



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Vorsorge gegen Beeinträchtigungen des Bodens Der Sachstand im Kontext

Boden ist neben Wasser und Luft *die* Lebensgrundlage. Zwischen Schlagwörtern wie Nachhaltigkeit, Flächeninanspruchnahme und Ressourcenschutz scheint jedoch der Schutz des Umweltmediums Boden mit seinen natürlichen Funktionen getrübt. Gerade im Umfeld und im Zuge von Baumaßnahmen werden große Massen an Boden unterschiedlich beansprucht. Hier lohnt es, genauer hinzusehen.

- **Boden – im fachlichen Umfeld**
Spezialisten betrachten und bewerten Boden je nach Fachbereich unterschiedlich
- **Boden – was ist das?**
Zusammensetzung, Aufbau und Funktionen von Boden
- **Boden – im rechtlichen Kontext**
Das Bodenschutzrecht setzt sich aus einer Vielzahl rechtlicher Regelungen zusammen
- **Boden – im Bauablauf**
Boden kann vielfältig vorsorgend geschützt werden
- **Fazit**

Bodenschutz im baulichen Umfeld

Vorwort

Nehmen wir Boden wahr, so sehen wir tatsächlich nur seine Oberfläche, die in der Regel bewachsen oder bebaut ist. Boden hat wichtige Funktionen im Ökosystem: als Filter, Speicher und Puffer. Das ist uns im Alltag selten bewusst. Wird beim Bau in den Boden eingegriffen, so geht es zumeist um technische Aspekte. Die zu schützenden Bodenfunktionen werden vor allem durch mechanische Einwirkungen beeinträchtigt. Auf Baustellen geschieht dies vorrangig durch Verdichtung und Bodenumlagerung.

Während die Land- und Forstwirtschaft den Bodenschutz weitreichend in die Arbeitsabläufe integriert hat, geht es im Baubereich noch zögerlich voran. Ein Hindernis sind die verschiedenen Blickwinkel und Interessen der Akteure am Bau.

Diese Broschüre begrenzt sich auf mechanische Bodenbeeinträchtigungen im baulichen Umfeld. Sie wirft die Frage auf, ob Boden im Zuge von Baumaßnahmen ausreichend geschützt wird und gibt Lösungsansätze. Ziel ist es, damit eine konstruktive Diskussion zu fördern.

So wünsche ich, dass die Broschüre eine hilfreiche Unterstützung sein wird auf dem Weg zu einer bodenschonenden Bautätigkeit.

Mit herzlichem Gruß, Ihr



(Direktor und Professor Harald Herrmann)

Autorin

Bettina Stock
Architektin
Dipl.-Umweltwissenschaftlerin
Referat II 6
Bauen und Umwelt

Boden – im fachlichen Kontext

Spezialisten betrachten und bewerten Boden je nach Fachbereich unterschiedlich

Boden ist wesentlicher Teil des Ökosystems und unterliegt mannigfachen Beeinflussungen durch unterschiedlichste anthropogen bedingte Eingriffe. Es gibt eine Vielzahl von Ansätzen, Boden je nach Fachbereich zu betrachten, zu bewerten und zu systematisieren. Wenn wir über Maßnahmen zum vorsorgenden Bodenschutz diskutieren wollen, müssen wir alle Ansätze im Blick behalten.

Bodennutzung beim Bau

Der Boden wird im Umfeld von Baumaßnahmen betrachtet. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Boden, welcher für bauliche Zwecke verwendet wird und dem, der weiterhin möglichst natürliche Funktionen übernehmen soll.

Ersterer dient als Baugrund oder Baustoff (z. B. Wälle und Dämme) und ist in der Regel hoch zu verdichten. Er muss bodenmechanischen Anforderungen genügen. Seine natürlichen Eigenschaften, insbesondere Speicher und Filterfunktionen, werden dadurch weitgehend begrenzt.

Der übrige Bodenanteil im Umfeld der Bauwerke soll aber weiterhin möglichst umfassend natürlichen Zwecken dienen und für Grün- oder Gartenanlagen oder auch für landwirtschaftliche Flächen genutzt werden. Struktur und insbesondere Porenanteil und Porenkontinuität des Bodens sind zu erhalten bzw. wiederherzustellen.

Gerade in Siedlungsbereichen übernehmen naturnahe Areale Kompensationsfunktionen. Dies gilt kontinuierlich für siedlungsbedingte Verunreinigungen, im Einzelfall auch für wetterbedingte Extremereignisse. Boden wirkt speichernd und puffernd bei Starkregen- und Hochwasservorkommen und beeinflusst die Grundwasserneubildung positiv. Bei Hitzeperioden übernimmt natürlich genutzter Boden merkliche Kühlfunktionen.

Nicht bautechnisch genutzter Boden im baulichen Umfeld übernimmt damit wichtige ökologische Funktionen und sollte auch deshalb vor Gefügeschäden, insbesondere vor Verdichtung, geschützt werden. Die Relevanz dieser Forderung wird durch die im Folgenden beschriebene Statistik zur sogenannten Flächeninanspruchnahme deutlich (siehe Abb. 1).

Flächeninanspruchnahme

Eine Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme wird häufig gleichgesetzt mit Bodenschutz im weitesten Sinn. Das Bundesamt für Naturschutz definiert Flächeninanspruchnahme als „Indikator, der Auskunft gibt über die Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt durch Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke (SuV)“ (BfN 2010). Der Boden wird dabei nur indirekt angesprochen.

Statistiken des Statistischen Bundesamts zur Flächeninanspruchnahme unterteilen die Bodenflächennutzung in Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche, Verkehrsfläche, Erholungsfläche und Friedhöfe. Diese Flächen dürfen nicht gleichgesetzt werden mit versiegelten Flächen, da die

Nutzung des Bodens als baulichen Untergrund und zu natürlichen Zwecken am Beispiel des Bundesamts für Naturschutz (BfN), Bonn



Foto: BBSR

Siedlungs- und Verkehrsfläche einen erheblichen Anteil unbebauter und nicht versiegelter Flächen umfasst. Dieser liegt derzeit bei über 50 % der SuV-Fläche. In der Summe macht das über 6 % der Gesamtfläche Deutschlands aus und entspricht in etwa der Ausdehnung des Bundeslandes Hessen (Destatis: 2009).

In diesen unbefestigten Bereichen zwischen bebauter und versiegelter Fläche sollen die oben angeführten natürlichen Funktionen des Bodens auch nach Baudurchführung so weit wie möglich erhalten bleiben. Dies ist auch eine Forderung im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG, § 1). In der Regel werden diese Flächenanteile für Bauzwecke unbedacht mitgenutzt und der dort befindliche Boden geschädigt. Er könnte bei besonnenem Handeln weitgehend geschont werden (siehe auch S. 15).

Stark beeinträchtigter Boden nach Bau einer Solarstromanlage auf ehemals landwirtschaftlich genutzter Fläche

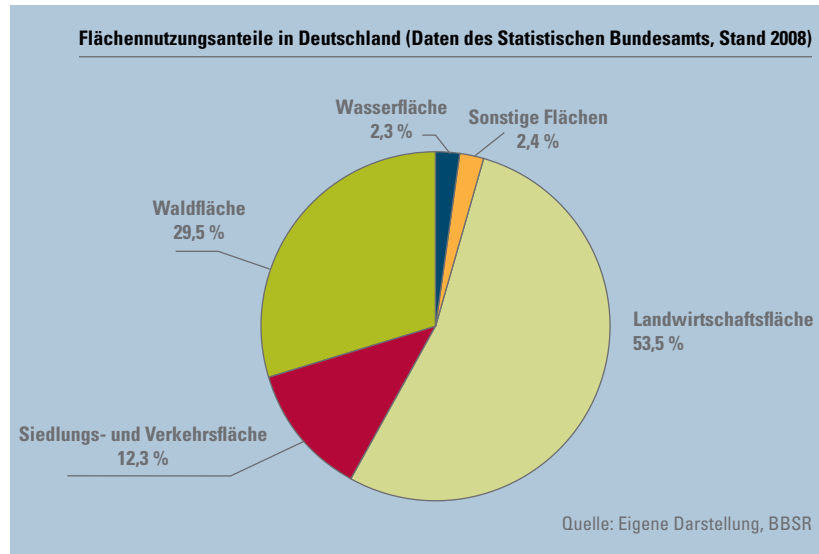


Neu erstellte Zufahrt für eine Windkraftanlage



Fotos: BBSR

Abbildung 1



Zusätzlich zu den genannten SuV-Flächen werden auch erhebliche Anteile im Außenbereich baulich beansprucht. Hier rücken derzeit besonders Baumaßnahmen zur Gewinnung regenerativer Energien in den Blick.

Regenerative Energien

Während man im Innen- und Verkehrsbereich (SuV-Fläche) die Flächeninanspruchnahme auch als indirekten Indikator für den Bodenschutz verwendet, gehen Bauprojekte des Außenbereiches nur bedingt in die Statistik ein. Bodennutzung und Beeinträchtigungen werden in diesem Zusammenhang derzeit nicht berücksichtigt. Werden Windkraft- und Solaranlagen auf ehemals landwirtschaftlicher Nutzfläche gebaut, bedeutet das immer einen Bodenverlust und massive Bodenbeeinträchtigungen. Diese gehen in keine Statistik ein.

Gleiches gilt grundsätzlich auch für den ober- und unterirdischen Leitungsbau über Land und auch quer über landwirtschaftlich genutzte Flächen. Beim Leitungsbau sind Energieunternehmen in Kooperation mit den betroffenen Landwirten und mit

Unterstützung von Bodenkundlichen Baubegleitern (BBB) seit längerer Zeit vorbildhaft bemüht, Bodenbeeinträchtigungen möglichst gering zu halten. Dabei wurden wertvolle Erfahrungen im schonungsvollen Umgang mit Boden bei Baumaßnahmen gesammelt.

