tschernosem	5,33		X
Pseudogley-Pelosol	0,05	X	
Ranker-Braunerde	0,63	X	
(Norm)Fahlerde	0,50	X	
pseudovergleyte (Norm)Fahlerde	0,02	X	
erodierte pseudovergleyte Fahlerde	0,07	X	
Bänderparabraunerde-Podsol	0,70	X	
Eisenpodsol	4,82		X
Pelosol-Pseudogley	0,22	X	
Fahlerde-Pseudogley (Amphigley)	0,99	X	
Tschernosem-Pseudogley	0,52	X	
Kolluvisol-Gley-Pseudogley	0,28	X	
(Norm) Reduktosol	0,18	X	
(Norm)Paternia	0,30	X	
Gley-Paternia	0,42	X	
Vega über erodierter Gley-Parabraunerde	0,75	X	
Vega über Auengley	0,05	X	
Vega-Gley über Niedermoor	0,29	X	
Braunerde-Gley	0,70	X	
Parabraunerde-Gley	0,32	X	
(Norm)Anmoorgley	0,48	x	X
Humusgley	2,76		X
Niedermoorgley	3,37		X
Anmoorgley über Niedermoor	0,54	X	X
(Norm)Niedermoor	0,21	X	X
Kalkniedermoor	0,78	X	

Die Verbreitung der in Karte 2.2-8 dargestellten seltenen Böden in Leipzig-West Sachsen bzw. landesweit seltenen Böden lässt sich im Einzelnen wie folgt differenzieren:

- Ranker (Ah/C-Böden) weisen als landesweit seltene Böden auch einen sehr geringen Regionsflächenanteil von **0,25 %** auf. Sie treten ausschließlich an den Talhängen der Vereinigten Mulde bei Grimma sowie der Zwickauer Mulde oberhalb Colditz auf.
- Pseudogley-Regosole (Ah/C-Böden) sind mit **0,35 %** Flächenanteil ebenfalls sehr selten. Sie treten im Raum Altenbach-Bennewitz sowie im Döbelner Lösshügelland zwischen Ragewitz und Bröhsen auf.
- Reine Schwarzerden (Tschernoseme) gehören zu den landesweit seltenen Böden. Mit einem Flächenanteil von **mehr als 5 %** sind sie in Leipzig-West Sachsen nicht als sehr selten einzustufen, sind jedoch aus Landessicht besonders schützenswert. Ihr Vorkommen ist auf den Westteil der Region, die Brehnaer und Markranstädter Platte, beschränkt.
- Die sehr seltenen Pseudogley-Pelosole (**ca. 0,03 %** der Regionsfläche) kommen ausschließlich im Raum Großpösna-Fuchshain vor.
- Sehr seltene Bodentypen stellen zudem die schwerpunktmäßig am Südrand der Dahleiner Heide vorkommenden Fahlerden (**ca. 0,6 %** der Regionsfläche) sowie die im Bereich der Porphyrkuppen des Mulde-Porphyrhügellandes und westlich von Torgau verbreiteten Ranker-Braunerden (**ca. 0,6 %** Flächenanteil) dar.
- Die regional seltenen Bänderparabraunerde-Podssole (**0,7 %** Flächenanteil) sind ebenso wie die Vorkommen der landesweit seltenen Eisenpodsole (**4,8 %** Flächenanteil) auf die Dahleiner Heide beschränkt.

- Die Stauwasserböden Pelosol-Pseudogley, Fahlerde-Pseudogley, Tschernosem-Pseudogley und Kolluvisol-Gley-Pseudogley gehören zu den regional seltenen Böden. Pelosol-Pseudogley kommen am Kolmberg Liebertwolkwitz und im Raum Großpösna, Fahlerde-Pseudogley im Kohrener Land und vereinzelt im Stadtgebiet von Leipzig, Tschernosem-Pseudogley südlich von Groitzsch und Kolluvisol-Gley-Pseudogley in der Dahleiner Heide (Krausnitzbach- und Tauschkeue) vor.
- Die regional sehr seltenen Reduktosole (Flächenanteil **0,18 %**) treten ausschließlich im Stadtgebiet von Leipzig, im Bereich ehemaliger Deponien (Fockestraße, Dölitz, Liebertwolkwitz) auf.
- Die Auenböden Norm- und Gleyaternia gehören mit einem Flächenanteil von **0,2 %** bzw. **0,4 %** zu den seltensten Böden in der Region. Sie kommen an der Vereinigten Mulde zwischen Grimma und Großbothen bzw. der Elbe zwischen Döbern und der Regionsgrenze bei Greudnitz vor. Die ebenfalls seltenen Vegaböden über erodierter Gley-Parabraunerde (Flächenanteil **0,7 %**) haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in der Muldenaue zwischen Eilenburg und Bad Dübener Heide, während Vega über Auengley (Flächenanteil **0,05 %**) ausschließlich am Probsthainer Bach westlich von Langenreichenbach vorkommt.
- Grundwasserböden (Gleye) verschiedenster Ausprägung, z. B. mit hoher Humusakkumulation (Anmoor- und Moorgleye) gehören ebenfalls zu den seltenen Böden in der Region. Sie sind teilweise auch landesweit selten (Anmoorgleye). Anmoorgleye und Anmoorgleye über Niedermooren nehmen mit jeweils nur ca. **0,5 %** der Regionsfläche einen sehr geringen Flächenanteil ein. Anmoorgleye konzentrieren sich in den Niederungsbereichen der Porphyrhügellandschaften, u. a. der Lossa-, Luppa- und Böhlbachaue. Anmoorgleye über Niedermoor haben als Verbreitungsschwerpunkt die Muldenaue nördlich von Eilenburg.
 - Von den Gley-Subtypen gehören Vega-Gleye über Niedermoor und Parabraunerde-Gleye zu den seltensten Böden in der Region (Flächenanteil jeweils ca. **0,3 %**). Vega-Gleye über Niedermoor treten fast ausschließlich in der Göselbachaue südlich Otterwisch, der Aue des Jordanbachs östlich Kitzscher sowie westlich von Bad Lausick am Heinersdorfer Bach auf. Dagegen kommen Parabraunerde-Gleye vereinzelt im Stadtgebiet Leipzig sowie im Schildholz bei Bad Lausick vor. Braunerde-Gleye (Flächenanteil **0,7 %**) treten ausschließlich im Kämmereiforst auf.
 - Humusgleye, als landesweit seltene Böden, sind regional mit ca. **2,8 %** Flächenanteil weit- aus weniger selten. Vorkommensschwerpunkte sind die Niederungen der Heidelandschaften, die Muldenaue nördlich von Eilenburg, die Parthenaue bei Naunhof und in Leipzig und die Aue der Östlichen Rietzsche in Leipzig.
 - Niedermoorgleye gehören mit einem Flächenanteil von ca. **3,4 %** nicht zu den regional seltenen Böden, sind jedoch aufgrund ihrer landesweiten Bedeutung für die Vielfalt der Böden bedeutsam. Sie haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Niederungsbereichen der Dübener Heide.
- Niedermoore gehören sowohl zu den regional als auch zu den landesweit seltenen Böden. Sie nehmen in Leipzig-West-sachsen **ca. 0,2 %** der Regionsfläche ein. Niedermoore sind schwerpunktmäßig im FFH-Gebiet „Döbrichauer Wiesen“ verbreitet und treten darüber hinaus kleinräumig im Hinteren Stöckigt, an den Eschefelder Teichen, westlich von Bad Lausick, im Raum Bernbruch, im Buchholz und in der Loberaue westlich von Delitzsch auf. Kalkniedermoore als regional seltene Böden (Regionsflächenanteil ca. **0,8 %**) kommen ausschließlich im Bereich des Moormergelgebiets Bienitz sowie in der Zschampertaue vor.

2.2.4.1.2 Naturnahe Böden

Karte 2.2-9 „Potenziell naturnahe Böden“

Naturnahe Böden sind wenig oder nicht durch Nutzung, das heißt menschlichen Einfluss verändert und damit in ihren Bodeneigenschaften weitgehend unbeeinträchtigt. Sie repräsentieren somit den Verlauf der Bodenentwicklung ohne menschliche Einflussnahme (LUA 2005). Je größer die anthropogene Überprägung von Böden ist, umso geringer ist ihr Natürlichkeitsgrad. Das Vorkommen natürlicher Böden geht in Mitteleuropa gegen Null; selbst (bedingt) naturnahe Böden sind nur noch selten anzutreffen (LFULG 2009a).

Als Anhaltspunkte zur Bestimmung naturnaher Böden werden folgende benannt (LFULG 2009a):

- Böden mit nahezu natürlichem, weitgehend unverändertem Profilaufbau ohne neuzeitliche ackerbauliche Nutzung
- Böden unter naturnahem Wald
- Böden unter natürlichen Trockenrasen und Heiden
- intakte Hoch- und Niedermoore sowie
- stark extensive Bodennutzungen (z. B. Grünland)

Da die Bestimmung naturnaher Böden auf Grundlage ihrer konkreten Nutzungs- und Belastungssituation für Westsachsen nicht flächendeckend möglich ist, erfolgt in Anlehnung an NLFÖ (2004) eine Ableitung potenziell naturnaher Böden anhand der Verbreitung historischer Nutzungen sowie naturnaher Biotoptypen, die eine naturnahe Bodenentwicklung vermuten lassen. Sie stellen somit Suchräume für naturnahe Böden dar.

Als potenziell naturnahe Böden in Westsachsen wurden danach

- Böden unter naturnahem Wald,
- Böden unter naturnahen Mooren und
- alte Waldstandorte

bestimmt. Sie nehmen ca. 15 % der Regionsfläche ein (vgl. Karte 2.2-9).

Böden unter naturnahem Wald umfassen Biotope des Leitbiotoptyps „Seltene naturnahe Waldgesellschaften“ entsprechend der Waldbiotopkartierung des Freistaats Sachsen (LAF 1996) mit einer Mindestfläche von 0,3 ha. Die Verbreitung von naturnahen Wäldern lässt Rückschlüsse auf Vorkommen natürlicher bzw. naturnaher Böden zu, da in diesen Gebieten von einer vergleichsweise sehr geringen anthropogenen Beeinträchtigung ausgegangen werden kann. Böden unter naturnahem Wald nehmen mit nur 1 % der Regionsfläche einen sehr geringen Flächenanteil ein. Zu den besonders großflächigen Vorkommen gehören z. B. die Auenwälder des Leipziger Auwalds (ca. ein Drittel der Fläche aller naturnahen Waldgesellschaften der Region), die bodensauren Buchenwälder der Dübener und Dahleiner Heide, die Hang- und Schluchtwälder (Buchen-Eichen-Mischwälder) an den Talhängen der Vereinigten Mulde, die bodentrockenen Linden-Hainbuchen-Traubeneichenwälder des Streitwaldes und Hinteren Stöckigts, des Tiergartens Colditz und des Oberholzes, die Linden-Hainbuchen-Stieleichenwälder des Kämmereiforstes, des Tannenwaldes und der Spröde sowie die Bruch- und Moorwälder der Dübener Heide (vgl. dazu auch LEP 2013, Karte A 1.5 „Großflächig naturnahe Waldkomplexe“).

Böden unter naturnahen Mooren enthalten als potenziell naturnahe Böden die in der Karte A 1.2 „Suchraumkulisse Moorrenaturierung“ des LEP 2013 dargestellten

- Moore u. a. organischen Nassstandorte mit moortypischen Biotopen/Vegetation sowie
- Moore u. a. organischen Nassstandorte mit aktuell nicht (mehr) vorhandenen moortypischen Biotopen/Vegetation

Sie nehmen insgesamt nur ca. 1 % der Regionsfläche ein, wobei sich Vorkommensschwerpunkte in der Dübener und Dahleiner Heide befinden.

Die Böden historischer alter Waldstandorte können als relativ naturnah eingeschätzt werden, da hier über lange Zeiträume eine meist ungestörte Bodenbildung stattfinden konnte. Auf Grundlage der Daten zur Waldflächenentwicklung in Sachsen vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis heute (LFP 2001) erfolgte für Leipzig-West-sachsen die Selektion der durchgängig von 1800 bis 2000 bewaldeten Gebiete. Danach weisen die Kernbereiche aller großen Wälder der Region seit über 200 Jahren eine mehr oder weniger geschlossene Bewaldung auf. Alte Waldstandorte nehmen ca. 13 % der Regionsfläche ein, das sind etwa 71 % des derzeitigen Waldbestands.

Naturnahe Böden sind aufgrund der Irreversibilität von Nutzungseinflüssen bzw. ihrer nur über sehr lange Zeiträume reversiblen Beeinträchtigung besonders schutzwürdig. Darüber hinaus dient ihr Schutz dem Erhalt der biologischen Vielfalt.

Je höher der Natürlichkeitsgrad, desto schutzwürdiger ist der Boden und umso größer sind Schäden durch einen Eingriff (GRIMM & SOMMER 1993). Gefährdungen bzw. Schädigungen potenziell naturnaher Böden durch Eingriffe des Menschen wie Intensivierung von Nutzungen, Stoffeinträge oder ihr kompletter Funktionsverlust durch Bodenversiegelung sind daher auszuschließen.

2.2.4.1.3 Böden mit besonderer naturgeschichtlicher Bedeutung

Karte 2.2-10 „Natur- und kulturgeschichtlich bedeutsame Böden“

Aufgrund ihrer sehr langen Entwicklungszeiten – die meisten Böden Mitteleuropas entstanden seit der letzten Eiszeit vor ca. 10 000 bis 15 000 Jahren – fungieren Böden in besonderem Maße als Zeugnisse der Klima-, Vegetations- und Bodengeschichte. Sie sind daher als besonders wertvoll einzustufen. Insbesondere dann, wenn sie für ihre Entstehung sehr lange Zeiträume benötigen (z. B. vor Ende der letzten Eiszeit entstandene Paläoböden) oder ihre Entstehung unter heutigen Klimabedingungen nicht mehr möglich wäre (z. B. Tschernoseme), sind Böden als naturgeschichtliche Urkunde bedeutsam. Alle bodenbildenden Faktoren hinterlassen im Laufe der Bodenentwicklung charakteristische Merkmale im Profilbild eines Bodens (ARBEITSKREIS BODENSCHUTZ BEIM UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1995). Darüber hinaus gelten Böden, die aufgrund ihrer typischen Ausprägung als repräsentativ für eine bestimmte Landschaft mit dem Ziel der langfristigen Sicherung ihrer derzeitigen Nutzungsstruktur ausgewählt wurden, als naturgeschichtlich wertvoll, da sie der Dokumentation von Naturgeschichte dienen (z. B. Bodendauerbeobachtungsflächen).

Nach Auswertung der Arbeiten von BLUME (2000) und LUA (2005) sowie der „Offenen Liste von Böden mit hoher landschafts- oder kulturgeschichtlicher Bedeutung“ (LFULG 2009a) können folgende, für Leipzig-West-sachsen relevante und besonders schutzwürdige bzw. schutzbedürftige Böden mit besonderer naturgeschichtlicher Bedeutung benannt werden (vgl. Tab. 2.2-6).

Tab. 2.2-6: Böden mit besonderer naturgeschichtlicher Bedeutung in Leipzig-West-sachsen

Kriterien	Bodentyp	Auswahl Region
Böden, die für ihre Entstehung sehr lange Zeiträume benötigen	Fahlerden (Entwicklungszeitraum: Jahrtausende bis Jahrzehntausende)	Fahlerden
	Böden aus Flugsand (nacheiszeitlich in mehreren Etappen)	podsolige Braunerden, Braunerde-Podsole
Böden, deren Entstehung unter heutigen Klimabedingungen nicht mehr möglich wäre	Tschernoseme (Schwarzerden) (Entwicklung vor 10 000 bis 4 500 Jahren)	Tschernoseme
weitere Böden mit hoher landschafts- oder kulturgeschichtlicher Bedeutung	Auenrohböden	Paternia
	intensiv stauvernässte Böden	Stagnogleye
	Grundwasserböden mit hoher Humusakkumulation	Anmoorgleye, Moorgleye
	Nieder-, Übergangs- und Hochmoore	Niedermoore, Übergangsmoore
Böden, die aufgrund ihrer typischen Ausprägung als repräsentativ für eine bestimmte Landschaft ausgewählt wurden		Bodendauerbeobachtungsflächen

Die Verbreitung naturgeschichtlich wertvoller Böden in Leipzig-West-sachsen zeigt Karte 2.2-10. Sie nehmen mit insgesamt ca. 12 840 ha nur ca. 3,2 % der Regionsfläche ein und gehören überwiegend auch zu den seltenen Böden der Region (vgl. Kap. 2.2.4.1.1).

Im Freistaat Sachsen wurden Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) eingerichtet, die Informationen über langfristige Veränderungen von Böden an unterschiedlichen Standorten liefern sollen. Die Auswahl der Flächen erfolgt nach bundesweit abgestimmten Kriterien, die die Naturraumrepräsentanz, die Repräsentanz der sächsischen Bodenlandschaften, die wichtigsten geologischen Einheiten sowie die Hauptnutzungsarten umfassen. Dabei repräsentieren die BDF I gebietstypische Böden, während die BDF II Sonderstandorte umfassen, denen aus Sicht des Bodenschutzes aufgrund ihrer Immissionsbelastung oder Empfindlichkeit besondere Bedeutung zukommt (LFULG 2015a).