Auch im Innenbereich werden Bodenstrukturen z. B. durch Einbauten für oberflächennahe Geothermie negativ verändert oder gar zerstört. So werden in die Unterbodenschicht Heizkörper und -schlangen eingebaut und für einen guten Kontakt zwischen Rohr und Boden wird der Boden häufig mit Wasser eingeschlämmt. Das Bodengefüge ist damit zerstört. Wird die Anlage in Betrieb genommen, verändert sich zusätzlich das natürliche Bodenklima und damit auch der Lebensraum der Bodenorganismen. Die natürlichen Bodenprozesse werden gestört.

Wird der Einbau von Geothermieanlagen in den Boden oder der Bau von Windkraft- oder Solaranlagen auf naturnaher Fläche in Betracht gezogen, sollten die dadurch bedingten Beeinträchtigungen des Bodens abgewogen und ebenso die Auswirkungen auf Bodenökologie und Vegetation berücksichtigt werden. Ein solches Projekt sollte nicht nur aus Sicht der

Primärenergieeinsparung, sondern im Gesamtkontext ökologisch sinnvoll und nachhaltig sein.

Nachhaltigkeitsbewertung

Die ursprüngliche Verwendung des Begriffes Nachhaltigkeit ist auf eine Wirtschaftsmethode im Forstwesen zurückzuführen. Ziel nachhaltigen Handelns war dort, Ressourcen nicht über deren eigene Regenerationsmöglichkeit hinaus zu beanspruchen. Boden entsteht in erdzeitlichen Maßstäben. Er gilt daher als nicht-nachwachsende Ressource. Diese Tatsache verpflichtet unter oben genannter Nachhaltigkeitsbetrachtung zu einer besonders schonungsvollen und ressourcensparenden Nutzung des Gutes Boden.

Mit wissenschaftlicher Begleitung des BBSR hat das BMVBS das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) und BNB-Außenanlagen erstellt. Das System hat seine eigenen Maßstäbe und stützt seine Bewertungskriterien auf die drei Säulen:

- Ökologische Qualität
- Ökonomische Qualität
- Soziokulturelle Qualität

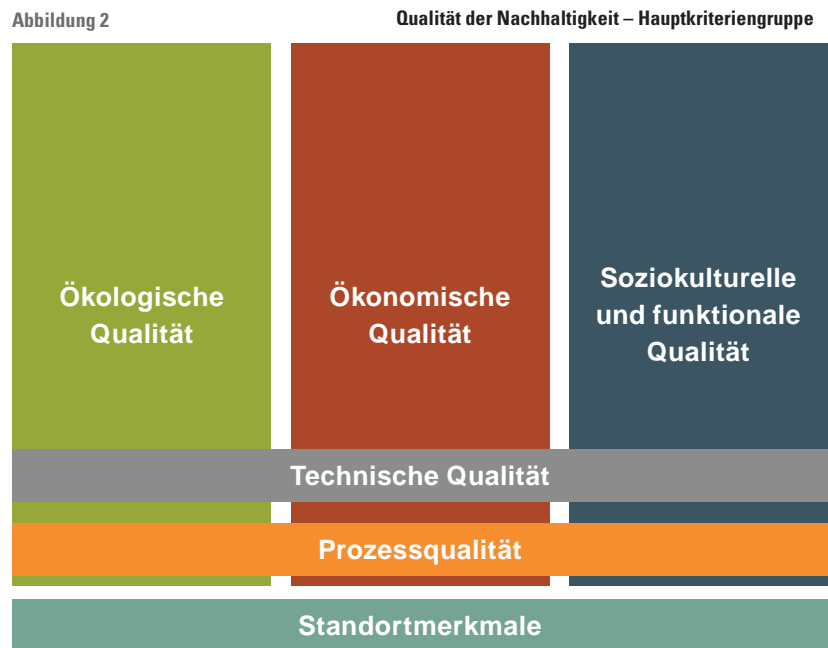
Im Querschnitt werden folgende Punkte betrachtet:

- Technische Qualität
- Prozessqualität
- Standortqualität

Im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, z. B. für *Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude*, wird der Bodenschutz aus nichtstofflicher Sicht lediglich unter dem Aspekt des Flächenrecyclings berücksichtigt.¹

In der Querschnittsbetrachtung „Prozessqualität“ wird in einem nachgeordneten Unterpunkt „4. Bodenschutz“ im Rahmen der Bewertung die Punktehöchstzahl vergeben, wenn neben dem Schutz

Abbildung 2



Quelle: www.nachhaltigesbauen.de

vor chemischen Verunreinigungen Boden und Vegetation auch „vor schädlichen mechanischen Einflüssen geschützt (werden). Schädliche mechanische Einflüsse sind z. B. unnötige Verdichtungen oder eine Vermischung von unterschiedlichen Bodenschichten.“ Diese Formulierung lässt noch breiten Spielraum für Interpretation. Die Schutzmaßnahmen gehen zu weniger als ein Prozent in die Bewertung ein.

Darüber hinaus wird aber auf die Schweizer Broschüre „Für einen wirksamen Bodenschutz im Hochbau – Tipps und Richtlinien für die Planung“ der Aktion „Bodenschutz lohnt sich“ der Bodenschutzfachstellen der Kantone und des Schweizer Bundesamtes für Umwelt (BAFU) hingewiesen.²

Im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für *Außenanlagen* fließt Boden im Bewertungskriterium „Ökologische Qualität“ nur unter dem Aspekt der Flächennutzung in die Gesamtbewertung ein.³ In der Querschnittsbetrachtung „Prozessqualität“ wird die Bodenbeeinträchtigung beim Bau behandelt.⁴ Mit mindestens Qualitätsstufe 2 von 3 wird bewertet, wenn Kontaminationen nach

BBodSchG behandelt und „[s]chädigende mechanische Einflüsse auf den Boden, die aus der Bodenbearbeitung resultieren – wie unnötige Verdichtung und Vermischung von unterschiedlichen Bodenschichten, Bodenarbeiten im ungeeigneten (z. B. nassen) Zustand“ vermieden wurden.

Vorsorge vor Verdichtung und Vermischung wird also gefordert, geht aber als einer von vier weiteren Bewertungsmaßstäben nur nachgeordnet in die Bewertung ein.

In der Gesamtbetrachtung wird deutlich, dass Bodenschutz in der Nachhaltigkeitsbewertung durchaus ein Aspekt ist. In der Summe fällt er jedoch aufgrund des geringen Bewertungsfaktors und der verallgemeinerten Beschreibung kaum ins Gewicht.

(1) Vgl. 1.2.4 Ökologische Qualität > Ressourcenanspruchnahme > Flächenanspruchnahme
 (2) Vgl. 5.2.1 Prozessqualität > Bauausführung > Baustelle/Bauausführung
 (3) Vgl. 1.2.2 Ökologische Qualität > Ressourcenanspruchnahme > Boden
 (4) Vgl. 5.2.1 Prozessqualität > Bauausführung > Baustelle/Bauausführung

Ressourcenschutz

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) fordert in § 1, „die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen.“ Laut Abfallstatistik macht Bodenaushub als Anteil der Bauabfälle einen beachtenswerten Anteil von nahezu einem Drittel des Gesamtabfallaufkommens aus (2010: 105,7 Mio. Tonnen ohne Bergbau) (ARGE KWTB 2010) (vgl. Abb. 3 und 4). Sicher muss man die Statistik genau betrachten, um ihre konkrete Aussage zu bewerten. Grundsätzlich ist jedoch laut den Erläuterungen zur Umweltstatistischen Erhebung zu beachten, dass ein unmittelbarer Nachweis der Abfallvermeidung statistisch nicht möglich sei und dass verschiedene Abfallstatistiken durchgeführt werden, um die Ziele messbar zu machen, insbesondere Erhebungen über die Abfallentsorgung, die Abfallerzeugung und den Nachweis bestimmter Abfälle (Destatis 2012).

Hier werden die ermittelten statistischen Werte bezüglich Baumaßnahmen betrachtet: „Der Einsatz von Bodenaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch bei Bau- und Rekultivierungsmaßnahmen der öffentlichen Hand wurde bis 2003 ebenfalls statistisch erfasst und zum Abfallaufkommen gezählt. Die Rechtsgrundlage für diese Erhebung ist 2005 entfallen“ (Destatis 2011).

Andererseits werden unter dem Begriff Boden und Steine auch der Untergrund und nicht nur der Ober- und Unterboden subsumiert. Die statistischen Abfallwerte können daher nur eine grobe Orientierung zum Abfallaufkommen von Boden geben. Sie machen aber sicher die enorme Menge an Bodenaushub allein im Sinn des Abfallbegriffes nach KrWG deutlich.

Abbildung 3

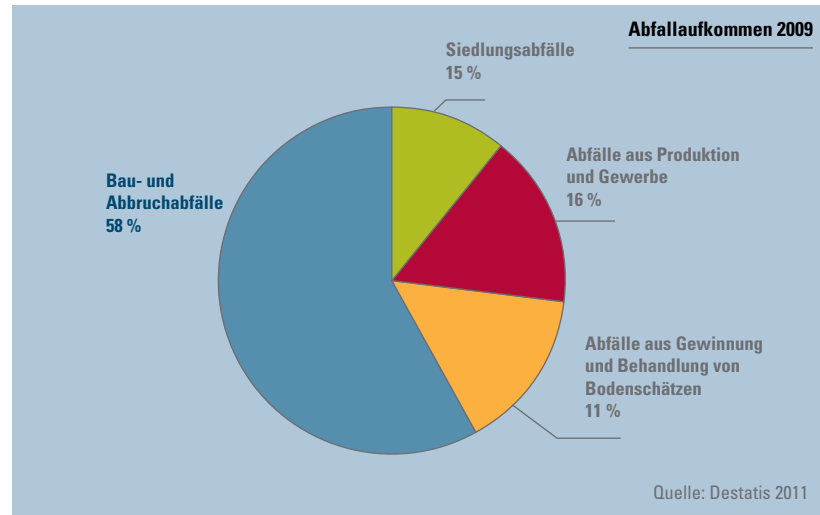
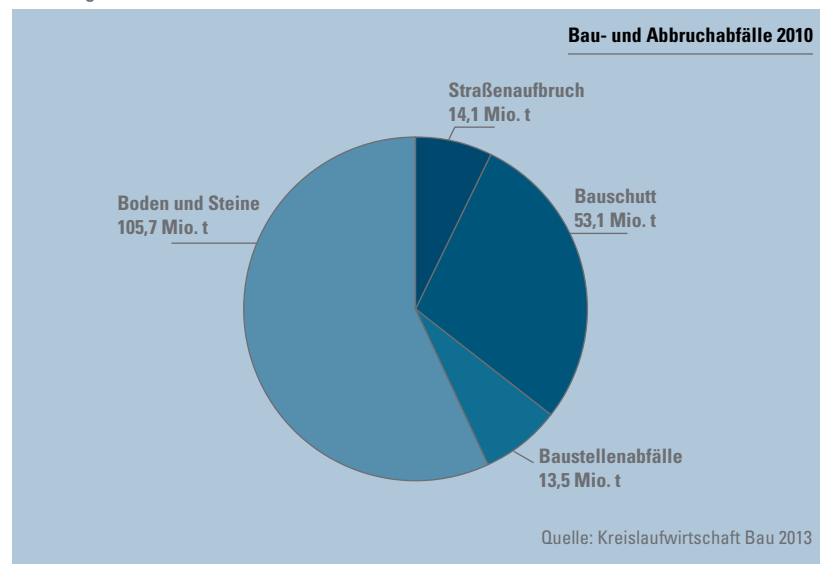


Abbildung 4



Auch wenn ein großer Teil dessen wieder als Boden natürlichen Zwecken zugeführt werden kann, so bedingt jeder Bodenaushub, -transport und Wiedereinbau eine Beeinträchtigung der Bodenstrukturen und Bodenfunktionen.

In die genannten Abfallmassen noch nicht eingerechnet ist der Bodenanteil, welcher innerhalb von Baugrundstücken bewegt wird, aber dort verbleibt, da er nicht der Abfalldefinition unterliegt. Falls er baulichen Zwecken zugeführt wird (Wälle, Dämme usw.), verliert er darüber hinaus seine natürlichen Funktionen. Nicht zum Abfall gerechnet werden zudem Böden, welche noch in situ, also unbewegt am Entstehungsort liegen, aber bereits geschädigt oder

zerstört sind durch Schadstoffeintrag oder auch durch mechanische Beeinträchtigung.

Der Rechtsbegriff „Abfall“ und die Verwendung des Begriffes für die subjektive Einschätzung von zerstörtem Boden als „nutzlos“ und damit als „Abfall“ sind also nicht im Einklang. Dies bedingt häufig Missverständnisse in Diskussionen.

Ein bewusster Umgang mit Boden auf Baustellen sollte grundsätzlich der vorrangigen Forderung des KrWG folgen und Abfall vermeiden und dementsprechend einen möglichst geringen Bodenaushub zum Ziel haben. Über dieses Verständnis hinaus sind die Vorsorgepflichten nach BBodSchG zu beachten.

Boden – was ist das?

Zusammensetzung, Aufbau und Funktionen von Boden

Sprechen wir von Boden, so glauben wir zu wissen, was darunter zu verstehen ist. In einer fachübergreifenden Diskussion zeigen sich jedoch die unterschiedlichen Sichtweisen. Nachfolgend soll der Boden primär aus Sicht des Pedologen (Bodenkundler) näher betrachtet werden und danach eine knappe Übersicht über weitere Sichtweisen erfolgen.

Der Boden aus Sicht des Pedologen

Die Grundbausteine

Aus mineralischem Ausgangsgestein (G) haben sich in der Regel in den letzten 15 000 Jahren unsere Böden unterschiedlichen Alters entwickelt. Beginnend mit der Besiedlung von Organismen (O) und unter dem Einfluss von Klima (K), Relief (R) und zunehmend auch dem Menschen (M), entstanden durch vielfältige biologische, chemische und physikalische Prozesse im Laufe der Zeit (Z) Naturkörper. Diese sind durch die klimabedingte ortstypische Vegetation (organischer Anteil) und die Lebensgemeinschaften der Organismen (Biozönose) geprägt.

$$\text{Boden} = f(G, O, K, R, M) \cdot Z$$

Die Grundbausteine des Bodens sind also mineralische und organische Teile. Die mineralischen Anteile werden in unseren Breiten von Silizium (Si) und Sauerstoff (O₂) bestimmt. Deshalb ist das tetraederförmige SiO₄-Molekül der häufigste Grundbaustein von Boden.

Statt eines Siliziumions können auch andere Elemente wie Aluminium oder Magnesium vertreten sein. Dadurch entstehen weitere Molekülformen. In der Addition zu Ketten, Bändern und Schichten bilden sich Makromoleküle. An den Randbereichen und zwischen den Schichten können sich weitere Ionen anlagern. Diese werden entsprechend chemischer Gesetzmäßigkeiten ausgetauscht. Hauptfaktor ist dabei die elektrochemische Bindungskraft neben dem umgebenden Milieu (z. B. basisch oder sauer) und den im Umfeld zur Verfügung stehenden Kationen. Die gesamte Ladungsmenge an Kationen, die ein Boden in austauschbarer Form adsorbieren kann, entspricht der Kationenaustauschkapazität

Boden, der uns ernährt – in Tausenden von Jahren entstanden



Foto: BBSR

(KAK). Sie ist ein wesentliches Maß für die Beurteilung der Bodenaktivität.

Die beschriebenen Molekülstrukturen werden als Tonmineral bezeichnet. Sie sind die kleinsten mineralischen Teilchen im Boden und bestimmen durch ihre KAK wesentlich die Filter-, Puffer- und Stoffumwandelungseigenschaften des Bodens. In die Struktur können aus verfügbarem Wasser gelöste Hydroxidionen (OH-Ionen) eingebunden sein, die sich bei Trockenheit wieder lösen. Der Mensch nimmt diesen Prozess wahr am Quellen und Schrumpfen des Bodens sowie an der Plastizität von tonigen und lehmigen Böden. Dies erklärt, weshalb ein Sandboden über solche Eigenschaften nicht verfügt.

Organische Anteile werden durch absterbende Vegetation stetig nachgeliefert (Streuaufgabe) oder bewusst durch Menschenhand aufgebracht. Organismen zerlegen diese organischen Anteile (Zersetzung) und bauen sie weiter ab zu Huminstoffen wie Polisaccharide und Proteine (Humifizierung), welche im Boden gebunden werden. Die Gesamtheit der toten organischen Stoffe wird als Humus bezeichnet.

Huminstoffe gehen bis zu Jahrzehnte stabile Verbindungen mit Tonmine-

„Böden sind der belebte Teil der obersten Erdkruste.“

SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2010):
Lehrbuch der Bodenkunde

ralen ein (**Ton-Humus-Komplex**). Vereinfacht beschrieben gehen mineralische und organische Makromolekülteile eine elektrochemische und äußerst stabile Verbindung ein. Das hat diverse positive Einflüsse auf die Bodenentwicklung (Pedogenese), wie z. B. ein Verlangsamen der Bodenalterung. Als solche bezeichnet man die Wanderung und den Um- und Abbau von mineralischen Bestandteilen im Boden.

Durch fortschreitenden mikrobiellen Abbau der Huminstoffe entstehen die anorganischen Grundstoffe Kohlendioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) sowie Pflanzennährelemente wie z. B. Fe, Na, Mg, N, S oder P. Diese Nährstoffe werden von den Pflanzen über ihre Wurzeln aufgenommen. Sterben die Pflanzen ab, gelangen die Anteile wieder in den Boden und der Kreislauf kann von Neuem beginnen.

Der Aufbau

Der organische Kohlenstoffanteil am terrestrischen C-Kreislauf ist zu ca. 80 % in Böden gebunden. Die dadurch bedingte typische schwarze Farbe ist charakteristisch für die oberste Bodenschicht, da von der Bodenoberfläche die organischen Anteile eingetragen werden. Durch die Abbau-, Umwandlungs- und Verlagerungsprozesse in den Untergrund

nehmen die Humusanteile nach unten hin ab, was die heller werdende Verfärbung des Bodens zur Folge hat. Diese Schichtung führt zur Einteilung des Bodens in Horizonte:

- Die oberste, humusreiche und dunkle Schicht von durchschnittlich ca. 20 cm wird als Horizont A oder **Oberboden**, umgangssprachlich auch als Mutterboden, bezeichnet.
- Die darunter liegende humusarme Schicht mit deutlich hellerer Farbe nennt der Pedologe Horizont B oder **Unterboden**. Wegen der Tiefe ist sie arm an Luft-Sauerstoff und damit arm an Organismen.
- Darunter befindet sich lockeres oder festes Ausgangsgestein, der **Untergrund** oder C-Horizont, welcher in der Regel weitgehend unbelebt ist und in der Betrachtung der Pedologen nicht zum Boden gehört.