In Leipzig-West-sachsen befinden sich 9 BDF I und eine BDF II, die die in Tab. 2.2-7 aufgeführten sächsischen Bodenlandschaften repräsentieren:

Tab. 2.2-2: Bodendauerbeobachtungsflächen in der Planungsregion

Fläche Name	Bodengroßlandschaft (BGL)	Bodenlandschaft	
		Nr.	Name
BDF I (2) Belgern	BGL der Auen- und Niederterrassen	02.1.1	Riesa-Torgau Elbtal
BDF I (7) Kollau	BGL der Auen- und Niederterrassen	0.2.1.2	Tal der Vereinigten Mulde
BDF I (3) Melpitz	BGL der Grundmoränenplatten und Endmoränen im Altmoränengebiet	04.1.1	Düben-Dahlener Heide
BDF I (6) Priesteblich	BGL der Lössbörden	06.2.1	Leipziger Lössstiefland
BDF I (1) Langenreichenbach	BGL der Lössbörden	06.2.2	Nordsächsisches Lössstief- und Plattenland
BDF I (5) Lampersdorf	BGL der Lössbörden	06.2.2	Nordsächsisches Lössstief- und Plattenland
BDF I (18) Schweta	BGL der Lössbörden	06.2.2	Nordsächsisches Lössstief- und Plattenland
BDF I (22) Kitzen	BGL der Lössbörden	06.2.6	Weißenfelser Lössstiefland
BDF I (8) Wermisdorf	BGL der Lösslandschaften des Berglandes	06.3.1	Nordwestsächsisches Lösshügel- und Vulkanitkuppenland
BDF II (33) Colditz	BGL der Lösslandschaften des Berglandes	06.3.1	Nordwestsächsisches Lösshügel- und Vulkanitkuppenland

Für Böden mit besonderer naturgeschichtlicher Bedeutung gelten im Wesentlichen die gleichen Gefährdungsursachen und Schutzerfordernisse wie für seltene und naturnahe Böden.

2.2.4.2 Archivböden der Kulturgeschichte

Böden geben nicht nur Aufschluss über naturgeschichtliche Ereignisse. Natur und Landschaft einschließlich der Böden wurden durch die vielfältigen Nutzungsformen im Laufe der menschlichen Geschichte kulturell beeinflusst. Somit sind Böden wichtige Zeitzeugen früherer Bewirtschaftungsweisen und Beweisstück menschlicher Tätigkeit. Bestimmende Elemente für den Wert eines Bodens als kulturgeschichtliche Urkunde sind z. B. Zeugnisse spezieller Kultur- und Bewirtschaftungsformen (LFULG 2009a). Dies können z. B. durch ackerbauliche Maßnahmen entstandene Böden wie Plaggenesche, Wölbäcker, Heidepodsole oder bestimmte Moorkulturen sein. Vorkommen dieser historischen Bewirtschaftungsformen sind in der Region nicht bekannt.

Darüber hinaus können die im Boden konservierten Siedlungs- und Kulturreste von erdgeschichtlicher oder archäologischer Bedeutung, z. B. Reste früherer Besiedlungs- oder Nutzungsformen, Gräber und Fundstätten, aus denkmalpflegerischer oder archäologischer Sicht besonders bedeutsam und damit schutzwürdig sein. Diese Bodendenkmale unterstehen als Zeugnisse der Siedlungsgeschichte dem Sächsischen Denkmalschutzgesetz (SächsDSchG, 1993). Der Boden, in dem diese Denkmale erhalten sind, unterliegt selbst nicht dem SächsDSchG. In Leipzig-West-sachsen sind mehr als 4 000 archäologische Denkmale erfasst, deren Zahl sich ständig erhöht. Eine Übersicht der erfassten archäologischen Denkmale in der Region gibt Karte 2.6-3. Als bodenschutzrelevante Denkmale sind davon insbesondere Gräber, Siedlungspuren und Erdwerke anzusehen (vgl. dazu auch Kap. 2.6.3.4).

Als Zeugnisse der Siedlungsgeschichte sind die regionalen Schwerpunkte des archäologischen Kulturdenkmalschutzes von besonderer kulturgeschichtlicher Bedeutung (vgl. Karte 2.2-10). Sie umfassen folgende ausgewählte archäologische Kulturdenkmale, die eine hervorragende geschichtliche und wissenschaftliche Bedeutung für die Region besitzen (LFA 2016):

Tab. 2.2-3: Regionale Schwerpunkte des archäologischen Kulturdenkmalschutzes

Name/Lage	Beschreibung
Döben „Zetten“ (Stadt Grimma)	- während der jüngeren Bronzezeit und im slawischen Mittelalter besiedelte Wallanlage, teilweise mit einer bis zu 6 m hohen Umwallung eingefasst - mit ca. 15 ha eine der größten Wallanlagen Sachsens
Eisdorf (Stadt Pegau)	- Luftbildbefunde alter Siedlungsreste auf Feldflur „Altes Oberdorf“ - ehemaliger Hof des Merseburger Bischofs Thietmar (975-1018); zahlreiche Oberflächenfunde
Groitzsch (Gemeinde Jesewitz)	- „Kapellenberg“ Fundstätte altsteinzeitliche Feuersteinartefakte; etwa 14 500 Jahre alt, dem späten Magdalénien zugeordnet - Fundstätte eines kleinen Schieferplättchens mit Pferdegravur; einziges Stück figürlicher Kunst der Altsteinzeit Sachsens - einer der wenigen altsteinzeitlichen Fundplätze Sachsens
Großdalzig (Stadt Zwenkau)	- Siedlungsspuren der Jungsteinzeit mit Pfostenbauten, vermutlich der Linienbandkeramik (um 5000 v. Chr.) - unberührte, vollständig erhaltene Siedlung der ersten sesshaften Siedler Sachsens
Großtreben (Gemeinde Beilrode)	- zahlreiche typische Kreisgräben ehemaliger Grabhügelfelder am nördlichen Ortsrand (Luftbildbefund)
Hof (Gemeinde Naundorf)	- bedeutende slawische Burganlage des 9. Jahrhunderts n. Chr., vermutlich Burg Gana, Hauptburg des Stamms der Daleminzier (auf Gemarkungsgrenze zu Stauchitz) - 3 Grabeneinfriedungen (Luftbildbefund) und massive, mehrfach verstärkte Wehrmauer, als verebneter Wall noch heute im Gelände sichtbar
Kitzen (Stadt Pegau)	- Reste von Siedlungen mit auffallenden, auch fremden Funden (spätkeltische und römische Münzen, Schmuck und Keramik) - Beleg für die überregionale Vernetzung Westsachsens
Kyhna (Gemeinde Wiedemar)	- reiche Denkmallandschaft unterschiedlicher Zeitstellung (Luftbildbefund) - mehrere kreisförmige Grabenanlagen der älteren (4800-4600 v. Chr.) und eine trapezförmige Grabanlage der mittleren (um 3600 v. Chr.) Jungsteinzeit - größte Konzentration vorgeschichtlicher Grabenwerke in Sachsen
Liebersee (Stadt Belgern-Schildau)	- jahrtausendelang – von der Jungbronzezeit (1200 v. Chr.) bis in das frühe Mittelalter (700 n. Chr.) – belegtes Gräberfeld mit fast 2 000 Gräbern unterschiedlicher kultureller Prägung - zahlreiche Siedlungen der entsprechenden Zeitabschnitte im Umkreis stellen eine herausragende Siedlungslandschaft dar
Loßwig (Stadt Torgau)	- mehrhundertjähriges Siedlungsgelände (700 v. Chr. bis 700 n. Chr.) auf der linken Elbtterrasse - erstreckt sich unzerstört großflächig beidseits der Straßentrasse (Luftbildbefund)

Name/Lage	Beschreibung
Mehderitzsch (Stadt Torgau)	<ul style="list-style-type: none"> - weitgehend erhaltene Sumpfschanze der Lausitzer Kultur mit einem Rundwall von über 3 m Höhe und mit urspr. ca. 90 m Durchmesser - unter Torfschichten im Feuchtbodenmilieu erhaltene seltene organische Funde wie Bauhölzer - Keramik datiert die Anlage in das 7. Jahrhundert v. Chr.
Paschkowitz (Stadt Mügeln)	<ul style="list-style-type: none"> - ausgedehntes Siedlungsareal der altneolithischen Kultur mit Linienbandkeramik (um 5000 v. Chr.), der Jungbronzezeit (um 1000 v. Chr.) und der frühen Eisenzeit (um 500 v. Chr.) mit sehr seltenen Ofenanlagen zur Metallverarbeitung und fremden Fundstücken aus Süddeutschland - großflächig unzerstörte Siedlungsreste auf dem Hang zum Haselbach
Räpitz (Stadt Markranstädt)	<ul style="list-style-type: none"> - ausgedehnte germanische Siedlung (1. bis 6. Jahrhundert n. Chr.) mit zahlreichen Oberflächenfunden (römische Münzen, Metallgeschirr u. a. Luxusgegenstände) - Fundort von überregionaler Bedeutung mit einem Lebensstandard weit über dem zeitgenössischen Durchschnitt
Schkölen „Hunnenschanze“ (Stadt Markranstädt)	<ul style="list-style-type: none"> - runder, im Durchmesser urspr. ca. 100 m messender Ringwall „Hunnenschanze“ - Gedenkstein erinnert an die sagenhafte Schlacht von Riade am 15. März 933
Schmorkau (Stadt Oschatz)	<ul style="list-style-type: none"> - Körper- und Brandgräber der Römischen Kaiserzeit und Völkerwanderungszeit (ca. 200-600 n. Chr.) am nördlichen Ortsrand (Luftbildbefund) - derzeit einzig bekanntes, vollständig erhaltenes Körpergräberfeld der Völkerwanderungszeit in Sachsen
Seydewitz (Stadt Belgern-Schildau)	<ul style="list-style-type: none"> - großflächiges, mehrgliedriges, tief gestaffeltes Befestigungssystem mit Grabenwerken und (heute abgetragenen) Wällen auf der Elbhochterrasse westlich von Seydewitz - Gräben bis 3,5 m tief, Wälle ursprünglich mit Holz-Erde-Konstruktion - Fundmaterial, u. a. Pfeilspitze, datiert wahrscheinlich gesamte Wehranlage in 8. oder 9. Jh. n. Chr.
Wörblitz (Stadt Dommitzsch)	<ul style="list-style-type: none"> - weit ausgedehnte ehemalige Grabhügelfelder auf der Hochterrasse (Luftbildbefund) - urspr. bronzezeitliche Grabhügel; Ausgangspunkt ausgedehnter, mehrhundertjährig benutzter Flachgräberfelder (Bestattungen noch zwischen den Kreisgräben im Boden zu erwarten)
Zauschwitz (Stadt Pegau)	<ul style="list-style-type: none"> - Siedlung und Gräberfeld des älteren (Kultur der Linienbandkeramik – um 5000 v. Chr.) und späteren (um 2500 v. Chr. – Glockenbecherkultur) Neolithikums, der Frühbronzezeit (um 1800 v. Chr. – Aunjetitzer Kultur), der vorrömischen Eisenzeit und römischen Kaiserzeit (500 v. Chr. bis 400 n. Chr.) - dokumentiert idealtypisch die ursprünglich prähistorische Besiedlung des Elsterauenrandes
Zwethau-Rosenfeld (Gemeinde Beilrode)	<ul style="list-style-type: none"> - komplexe Denkmallandschaft am rechten Elbufer mit ausgedehntem ehem. Grabhügelfeld der jüngeren Bronzezeit (1400-700 v. Chr.) - dazwischen jüngere Flachgräber der späten Eisenzeit (um 100 v. Chr.) mit Siedlungsstellen unmittelbar südlich auf dem „Seeberg“ - Siedlung (um Christi Geburt) von überregionaler Bedeutung (Grabungs- und Oberflächenfunde, u. a. römische Münzen der Kaiser Vespasian, Hadrian und Antoninus Pius)

Böden mit besonderer kulturgeschichtlicher Bedeutung sind vor Beeinträchtigungen durch Inanspruchnahme (Versiegelung) oder Zerstörung (z. B. durch Rohstoffabbau) zu schützen und durch eine angepasste ackerbauliche Nutzung (kein Tiefpflügen, kein Rigolen und kein Drainagebau) dauerhaft zu sichern. Insbesondere kann eine flächig und konsequent angewandte konservierende, d. h. pfluglose Bewirtschaftung maßgeblich zu ihrem nachhaltigen Schutz beitragen.

2.2.5 Problematische Bodenveränderungen (Bodenbelastungen)

Unter Bodenbelastungen werden nach JESSEN-HESSE (2002) durch den Menschen hervorgerufene Veränderungen der physikalischen, chemischen und biologischen Beschaffenheit der Böden, die zu einer erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen, der Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte oder der Klimaschutzfunktion führen, verstanden.

Der Grad der Beeinträchtigung ist dabei sowohl von den spezifischen Empfindlichkeiten der Böden gegenüber Bodenbelastungen als auch von der Intensität der Beeinträchtigung sowie von bestehenden Vorbelastungen abhängig.

Die **Empfindlichkeit** von Böden kennzeichnet ihre Schutzbedürftigkeit gegenüber anthropogenen Beeinträchtigungen ihrer Bodenfunktionen.

Sie beschreibt deren Reaktionsweise bei nutzungsbedingten, stofflichen, nicht stofflichen oder sonstigen Einwirkungen auf den Boden und deren Reaktionsvermögen, die damit ggf. einwirkenden schädlichen Bodenveränderungen oder erheblichen Beeinträchtigungen selbst absorbieren oder ausgleichen zu können (PÖU 2003). Die Empfindlichkeit ist von den biologischen, physikalischen, chemischen und mineralogischen Eigenschaften der Böden abhängig. Auf Faktoren wie Versiegelung und Bodenauf- bzw. -abträge reagiert jeder Boden empfindlich; bei den anderen Beeinträchtigungsfaktoren kann zwischen Empfindlichkeitsstufen differenziert werden (LFULG 2009a).

Im Folgenden wird die Empfindlichkeit von Böden (einschließlich Vorbelastungen) gegenüber nicht stofflichen Bodenbelastungen durch

- Bodenversiegelung und Bodenauf- und -abtrag (durch Rohstoffabbau),
- Wasser- und Winderosion,
- Bodenverdichtung,
- Veränderungen des Wasserhaushalts

und gegenüber stofflichen Bodenbelastungen durch

- Schadstoffeintrag (Schwermetalle und Arsen),
- Versauerung und
- Eutrophierung

bewertet.

Die Einschätzung von Bodenbelastungen und besonderen Empfindlichkeiten der Böden gegenüber Bodenveränderungen ist somit für die Bewertung der Schutzbedürftigkeit von Böden von besonderer Bedeutung. Entwicklungs- und Sanierungsziele müssen sich an diesen orientieren.

2.2.5.1 Nicht stoffliche Bodenbelastungen

2.2.5.1.1 Bodenversiegelung

Bodenversiegelung führt zur Beeinträchtigung oder zum Verlust der natürlichen Bodenfunktionen (Regelung des Wasser- und Stoffhaushalts, Lebensraum für Tiere und Pflanzen), seiner Klimaschutzfunktion sowie seiner land- und forstwirtschaftliche Produktionsfunktion.

Mit der baulichen Inanspruchnahme des Bodens ist i. d. R. auch das Entfernen und Abtransportieren des humosen Oberbodenmaterials verbunden. Die betroffenen Standorte sind demnach nicht nur durch den Auftrag und die Befestigung von Versiegelungsmaterialien in ihren natürlichen Funktionen geschädigt, sondern auch durch die Entfernung des Bodenmaterials und die damit verbundene Zerstörung des natürlichen Bodenaufbaus. Für Maßnahmen der Bodenent-siegelung von dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen, z. B. mit dem Ziel der Wiederherstellung natürlicher Bodenfunktionen, bedeutet dies einen erheblichen Sanierungs- sowie Rekultivierungs- bzw. Renaturierungsaufwand. In vielen Fällen sind die natürlichen Funktionen nicht in der gleichen Qualität wiederherstellbar. Die Bodenform ist i. d. R. irreversibel zerstört (LFUG 2004a).

Der Zuwachs der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke verläuft in der Region seit Beginn der 1990er Jahre trotz der bis 2010 erheblich sinkenden Bevölkerungszahl nahezu stetig (vgl. Abb. 2.2-1); er betrug zwischen 1993 und 2001 im Mittel ca. 2,6 Hektar pro Tag. Zwischen 2002 und 2005 ging der Siedlungs- und Verkehrsflächenzuwachs auf ca. 1,2 Hektar pro Tag zurück, während von 2006 bis 2009 wiederum ein Anstieg auf ca. 1,9 Hektar pro Tag im Mittel zu verzeichnen war. Mit einem durchschnittlichen Siedlungs- und Verkehrsflächenzuwachs von ca. 2,5 Hektar pro Tag zwischen 2010 und 2013 wurde fast die Größenordnung der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke der 1990er Jahre erreicht (vgl. Tab. 2.2-9). Bei steigender SVF ist eine abnehmende Siedlungsdichte zu verzeichnen. Die Siedlungsdichte wird als die Zahl der Einwohner je km² Siedlungs- und Verkehrsfläche definiert (BBSR 2012a). Sie nahm in der Region im Zeitraum 1992 bis 2013 von 2 619 auf 1 757 Einwohner je Quadratkilometer ab.