Diese Schichtung gilt grundsätzlich für alle Böden. In Abhängigkeit der lokalen Gegebenheiten und der historischen Einflüsse haben sich jedoch unterschiedlichste Böden entwickelt. Pedologen klassifizieren nach Bodentyp entsprechend der

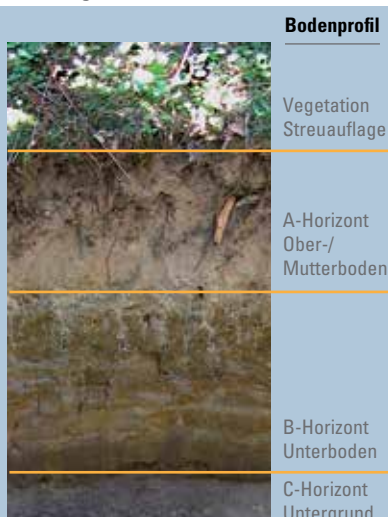
jeweiligen Erscheinungsform. Der Begriff „klassifizieren“ darf also nicht mit der Klassifikation von Böden nach Korngröße gemäß „DIN 18196 Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“ gleichgesetzt werden.

Das Gefüge

Die oben in den Grundzügen dargestellten mineralischen und organischen Moleküle und deren Zusammenhänge beschreiben das Grundgerüst des Bodens im molekularen Maßstab (ca. 1 µm bis 1 nm bzw. 10⁻⁶ m bis 10⁻⁹ m). Diese Bausteine konglomerieren mit primären Mineralen und organischen Substanzen zu **Mikroaggregaten** (Bereich 1 mm bis 1 µm) und weiter zu **Makroaggregaten** (> 1 mm). Hier wirken zusätzlich bindend die Rückstände von Bodenlebewesen wie Kot und Schleim, aber auch Pilzmyzele und Wurzeln. Durch externe Einflüsse wie Temperaturschwankungen, Vernässen, Austrocknen, Frost- oder Salzeinwirkungen verbacken Böden und reißen großmaßstäblich auf. Dieses entstehende Gerüst an Stoffen mit seinen Zwischenräumen wird als **Gefüge** bezeichnet.

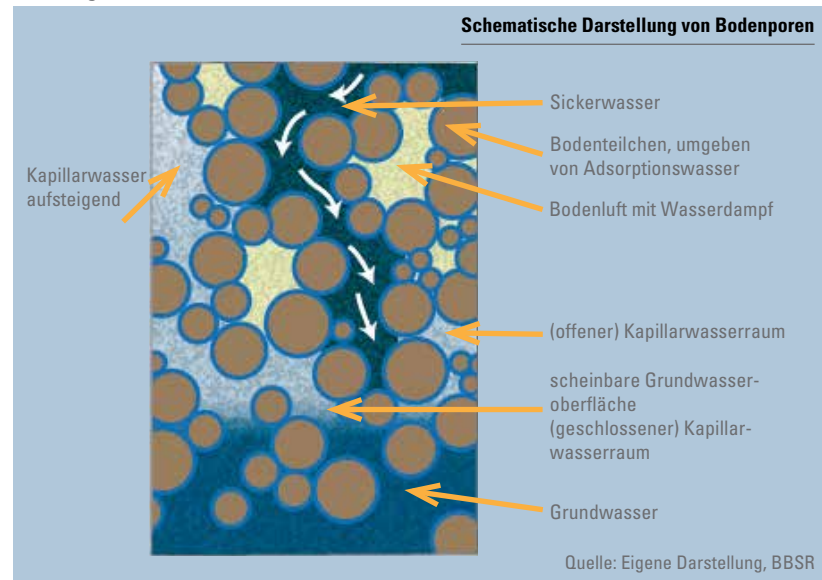
Die Zwischenräume im Gefüge machen ca. 50 % eines gesunden Bodens aus und werden als **Poren** bezeichnet. Durch Verbindungen

Abbildung 5



Quelle: Eigene Darstellung, BBSR

Abbildung 6



Quelle: Eigene Darstellung, BBSR

unter den Poren entstehen Leitungssysteme (Porenkontinuität). In ihnen zirkuliert Luft mit dem für Organismen lebenswichtigen Sauerstoffanteil, der mit größerer Bodentiefe immer geringer wird, sowie Wasser, in welchem (Nähr-)Stoffe gelöst sind. Über diese im Boden sich bewegende Lösung werden die am oben beschriebenen Austausch beteiligten Ionen bewegt und bereitgestellt. Wasser- und Gasaustausch erfolgen von der Oberfläche in die Tiefe. Beides ist nur möglich, wenn die Oberfläche nicht durch Überbauung oder Verschlammung verschlossen ist. Wasser füllt die Bodenzwischenräume, bindet sich molekular, aber auch durch Adhäsion, und bleibt so bedingt pflanzenverfügbar. Wasser kann durch Kapillarwirkung (Saugspannung) über große Höhen auch entgegen der Schwerkraft wieder zu den Pflanzenwurzeln aufsteigen. Auch dafür müssen entsprechende Porenzusammenhänge und -dimensionen vorhanden sein (siehe Abb. 6).

Die Porenanteile und Porengröße werden wesentlich durch Bodenzusammensetzung und -zustand bestimmt und bedingen schon allein aus physikalischen Gründen wesentliche natürliche Bodeneigenschaften. Je feiner die mineralischen Bodenanteile sind, umso größer ist der Volumenanteil der Poren am Gesamtboden. Gesunder Tonboden hat damit im Vergleich das größte Porenvolumen.

Vereinfacht beschrieben verhält sich Boden wie ein technisch ausgestattetes Gebäude mit Ver- und Entsorgungsleitungen. Kommt es zu Beschädigungen der Leitungen oder gar zum Einsturz des Gebäudes (Verdichtung oder Gefügezerstörung des Bodens durch Umschichtung), versagen die Funktionen.

Die Bodenlebewesen

Boden ist belebt. Die Lebewesen werden entsprechend ihrer Größe eingeteilt:

Verfestigter Tonboden wird durch Mikroorganismen aufgeschlossen



Bodenlebewesen



Fotos: BBSR

- Mikroflora (z. B. Bakterien, Pilze)
- Mikrofauna 0,002...0,2 mm (z. B. Geißel-, Wimperntierchen, Fadenwürmer)
- Mesofauna 0,2...2 mm (z. B. Milben, Springschwänze)
- Mesofauna 2...20 mm (z. B. Schnecken, Spinnen, Asseln)
- Megafauna 20...200 mm (z. B. Regenwürmer, Wirbeltiere)

Unter einer Fläche von einem Quadratmeter Boden werden bis zu 3 kg an Organismen-Masse gerechnet. Daran haben Mikroorganismen bis zu 2,5 kg Anteil, welche ca. 91 % zur Gesamtrespiration beitragen.

Die Bodenorganismen übernehmen folgende Funktionen:

- Abbau organischer Substanzen bis zur Bildung von Huminstoffen

- Gefügebau und Bioturbation (Transport von Humus und Vermischung mit vorhandenen Anteilen)
- Reduktions- und Oxidationsvorgänge
- Abbau von Schadstoffen

Die Organismen sind abhängig von den sie umgebenden Lebensbedingungen. Ihre Abundanz kann entsprechend stark variieren. Primär limitierende Faktoren sind Sauerstoff, ungünstige Feuchtigkeitsverhältnisse (zu trocken, zu nass) und Temperatur. (vgl. Scheffer/Schachtschabel 2010: 1–105)

Natürliche Bodenfunktionen

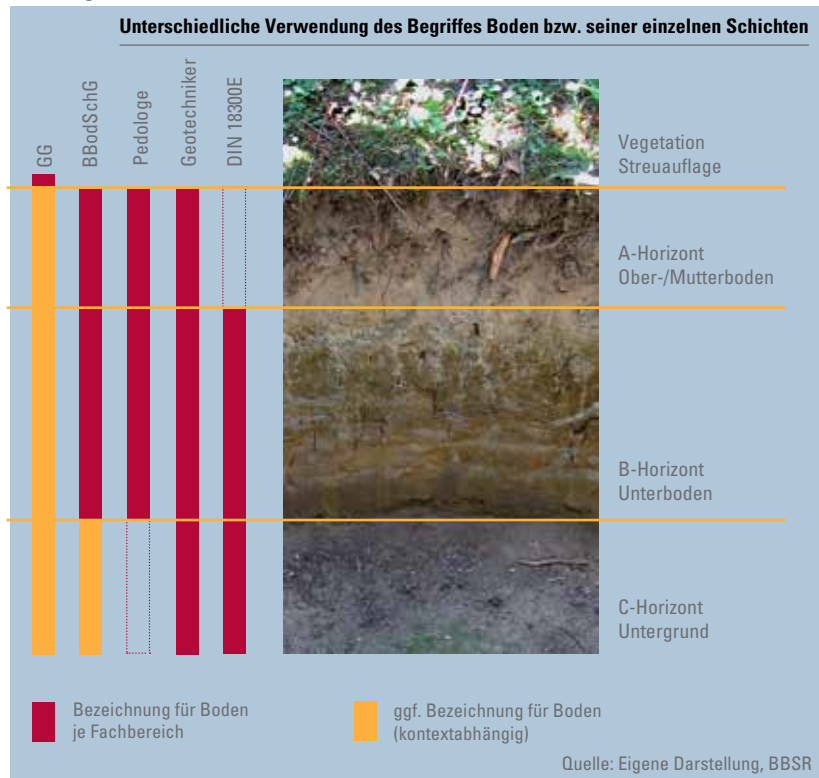
Die Gesamtheit aller biologischen, chemischen und physikalischen Vorgänge im Boden sowie deren Wechselwirkungen untereinander und mit der Umwelt stellen die natürlichen Bodenfunktionen dar. Eine hohe Bodenaktivität (= biologische Aktivität) gilt als Indikator für funktionierende Stoffkreisläufe und Bodenfruchtbarkeit und damit für die natürlichen Bodenfunktionen. Nicht zuletzt ist eine gesunde Bodenaktivität notwendig für Resilienz gegenüber Umwelteinflüssen (vgl. WWU Münster 2004).