Tab. 2.2-4: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SVF) in Leipzig-West-sachsen 1993-2014
(Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen; Daten vom 31.12. des Vorjahres)

Jahr	Regionsfläche (ha)	SVF (ha)	SVF (%)		Mittlere Flächeninanspruchnahme pro Tag (ha)	
			WS	SN	Region	Sachsen
1993	395 931	39 978	10,1	9,9	ca. 3,01 (1993-1997)	8,77 (1993-2001)
1997	396 159	44 378	11,2	10,6		
2001	396 172	47 556	12,0	11,3	ca. 2,18 (1997-2001)	8,24 (1997-2001)
2002	396 187	48 782	12,3	11,4	3,36	8,09
2003	396 193	49 142	12,4	11,5	0,99	5,76
2004	396 242	49 495	12,5	11,6	0,97	3,96
2005	396 315	49 729	12,6	11,7	0,64	2,82
2006	396 328	50 073	12,6	11,7	0,94	3,00
2007	396 417	50 505	12,7	11,8	1,18	4,54
2008	396 421	51 619	13,0	12,0	3,05	11,23
2009	396 458	52 518	13,2	12,2	2,46	6,89
2010	396 465	54 503	13,7	12,4	5,44	10,10
2011	396 465	55 102	13,9	12,5	1,64	6,85
2012	396 472	55 673	14,0	12,6	1,56	6,01
2013	396 481	56 200	14,2	12,7	1,44	5,71
2014	396 486	56 159	14,2	12,8	0	2,89

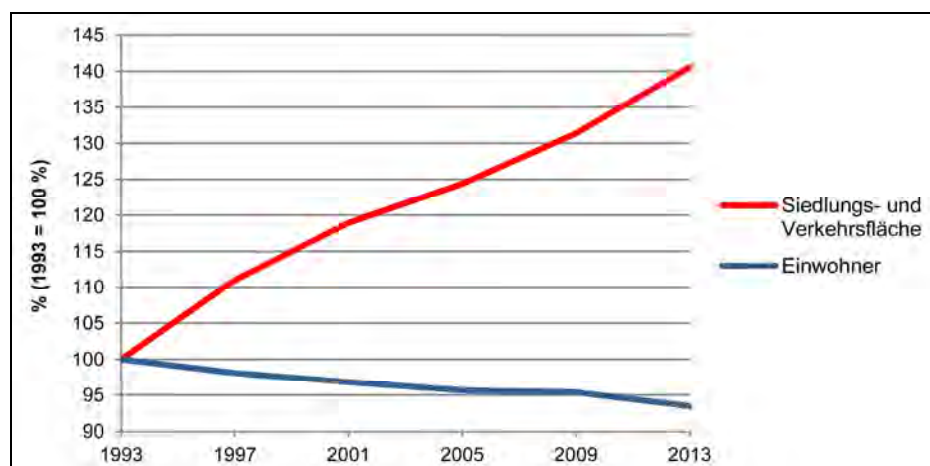


Abb. 2.2-1: Entwicklung von Siedlungs- und Verkehrsfläche und Bevölkerung zwischen 1993 und 2013
(Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen und eigene Berechnungen)

Der Anteil von Siedlungs- und Verkehrsfläche (SVF) ist jedoch nicht mit dem Anteil versiegelter Fläche gleichzusetzen, da die erhobene SVF neben den tatsächlich versiegelten Flächen auch teil- oder unversiegelte Flächen enthält. Nach FRIE ET AL. (2007) ist die SVF nur zu etwa 46 % versiegelt. Die SVF setzt sich aus folgenden Nutzungsarten zusammen:

- Gebäudeflächen und zugehörige Freiflächen (z. B. Vor- und Hausgärten, Spiel- und Stellplätze, Grünflächen, Hofräume etc.)
- Betriebsflächen (ohne Abbauland)
- Verkehrsflächen (unbebaute Flächen, die dem Straßen-, Schienen- oder Luftverkehr dienen)
- Erholungsflächen (unbebaute Flächen, die dem Sport, der Erholung dienen, wie Parkanlagen Sport- und Spielplätze, Freibäder, Tennisplätze, Gärten, Grünanlagen etc.)
- Friedhofsflächen

Seit Anfang der 1990er Jahre ist in der Region ein stetiger Rückgang des Anteils der Gebäude- und Freifläche und der Verkehrsfläche an der SVF von 91,4 % (1996) auf ca. 83 % (2013) zu verzeichnen. Dagegen wies der Erholungsflächenanteil erhebliche Zuwächse auf (vgl. Abb. 2.2-2). Der Zuwachs der Erholungsfläche (Verdreifachung in Leipzig-West Sachsen) ist jedoch in erheblichem Maß auf Datenumschlüsselungen und nur bedingt auf reale Nutzungsänderungen zurückzuführen (BBSR 2012a). Der starke Zuwachs der Nutzungsart Erholungsfläche ist in Sachsen insbesondere durch die Ausweisung sanierter Braunkohlenbergbauareale als Erholungsfläche und die Zuordnung großer innerstädtischer Grünflächen, Spielplätze u. Ä. zu Erholungsflächen begründet (SMI 2011).

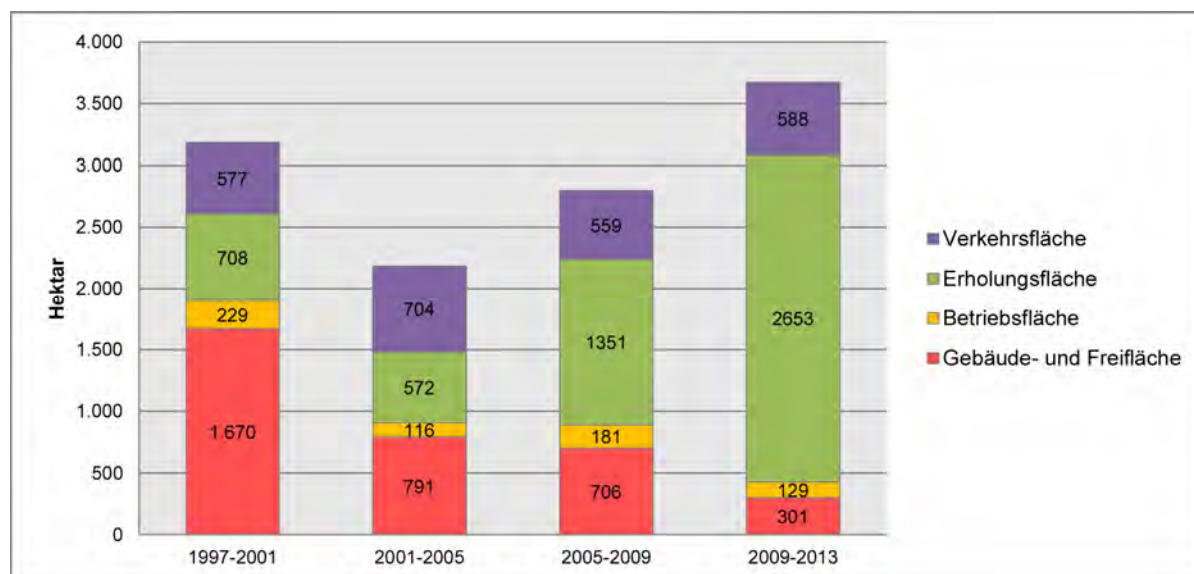


Abb. 2.2-2: Veränderung der SVF-Komponenten

Den höchsten Versiegelungsgrad weist derzeit die Stadt Leipzig mit einem SVF-Anteil von über 50 Prozent auf. Darüber hinaus liegt insbesondere in den Gemeinden im Umland der Stadt Leipzig der SVF-Anteil weit über dem Regionsdurchschnitt, wobei die Stadt Markkleeberg mit ca. 33 %, die Gemeinde Borsdorf mit ca. 31 % und die Stadt Schkeuditz mit ca. 27 % die höchsten Versiegelungsgrade aufweisen (vgl. Abb. 2.2-3).

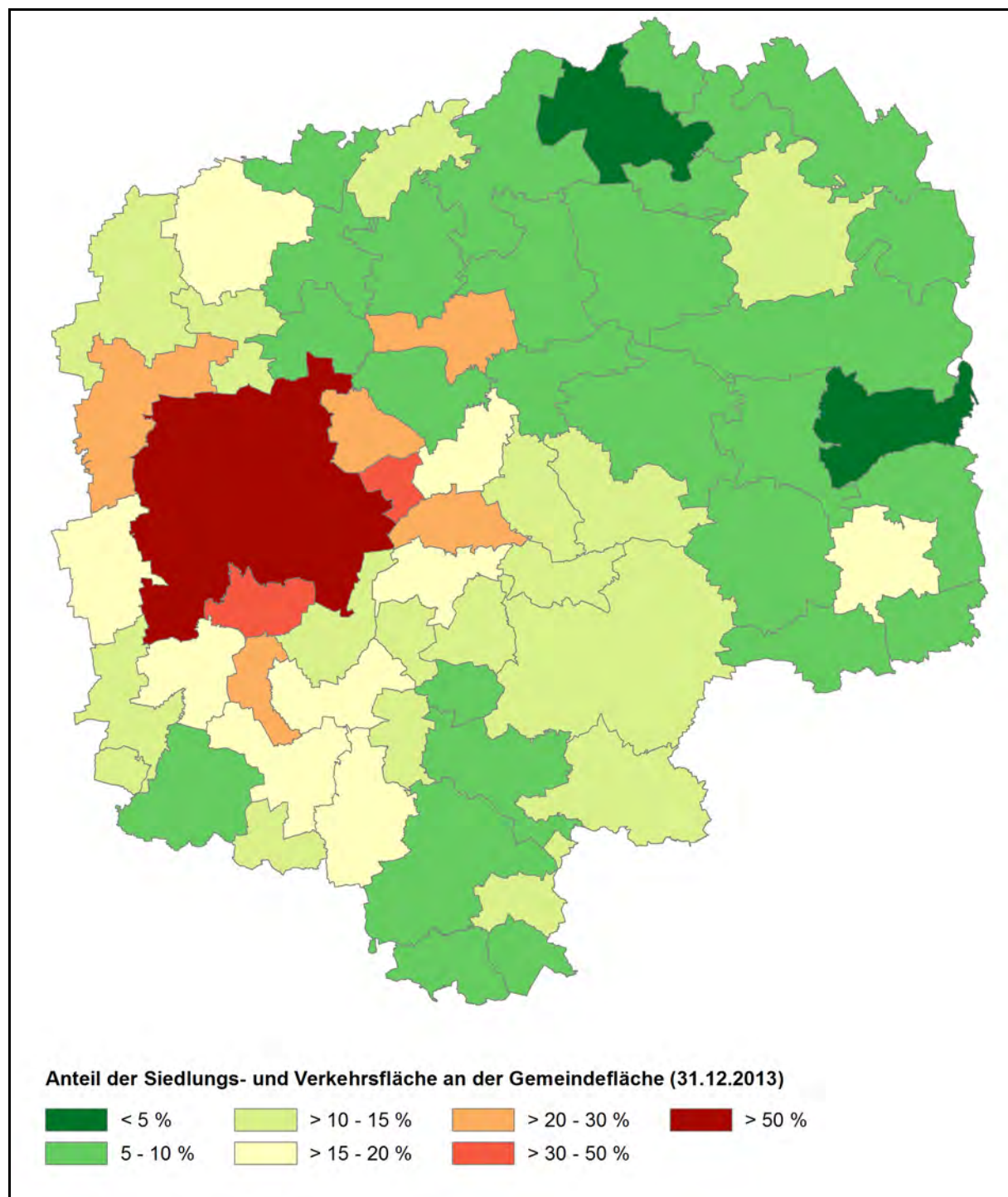


Abb. 2.2-3: Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil (Stand: 31.12.2013)
(Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen und eigene Berechnungen)

Die seit 1990 in der Region zu verzeichnende kontinuierliche Zunahme der Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist im Wesentlichen auf eine überdimensionierte Baulandanspruchnahme für großflächigen Einzelhandel, Gewerbe und Wohnungsbau sowie auf umfangreiche Verkehrsbauvorhaben zurückzuführen. Im Zeitraum 1993 bis 2014 stieg so der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche um 4,1 % (vgl. Tab. 2.2-9). Mit einem Besiedlungsgrad von 14,2 % lag 2014

der Anteil der SVF in der Region über dem Landesdurchschnitt von 12,8 %. Dabei vollzog sich der Siedlungs- und Verkehrsflächenzuwachs regional sehr differenziert (vgl. Abb. 2.2-4). Den höchsten Siedlungs- und Verkehrsflächenzuwachs von mehr als 100 % hatten Gemeinden im Umland der Stadt Leipzig zu verzeichnen. Dabei wiesen die Gemeinde Großpösna mit fast 200 Prozent sowie die Stadt Markkleeberg und die Gemeinde Borsdorf mit mehr als 130 Prozent die höchsten Zuwächse auf. Geringere Bodenpreise, die oftmals schnellere Baulandbereitstellung (Anfang der 1990er Jahre) im Umland sowie die gestiegene Mobilität der Bevölkerung waren dafür ausschlaggebend.

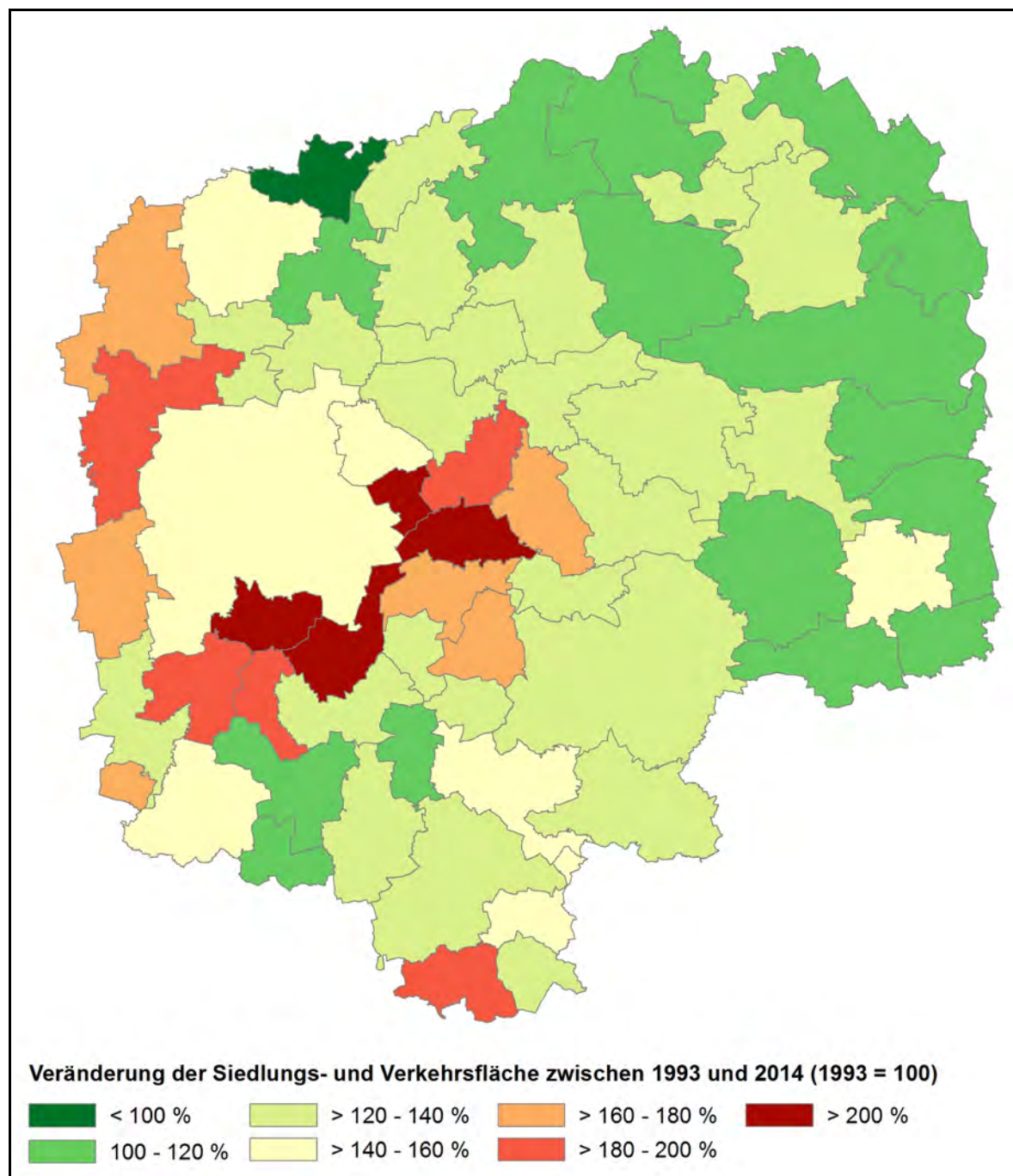


Abb. 2.2-4: Entwicklung der Bodenversiegelung zwischen 1993 und 2014 auf Gemeindeebene
(Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen und eigene Berechnungen)

Der Versiegelungsanteil der einzelnen Nutzungsarten ist aus siedlungs- und nutzungsspezifischen Versiegelungskoeffizienten ableitbar (vgl. BFLR 1996). Abb. 2.2-5 zeigt die durch Versiegelung „Intensiv anthropogen überprägten Böden“ in der Region. Die Differenzierung des Versiegelungsgrades beruht auf Erhebungen des LFUG (2004a) auf Grundlage von Satellitenbilddaten aus dem Jahr 2001. Neben flächenhaften Versiegelungen sind in Leipzig-West Sachsen, insbe-

sondere im Umland der Stadt Leipzig auch linienhafte Bodenversiegelungen ausgeprägt. Der Versiegelungsgrad der Städte und Dörfer nimmt in der Regel von innen (Ortsmitte) nach außen ab. Dabei ist vor allem im Umland der Stadt Leipzig eine flächenhafte Bodenversiegelung mit hohen Versiegelungsgraden markant.

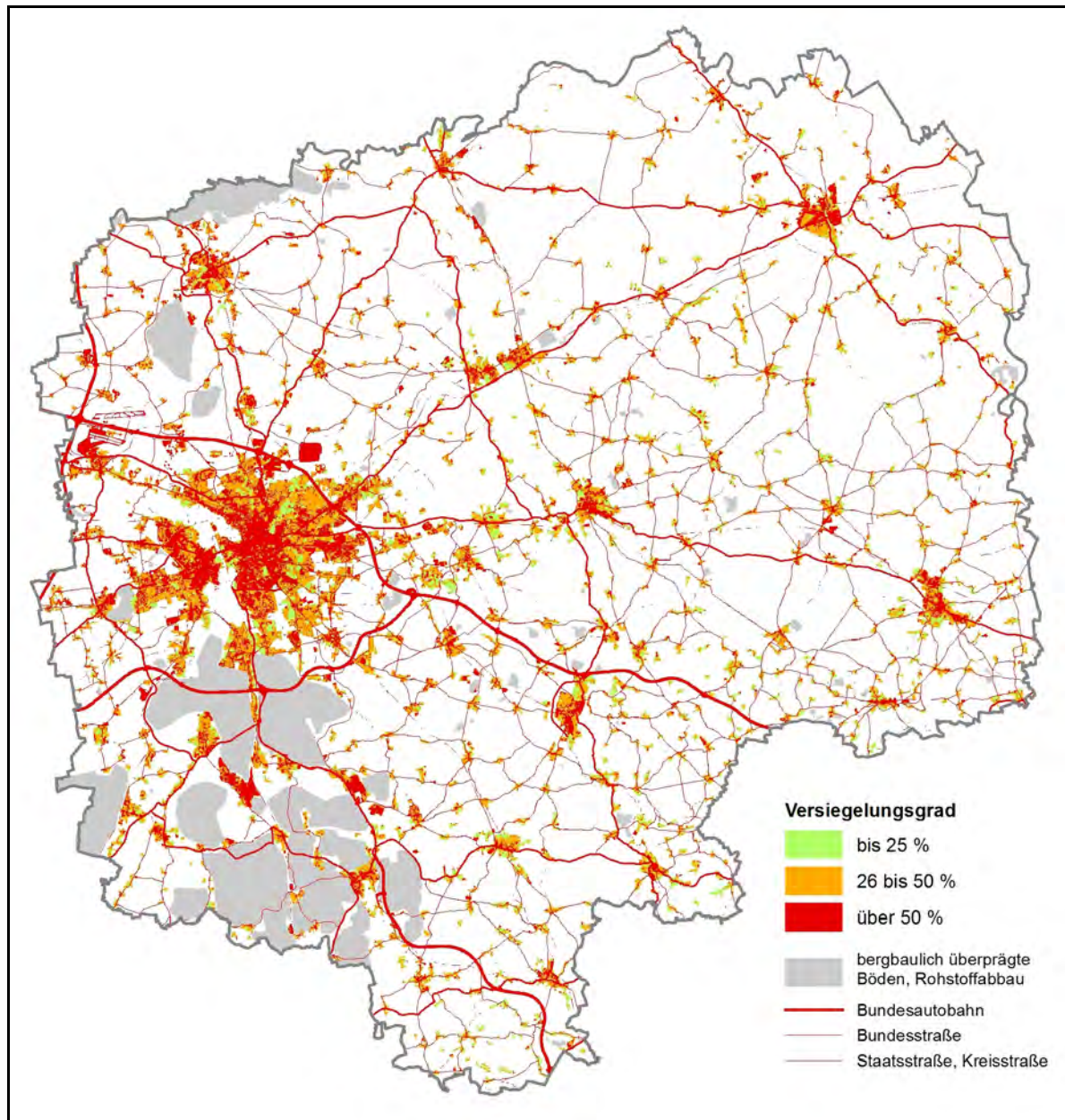


Abb. 2.2-5: Intensiv anthropogen überprägte Böden
Quelle: LFUG (2004a)

Es ist davon auszugehen, dass sich das Siedlungsflächenwachstum auch in den nächsten Jahren fortsetzen wird. Im Ergebnis der „Trendfortschreibung Siedlungsflächenentwicklung“ wird prognostiziert, dass sich der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil bundesweit von 13,4 % (2010) auf 14,5 % (2030) erhöhen wird. Für die Stadt Leipzig wird bis 2030 die höchste Siedlungsflächenzunahme (10 bis 15 %) prognostiziert. In den Landkreisen Leipzig und Nordsachsen wird dagegen von einem vergleichsweise moderaten Siedlungsflächenwachstum von 5 bis 10 % bzw. bis zu 5 % ausgegangen (BBSR 2012b).

Ausgehend von diesen Trendberechnungen ist nicht damit zu rechnen, dass das Flächensparziel im Freistaat Sachsen „Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen auf unter zwei Hektar pro Tag bis 2020“ erreicht wird. Entsprechend des Flächenanteils der Planungsregion Leipzig-West-sachsen an der Landesfläche von 21,5 % wäre dafür die

Flächenneuanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen in der Region auf unter 0,5 Hektar am Tag zu reduzieren.

Die Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme und eine wirtschaftlich effiziente Flächennutzung zählen zu den neuen Herausforderungen für die nachhaltige Raumentwicklung des Freistaats Sachsen. Dazu werden drei Strategien verfolgt:

- Vermeiden (aktiver Freiflächenschutz und flächensparendes Bauen)
- Mobilisieren (Aktivierung von Baulücken, Entsiegelung im Bestand)
- Revitalisieren (Revitalisierung bzw. Rekultivierung von Brachflächen und Stadtumbau) (SMI 2013)

Um die Bodenversiegelung durch eine verstärkte Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung zu mindern, ist insbesondere der innerörtlichen Entwicklung von Bauflächen Vorrang vor einer Neuversiegelung von Flächen an den Siedlungsrändern oder im Außenbereich zu geben. Des Weiteren tragen Minimierungen des Versiegelungsgrades z. B. innerhalb von Siedlungs-, Gewerbe- und Industrieflächen durch Anlage bzw. Planung von unversiegelten Bodenflächen mit Bewuchs (Grünanlagen, spontane Vegetation) zu einer Verbesserung der Umweltqualität (Verringerung von Bodenbeeinträchtigungen, Verbesserung des Stadtklimas, Verbesserung der Luftqualität, Sicht- und Lärmschutz) bei.

2.2.5.1.2 Bergbau

Neben der Bodenversiegelung ist in Leipzig-West-sachsen die Flächeninanspruchnahme durch die Gewinnung von mineralischen Rohstoffen im Tagebau (Braunkohle, Kiese und Sande, Festgesteine, Ton, Lehm und Kaolin) bereits seit vielen Jahrzehnten besonders prägnant (vgl. auch Kap. 2.6.3.13). Durch die Rohstoffgewinnung wird natürlich entstandener Boden abgegraben und damit irreversibel zerstört. Weit über die direkte Flächeninanspruchnahme hinaus wird der Bodenwasserhaushalt der umliegenden grundwasserbeeinflussten Böden infolge der tagebaubedingten großflächigen Grundwasserabsenkung gravierend gestört (vgl. auch Kap. 2.3.2.5). Abbildung 2.2-5 zeigt die „Intensiv anthropogen überprägten Böden“ der Region, zu denen neben den versiegelten und teilversiegelten Flächen auch die aktuell durch den Rohstoffabbau in Anspruch genommenen Böden sowie die in der Vergangenheit bergbaulich überprägten Böden gehören. Aktive Rohstoffgewinnungsbetriebe nehmen ca. 1,5 % der Regionsfläche ein; mit einem Anteil von ca. 5,6 % bergbaulich überprägter Böden sind ca. 28 200 ha gewachsener Boden in Leipzig-West-sachsen (ca. 7 % der Regionsfläche) durch den Rohstoffabbau direkt beeinträchtigt, irreversibel zerstört bzw. in ihren Standorteigenschaften völlig verändert (Kippenböden).

Tab. 2.2-10 gibt einen Überblick über die derzeitige Flächeninanspruchnahme durch Abbauflächen im engeren Sinne (ohne Anlagen, Halden etc.) für ausgewählte Rohstoffgruppen in der Region. Danach dominiert der Abbau von Braunkohle mit rund 60 %. Auch der Abbau der umfangreichen Lagerstätten an pleistozänen Kiesen und Kiessanden, an Festgesteinen (z. B. Quarzporphyr, Granodiorit, Granulit) sowie an Lehm, Ton und Kaolin führt zu einer nicht unerheblichen Zerstörung von Böden bzw. ihrer Beeinträchtigung in derzeit ca. 60 Gewinnungsstätten. Diese sind in Abhängigkeit von den Rohstoffvorkommen regional sehr unterschiedlich verteilt. Zwei Drittel aller Abbaustätten umfassen Gewinnungsbetriebe für Kiese und Sande. Sie konzentrieren sich im Raum Delitzsch-Eilenburg sowie in den Gebieten Kleinpösna-Hirschfeld, Naunhof-Pomßen und Leisenau-Sermuth. Die Gewinnung von Festgesteinen ist dagegen auf das Mulde-Porphyrhügelland beschränkt.

Tab. 2.2-5: Rohstoffgruppen und ihre Flächeninanspruchnahme in Leipzig-West-sachsen (Stand 2014)

Rohstoffgruppe	beanspruchte Fläche ca. ha (%)	Entwicklungstendenzen	Bergbaufolgeformen
Braunkohle	3 507 (60)	Fortführung (Tagebaue Profen und Vereinigtes Schleenhain)	Kippen, Halden aus Abraum und Asche, Restlöcher, Spülteiche aus Asche und Kohletrübe
Kiese, Sande	1 597 (28)	Fortführung, z. T. Erweiterung	Restlöcher, gelegentlich Kippen und Halden aus Abraum, Spülteiche
Lehm, Ton, Kaolin	258 (4)	Fortführung, z. T. Erweiterung	Restlöcher, Abraumhalden und -kippen
Festgesteine	452 (8)	Fortführung, z. T. Erweiterung	Restlöcher, Abraumhalden und -kippen

Insbesondere der Abbau von Braunkohle hatte und hat bis heute gravierende Landschaftsveränderungen in Teilen der Region zur Folge. Er führte zur großflächigen Zerstörung natürlich gewachsener Böden, vor allem sehr fruchtbarer Löss-, Lösslehm-, Sandlösslehm- und Auelehm-böden sowie seltener reliktscher Schwarzerden. Darüber hinaus entstehen im Rahmen der Rekultivierung bzw. Renaturierung der ehemaligen Abbaugelände völlig neue Böden (Bergbauböden), die in den meisten Fällen nicht die ursprünglichen Standortbedingungen aufweisen (vgl. Abb. 2.2-5).

Abraumtechnik und bodengeologische Eigenschaften der Abraumschichten bestimmen Verteilung und Eigenschaften der neuen Rohböden, die sich im Initialstadium der Bodenentwicklung befinden. Die entstehenden Bergbauböden sind ohne Rekultivierung kulturfeindlich, stellen aber zugleich neue Besiedlungs- und Entwicklungspotenziale für Arten und Biotope extrem saurer und nährstoffarmer Standorte dar (siehe auch Kap. 2.2.3.1.2). Auf land- und forstwirtschaftlichen Rekultivierungsflächen wird diesem Säurepotenzial i. d. R. durch Grundmelioration mit kalkreichen Substraten, in der Vergangenheit insbesondere mit Braunkohleaschen, bis in eine Einarbeitungstiefe von 0,6-1,0 m entgegengewirkt (LFUG 2004a).

2.2.5.1.3 Bodenerosion

Bodenerosion ist die Verlagerung von Bodenmaterial an der Bodenoberfläche durch Wasser oder Wind. Durch Erosion werden die Funktionen des Bodens an der Abtragungsfäche (Erosionsquelle) und an der Ablagerungsfäche (Akkumulationsbereich) beeinträchtigt:

- Der Abtrag von Bodenmaterial bewirkt die Verkürzung der Bodenprofile und die Verarmung des Bodens an Humus und Feinbodenteilchen und beeinträchtigt so die Lebensraum-, Produktions- und Regelungsfunktionen der Böden. Mittel- bis langfristig führt Bodenerosion zu einer wirksamen Abnahme der durchwurzelbaren und wasserspeichernden Bodenschicht und damit auch zu einer Minderung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit. Zudem verlieren die Böden in aller Regel ihren Wert als Archiv der Natur- oder Kulturgeschichte, wenn ihre charakteristische Abfolge von Bodenschichten bzw. -horizonten durch Abtrag zerstört wird.
- Im Ablagerungsbereich kommt es zu einer Überlagerung bzw. Dichtschlammung gewachsenen Bodens, welche
 - auf landwirtschaftlich genutzten Flächen mittelfristig zu einer Verbesserung der v. g. Bodenfunktionen führt (die durch Überdeckung mit erodiertem Bodenmaterial entstandenen Kolluvisole in den Lösslandschaften gehören zu den leistungsfähigsten Böden) sowie
 - Böden mit extremen Standorteigenschaften und damit auch hohem Biotopentwicklungspotenzial (insbesondere nährstoffarme, flachgründige Böden) durch Überdeckung, Eutrophierung und Biozideinträgen in ihren Bodeneigenschaften verändern (vgl. Kap. 2.1.7 und Kap. 2.2.3.1.3).

Darüber hinaus kann es in Ablagerungsbereichen u. a. zur Eutrophierung benachbarter Oberflächengewässer und Lebensräume kommen (siehe auch Kap. 2.1 und Kap. 2.3.1).

Die durch Bodenerosion verursachten Schäden an Kultur- und Sachgütern außerhalb der Erosionsfläche werden in der Öffentlichkeit oft stärker wahrgenommen als die damit verbundenen Bodenveränderungen. Diese „off-site-Schäden“ sind nicht selten größer als der Schaden auf der Erosionsfläche selbst. So können z. B. Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie Entwässerungs- und Versickerungsgräben beschädigt werden, so dass erhebliche Folgekosten entstehen. Bodenerosion wird durch die Art und Intensität der Bodenbewirtschaftung ausgelöst oder begünstigt.

Wassererosion

**Karten 2.2-11 „Empfindlichkeit ackerbaulich genutzter Böden gegenüber Wassererosion“
2.2-12 „Potenzielle Wassererosionsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Flächen“**

Wassererosion umfasst die Verlagerung von Bodenmaterial an der Bodenoberfläche durch Wasser als Transportmittel. Dabei werden durch Niederschläge losgelöste Bodenteilchen kleinräumig umgelagert und verdichtet, was zur Oberflächenverschlammung und nachfolgend, bei andauernden Niederschlägen und Hangneigung der Bodenflächen, zum Oberflächenabfluss führt. Es erfolgt der Transport der losgelösten Bodenpartikel und ihre Akkumulation in Unterhangbereichen oder am Hangfuß.

Die Gefährdung eines Bodens gegenüber Wassererosion wird von vier komplexen Faktoren bestimmt (Klima, Relief, Boden und Nutzung). Die potenzielle Erosionsgefährdung hängt von den kaum veränderlichen Standorteigenschaften wie Klima, Relief und Bodenart ab. Für die tatsächliche, aktuelle Erosionsgefährdung sind der nutzungs- und bewirtschaftungsabhängige Bodenzustand und die Vegetationsbedeckung ausschlaggebend (LFUG 2004a).

Böden mit geringem Humusgehalt sowie Böden mit hohen Schluff- oder Feinsandanteilen, geringem Skelettgehalt, ungünstigem Bodengefüge sowie schlechter Wasserdurchlässigkeit sind erosionsgefährdet (LFULG 2009a). Diese Böden sind auf geneigten Ackerflächen ohne schützende Pflanzendecke besonders wassererosionsgefährdet.

Karte 2.2-11 zeigt die Bewertung der Wassererosionsempfindlichkeit ackerbaulich genutzter Böden in Leipzig-West Sachsen auf Grundlage der landesweiten Bewertung entsprechend der Methodik des Bodenbewertungsinstruments Sachsen (LFULG 2009a) auf Grundlage der Bodenkarte 1 : 50 000 (BK50). Die Bewertung erfolgte auf Grundlage des „K-Faktors“, der als komplexe Größe Bodeneigenschaften wie z. B. Durchlässigkeit, Infiltration, Körnung, Humusgehalt und Aggregatstabilität enthält.