Weitere Sichtweisen von Boden

Dem Pedologen sind die vielfältigen Funktionen des Bodens geläufig und bewusst. Spricht er von Boden, hat er die Horizonte A und B im Blick. In anderen Fachbereichen gibt es weitere fachspezifische Interpretationen und Verwendungen des Begriffs Boden. Dies führt in der Diskussion zu Missverständnissen und soll hier verdeutlicht werden.

- Im **Grundgesetz** wird der Begriff „Grund und Boden“ verwendet. Er bezieht sich primär auf die Eigentumsverhältnisse und ist daher eher flächig zu verstehen.

Abbildung 7



- Das **Bundesbodenschutzgesetz** (BBodSchG), welches den Boden über seine Funktionen definiert, entspricht der Betrachtungsweise des Pedologen weitgehend. Der Begriff wird dort aber um den Untergrund erweitert, wenn dieser z. B. den Zweck der Rohstofflagerstätte erfüllt.

- Im baurelevanten Umfeld bezieht der **Geotechniker** grundsätzlich alle drei Schichten, also Ober- und Unterboden sowie Untergrund, in seine Analysen mit ein. Er betrachtet Boden im Hinblick auf bautechnische Funktionen und benutzt synonym die Formulierung „Lockergestein“ (Möller 2007: 1). Bodenfunktionen werden dabei nicht betrachtet.

- Im aktuellen Entwurf zur **VOB DIN 18 300 „Erdarbeiten“** wird der Oberboden vom Geltungs-

bereich ausgenommen und VOB DIN 18 320 „Landschaftsbauarbeiten“ zugewiesen.

- In der **Geodäsie**, aber auch in der **Raumplanung** und dementsprechend in der **Flächeninanspruchnahme** beschäftigt man sich wiederum mit der Erdoberfläche.

Der Begriff „Boden“ wird im Sprachgebrauch also mit unterschiedlicher Bedeutung verwendet. Die Abbildung 8 veranschaulicht – je nach fachlicher Sicht – das Verständnis von „Boden“ (rot) und unter Umständen die Erweiterung des Begriffes (gelb). Als Resümee ist festzustellen, dass bei einer so unterschiedlichen Betrachtungsweise und einem so differenziertem Verständnis von „Boden“ einer einvernehmlichen Diskussion bereits die Grundlage fehlt. Es gilt primär diese Hürde zu überwinden.

Boden – im rechtlichen Kontext

Das Bodenschutzrecht setzt sich aus einer Vielzahl rechtlicher Regelungen zusammen

Das Bodenschutzrecht setzt sich aus einer Vielzahl rechtlicher Regelungen zusammen. Es ist auf unterschiedliche Gesetze verteilt und folgt rechtlichen Hierarchien. Dies erschwert die Anwendung.

Das Rechtsgebiet zum Schutz von Boden hat sich – verglichen mit dem anderer Umweltmedien – zeitlich spät entwickelt. Die Regelungen verteilen sich auf verschiedene Normen, die in der Rechtshierarchie unterschiedliche Stellungen einnehmen.

Das Bodenschutzgesetz selbst als unmittelbares Recht ist ein relativ junges Gesetz (1999). Zu den zeitlich vorher erlassenen Gesetzen, welche mittelbares Bodenschutzrecht enthalten, ist es aus rechtlicher Sicht hierarchisch einzuordnen und daher meist nachgeordnet anzuwenden. Erst in ihrer Konkretisierung entfalten das BBodSchG und die BBodSchV ihre Wirkung; das mittelbare Bodenschutzrecht beschreibt eher allgemein formulierte und grundsätzliche Schutzpflichten.

Mittelbarer Bodenschutz

Grundgesetz (GG)

Allem deutschen Recht übergeordnet ist das Grundgesetz (GG). Dort hat sich der Staat den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen, auch in Verantwortung für künftige Generationen, auferlegt (GG, Art. 20a).

Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)

In diesem Sinn sind laut BNatSchG Natur und Landschaft zu schützen. Darin inbegriffen ist die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes, welche es zu erhalten gilt. Konkret sind das die Naturgüter Boden, Wasser, Luft, Klima, Tiere und Pflanzen (BNatSchG § 7 Abs. 1 Punkt 2) und deren komplexes Wirkungsgefüge. Der Schutz des Bodens ist somit nur grundsätzlich gefordert und bietet dadurch einen breiten Interpretationsspielraum. Betrachtet man beispielsweise die Eingriffsregelung (BNatSchG § 14f), so stellt man eine Minderbeachtung des Bodens fest. Primär sind Eingriffe in Natur und Landschaft zu vermeiden. Ist das nicht möglich, sind Eingriffe auszugleichen oder zu ersetzen; in engem Rahmen sind auch Geldersatzleistungen möglich. Im Abwägungsprozess sollte bewusst sein, dass eine Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahme im Sinn des Gesetzes eine rechtliche Maßnahme und keineswegs eine materielle sein kann, denn ein zerstörtes Naturgut bleibt zerstört.

Baugesetzbuch (BauGB)

Auf Grundlage des BauGB werden die Vorgaben der Raumplanung konkretisiert mit dem Ziel einer „nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung, die die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen [...] miteinander in Einklang bringt“ (§ 1 Abs. 5 BauGB). „Mit Grund und

Eine Dachbegrünung kann nur ein rechtlicher, aber kein ökologischer Ausgleich für zerstörten Boden sein



Foto: BBSR

Abbildung 9

Rechtshierarchie der Planungsebenen vom Raum zur baulichen Anlage		
Gesetz	Ziel/Geltungsbereich	Planungsebene
ROG	Der Gesamttraum der Bundesrepublik Deutschland und seine Teilräume sind ... zu ordnen und zu sichern.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bundesraumordnung ■ Landesraumordnung ■ Regionale Raumordnung
BauGB	Aufgabe der Bauleitplanung ist es, die bauliche und sonstige Nutzung der Grundstücke in der Gemeinde nach Maßgabe dieses Gesetz buchs vorzubereiten und zu leiten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bauleitpläne ■ Flächennutzungsplan (vorbereitender Bauleitplan) ■ Bebauungsplan (verbindlicher Bauleitplan)
MBO	Dieses Gesetz gilt für bauliche Anlagen und Bauprodukte	<ul style="list-style-type: none"> ■ bauliche Anlagen ■ Bauprodukte

Quelle: Eigene Darstellung, BBSR

Boden soll sparsam und schonend umgegangen werden.“ Als Ersatz werden Wiedernutzbarmachung von Flächen, Nachverdichtung und andere Maßnahmen zur Innenentwicklung genannt (§ 1a Abs.2 BauGB). Für eine umfassende Würdigung der Belange der Umwelt ist im Rahmen der Bauleitplanung der Gemeinde eine Umweltprüfung gefordert (Umweltverträglichkeitsprüfung und Strategische Umweltprüfung) (§ 2 Abs. 4 BauGB). In § 202 ist darüber hinaus der Mutterboden unter besonderen Schutz gestellt.

Raumordnungsgesetz (ROG)

Auf Grundlage des ROG ist „[d]er Gesamttraum der Bundesrepublik Deutschland und seine Teilräume [...] zu entwickeln, zu ordnen und zu sichern.“ Ein Grundsatz der Raumordnung ist, den Raum in seiner Bedeutung – dies gilt auch für die Funktionsfähigkeit der Böden, einschließlich ihrer Wechselwirkungen mit weiteren Naturgütern (vgl. BNatschG) – zu entwickeln, zu sichern oder, soweit erforderlich und möglich, angemessen wiederherzustellen. Im Ergebnis ist die Raumordnung mehrstufig:

- Bundesraumordnung
- Landesraumordnung
- Regionale Raumordnung

Durch die Forderung, die erstmalige Inanspruchnahme von Freiflächen

für Siedlungs- und Verkehrszwecke zu vermindern, soll Boden indirekt geschützt werden.

Umweltverträglichkeitsgesetz (UVPG)

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) als ein unselbstständiger Teil verwaltungsbehördlicher Verfahren zur umweltrechtlichen Vorhabenprüfung wird im UVPG geregelt. Die UVP umfasst die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen eines Vorhabens. Berücksichtigt werden die Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit sowie auf Natur-, Kultur- und sonstige Sachgüter einschließlich deren Wechselwirkungen untereinander. Eine vergleichende Wertigkeit der gelisteten Güter ist rechtlich nicht begründet. Dem Boden sollte in der Abwägung daher die gleiche Schutzwürdigkeit wie den anderen genannten Gütern zugestanden werden.

(Muster-)Bauordnung (MBO)

Die Landesbauordnungen sind genau genommen Ländergesetze, stellvertretend sei hier die MBO genannt. In ihr wird schließlich das konkrete Baurecht festgeschrieben. Der Name *Bauordnung* grenzt bereits das Themenfeld ab und verweist auf die zuständige Baubehörde. Das Bodenschutzrecht unterliegt dagegen der Bodenschutzbehörde. Zum Schutz des Bodens beim Bauen kann in

der Konsequenz nur eine verstärkte Kooperation der Vertreter beider Behörden empfohlen werden.

Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)

Kommt es nun zur Baumaßnahme und es wird Boden ausgehoben, kann dieser zu Abfall werden. Nach § 3 KrWG sind „Abfälle im Sinne dieses Gesetzes [...] alle beweglichen Sachen [...], deren sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muß.“ Die Abfalldefinition trifft nicht auf Aushub zu, welcher vor Ort verbleibt und wieder verwendet werden soll. Durch die Abfalldefinition wird nicht über die Wertigkeit des Bodens als Naturgut unter Beurteilung seines Zustandes bezüglich Natürlichkeit entschieden. Diese Betrachtung erfolgt unabhängig und rechtshierarchisch nachgeordnet im Rahmen des BBodSchG und der BBoSchV zur Klärung der stofflichen Verwertbarkeit, also des schadlosen Einbaus andernorts. Im KrWG § 6 ist eine eindeutige Abfallhierarchie aufgeführt. Maßnahmen sind in folgender Reihenfolge anzuwenden:

- Vermeidung
- Vorbereitung zur Wiederverwendung
- Recycling
- sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung
- Beseitigung

Abfall ist also zunächst grundsätzlich zu vermeiden, weshalb bereits bei einer Bauplanung auf eine Verminderung des Bodenaushubs zu achten ist.

Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Das WHG ist in der Rechtshierarchie gleichwertig mit dem BBodSchG. „Zweck des WHG ist, ... Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts ... zu schützen“ (§ 1 WHG). Boden ist mit dem Wasserschutzrecht in einer besonderen natürlichen Weise verflochten, da bei einer schädlichen Bodenveränderung in der Folge auch

immer ein wasserschutzrechtlicher Eingriff nötig ist. So enthält das Gesetz auch Formulierungen bezüglich der Gefahr schädlicher Stoffeinträge über den Boden in das Grundwasser. Darüber hinaus können physikalische Bodenbeeinträchtigungen das Hochwasser- und Überflutungsrisiko steigern.

Unmittelbarer Bodenschutz

Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)

Der Zweck des BBodSchG ist, die Funktionen des Bodens nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen (§ 1). Der Schwerpunkt liegt inhaltlich noch immer auf der Sanierung von Altlasten (stoffliche Bodenverunreinigungen). Im Gesetz und der entsprechenden BBodSchV finden sich eindeutige Regelungen inklusive Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten. Physikalische Bodenschädigungen sind grundsätzlich ebenfalls Gegenstand des Gesetzes. Da hierbei jedoch keine Richtwerte, Prüfwerte oder Maßnahmenwerte genannt sind, wird die Schutzwürdigkeit des Bodens in diesem speziellen Themenfeld meist noch sehr großzügig interpretiert.

Die Handlungsgrundsätze des Bodenschutzrechtes sind deutlich formuliert:

Jedermannspflicht (§ 4 Abs. 1)

„Jeder, der auf den Boden einwirkt, hat sich so zu verhalten, dass schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden.“

Vorsorgepflicht (§ 7)

Es ist grundsätzlich bei Einwirkung auf den Boden „Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen.“

Sanierungspflicht (§ 4 Abs. 3)

„Eine schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ist zu sanieren.“

BBodSchG

2 Begriffsbestimmungen

(1) Boden im Sinne dieses Gesetzes ist die obere Schicht der Erdkruste, soweit sie Träger der in Absatz 2 genannten Bodenfunktionen ist, einschließlich der flüssigen Bestandteile (Bodenlösung) und der gasförmigen Bestandteile (Bodenluft), ohne Grundwasser und Gewässerbetten.

(2) Der Boden erfüllt im Sinne dieses Gesetzes

1. natürliche Funktionen als
 - a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
 - b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
 - c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandelungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,
2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie
3. Nutzungsfunktionen als
 - a) Rohstofflagerstätte,
 - b) Fläche für Siedlung und Erholung,
 - c) Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
 - d) Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

Nach § 2 des Gesetzes erfüllt Boden:

- natürliche Funktionen
- Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte
- Nutzungsfunktionen

Zu letzteren gehören:

- Flächen für Siedlung und Erholung
- Flächen als Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung

Natürliche Funktionen und Funktionen für die anthropozentrische Nutzung schließen sich aber nicht gegenseitig aus. Konkret kann Boden in Siedlungsbereichen weiter natürliche Funktionen übernehmen. Im Sinne der Vorsorgepflicht sind auch dort grundsätzlich Bodenbeeinträchtigungen zu vermeiden.

Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV)

Gehen wir auf die Gefahr der Bodenbeeinträchtigung bei Baumaßnahmen genauer ein, so stehen die physikalischen Beeinträchtigungen des Bodens durch Verdichtung und Bodenbewegung im Fokus. Die BBodSchV fordert den Schutz vor ebendiesen Verdichtungen und

Bodenbewegungen.⁵ Der Paragraph lässt sich allerdings nicht anwenden auf „die Zwischenlagerung und die Umlagerung von Bodenmaterial auf Grundstücken im Rahmen der Errichtung oder des Umbaus von baulichen und betrieblichen Anlagen, [...] wenn das Bodenmaterial am Herkunftsort wiederverwendet wird.“⁶ Trotzdem gelten auch bei diesen Arbeiten die Handlungsgrundsätze „Vorsorgepflicht“ und „Jedermannspflicht“ des BBodSchGs.

(5) BBodSchV § 12 Abs. 9: „Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden“

(6) BBodSchV § 12 Abs. 2 Satz 2

BBodSchV

§ 12 Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden

(9) Beim Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden sollen Verdichtungen, Vernässungen und sonstige nachteilige Bodenveränderungen durch geeignete technische Maßnahmen sowie durch Berücksichtigung der Menge und des Zeitpunktes des Aufbringens vermieden werden. Nach Aufbringen von Materialien mit einer Mächtigkeit von mehr als 20 Zentimetern ist auf die Sicherung oder den Aufbau eines stabilen Bodengefüges hinzuwirken. DIN 19731 (Ausgabe 5/98) ist zu beachten.

Untergesetzliche Regelungen

Für die praktische Umsetzung sind untergesetzliche Regelungen hilfreich. Der Rechtsstatus der jeweiligen Regel ist jedoch im Einzelfall zu prüfen. Untergesetzliche Regelungen können als (allgemein) anerkannte Regel der Technik gelten, länderspezifisch (und rechtlich verbindlich) eingeführt sein oder den Status einer Verwaltungsvorschrift einnehmen (keine Außenwirkung). Wenige erlangten Gesetzesstatus durch ausdrückliche Nennung in solchen.

Für den Umgang mit stofflich belasteten Böden und der Auswirkung auf Grundwasser haben die **Bund-/Länderarbeitsgemeinschaften Bodenschutz (LABO), Wasser (LAWA) und Abfall (LAGA)** Merkblätter und andere Papiere entwickelt. Diese sind in der Praxis etabliert, weswegen hier nicht näher darauf eingegangen werden soll. Zum Teil sollen sie durch die Ersatzbaustoffverordnung (zurzeit im Entwurf) abgelöst werden.

Für die Vorsorge vor physikalischen Bodenschäden enthalten die Normen **DIN 18 915 „Landschaftsbau“** und **DIN 19 731 „Verwertung von Bodenmaterial“** konkrete Vorgaben. Zu beachten ist jeweils der Geltungsbereich. Jedoch können die Normen auch über ihren Geltungsbereich hinaus vertraglich vereinbart und somit Grundlage für jegliche Einwirkung auf oder in den Boden bei Baumaßnahmen sein.

Starke Verdichtungen im Unterboden durch Baumaßnahmen (Gefüge bzw. Poren nicht erkennbar)



Foto: BBSR

Nicht unerwähnt soll die **Bodenkundliche Kartieranleitung** bleiben, welche Bodenkundlern als Grundlage für Bodenbewertungen dient (BGR 2005). Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl eingeführter Normen, Richtlinien und Merkblätter für die Praxis im Umgang mit Boden bzw. Erdarbeiten. Sie behandeln in der Regel Bodenbeeinträchtigungen durch Schadstoffe und den Umgang damit.

Im Internet sind in jüngerer Zeit immer mehr allgemeine **Hinweise und Leitfäden** zu finden, welche sich ebenfalls mit der Bodenbeeinträchtigung im physikalischen Bereich befassen. Der **Bundesverband Boden (BVB)** hat einen umfangreichen Leitfaden zum Thema erstellt (BVB 2013), welcher vertieft in das Thema einführt.

Boden – im Bauablauf

Boden kann vorsorgend geschützt werden

Das Bodengefüge kann durch Baumaßnahmen vielfältig geschädigt werden. In der Folge nehmen die Bodenaktivität und damit die Toleranz des Bodens gegenüber Umwelteinflüssen ab oder kommt ganz zum Erliegen.

Boden sollte deshalb im Zuge einer Baumaßnahme vorsorgend geschützt werden.

Bodenbeeinträchtigungen

Die größte Gefahr für den Boden ist die Beeinträchtigung des Gefüges bei Baumaßnahmen. Bedeutend sind hier Verdichtungen, welche primär durch ein Befahren des Untergrundes mit großen Lasten verursacht werden. Aber auch ruhende Lasten, z. B. Bodenlager selbst, können zu Verdichtungen führen. Auch durch häufiges Bodenumschichten werden Gefüge aufgebrochen und beeinträchtigt.

Ein weiteres häufiges Schadensbild ist die Vermischung von Böden unterschiedlicher Art oder Qualität oder die Mischung mit Fremdstoffen oder gar Abfällen. Gesunder Boden wird dadurch selbst zu Abfall.

Weitere mögliche Schädigungen sind:

- Bodenscherung
(z. B. durch Wendemanöver, besonders mit Raupenfahrzeugen)
- Vernässung
(häufig Wasserstau in Folge von Verdichtung)
- Verschlammung

Bei diesen Schadensbildern werden Poren verschlossen oder die Porenkontinuität unterbrochen. In der Folge ist der Gasaustausch und damit auch die Sauerstoffversorgung des Bodens unterbunden. Schließlich können Feinanteile aus unbedecktem Boden ausgewaschen werden oder sich in Hanglage befindliche Bodenschichten wegen gestörtem Gefüge oder Aufbau abrutschen. Der Boden erodiert.