Danach weisen ca. 16 % der ackerbaulich genutzten Böden in der Region eine sehr hohe Wassererosionsempfindlichkeit auf. Sie konzentrieren sich in den Lösshügellandschaften des Döbelner und Mulde-Lösshügellandes sowie des Kohrener Landes; hier treffen erosionsgefährdete Schluffböden, große Hangneigungen und intensive ackerbauliche Nutzung zusammen. Darüber hinaus treten sehr hohe Empfindlichkeiten auch im Bereich der ackerbaulich genutzten Auenböden in der Muldenaue, der nördlichen Elbaue und der südlichen Elsteraue auf. Während ca. zwei Drittel aller ackerbaulich genutzten Böden eine hohe oder sehr hohe Wassererosionsdisposition aufweisen, ist der Anteil ackerbaulich genutzter Böden mit sehr geringer Wassererosionsempfindlichkeit mit nur ca. 3 % verschwindend gering, so dass im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes ackerbaulich genutzte Flächen in der Region generell durch geeignete Maßnahmen gegen Wassererosion zu schützen sind.

Auf Grundlage neuer Datengrundlagen (Bodenkarte BK50, Digitales Geländemodell, Niederschlagsreihen des DWD) erfolgte durch das LFULG eine Aktualisierung der Erosionsgefährdungsbewertung der Böden in Sachsen. In die Bewertung gingen Daten zum Oberflächenrelief (Hangneigungen, Hanglängen, Tiefenlinien) sowie Boden- und Regendaten ein (LFULG 2014c). Damit liegen nunmehr räumlich differenziertere und aktualisierte Erosionsgefährdungskarten für den Freistaat Sachsen vor. Die Bewertung beruht auf der „Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung“ (ABAG), die in der DIN 19708 standardisiert ist. Die Gefährdungsbewertung stützt sich auf die Faktoren Bodenerodierbarkeit (K-Faktor), Hangneigung (S-Faktor), Regenerosität (R-Faktor) und erosive Hanglänge (L-Faktor). Die ABAG-Ergebnisse stehen für den langjährigen mittleren flächenhaften Bodenabtrag in Tonnen pro ha und Jahr. Karte 2.2-12 zeigt die räumlich differenzierte potenzielle Wassererosionsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Flächen in Abhängigkeit von Bodenart, Hangneigung, Hanglänge und Regenerosität in der Planungsregion (KLSR-Karte).

Tab. 2.2-6: Erosionsgefährdung in Abhängigkeit von Bodenart, Hanglänge, Hangneigung und Regenerosität ($K*L*S*R$ -Faktor) (verändert nach LFULG 2014c)

Stufe	Wert aus $K*L*S*R$ ($t\ ha^{-1}\ a^{-1}$)	Erosionsgefährdung
1	< 5	sehr gering
2	5 - <10	gering
3	10 - <15	mittel
4	15 - <30	hoch
5	30 - <55	sehr hoch
6	55 - <130	
7	≥ 130	

¹⁾ % = Flächenanteile (5-m-Rasterzellen)

Die besonders wassererosionsgefährdeten Böden der Region weisen überwiegend auch eine sehr hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit auf (vgl. Kap. 2.2.3.1.1). Gerade diese Gebiete sind zur Sicherung ihrer landwirtschaftlichen Produktionsfunktion sowie ihrer natürlichen Bodenfunktionen und ihrer Archivfunktion vor Beeinträchtigungen der Bodenstruktur und erheblichen Substanzverlusten durch Wassererosion zu schützen. Dazu sind geeignete Maßnahmen zur Minderung der Wassererosion, wie allgemeine acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (u. a. Zwischenfrucht-

anbau, hangparallele Bewirtschaftung), erosionsmindernde Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren (z. B. Mulchsaat, konservierende Bodenbearbeitung) sowie erosionsmindernde Flurgestaltung (Untergliederung großer Ackerschläge durch Feldraine oder Gehölzstreifen zur Verkürzung von Hanglängen) durchzuführen.

Winderosion

Karte 2.2-13 „Empfindlichkeit ackerbaulich genutzter Böden gegenüber Winderosion“

Winderosion umfasst die Verlagerung kleinster Bodenteilchen und ihren Transport über größere Strecken durch Wind. Die Empfindlichkeit von Böden gegenüber Winderosion wird durch die Bodenart, den Humusgehalt, den Feuchtegrad bei Mineralböden bzw. durch Torfart und Zersetzungsgrad bei organischen Böden bestimmt. Sie sinkt mit dem Feinkorn- und Humusanteil sowie mit steigendem Feuchtegrad von Böden. Darüber steigt die Winderosionsgefährdung dieser Böden bei fehlender Vegetationsbedeckung, mit zunehmender Austrocknung und ihrer Lage in windoffenen Gebieten. Grünland- und waldbedeckte Böden weisen somit eine wesentlich geringere Winderosionsgefährdung als ackerbaulich genutzte Flächen auf.

In Karte 2.2-13 ist aufgrund dieser besonderen Gefährdungssituation nur die Winderosionsempfindlichkeit ackerbaulich genutzter Böden auf Grundlage einer Bewertung der potenziellen Winderosionsgefährdung in Abhängigkeit von Bodenart und Jahresmittel der Windgeschwindigkeit nach DIN 19706 (LFULG 2014b) dargestellt. Danach sind vor allem die bodentrockenen Sandgebiete der Heidelandschaften durch Winderosion gefährdet.

Da in Leipzig-West Sachsen auch künftig von einer ackerbaulichen Nutzung winderosionsgefährdeter Böden auszugehen ist, sind insbesondere auf diesen Böden wirksame Maßnahmen zum Bodenschutz zu konzentrieren. Sie umfassen im Wesentlichen die gleichen Maßnahmen wie zum Schutz vor Wassererosion, wobei die Anlage erosionsmindernder Flurelemente vorzugsweise entgegen der Hauptwindrichtung erfolgen sollte.

2.2.5.1.4 Bodenverdichtung

Karte 2.2-14 „Verdichtungsempfindlichkeit von Böden“

Bei der Bodenverdichtung werden aufgrund von starker Belastung Poren zusammengedrückt und Bodenpartikel enger zusammengepackt. Folglich wird das Porenvolumen geringer und die Dichte des Bodens höher. Zudem werden Poren unterbrochen, so dass z. B. der Wasserfluss behindert ist (SLAF). Bodenverdichtungen entstehen vor allem durch die Lasteinwirkungen von Maschinen bei der land- oder forstwirtschaftlichen Bearbeitung der Böden. Durch die Lasteinwirkung kommt es zu Beeinträchtigungen des Bodengefüges mit Veränderungen der Bodenluft- und Bodenwasserhältnisse. Eine erhöhte Staunässegefährdung ist die Folge. Bodenverdichtungen wirken darüber hinaus ertragsmindernd durch Behinderung des Wurzelwachstums von Pflanzen. Bei starken Niederschlägen verursacht die Bodenverdichtung hohe Oberflächenabflüsse, die das Hochwasserrisiko und die Bodenerosion beträchtlich fördern. Durch Bodenverdichtung werden alle natürlichen Bodenfunktionen sowie die land- und forstwirtschaftliche Produktionsfunktion gestört (LFUG 2004a).

Der Grad der Bodenverdichtung wird von den Bodeneigenschaften und der mechanischen Belastung der Böden bestimmt:

- Die Verdichtungsempfindlichkeit von Böden hängt von den Bodeneigenschaften Bodenart, Skelett- und Humusanteil, Bodencarbonatgehalt und Bodenfeuchte ab (PÖU 1991). Besonders empfindlich sind feinsand- und schluffreiche Böden mit geringer Gefügestabilität. Die Verdichtungsempfindlichkeit steigt darüber hinaus mit zunehmender Bodenfeuchte. Der Schädigungsgrad nimmt insgesamt von Schwarzerde über Griserde, Parabraunerde, Fahlerde bis zum Staugley ab (OPP 1991).
- Art und Intensität der mechanischen Belastung durch landwirtschaftliche Bodenbearbeitungsgeräte, Forsttechnik, Baumaschinen etc. sind für das Ausmaß der Bodenverdichtung mitentscheidend. So führen hohe Radlasten bei geringen Reifenaufstandsflächen sowie hohe Reifennendrucke der Geräte zu verstärkter Bodenverdichtung, ebenso wie eine lange Dauer der Belastung.

Auf Grundlage der Bodenkarte im Maßstab 1 : 50 000 (BK50) sowie klimatischen Parametern erfolgte durch das LfULG eine Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit Böden in Sachsen. In die Bewertung gingen Daten zu den Bodenmerkmalen (Groboden- und Humusanteil, Feinbodeneigenschaften, Vernässungsstufe) sowie Angaben zur klimatischen Wasserbilanz und den Bodenkennwerten Feldkapazität und Totwasser ein, welche für die Bewertung der Häufigkeit des Auftretens von hohen Bodenfeuchten herangezogen wurden (LfULG 2016). Durch Bewertung der Verknüpfungsansätze „Bodenmerkmale“ und „Häufigkeit des Auftretens von hohen Bodenfeuchten“ liegen nunmehr räumlich differenzierte Aussagen zur Verdichtungsempfindlichkeit der Böden in der Planungsregion vor (vgl. Karte 2.2-14).

Danach ist davon auszugehen, dass insbesondere Niedermoorstandorte, Grundwasserböden (Gleye und Anmoorgleye) in Fließgewässerrauen, die Auenböden der Elster-Luppe Aue, die Stauwasserböden in der Dahlemer Heide sowie im Bereich der Sandlöss-Ackerebenen-Landschaften zwischen Leine- und Muldenaue und im Gebiet um Naunhof eine sehr hohe Verdichtungsempfindlichkeit aufweisen (vgl. Karte 2.2-14).

Nach LfULG (2016) ist die Wahrscheinlichkeit einer erheblichen Bodenverdichtung besonders hoch, wenn die Befahrungen in Phasen hoher Bodenfeuchte (Winterhalbjahr oder nach starken Niederschlägen) durchgeführt werden, große Kräfte (hohe Gesamtmassen und/oder hohe spezifische Flächendrücke) auf den Boden wirken, häufige Befahrungen vorgesehen sind oder stark humose Böden oder Böden mit Grund- und Stauwassereinfluss betroffen sind. Stark humose und vernässte Böden sind generell besonders verdichtungsempfindlich.

Zur Gewährleistung der natürlichen Bodenfunktionen ist die nachhaltige Sicherung eines günstigen Bodengefüges aller Böden mit Bodenverdichtungen durch verdichtungshemmende Maßnahmen wie Einsatz von Maschinen und Geräten mit geringem Bodendruck, konservierende Bodenbearbeitung, Verlagerung der Bearbeitungszeiten vom Frühjahr auf den Herbst, Reduzierung der Schlaggrößen und Anbau bearbeitungsarmer Fruchtarten zu gewährleisten.

2.2.5.1.5 Änderungen des Wasserhaushalts

Karte 2.2-15 „Empfindlichkeit von Böden gegenüber einer Änderung der Wasserverhältnisse“

Änderungen des Wasserhaushalts von Böden können durch Bodenentwässerung oder Vernässung von Böden ausgelöst werden. Sie können z. T. mit irreversiblen Schäden für Böden und Ökosysteme verbunden sein, da sie Veränderungen der Bodenstruktur und damit Veränderungen der Bodeneigenschaften bewirken, die wiederum zu Verschiebungen im Artenbestand der Bodenorganismen und Wildpflanzen, zu einer Nivellierung natürlicher Standortverhältnisse und damit zum Verlust an Biodiversität führen.

Bodenentwässerung

Bodenentwässerungen erfolgen z. B. durch Drainage land- und forstwirtschaftlich genutzter Böden oder durch großräumige Grundwasserabsenkungen im Rahmen der Rohstoffgewinnung. Sie bewirken zwar – bei Drainage vernässter land- und forstwirtschaftlicher Nutzflächen – eine Verbesserung der Produktionsfunktion des Bodens, führen jedoch auch zum Verlust grundwasserabhängiger Bodentypen sowie zu einer Verarmung an Strukturen und Lebensräumen für Arten und Lebensgemeinschaften, die an feuchte Milieus gebunden sind (vgl. dazu auch Kap. 2.2.3.1.2 und Kap. 2.3.2.5). Durch die Bodenentwässerung wird zudem die Nitratauswaschung und Gewässereutrophierung begünstigt, weil die Dränagen meist den Sickerwasserabfluss fördern und in die Oberflächengewässer eingeleitet werden (LfUG 2004a).

Besonders solche Böden sind gegenüber Grundwasserabsenkungen empfindlich, deren Charakter und Aufbau von einem hohen Grundwasserstand abhängen, so z. B. Moore, Nass- und Auen-gleye, sowie grundwasserbeeinflusste Böden, z. B. Gleye und vergleyte Böden (LfULG 2009a).

Besonders gravierend wirken sich Entwässerungsmaßnahmen in Mooren aus. Durch Absenkung des Grundwasserspiegels wird die Sauerstoffzufuhr und damit die biologische Aktivität der Bodenorganismen erhöht, was zu einer verstärkten Mineralisierung und in der Folge zum Abbau organischer Substanz (Torf) führt. Vererdung, Setzungen und Schrumpfung führen schließlich zu einer Abnahme des Moorbodens von jährlich 1-3 cm (in 50 Jahren 50-150 cm). Ein weiterer negativer Effekt – auch für die landwirtschaftlichen Kulturen – ist die Vermulmung des Moorbodens bei einem zu tief abgesenkten Grundwasserspiegel (LfUG 2004a).

Bodenvernässung

Anthropogen bedingte Bodenvernässungen werden durch Wasseranstau, Bewässerungsmaßnahmen oder Grundwasserwiederanstieg ausgelöst. Sie führen zu Beeinträchtigungen trockener Bodentypen (siehe Kap. 2.2.3.1.2) und Lebensräume von Arten und Lebensgemeinschaften mit Bindung an trockene Standorte. Besonders empfindlich gegenüber Bodenvernässungen sind natürlicherweise trockene Böden sowie staunässeempfindliche Böden.

In Karte 2.2-15 ist die Verbreitung von Böden, die besonders empfindlich gegenüber Vernässung oder Trockenlegung sind, dargestellt. Sie entsprechen den Böden mit besonderen Standorteigenschaften (extrem trocken bzw. extrem nass). Diese Böden sind durch das Fehlen bzw. das Vorhandensein von Grund- und Stauwasser geprägt. Folglich reagieren natürlicherweise trockene Böden empfindlich auf Vernässung; nasse Böden werden durch Grundwasserabsenkung und Trockenlegung stark beeinträchtigt (LFULG 2009a). Zu den vernässungsempfindlichen Böden zählen vor allem die Sandböden (Braunerden, Podsole) der Heidelandschaften und des Colditzer Forstes sowie die flachgründigen terrestrischen Rohböden (Ranker, Regosole) an den Talhängen von Vereinigter Mulde und Wyhra bzw. im Bereich ehemaliger Rohstoffabbauvorhaben, während die Niedermoorstandorte und Sandgrundgleye der Dübener, Dahleiner, Annaburger und Prellheide sowie die Stauwasserböden im Planitzwald, im Naunhofer und Wermisdorfer Forst besonders empfindlich gegenüber Trockenlegung sind.

Gefährdungen für Böden mit hoher Empfindlichkeit gegenüber Trockenlegung stellen vor allem

- Bodenentwässerungen durch Drainage und Gewässerausbau als Folge der Eindeichung von Fließgewässern (PÖU 1996),
 - Grundwasserabsenkungen durch Wasserentnahmen (übermäßige Grundwasserentnahmen in Konzentrationsräumen der Grundwassergewinnung) sowie
 - Grundwasserabsenkungen durch den Rohstoffabbau
- dar.

Böden mit hoher Empfindlichkeit gegenüber Vernässung sind insbesondere durch (Grund-) Wasserstandserhöhung/-anstau infolge von

- Hochwasserschutzmaßnahmen (Deiche, Rückhaltebecken, Polder) und Wassereinleitungen (PÖU 2003) sowie
- durch Grundwasserwiederanstieg nach Einstellung langjähriger Grundwasserabsenkung durch den Braunkohlenbergbau bzw. den Abbau oberflächennaher mineralischer Rohstoffe gefährdet.

2.2.5.1.6 Klimawandelbedingte Beeinträchtigungen

Karte 2.2-16 „Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden gegenüber Austrocknung“

Böden spielen eine zentrale Rolle im Klimageschehen. Einerseits sind sie unmittelbar von künftigen Klimaänderungen betroffen, andererseits haben Eingriffe und Veränderungen der Bodeneigenschaften auch umgekehrt Auswirkungen auf das Klima (LABO 2010). Mittel- bis langfristig ist damit zu rechnen, dass der prognostizierte Klimawandel auch Auswirkungen auf die Böden in der Region, ihre natürlichen Bodenfunktionen sowie ihre Funktion als Standort der Land- und Forstwirtschaft haben wird. Die prognostizierten Klimaänderungen (vgl. Kap. 2.4.3) wirken sich insbesondere auf den Wasserhaushalt, den Stofftransport und den Stoffumsatz in Böden aus, wodurch wesentliche Bodenfunktionen beeinträchtigt werden können.

Die möglichen Bodenfunktionsbeeinträchtigungen stehen dabei insbesondere im Zusammenhang mit

- dem Risiko von abnehmenden Humusgehalten und -vorräten,
- einer zunehmenden potenziellen Wasser- und Winderosionsgefährdung,
- eines zunehmenden Risikos von Bodenschadverdichtungen sowie
- Veränderungen des Bodenwasserhaushalts/Stoffhaushalts (LABO 2010).