Bodenschutz in der Praxis

Es gibt eine Vielzahl von Ansätzen, den Boden im Zuge von Baumaßnahmen vor physikalischen Beeinträchtigungen zu schützen. Grundsätzlich können und sollen in jeder Bauphase Maßnahmen situationsgerecht angewandt werden. Je frühzeitiger jedoch im Prozess bodenschonende Baumaßnahmen ergriffen werden, desto geringer ist der Aufwand zur Korrektur und desto größer der Kosten-Nutzen-Effekt.

Im Folgenden werden anhand der Leistungsbilder nach Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) wesentliche Ansatzpunkte zum Schutz vor Bodenbeeinträchtigung im Bauablauf genannt. Sie können an dieser Stelle jedoch nur als Einstieg in das Thema dienen.

Eine an das Baufeld angrenzende landwirtschaftliche Fläche wurde nicht abgesperrt und von den Baufahrzeugen massiv geschädigt



Foto: BBSR

Grundlagenermittlung und Projektvorbereitung

Bereits bei den ersten Überlegungen zu einem Bauvorhaben lohnt es sich, den Bodenschutz zu berücksichtigen. Bei der Grundstückswahl kann der Rückgriff auf vorgeschädigte Grundstücke (Wiedernutzbarmachung) bereits Ressourcen schützen. Beim Linienbau sollten empfindliche Bereiche wie z. B. Auen vermieden werden. Möglicherweise bieten sich auch hier vorbelastete Strecken und/oder gemeinsame Linientrassen an. Eine durch Umweg verlängerte Trasse oder ein sorgsam gewähltes Grundstück kann so in der Endabrechnung schnell zur günstigeren Lösung werden.

Der Bodenaushub wurde hier nicht eingeplant: Die Erde liegt auch noch zwei Jahre nach Einzug ungeschützt auf dem Grundstück



Zum Schutz des Bodens und als Zuweg zu einer Baustelle wurde eine Baustraße in einer Grünanlage errichtet



Fotos: BBSR

Entwurfs-, Genehmigungsplanung

Im Entwurfsstadium sollten die zu bewegenden Bodenmassen immer im Blick sein. Zunächst ist die Pflicht zur Abfallvermeidung (überschüssiger Boden) zu beachten. Die Aushubmasse wird in der Regel deutlich unterschätzt. Soll Boden zwischengelagert werden, sind die tatsächlich benötigten Lagerflächen zu berechnen, und zwar unter Berücksichtigung des Lockerungsfaktors, der maximalen Lagerhöhe (Bodenverdichtung durch Eigenlast!) und der Böschungsneigung. Dabei muss der komplette Bauablauf bereits vorab im Blick sein, um Bodenumschichtungen zu vermeiden. Das bedeutet, dass der Boden vom Aushub bis zum Wiedereinbau (nach Monaten oder gar Jahren) eine fest zugewiesene und ausreichend abgegrenzte Fläche beanspruchen sollte, um Verunreinigungen, Vermischungen und Überfahrungen vorzubeugen. Nicht vergessen werden darf, dass Bodenhorizonte ebenso streng getrennt zu lagern sind wie unterschiedliche Bodenarten.

Ausführungsplanung

Spätestens jetzt ist der Bauablauf im Baufeld mit abzubilden. Der Baustellenplan mit Lager-, Arbeits- und Bewegungsbereichen ist festzulegen. Bereiche, welche besonders beansprucht werden, sollten auf bereits befestigte bzw. noch zu befestigende Flächen begrenzt werden. Ist das nicht möglich, sind besondere Schutzmaßnahmen gegen stoffliche Einträge, aber auch gegen übermäßige Verdichtungen vorzunehmen. Freiflächen, welche nicht in den Bauprozess eingeplant sind und keine baulichen Zwecke erfüllen, sondern weiterhin natürlichen Funktionen dienen, sind dauerhaft und standfest abzusperren.

VOB Teil A
§ 7 Leistungsbeschreibung
Allgemeines

(1) 1. Die Leistung ist eindeutig und so erschöpfend zu beschreiben, dass alle Bewerber die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen und ihre Preise sicher und ohne umfängliche Vorarbeiten berechnen können.

Ausschreibung und Vergabe

Für eine bodenschonend durchgeführte Bauabwicklung übernimmt die Ausschreibung eine Schlüsselrolle. In der Leistungsbeschreibung sind spezifische, bodenschonende Arbeiten exakt darzustellen, damit der Anbieter genau kalkulieren kann (vgl. VOB Teil A § 7 Abs. 1).⁷ Bodenschonende Arbeitsweisen, welche nicht etabliert sind, bedürfen einer besonderen Beschreibung. Auch auf das unterschiedliche Verständnis des Begriffes „Boden“ sollte dabei eingegangen werden. Den Vergabeunterlagen sind diesbezüglich allgemeine und zusätzliche (technische) Vertragsbedingungen sowie technische Spezifikationen hinzuzufügen.

Sollte infolge schlechter Witterung und Überfeuchtung des Bodens zur Schonung dessen eine Bauunterbrechung ins Auge gefasst werden, sind hierfür Vertragsvereinbarungen für die das VOB-Maß überschreitenden Zeiten zu treffen.

Nur auf Basis einer gewissenhaften Ausschreibung ist der Anbieter in der Lage, seine Preise realistisch zu kalkulieren und der Auftraggeber fähig, eine Kosten-Nutzen-Entscheidung auf Basis reeller Vorgaben zu tätigen.

(7) Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)

Projektdurchführung

Ist dem Auftragnehmer eine bestimmte Arbeitsweise zum Schutz des Bodens vor Gefügeschäden nicht geläufig, empfiehlt es sich, die Arbeitnehmer vor Ort in das Thema einzuführen und anzuleiten sowie die Arbeiten eng zu begleiten. Die vertraglichen Vereinbarungen sind auf ihre Umsetzung zu kontrollieren. Bei Bedarf ist eine Fachbauleitung hinzuzuziehen.

Grundsätzlich ist ein direktes Befahren des Unterbodens zu unterlassen, da dieser nur schwache Bodenaktivität aufweist und eine Gefügestörung nur unzureichend, sehr langfristig oder gar nicht behoben werden kann. Eine Belastung des Untergrundes hingegen ist jederzeit problemlos möglich. Oberboden ist begrenzt belastbar und auch nur begrenzt regenerationsfähig.

Aufgrund der örtlichen Spezifika eines Bodens und dessen variablem Zustand in Abhängigkeit vom Wetter ist eine pauschale Empfehlung für den Umgang mit Boden, z. B. Bodenbewegung und Belastungsfähigkeit des Bodens, nicht möglich. Es gibt verschiedene Hilfsmethoden zur Orientierung. Einige finden sich in den DIN-Normen DIN 19731 „Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial“ und DIN 18915 „Vegetationstechnik im Landschaftsbau“. Pauschal kann davon ausgegangen werden, dass Boden umso empfindlicher für Belastung und Bewegung ist, je höher sein Ton- und Wassergehalt sind. Zu einer abschließend sicheren Beurteilung ist der erfahrene Bodenkundler fähig.

Bodenschutz vor Überlastung

Ist eine Bodenbewegung wegen Nässe nicht empfohlen, so muss eine trockenere Periode abgewartet werden. Um den Boden trotz zu erwartender Überlastung befahren bzw. belasten zu können, können Schutzmaßnahmen vorgenommen werden.

In der Praxis verwendet man zur Lastverteilung Baggermatrizen, Platten oder Bohlen oder eine Schotter- oder Bohlen- oder eine Schotter- schicht, welche die Kräfte aufnehmen und sie durch Verteilung auf ein für den Boden tolerierbares Maß reduzieren. Schotterbettungen müssen daher einen entsprechend hohen Aufbau aufweisen. Eine Trennschicht (z. B. Geotextil) verhindert ein Vermischen mit dem Boden und ermöglicht anschließend ein rückstandsloses Entfernen der Schutzschicht.

Alternativ kann die Gerätelast über Zuladung und Geräteauswahl, aber auch das Fahrwerk, welches die Last überträgt, verringert werden. So bieten sich z. B. Kettenlaufwerke statt Reifen an oder eine Querschnittsvergrößerung durch Doppelbereifung bzw. Reifendruckreduzierung, eine in der Landwirtschaft etablierte Maßnahme. Auf kleineren Baustellen können Krananlagen den Lastentransport übernehmen, damit Schlechtwetterphasen nicht zum Baustopp führen.

Bodenlagerung

Boden wird beim Aushub zunächst aufgebrochen und bewegt. Sein inneres Gefüge wird mit jeder weiteren Bewegung zunehmend zerstört. Daher sind Bodenbewegungen auf ein Minimum zu reduzieren. Muss Boden dennoch zwischengelagert werden, hat das getrennt nach Bodenschichten und -arten zu erfolgen. Eine Beeinträchtigung des Lagers durch Befahrung oder (Müll-)ablagerungen ist notfalls durch Absperrungen zu unterbinden. Mieten sind in ihrer Größe und Lagerungsdauer zu begrenzen und vor Vernässung und Wildbewuchs zu schützen. Orientierung geben die genannten Normen.

Bodenbeurteilung

Die genannten Normen bieten Handlungshinweise im konkreten Umgang mit Boden. So sind beispielsweise nach Tabelle 4 der DIN 18915 Umlagerungen von bindigen Böden

- in halbfestem Zustand optimal,
- in steifplastischem Zustand tolerierbar und

Ober- und Unterboden wurden durchmischt und mit Abfall durchsetzt



Ein Bodenlager darf – entgegen diesem Beispiel – niemals befahren werden



Fotos: BBSR

- in weich bis breiigem Zustand unzulässig.

DIN 18915 teilt in Tabelle 1 Boden hinsichtlich seiner Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit in Bodengruppen ein. So ist z. B. schwachbindiger Boden erst bei mindestens steifer Konsistenz ($I_c \geq 0,75$) und bindiger Boden

bei mindestens halbfester Konsistenz ($I_c \geq 1,00$) ohne Gefügeschädigung möglich.

In der Schweiz bedienen sich beispielsweise Bodenkundliche Baubegleiter der Messung der Saugspannung im Boden und lesen die jeweilige Belastungsgrenze des Bodens (wichtiges Kriterium für die Fahrzeugwahl) an einem Nomogramm ab (vgl. BUWAL 2001).

Gebäudeausbau

Die hier beschriebenen Abläufe beziehen sich zunächst auf die Abwicklung der Rohbauarbeiten. Gerade im Hochbau folgen dann die Ausbaugewerke. Auch hierfür ist Baustellenbetrieb notwendig. Es wiederholt sich im Grunde jeder hier im Bauablauf beschriebene Vorgang von der Ausschreibung über die Baubegleitung bis zur Abnahme mit den entsprechenden Gefahren und Vorsorgemaßnahmen für den Boden. Der Bauleitung wird dabei ein Höchstmaß an Aufmerksamkeit abgefordert.

Dokumentation, Übergabe

Im Rahmen üblicher Baudokumentation ist auch der jeweilige Bodenzustand zu dokumentieren. Zunächst ist der Ausgangszustand festzuhalten, bevor eine Maßnahme auf dem Grundstück stattfindet. Baubegleitend sind Bodenzustände in Abhängigkeit von Witterungen und Bauprozessen von Interesse. Festzuhalten ist weiter, ob Bautätigkeiten eingeschränkt wurden und wie diese eingehalten wurden. Mit der Übergabe ist ein Abnahmeprotokoll – auch für den Boden – zu erstellen. Es wird ein wesentliches Dokument bei eventuellen späteren Streitigkeiten sein.

Rekultivierung und Sanierung

Mussten bei Baumaßnahmen Bodenbeeinträchtigungen in Kauf genommen werden, sind unter Umständen den Boden entwickelnde Rekultivierungsmaßnahmen oder gar eine Sanierung des Bodens notwendig. Beim Linienbau über landwirtschaftliche Flächen ist das die Regel.

Boden kann mechanisch auch bis in größere Tiefen gelockert werden. Stabilisierend sind jedoch nur gesund gewachsene Bodenstrukturen. Dem Boden ist dafür die notwendige Zeit zuzugestehen. Eine Belastung durch Geräte oder Beweidung ist daher zunächst zu unterlassen. Die Bodenprozesse können zusätzlich durch bestimmte Bepflanzung unterstützt und beschleunigt werden. Eine fachlich geplante und begleitete Rekultivierung kann durchaus mehrere Jahre betragen.

Nach Bodenverdichtung ist die Versickerung und damit die Wechselwirkungen zwischen Boden und Umgebung gestört



Foto: BBSR

Fazit

Die Schutzwürdigkeit des Bodens ist unstrittig. Wann jedoch von Bodenbeeinträchtigungen oder gar Bodenschäden gesprochen werden kann und welche Folgen daraus gezogen werden können, wird bezüglich des Bodengefüges je nach Situation und beteiligten Personen noch heftig diskutiert.

Folgt man den Argumenten der bodenkundigen Fachkompetenz und berücksichtigt man gleichzeitig die relevanten Bodenmassen, welche im Baubetrieb beeinflusst werden, so kommt man zu dem Schluss, dass der Bodenschutz im Zuge von Baumaßnahmen mehr in den Fokus gerückt werden muss. Da für Gefügeschäden des Bodens keine Werte zur Orientierung oder Begrenzung festgeschrieben sind, sind die am Bau Beteiligten umso mehr auf die Beratung der Bodenkundigen angewiesen.

Wie bereits dargestellt sollte ein Bauvorhaben idealerweise von der ersten Idee bis zur Nachsorge entsprechend fachkundig begleitet werden. Man spricht von der „Bodenkundlichen Baubegleitung“ (BBB). Eine rechtliche Verpflichtung zur BBB kann in engen Grenzen, z. B. von den (untersten) Bodenschutzbehörden, festgelegt werden. Bei Umweltver-

träglichkeitsprüfungen (UVP) sollte der Boden neben den anderen Schutzgütern verstärkt in der Begutachtung berücksichtigt werden.

Der Bauherr, ob öffentlich oder privat, kann jederzeit eine BBB beauftragen. Ziel ist hier, mögliche Bodenschäden im Vorfeld zu minimieren, um Kosten für eine spätere Schadensbehebung zu reduzieren. Entsprechend den Länderbauordnungen hat ein am Bau Beteiligter letztendlich geeignete Fachplanerinnen oder Fachplaner heranzuziehen, falls er selbst nicht die erforderliche Sachkunde und Erfahrung aufweist.

Mit den klassischen Baumaßnahmen vergleichbar sind die Vorgänge bei der Altlastenbearbeitung und der Kampfmittelräumung. Daher sollten die beschriebenen Vorsorgemaßnahmen auch für diese Vorhaben angewendet werden.

Altlastenbearbeitung



Foto: Joachim Ziemer, BBL M-V

Literatur

- BAFU – Bodenschutzfachstellen der Kantone und des Schweizer Bundesamtes für Umwelt, 2013: Für einen wirksamen Bodenschutz im Hochbau. Tipps und Richtlinien für die Planung der Aktion „Bodenschutz lohnt sich“. Zugriff: <http://www.bodenschutz-lohnt-sich.ch/> [Abgerufen: 24.04.2013].
- BfN – Bundesamt für Naturschutz, 2010: Flächeninanspruchnahme. Zugriff: http://www.biologischienvielfalt.de/ind_inanspruchnahme.html [Abgerufen: 24.04.2013].
- BGR – Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.), 2005: Bodenkundliche Kartieranleitung. (KA5) 5. Auflage, Hannover; in Kommission: Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Informationsportal Nachhaltiges Bauen. Zugriff: www.nachhaltigesbauen.de [Abgerufen: 24.04.2013].
- BUWAL – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 2001: Bodenschutz beim Bauen. Zugriff: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00106/index.html?lang=de> [Abgerufen: 24.04.2013].
- BVB – Bundesverband Boden (Hrsg.), 2013: Leitfaden Bodenkundliche Baubegleitung (Entwurf). Erich Schmidt Verlag.
- Destatis – Statistisches Bundesamt Deutschland, 2009: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Bodenflächen nach Art der tatsächlichen Nutzung, Fachserie 3, Reihe 5.1, (Stand 31.12.2008) Zugriff: <https://www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?cmspath=struktur,vollanzeige.csp&ID=1024857> [Abgerufen: 03.01.2013].
- Destatis – Statistisches Bundesamt Deutschland, 2011: Umwelt – Erläuterungen zur Abfallbilanz. Zugriff: https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/ErlaeuterungenAbfallbilanz.pdf;jsessionid=8275948099B55F2ED1DE69D8FBAEB19B.cae2?__blob=publicationFile (Abgerufen: 03.06.2012).
- Destatis – Statistisches Bundesamt Deutschland, 2012: Umweltstatistische Erhebungen. Zugriff: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/UmweltstatistischeErhebungen.html> [Abgerufen: 03.06.2012].
- Kreislaufwirtschaft Bau im c/o Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. (Hrsg.), 2013: Mineralische Bauabfälle, Monitoring 2010.
- LANUV NRW – Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2009: Bodenschutz beim Bauen. Zugriff: http://www.lanuv.nrw.de/boden/bodenschutz/bodenschutz_bauen/pdf/Bodenschutz_beim_Bauen_v2.pdf [Abgerufen: 24.04.2013].
- Möller, Gerd, 2007: Geotechnik Berlin. Ernst & SOHN Verlag.
- Scheffer/Schachtschabel, 2010: Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- WWU Münster – Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2004: HyperSoil – Entwicklung einer hypermedialen Lern- und Arbeitsumgebung zum Themenfeld „Boden“ im (Sach-)Unterricht. Zugriff: <http://hypersoil.uni-muenster.de/0/05/15.htm> [Abgerufen: 24.04.2013].

Gesetze, Normen, Regelwerke

- Baugesetzbuch (BauGB)
- Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)
- Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)
- Grundgesetz (GG)
- Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)
- Raumordnungsgesetz (ROG)
- Umweltverträglichkeitsgesetz (UVPG)
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV)
- Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) 2009
- (Muster-)Bauordnung (MBO)
- VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (2012)
- VOB-DIN 18300 Erdarbeiten (Entwurf)
- DIN 18 915 Landschaftsbau
- DIN 19731 Verwertung von Bodenmaterial

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Ansprechpartner

Bettina Stock
bettina.stock@bbr.bund.de

Redaktion

Katharina Urbaniak

Bildnachweis

BBSR
Joachim Ziemer, BBL M-V

Druck

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Bestellungen

silvia.haupt@bbr.bund.de
Stichwort: BBSR-Analysen KOMPAKT 08/2013

Die BBSR-Analysen KOMPAKT erscheinen in unregelmäßiger Folge. Interessenten erhalten sie kostenlos.

ISSN 2193-5017 (Printversion)
ISBN 978-3-87994-717-1

Bonn, Juli 2013

Newsletter „BBSR-Forschung-Online“

Der kostenlose Newsletter informiert monatlich über neue Veröffentlichungen, Internetbeiträge und Veranstaltungstermine des BBSR.
www.bbsr.bund.de/BBSR/newsletter