Veränderungen des Bodenwasser- und Stoffhaushalts können mit einer Verringerung der Abbauleistung von Schadstoffen, der zunehmenden Mobilisierung von Schadstoffen aus Böden und Einträgen in Oberflächengewässer und das Grundwasser, jahreszeitlichen Verschiebungen (Verringerung oder Erhöhung) der Grundwasserneubildungs- und der Sickerwasserraten, zunehmender Hochwassergefahr, Dürreschäden und Ertragsminderung auf Böden mit geringer Wasserhal-

tefähigkeit sowie einer verminderten Nährstoffverfügbarkeit im Boden verbunden sein. Durch die projizierten klimatischen Änderungen (vgl. Kap. 2.4.3) ist in der Region mit

- einer stärkeren Entwässerung hydromorpher Böden (Böden mit besonderer Klimaschutzfunktion) mit einhergehendem Humusabbau und verstärkter CO₂-Freisetzung (vgl. auch Kap. 2.2.3.4),
- negativen Auswirkungen auf die natürlichen Bodenfunktionen (Lebensraum-, Regulations- sowie Filter- und Pufferfunktion) einschließlich Veränderungen der räumlichen Verteilung schutzwürdiger Böden (vgl. Kap. 2.2.3),
- einem verstärkten Bodenabtrag auf bereits unter heutigen Klimabedingungen erosionsanfälligen Standorten (vgl. Kap. 2.2.5.1.3) sowie mit einer Zunahme der durch Bodenerosion gefährdeten Flächen und
- Veränderungen der Bodenwasservorräte (Abnahme des pflanzenverfügbaren Wassers) sowie des Infiltrations- und Abflussverhaltens, z. B. Rückgang der Sickerwasserspense (potenzielle Grundwasserneubildung), Änderungen der Nährstoffdynamik sowie verstärkter Mobilisierung von Schadstoffen

zu rechnen (vgl. auch LBEG 2009).

Im Rahmen der Erarbeitung der „Vulnerabilitätsanalyse Westsachsen“ (SCHMIDT ET AL. 2011) wurde die Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Flächen gegenüber Trockenphasen bewertet. Danach sind auf austrocknungsgefährdeten Standorten landwirtschaftliche Kulturen von sinkenden Niederschlägen – insbesondere im Sommer - und der Zunahme von Dürrephasen besonders betroffen. Insbesondere flachgründige Böden und Standorte mit geringem Wasserrückhalt (niedrige nutzbare Feldkapazität) sind zukünftig tendenziell stärker betroffen (vgl. Tabelle 2.2-12).

Tab. 2.2-127: Bewertung der standörtlichen Sensitivität von landwirtschaftlich genutzten Böden gegenüber Austrocknung (SCHMIDT ET AL. 2011)

nutzbare Feldkapazität (mm/dm)	Grundwasserflurabstand (m)	>1	0,5-1	<0,5
	≤50		sehr hoch	hoch
>50 bis ≤90		hoch	mittel	gering
>90		gering	gering	gering

Die Ermittlung vulnerabler Bereiche erfolgte durch Verschneidung der Sensitivität landwirtschaftlich genutzter Böden gegenüber Austrocknung mit der Exposition gegenüber Veränderungen der klimatischen Wasserbilanz (Klimaräume) (vgl. Tabelle 2.2-13). Für Standorte mit einem Grundwasserflurabstand kleiner als ein Meter wird eine ausreichende Versorgung mit Wasser durch kapillaren Aufstieg angenommen.

Tab. 2.2-138: Bewertung der Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden gegenüber zunehmenden Trockenphasen (SCHMIDT ET AL. 2011)

Sensitivität der Böden gegenüber Austrocknung (Grundwasserflurabstand >1 m)	Klimatische Wasserbilanz (Exposition)	Tieflagen (regional höchste Temperaturen, geringster Niederschlag)	Tiefland (regional hohe Temperaturen, geringe Niederschläge)	Übergangslagen	Hügelland (regional tiefste Temperaturen, höchster Niederschlag)
	Bewertung nach Tab. 2.2-12	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch
hoch		sehr hoch	sehr hoch	hoch	mittel
mittel		sehr hoch	hoch	mittel	gering
gering		hoch	mittel	gering	gering

Im Ergebnis wird deutlich, dass sich künftig vulnerable Bereiche nicht nur in den Heidelandschaften konzentrieren werden, sondern dass sich die Vulnerabilität landwirtschaftlicher Standorte auch in der Elbaue sowie in traditionellen Ackerbaulandschaften wie der Delitzscher und Brehnaer Platte und der Taucha-Eilenburger Endmoränenlandschaft deutlich erhöhen wird (vgl. Karte 2.2-16).

Folgende Maßnahmen können einen Beitrag zur Verringerung klimawandelbedingter Bodenbeeinträchtigungen leisten (SCHMIDT ET AL. 2011):

- die Erhöhung des Retentionsvermögens von Böden durch Anwendung bodenschonender und wassersparender Bodenbearbeitungsverfahren, möglichst ganzjährige Bodenbedeckung und Erhöhung des Humusanteils (vgl. LFULG 2009c)
- die Anreicherung mit Dauervegetation zur Erosionsminderung, die Verzögerung von oberflächennahem Abfluss, die Verringerung von Windgeschwindigkeiten und dementsprechend die Verringerung der Austrocknungsgefahr sowie
- die Sicherung und Erhöhung der Grundwasserneubildung

2.2.5.2 Stoffliche Bodenbelastungen

Karte 2.2-17 „Empfindlichkeit von Böden gegenüber (Schad-) Stoffeinträgen“

Sind Böden in stofflicher Hinsicht vorbelastet (z. B. durch übermäßigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln; Havarien), so ist davon auszugehen, dass der Boden in seinem natürlichen Filter-, Puffer- und Transformationsvermögen überbeansprucht wurde und möglicherweise sogar eine Schadstoffquelle darstellt (LFULG 2009a).

Als allgemeine Belastungsquellen können nach PÖU (1996) genannt werden:

- persistente Stoffe (insbesondere Schwermetalle und chlorierte Kohlenwasserstoffe)
- saure Niederschläge (Säurebildner/Stickstoffverbindungen)
- radioaktive Stoffe
- stoffliche Belastungen durch die Bodenbewirtschaftung (Pestizide, Nährstoffe bzw. Stickstoffverbindungen, Klärschlämme) sowie
- Stoffe aus Deponien/Altablagerungen

Schadstoffe in Böden haben je nach Eintragsmenge toxische Wirkung und reichern sich auch in der Nahrungskette an. Ob sich diese Stoffe im Boden ansammeln und dort zu einer Schädigung führen oder ob eine Verlagerung der Schadstoffe ins Grundwasser und damit mittelbar eine Beeinträchtigung des Bodens und der Flora und Fauna erfolgt, hängt u. a. vom Filter- und Puffervermögen des Bodens ab (vgl. Kap. 2.2.3.3.1 und Karte 2.2-6).

Empfindlichkeit von Böden gegenüber (Schad-) Stoffeinträgen

Auf der Grundlage der Bewertungsergebnisse zum Filter- und Puffervermögen von Böden lassen sich analog zu Kap. 2.2.3.3.1 Aussagen zur Empfindlichkeit gegenüber möglichen (Schad-) Stoffeinträgen ableiten. Als generell empfindlich sind danach Böden mit sehr geringem, geringem und mittlerem Filter- und Puffervermögen einzustufen, während Böden mit hohem und sehr hohem Filter- und Puffervermögen als weniger empfindlich gelten, wenn sie in ihrer Regelungsfunktion nicht überbeansprucht werden (LFULG 2009a).

Karte 2.2-17 macht deutlich, dass gegenüber Stoffeinträgen empfindliche Böden ca. drei Viertel der Regionsfläche einnehmen.

Mögliche Gefährdungen empfindlicher Böden sind zu vermeiden bzw. zu minimieren. Dazu sollten sich bestehende und vor allem geplante Nutzungen in Art und Intensität am Grad der Empfindlichkeit der Böden gegenüber Schadstoffeinträgen orientieren.

2.2.5.2.1 Schadstoffe in Böden

Schwermetalle und Arsen

Relevante anorganische Schadstoffe sind vor allem Schwermetalle und Arsen. Sie sind bereits in geringer Dosis für Lebewesen toxisch, wobei Kupfer und Zink in sehr geringer Dosis auch essenzielle Spurenelemente sind. Cadmium, Quecksilber und Arsen sind keine essenziellen Spurenelemente und schon in geringen Konzentrationen toxisch. Schwermetalle treten in Böden naturbedingt in Abhängigkeit von geologischen Ausgangsgesteinen und natürlichen Prozessen mit dem Ergebnis der Anreicherung in unterschiedlichen Mengen und Verfügbarkeiten auf und sind nicht abbaubar. Anthropogen wird die Disponibilität (Verfügbarkeit) der Schwermetalle durch die Immissionen in Luft, Gewässer und Böden gravierend erhöht.

Entscheidend für die Beurteilung des Gefährdungspotenzials von Schwermetallen in Böden ist die Schadstoffverfügbarkeit (bereitgestellte Dosis) bezogen auf Wirkungspfad und Schutzgut. Nach BBodSchG und BBodSchV findet eine nach Wirkungspfaden (Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze, Boden-Grundwasser) nutzungsbezogene Beurteilung statt (z. B. Kinderspielflächen, Wohngebiete, Freizeitanlagen, Gewerbegebiete, Acker, Grünland), für die Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte für ausgewählte Schadstoffe und Verfügbarkeiten herangezogen werden (LFUG 2004a).

Im Erzgebirge und Vogtland weisen die Böden Sachsens naturbedingt eine bedeutende Anreicherung von Arsen und Schwermetallen auf (LFUG 2004a). Neben dem geogenen Stoffeintrag wurde in diesen Gebieten häufig durch anthropogene Prozesse (Verhüttung, Halden, Aufbereitungsanlagen) der schon vorhandene geogene Anteil, insbesondere in den Oberböden und in den Auen, zusätzlich erhöht. In den Auenböden akkumulierten so über Jahrtausende die Schadstoffe aus den Flusseinzugsgebieten. Besonders starke Stoffanreicherungen erfolgten in den Auen des Muldensystems und in abgeschwächter Form in der Elbaue. Durch Verwitterung und Transport der Böden und Sedimente aus den Lagerstättegebieten des Erzgebirges weisen die Auensedimente in den Überschwemmungsbereichen erhebliche Anreicherungen an Arsen und Schwermetallen auf (vgl. Abb. 2.2-6). Einleitungen von industriellen und kommunalen Abwässern können den teilweise hohen Belastungszustand weiter erhöhen. Die Stadtböden in Ballungsgebieten weisen ebenfalls tendenziell erhöhte Schadstoffgehalte auf (LFUG 2004c).

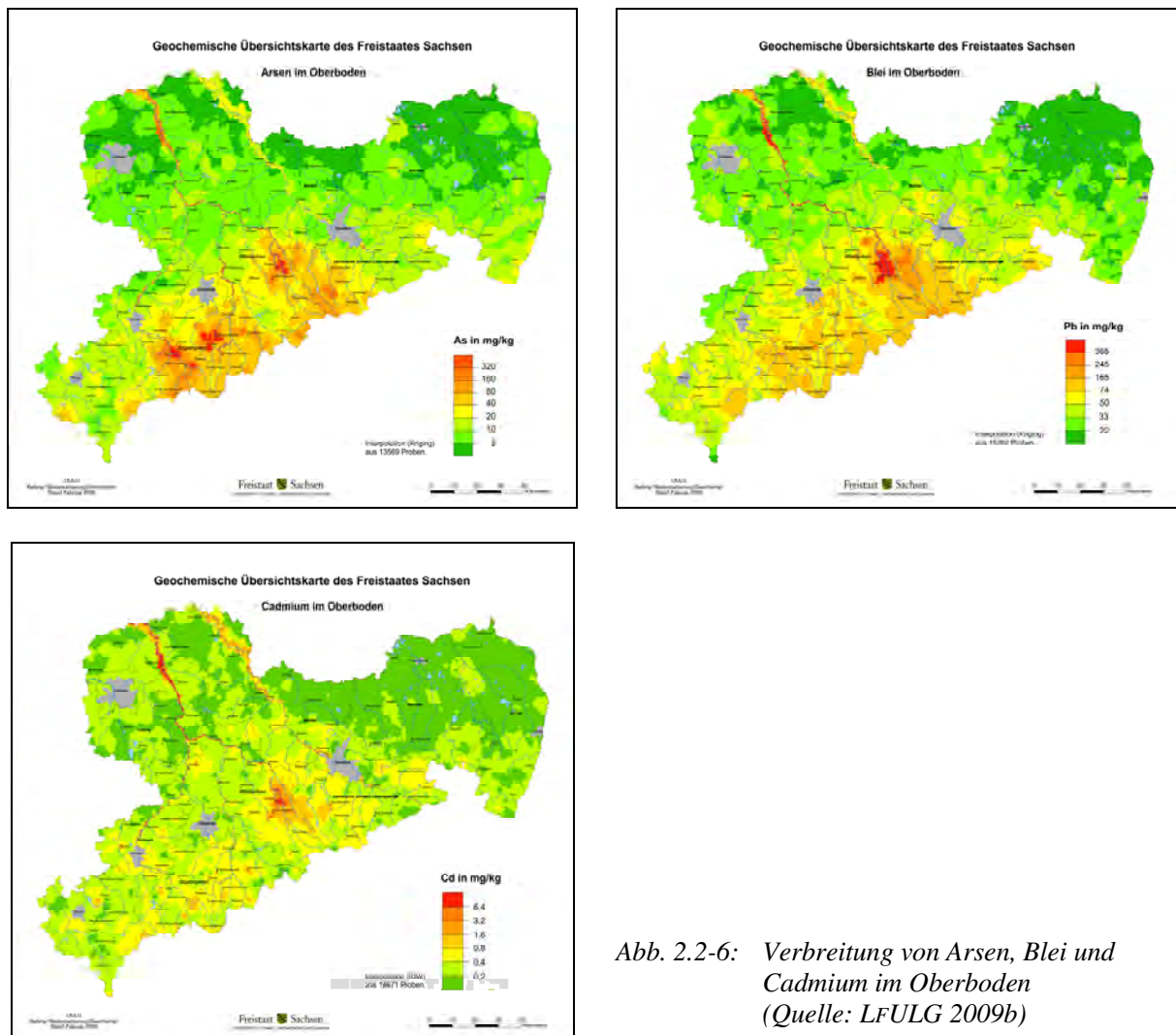


Abb. 2.2-6: Verbreitung von Arsen, Blei und Cadmium im Oberboden
(Quelle: LFUG 2009b)

Gebiete mit Anhaltspunkten oder Belegen für großflächige schädliche stoffliche Bodenveränderungen

Auf der Grundlage umfangreicher Bodenuntersuchungen wurden durch das LfULG großflächige Gebiete abgegrenzt, in denen gehäuft Überschreitungen von Prüf- und Maßnahmenwerten anorganischer Schadstoffe (Arsen, Cadmium und Blei) auftreten (LFULG 2014d). Als Kriterium wurden die gesetzlichen Prüf- und Maßnahmenwerte für die Pfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze nach BBodSchV herangezogen.

Abb. 2.2-7 zeigt für die Planungsregion Gebiete mit Anhaltspunkten oder Belegen für großflächige schädliche stoffliche Bodenveränderungen in den Auenbereichen von Freiburger, Zwickauer und Vereinigter Mulde. In diesen Gebieten sind vertiefende Untersuchungen hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials durchzuführen, landwirtschaftliche Bewirtschaftungsformen und -intensitäten zu überprüfen und, wenn erforderlich, zu ändern bzw. in andere Landnutzungsformen zu überführen.

In Gebieten mit Anhaltspunkten oder Belegen für großflächige schädliche stoffliche Bodenveränderungen können mit hoher Wahrscheinlichkeit bestimmte Maßnahmen der Vorsorge und Gefahrenabwehr erforderlich werden. Daher ist innerhalb der Gebiete im Einzelfall der betroffenen Fläche zu prüfen, ob sich die konkreten Anhaltspunkte für eine schädliche stoffliche Bodenveränderung bestätigen und Maßnahmen der Gefahrenabwehr notwendig sind. Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sind Sanierungs-, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, die die Vermeidung bzw. die Senkung der Schadstoffaufnahme durch den Menschen zum Ziel haben. In Abhängigkeit vom Gefährdungspotenzial und -pfad können nach LFUG (2004c) folgende Maßnahmen erforderlich sein:

- langzeitige Bodenbedeckung durch Vegetation, Bodenversiegelung, Bodenaustausch bzw. Bodenüberdeckung
- Anpassung der Nutzung und Bewirtschaftung der Böden sowie Veränderung der Bodenbeschaffenheit kommen meist auf gärtnerisch, land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen zum Einsatz.
- Im Fall hoch belasteter Flächen sind eine Herausnahme der Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung und eine Umnutzung zu prüfen.

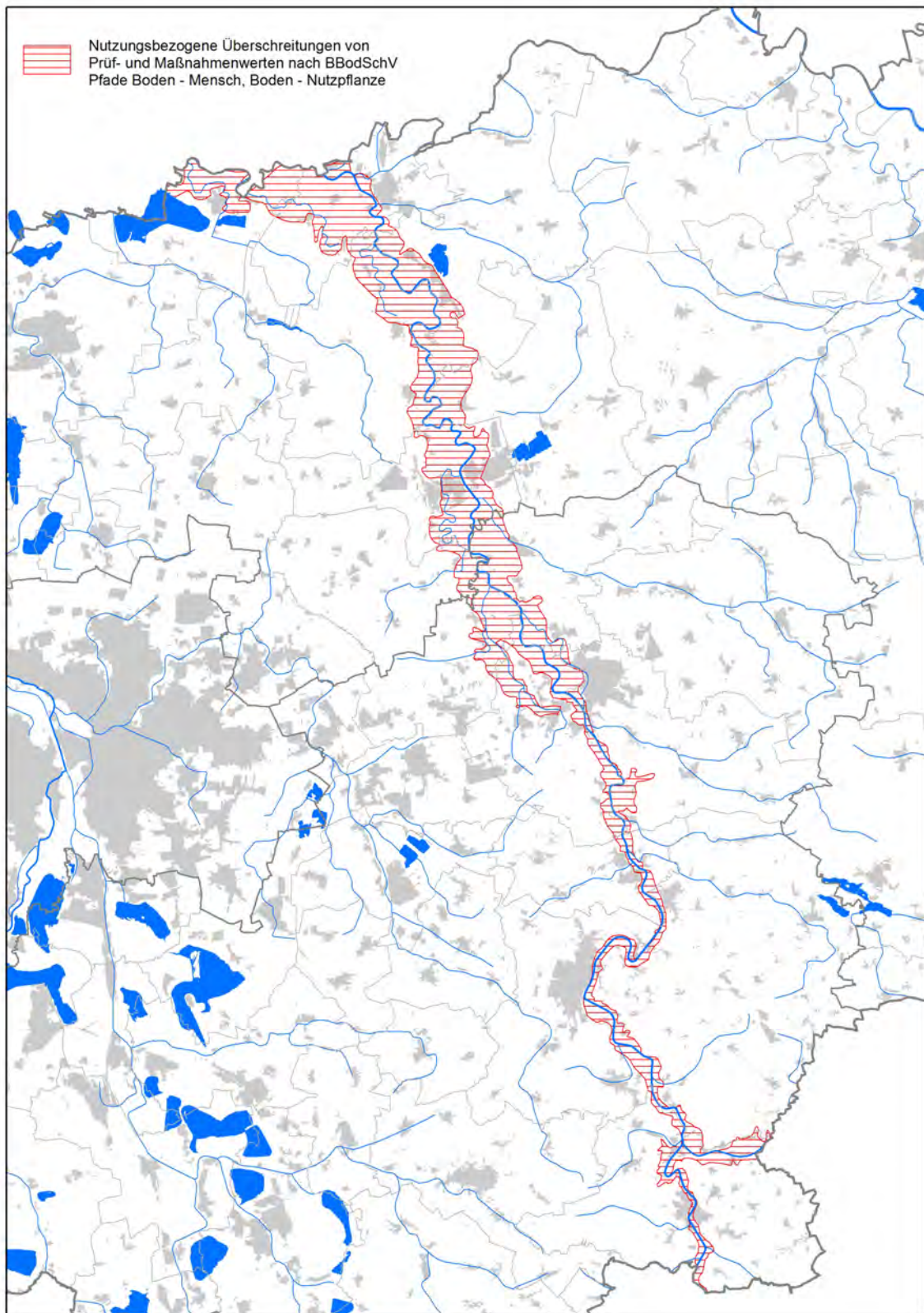


Abb. 2.2-7: Gebiete mit Anhaltspunkten oder Belegen für großflächige schädliche stoffliche Bodenveränderungen (Quelle: LFULG 2014d)

2.2.5.2.2 Bodenversauerung

Karte 2.2-18 „Empfindlichkeit von Böden gegenüber Versauerung“

Unter Bodenversauerung wird der Verlust an puffernden Substanzen wie Calcium-, Natrium-, Magnesium- und Kaliumionen verstanden, die durch Säureeinwirkung von ihren ursprünglichen Bindungsplätzen verdrängt und mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden (RU 2002).

Die Bodenversauerung ist abhängig vom Säurepuffervermögen des Bodens, den Klimabedingungen und der Vegetation. Durch die Landbewirtschaftung und die Emissionen in die Atmosphäre beeinflusst der Mensch den Prozess der Versauerung. Bodenanalytisch wird die Bodenversauerung durch einen Rückgang von pH-Wert und Basensättigung sowie durch eine erhöhte Freisetzung von Aluminium dokumentiert (LFUG 2004a).

Ursache der forcierten, unnatürlichen Bodenversauerung sind die anthropogenen, säurebildenden Schwefel- und Stickstoffemissionen, die insbesondere aus Emissionen der Industrie und des Verkehrs stammen, und mehr oder weniger ungefiltert in die Atmosphäre gelangen. Mit zunehmender pH-Wert-Absenkung des Niederschlags werden die natürlichen Puffersysteme des Bodens überbeansprucht. In einem pH-Wert-Bereich von 4,2 bis 5,0 erfolgt die Lösung von Aluminiumionen und später eine Mobilisierung der giftig wirkenden Schwermetalle.

Durch die Bodenversauerung und die damit verbundene – z. T. toxisch wirkende – Al-Freisetzung werden die Regulationsfunktion des Bodens im Stoffhaushalt, seine Lebensraumfunktion für Tiere und Pflanzen und seine forstwirtschaftliche Produktionsfunktion beeinträchtigt. Darüber hinaus gelangen die Säuren und das Aluminium über das Bodenwasser in die Gewässer mit den entsprechenden negativen Auswirkungen auf die Gewässerbiozönose. Infolge der Bodenversauerung werden zudem im Boden befindliche Schwermetalle mobilisiert.

Von der Bodenversauerung sind die Böden unter Wald besonders betroffen, weil

- Wald meist auf Böden mit geringem Säurepuffervermögen (landwirtschaftliche Grenzertragsböden) und in niederschlagsreichen, klimatisch exponierten Lagen (z. B. Erzgebirge) steht,
- Wald durch die große Blatt- bzw. Nadeloberfläche die „sauren“ Luftemissionen im besonderen Maße filtert und an den Boden weitergibt,
- Wald lange Zeiten genutzt (Holz- und Streunutzung), aber nicht gekalkt bzw. gedüngt wurde,
- naturnahe Wälder in Nadelbaumforsten umgewandelt wurden, die eine erhöhte interne Säureproduktion aufweisen und die Luftemissionen verstärkt filtern (LFUG 2004a).

Auf landwirtschaftlich genutzten Kulturböden wird im Regelfall der Säurezustand des Bodens durch Düngung und Kalkung stabil gehalten (pH-Wert Acker >6,0 und Grünland >5,0), so dass ein optimales Wachstum der angebauten Kulturart möglich ist (LFUG 2004a).

Um regionale Problembereiche deutlich zu machen, erfolgt in Karte 2.2-18 die differenzierte Darstellung der Versauerungsempfindlichkeit der Böden. Sie beruht nach LFUG (2004a) auf einer Bewertung des natürlichen Säurepuffervermögens der Böden auf Grundlage der Einschätzung der Silikatverwitterungsrate des Bodensubstrats. Danach werden Karbonat führende oder basische Bodensubstrate hoch eingestuft, wogegen silikatarme, saure Bodensubstrate gering einzustufen sind. Die Bewertung entspricht der in Tab. 2.2-14 aufgeführten Bewertung des natürlichen Säurepuffervermögens der Böden auf Grundlage der Legendeneinheiten der BÜK200.

Tab. 2.2-14: Bewertung des natürlichen Säurepuffervermögens

natürliches Säurepuffervermögen (SPV)	Versauerungsempfindlichkeit	Flächenanteil in der Region
sehr gering	sehr hoch	1,3 %
gering	hoch	7,9 %
mittel	mittel	50,2 %
hoch	gering	28,1 %
sehr hoch	sehr gering	0,5 %

Aus Karte 2.2-18 wird deutlich, dass die quarzreichen Sandböden der Region eher zur Versauerung neigen als die gut gepufferten Lössböden. So sind nur sehr kleinräumige Böden mit sehr hohem natürlichem Säurepuffervermögen anzutreffen (weniger als 1 % der Regionsfläche). Diese, gegenüber Versauerung wenig empfindlichen Böden, konzentrieren sich im Wesentlichen in der Elbaue und in der nördlichen Elster-Luppe-Aue (tonige Auengleye). Als Böden mit sehr hoher und hoher Versauerungsempfindlichkeit sind insbesondere die Podsole, Sandgrundgleye und sandigen Braunerden der Heidelandschaften (Dübener und Dahleiner Heide, Prellheide) bzw. des Wermsdorfer Forstes zu benennen. Sie nehmen ca. 9,2 % der Regionsfläche ein.

Da das natürliche Säurepuffervermögen nicht mit dem tatsächlichen anthropogen beeinflussten Bodenzustand gleichzusetzen ist, ist neben der Versauerungsempfindlichkeit der Böden in Karte 2.2-18 auch der aktuelle Säurezustand des mineralischen Oberbodens mit einem pH-Wert kleiner 4,5 nach LFUG (2004a) dargestellt. Danach weisen die Kernbereiche der Dübener und Dahleiner Heide großflächig stark saure Böden auf.

Insbesondere die Waldböden der Region sind auf großen Flächen aufgrund der schwefelsauren Immissionen vergangener Jahrzehnte bis in den Unterboden extrem versauert (pH-Werte <4,5 und Basensättigung <15%). So wurden insbesondere für die Sandböden der Heidelandschaften im Rahmen der Bodenzustandserhebung I 1992-1997 Basensättigungen zwischen 15 % und 30 % festgestellt (vgl. Abb. 2.2-8).

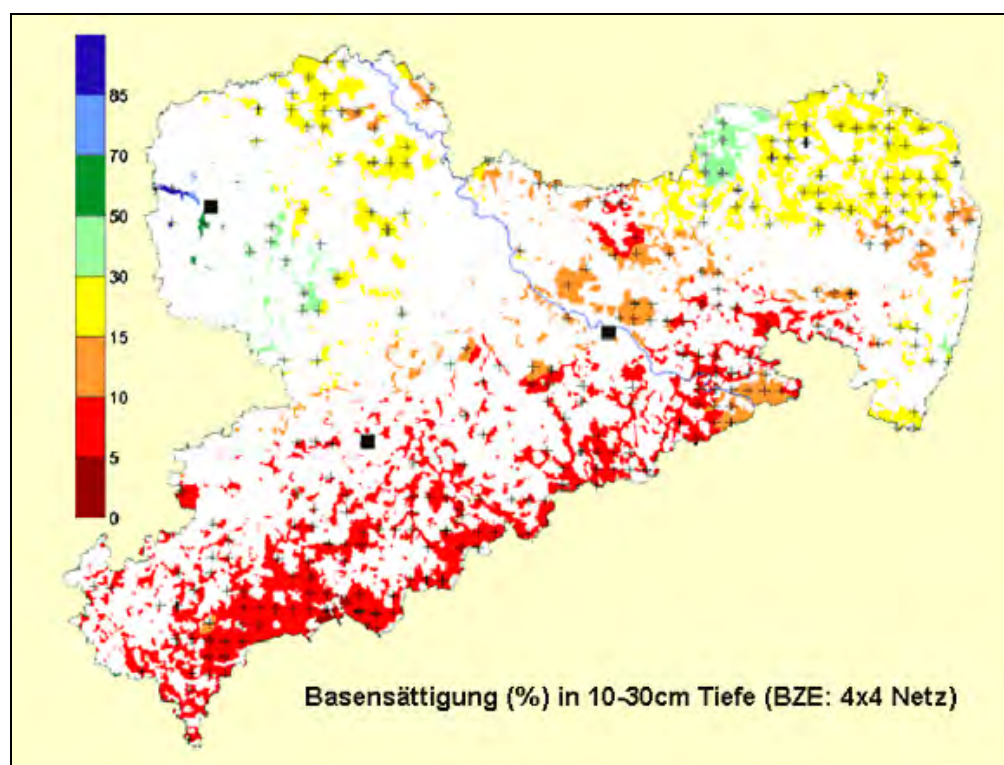


Abb. 2.2-8: Basensättigung (%) in der Tiefenstufe 10-30 cm der Bodenzustandserhebung (Quelle: LFP)

Die kritischen Belastbarkeitsgrenzen (Critical Loads) für Säureeinträge werden in Leipzig-West-sachsen vielfach überschritten (vgl. auch Kap. 2.4.).

Der Versauerungsgrad der Böden ist neben ihrer Versauerungsempfindlichkeit (natürliches Säurepuffervermögen) auch von der Art der Landnutzung abhängig. Das Beeinträchtigungsrisiko steigt insbesondere in forstwirtschaftlich genutzten Räumen – Wald nimmt bekanntermaßen Luftschadstoffe auf. Dabei besteht bei fortschreitender Bodenversauerung insbesondere bei Nadelwaldnutzung ein erhöhtes Risiko von Schadstoffausträgen, da Nadelwälder Schadstoffe deutlich stärker „auskämmen“ als Laubwälder (RU 2002). Nach LFW (1997) wird das Verhältnis Fichtenwald : Laubwald mit 2,1 : 1,4 angegeben. In entwässerten Bereichen erhöht sich ebenfalls das Risiko einer Versauerung, da der pH-Wert des Bodens infolge der verstärkten Bodenbelüftung abgesenkt wird. Nach GERBER (2002) lassen sich den Landnutzungsarten die in Tab. 2.2-15 aufgeführten Gefährdungspotenziale für die Bodenversauerung zuordnen.

Tab. 2.2-15: Gefährdungsgrad Bodenversauerung Landnutzungsarten (verändert nach GERBER 2002)

Gefährdungsgrad	Beschreibung	Nutzungsarten
sehr hoch	stark versauernde Waldbestände und Abbaugelände	<ul style="list-style-type: none"> • Abbaufelder • Heiden und Moorheiden • Nadelwald • Mischwald • Sümpfe
hoch	weniger stark versauernde Waldbestände und intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen	<ul style="list-style-type: none"> • Laubwälder • nicht bewässertes Ackerland • Obstbestände • Wald-Strauch-Übergangsstadium
mittel	extensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen	<ul style="list-style-type: none"> • Flughäfen • landwirtschaftliche Nutzfläche mit natürlicher Bodenbedeckung • nicht durchgängig städtische Prägung • spärliche Vegetation • städtische Grünanlagen • Straßen- und Eisenbahnnetz • Wiesen und Weiden
gering (vorhanden)	anthropogen geprägte Räume ohne Grundwasserneubildung	<ul style="list-style-type: none"> • Baustellen • Deponien, Abraumhalden • durchgängig städtische Prägung • Industrie- und Gewerbeflächen • Sport- und Freizeitanlagen

In Anlehnung an GERBER (2002) wurde das Gefährdungspotenzial von Wäldern in der Region eingeschätzt und in Karte 2.2-18 dargestellt. Nadelwälder und Nadel-Mischwälder besitzen danach ein sehr hohes Gefährdungspotenzial, während Laub-Mischwälder, Laubwälder und Feuchtwälder ein hohes Gefährdungspotenzial aufweisen. Aus der Darstellung wird deutlich, dass insbesondere die versauerungsempfindlichen Böden der Heidelandschaften durch ausgedehnte Nadelwälder, die ein sehr hohes Gefährdungspotenzial aufweisen, bestanden sind. Für diese Gebiete besteht somit ein erhöhtes Beeinträchtigungsrisiko der Bodenversauerung.

Aus Sicht des Bodenschutzes, aber auch des Gewässer- und Klimaschutzes sowie des Arten- und Biotopschutzes ist daher insbesondere in den Nadel- und Nadelmischwäldern eine Erhöhung des Laubholzanteils vorzunehmen, um der teilweise sehr hohen Versauerungstendenz von Waldböden vor allem in den Heidelandschaften der Region entgegenzuwirken.

2.2.5.2.3 Bodeneutrophierung

Quelle: LFUG (2004a)

Unter Bodeneutrophierung wird die anthropogene Anreicherung von Nährstoffen im Boden verstanden. Eine Bodeneutrophierung wird aus Sicht des Bodenschutzes dann als problematisch erachtet, wenn die natürlichen Bodenfunktionen durch zu hohe Nährstoffeinträge überlastet werden und dadurch eine Gefährdung ausgeht auf

- die Wasserqualität von Grund- und Oberflächengewässern,
- die Luftqualität,
- den Erhalt von gefährdeten und geschützten Biotoptypen und Arten,
- die Qualität von Nahrungs- und Futterpflanzen und
- die nachhaltige standortgerechte forst- bzw. landwirtschaftliche Nutzung.

In diesem Zusammenhang sind als kritische Nährstoffe vor allem Stickstoff und Phosphor zu nennen. Beide sind Hauptnährstoffe für das Pflanzenwachstum und müssen bei einer nachhaltigen Nutzung dem Boden entsprechend der Verluste wieder zugeführt werden. Dies geschieht gezielt über die Düngung und ungezielt über die atmosphärischen Immissionen.

Dabei kann die Wasserqualität des Grundwassers durch die Nitratauswaschung über den Bodensickerwasserabfluss erheblich verschlechtert werden (vgl. Kap. 2.3.2.4.2). Die Oberflächengewässer sind hinsichtlich der Stickstoffeutrophierung vor allem über die Zuflüsse der Dränagen gefährdet und hinsichtlich der Phosphateutrophierung durch den Eintrag von phosphatreichem erodiertem Boden (vgl. Kap. 2.3.1).

Aus dem Boden können N_2O und NH_3 emittieren und somit die Luftqualität verschlechtern. Besonders die gefährdeten und geschützten Biotoptypen auf nährstoffarmen (oligotrophen) Böden sind über den Luftpfad (Stickstoffeinträge) und über den Pfad Boden-Wasser durch Eutrophierung gefährdet. Unter den wild lebenden Pflanzen breiten sich konkurrenzkräftige eutraphente (vor allem nitrophile) Arten und ihre Vergesellschaftungen mit hoher Biomasseproduktion aus. Sukzessionsprozesse werden beschleunigt. Standortveränderungen und Konkurrenzdruck führen zu Rückgängen und Verlusten seltener und gefährdeter Arten und ihrer Lebensräume mit Bindung an arme bis extreme Standorte.

Ebenso werden die Waldböden zunehmend durch anthropogene atmosphärische Stickstoffeinträge belastet (Tab. 2.2-16) mit der Konsequenz, dass der Stickstoffkreislauf des Waldökosystems aus dem Gleichgewicht gerät und Nitratauswaschung sowie Bodenversauerung forciert werden (siehe auch Kap. 2.4.).

Tab. 2.2-16: Vereinfachte N-Bilanz: Standortabhängige Spannen und Durchschnittswerte für Deutschland (vereinfachte Darstellung in Anlehnung an das UBA); (LFUG 2004a)

Einfache N-Bilanz in kg N pro ha und Jahr	Landwirtschaftlich genutzte Böden		Waldböden	
	Min-Max	Durchschnitt	Min-Max	Durchschnitt
Immissionen großräumig (lokal)	10-30 (100)	20	10-50 (100)	30
Mineral-/Wirtschaftsdünger	0-210/230	130		
Export (Pflanze, Tier)	0-70	50	0-10	5
Bilanz-Überschuss	0-170/190 (260)	100	0-40 (140)	25

Landwirtschaftlich genutzte Böden werden mit Stickstoff und Phosphaten gedüngt, um eine optimale Pflanzenversorgung sicherzustellen. Im Durchschnitt werden von den 130 kg/ha N-Dünger maximal die Hälfte in Form der Ernte entnommen. Ein erheblicher Teil geht in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung, der Bodenverhältnisse und des Witterungsverlaufs als N-Verlust in Atmosphäre und Gewässer (NO_3 -Auswaschung, N_2O - und NH_3 -Emissionen). Insbesondere hohe Nitratvorräte im Herbst sind problematisch, weil diese über das Winterhalbjahr aus dem Boden ausgewaschen werden können.

In Abb. 2.2-9 ist die Entwicklung der Herbst-Nitratvorräte von 1993 bis 2013 in 0 bis 60 cm Tiefe der landwirtschaftlich genutzten Böden auf Dauertestflächen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie dargestellt. Daraus geht hervor, dass sich die Restnitrat-

menge ausgehend von einem hohen Niveau Anfang der neunziger Jahre in den letzten Jahren stabilisiert hat und zurzeit etwa 70 kg/ha, mit entsprechend jahresabhängigen Schwankungen von ca. 10-15 %, beträgt. Diese Schwankungen haben nach den durch extrem gegensätzliche Witterungseinflüsse (2002 sehr nass, 2003 extrem trocken) gekennzeichneten Jahren deutlich abgenommen (LFULG 2015b).

Der Grenzwert für Nitrat im Trinkwasser wird bereits überschritten, wenn mit einem Sickerwasserabfluss von 200 mm/a (200 l/m²) aus dem Wurzelraum mehr als 22 kg/ha NO₃-N ausgewaschen werden. Dies verdeutlicht, dass die potenziell durch Auswaschung gefährdeten Nitratvorräte im Herbst um ein Vielfaches höher liegen und bereits ein Bruchteil davon ausreicht, um den Trinkwassergrenzwert im Sickerwasserabfluss zu überschreiten.

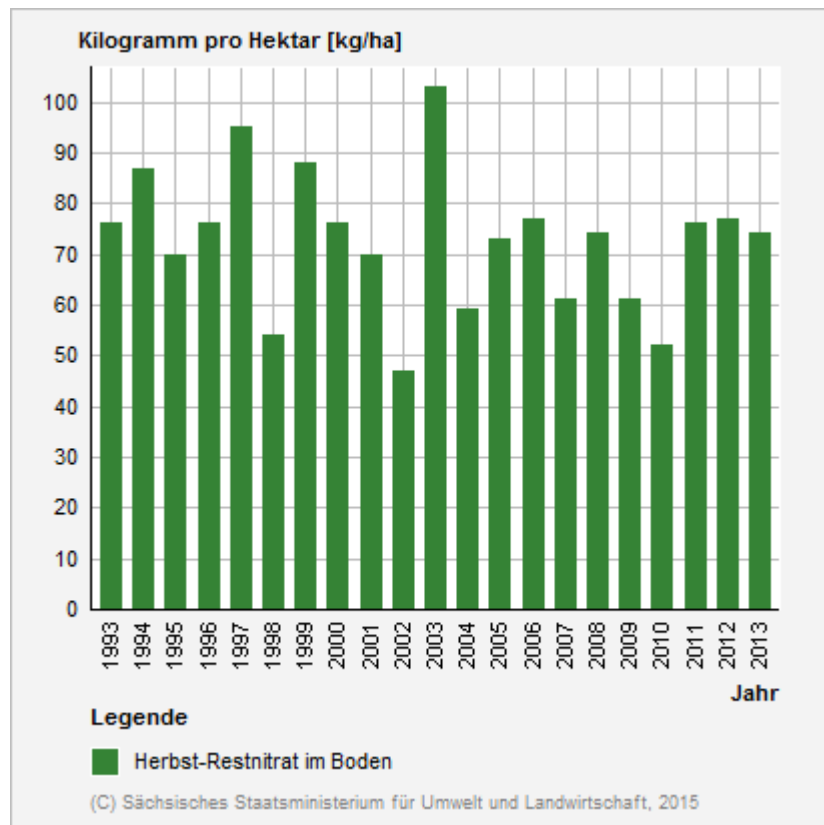


Abb. 2.2-9: Restnitrat im Boden in Sachsen in den Jahren 1992 bis 2013
(Quelle: LFULG 2015b)

Quellen

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Auflage. Hannover.
- ARBEITSKREIS BODENSCHUTZ BEIM UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit - Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren (Heft 31), Umweltministerium Baden-Württemberg [Hrsg.].
- BBSR [BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG IM BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG; HRSG.] (2012a): RAUMORDNUNGSBERICHT 2011. BONN.
- BBSR [BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG IM BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG; HRSG.] (2012b): Trends der Siedlungsflächenentwicklung. BBSR-Analysen KOMPAKT 09/2012. Bonn.
- BFLR [BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMORDNUNG; HRSG.] (1996): Ausmaß der Bodenversiegelung und Potentiale zur Entsiegelung. Arbeitspapiere 1/1996. Bonn.
- BLUME, H.-P. (2000): Ökologische Bewertung städtischer Pedotope. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 93, S. 11-14.
- FOKUHL, C. (1994): Der Beitrag des Landschaftsplans zum Schutz der Böden, Diplomarbeit (Fachbereich Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung), Arbeitsmaterialien Bd. 26. Hannover.
- FRIE, B. & R. HENSEL (2007): Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: UGRdL-Ansatz. in: Statistische Analysen und Studien NRW. Band 44. S. 19-22. Düsseldorf.
- GERBER, S. (2002): Entwicklung einer Methodik zur kleinmaßstäbigen Analyse und Bewertung von Versauerungspotenzialen am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Saale, Diplomarbeit, Dresden.
- GRIMM, B. & B. SOMMER (1993): Bewertung von Boden und Bodenverlust im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung, UVP-report 4/93, S. 211-213.
- GRÖNGRÖFT, A.; HOCHFELD, B. & G. MIEHLICH (1999): Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen – Bewertungsverfahren. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg. Überarbeitete Fassung Stand 29.08.2001.
- HÖPER, H. [NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE] (2008): Emission klimarelevanter Spurengase aus Feuchtgebieten und Ackerökosystemen. ppt-Präsentation. Bremen. – Im Internet: http://www.umwelt.uni-hannover.de/fileadmin/institut/pdf/7_Hoepfer_BfN-BMU-Bonn_150308.pdf
- JESSEN-HESSE, V. (2002): Vorsorgeorientierter Bodenschutz in der Raum- und Landschaftsplanung, BVB-Materialien, Band 9, Berlin.
- KAMP, T., CHOUDHURY, K., RUSSER, R., HERA, U., RÖTZER, T. (2008): Anpassungsstrategien bei Bodennutzungssystemen an den Klimawandel. F&E Vorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ 20671202). – In: HAAREN, C. VON; SAATHOFF, W.; BODENSCHATZ, T.; LANGE, M. (2010): Der Einfluss veränderter Landnutzungen auf Klimawandel und Biodiversität; in: Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 94 – Schriftenreihe des Bundesamtes für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg.
- KAMP, T., CHOUDHURY, K., RUSSER, R., RUSER, R., HERA, U., RÖTZER, T. (2007): Auswirkungen von Klimaänderungen auf Böden – Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen. Forschungsprojekt 2006/2007 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)/Umweltbundesamt (UBA) FG II 2.7. Institut für Biodiversität – Netzwerk e. V. Regensburg
- KURZER, H.-J. (2002): Nitratbericht 2000 unter der Berücksichtigung der Untersuchungen ab 1990. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft. 7 (1996) 1. Dresden.
- LABO [BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ] (2010): LABO-Positionspapier – Klimawandel – Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes. Stand 09.06.2010.

- LABO/BORA [BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ/STÄNDIGER AUSSCHUSS RECHT] (2011): Möglichkeiten der rechtlichen Verankerung des Klimaschutzes im Bodenschutzrecht.
- LAF [SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEN] (1996): Waldbiotopkartierung in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten. Heft 9. Graupa.
- LBEG [LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN] (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf Böden in Niedersachsen. Bericht Klimawandel. Hannover.
- LEP (2013): Landesentwicklungsplan Freistaat Sachsen. Karte A 1.2 „Suchraumkulisse Moornaturisierung“. Sächsisches Staatsministerium des Innern (Hrsg.). Dresden.
- LEP (2013): Landesentwicklungsplan Freistaat Sachsen. Karte A 1.5 „Großflächig naturnahe Waldkomplexe“. Sächsisches Staatsministerium des Innern (Hrsg.). Dresden.
- LFL [SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT] (2005): Landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung auf schadstoffbelasteten Flächen im Freistaat Sachsen – Pilotprojekt Auenböden Vereinigte Mulde. Materialien zum Bodenschutz. Dresden. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie [Hrsg.]. Dresden.
- LFP [LANDESFORSTPRÄSIDIUM SACHSEN]: Bodenzustandserhebung I (BZE) 1992-1997. Graupa. http://www.forsten.sachsen.de/de/wu/organisation/obere_behoerden/landesforstpraesidium/grupa/index.html
- LFP [LANDESFORSTPRÄSIDIUM SACHSEN; HRSG.] (2001): Digitale Daten zur Waldflächenentwicklung in Sachsen seit 1800. Graupa.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE) (2001): Bodenmonitoring in Sachsen. Materialien zum Bodenschutz. Dresden.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE; HRSG.) (2002): Potentielle natürliche Vegetation Sachsens mit Karte 1:200 000. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege 2002. Dresden.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE; HRSG.) (2003): Bodenübersichtskarte des Freistaates Sachsen (BÜK200). Dresden.
- LFUG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE] (2004a): Entwurf des Fachbeitrags des Naturschutzes und der Landschaftspflege zum Landschaftsprogramm des Freistaates Sachsen, Teil 1: Grundlagen und textliche Zielstellungen (Stand 30.03.2004). Dresden.
- LFUG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE] (2004b): Text zum Wasserspeichervermögen von Böden im Rahmen der Erstellung des Fachbeitrags Naturschutz und Landschaftspflege für den Freistaat Sachsen. Dresden.
- LFUG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE] (2004c): Text zur großflächigen Schadstoffbelastung von Böden im Rahmen der Erstellung des Fachbeitrags Naturschutz und Landschaftspflege für den Freistaat Sachsen. Dresden.
- LFUG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE] (2004d): Text zur Bodenversauerung im Rahmen der Erstellung des Fachbeitrags Naturschutz und Landschaftspflege für den Freistaat Sachsen. Dresden.
- LFUG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE] (2005): Landwirtschaftlich genutzte Böden mit Überschreitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach BBodSchV im Bereich der Muldenaue (Stand: 07.06.2005). Freiberg.
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE] (2009a): Bodenbewertungsinstrument für den Freistaat Sachsen (Stand 03/2009). Dresden.
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE] (2009b): Geochemische Übersichtskarten der Böden des Freistaates Sachsens im Maßstab 1:400.000 (GcBÜK400). (Stand 03/2009). Dresden.
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE; HRSG.] (2009c): Klimawandel und Landwirtschaft; Fachliche Grundlage für die Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel. Dresden.

-
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE] (2014a):
Fachbeitrag zum Landschaftsprogramm - Erfassung und Bewertung „Boden“. Dresden.
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE] (2014b):
Bodenerosion durch Wind – Potenzielle Erosionsgefährdung in Abhängigkeit von Bodenart
und Jahresmittel der Windgeschwindigkeit nach DIN 19706. Dresden.
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE] (2014c):
Grundwasser – Altlasten – Boden aktuell. Schriftenreihe des LfULG. Heft 30/2013. Dresden.
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE] (2014d): Ge-
biete mit Anhaltspunkten oder Belegen für großflächige schädliche stoffliche Bodenverände-
rungen. Stand 02/2014. Dresden.
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE] (2015a): Auswahlkriterien
Bodendauerbeobachtungsflächen: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/11631.htm>
(09.07.2015)
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE] (2015b): Restnitrat im Boden:
<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/4708.asp> (28.07.2015)
- LFULG [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE] (2016):
Schädliche Bodenverdichtung vermeiden. Schriftenreihe des LfULG. Heft 10/2016. Dresden.
- LFW [BAYERISCHES LANDESUMWELTAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT] (1997): Grundwasserversaue-
rung in Bayern. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft,
Heft 1/97. München.
- LUA [LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG] (2003): Anforderungen des Bodenschutzes bei Pla-
nungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg – Handlungsanleitung. In: Fachbei-
träge des Landesumweltamtes. Heft 78,.Potsdam.
- LUA [LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG; Hrsg.] (2005): Böden als Archive der Natur- und Kultur-
geschichte – Ein Beitrag zur Darstellung der Archivfunktionen von Böden in Brandenburg. In:
Fachbeiträge des Landesumweltamtes. Heft Nr. 99. Potsdam.
- NLFÖ [NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE] (2003): Schutzwürdige und schutzbe-
dürftige Böden in Niedersachsen. Nachhaltiges Niedersachsen - Dauerhaft umweltgerechte
Entwicklung, Heft 25, Hannover, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie.
- NLFÖ [NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE] (2004): Arbeitshilfe Boden und Wasser
im Landschaftsrahmenplan. –Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 24, Nr. 2
Hannover.
- OPP, C. (1991): Zur Untersuchung von Bodenverdichtungen im ehemaligen Bezirk Leipzig. In:
Ausgewählte geoökologische Entwicklungsbedingungen Nordwestsachsens. Institut für
Geographie und Geoökologie Leipzig [Hrsg.].
- PÖU [PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GmbH] (1991): Landschaftsrahmenplan für den
Landkreis Peine. Hannover.
- PÖU [PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GmbH] (1996): Landschaftsrahmenplan für den
Landkreis Holzminden. Hannover.
- PÖU [PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GmbH] (2003): Zusammenfassung und Strukturie-
rung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Boden-
funktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit –
Endbericht. Hannover.
- RPV [REGIONALER PLANUNGSVERBAND WESTSACHSEN; HRSG.] (1999): Landschaftsrahmenpla-
nung in Westsachsen. Leipzig.
- RU [REGIERUNG VON UNTERFRANKEN; HRSG.] (2002): Landschaftsentwicklungskonzept für die
Region Main-Rhön.
- SCHLESINGER, W. H. (1997): Biochemistry. An analysis of global change. – In: HAAREN, C. VON;
SAATHOFF, W.; BODENSCHATZ, T.; LANGE, M. (2010): Der Einfluss veränderter Landnutzungen

auf Klimawandel und Biodiversität; in: Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 94 – Schriftenreihe des Bundesamtes für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg.

SCHMIDT, C.; SEIDEL, A.; KOLODZIEJ, J., KLAMA, K.; SCHOTTKE, M.; BERKNER, A.; FRIEDRICH, M.; CHMIELESKI, S. (2011): Vulnerabilitätsanalyse Westsachsen. Bearbeitet durch TU Dresden im Auftrag des Regionalen Planungsverbandes Leipzig-West Sachsen (Hrsg.). Dresden/Leipzig, Mai 2011.

SLAF [SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT]: Bodenverdichtung. (19.09.2006). http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/flf/inhalt/7211_7219.htm

SMI [SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN] (2011): Landesentwicklungsbericht 2010. Dresden.

SMI [SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN] (2013): Landesentwicklungsplan 2013. Dresden.

WBGU [WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN] (1989): Die Anrechnung biologischer Quellen und Senken im Kyoto-Protokoll: Fortschritt oder Rückschlag für den globalen Umweltschutz?. Sondergutachten. – Im Internet: http://www.wbgu.de/wbgu_sn1998_voll.html