

Boden braucht Schutz

Boden erfüllt vielfältige Aufgaben für den Naturhaushalt und die menschliche Existenz. Diese Aufgaben und Funktionen werden seit 1999 gesetzlich geschützt. Das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) hat den Zweck, die Funktionen des Bodens nachhaltig, also auch für zukünftige Generationen, zu sichern oder wiederherzustellen. Es ist ausdrücklich nicht ausreichend, Gefahren und konkrete Schädigungen abzuwehren, da Boden nicht beliebig vermehrbar oder reproduzierbar ist.



Vielmehr gilt der Grundsatz der Vorsorge, der bedeutet, dass auch Beeinträchtigungen der Funktionen zu vermeiden sind. Periodisch wiederkehrende Bodenverluste auf Grund von *Erosionsereignissen* bedeuten kurzfristig keine Beeinträchtigung, lassen aber langfristig eine begründete Sorge um die Ernährungssicherheit zu. Dementsprechend werden der Bodenschutz und die Bodennutzung nach vorsorgenden Gesichtspunkten organisiert.

Die historischen und aktuellen Beeinträchtigungen sind sehr vielfältig. Im aktuellen Fokus stehen Einwirkungen, die auch in der Diskussion um eine Europäische Bodenschutzstrategie eine Rolle spielen. Im Gegensatz zum Wasser ist der Bodenschutz noch nicht auf europäischer Ebene geregelt. Die Fortführung der Europäischen Bodenschutzstrategie wird eine wichtige Aufgabe der kommenden Dekade sein.

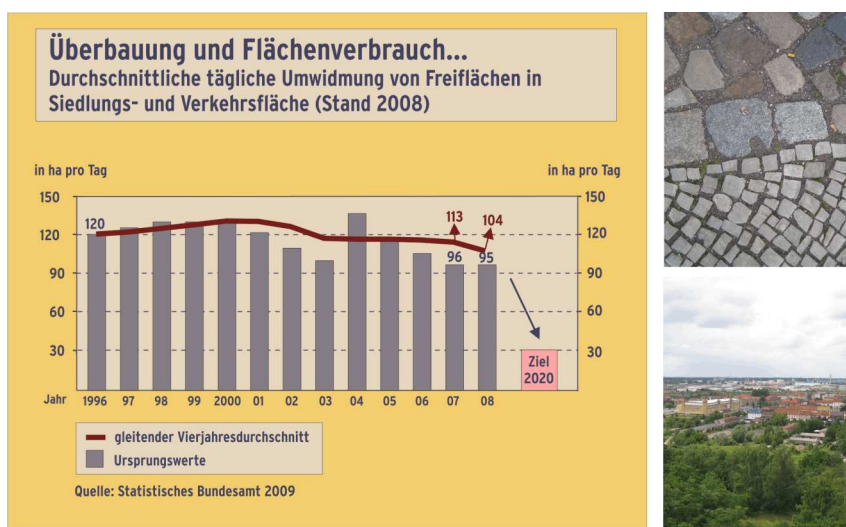
Die Beeinträchtigung oder Zerstörung des Bodens bedeutet letztlich immer die Schädigung eines Teils des Naturhaushaltes, der das Resultat eines jahrtausendlang andauernden Entwicklungsprozesses ist. Die flächenhafte Zerstörung eines solchen Systems ist trotz Sanierungsmaßnahmen nicht wieder rückgängig zu machen. Die Sanierung als solches ist eine Ersatzmaßnahme. Der ursprüngliche Boden und seine Leistungen stehen nachfolgenden Generationen nicht mehr zur Verfügung.

Diese Problematik macht den vorsorgenden Bodenschutz und den schonenden Umgang mit den Böden so wichtig.

Überbauung und Versiegelung

Wird ein Boden überbaut, kann er seine Funktionen und Leistungen im Naturhaushalt nicht mehr wahrnehmen bzw. erfüllen. Die Umwandlung von natürlichen, aber auch landwirtschaftlich genutzten Böden in Bauland für Siedlungs- und Verkehrsflächen bedeutet letztlich auch aus Sicht des Bodennutzers einen Flächenverbrauch.

Als Folge einer weitflächigen Versiegelung des Bodens kann das Stadtklima entstehen, was durch erhöhte Lufttemperaturen im Vergleich zu Offenlandbereichen und eine geringere Grundwasserneubildung gekennzeichnet ist, weil Niederschlagswasser nicht mehr den Hohlräumen des Bodens zugeführt, sondern über Kanalsysteme sofort abgeleitet wird. Der Verlust an natürlichem Boden bewirkt eine langfristige Verinselung und Parzellierung von Landschaften und Lebensräumen; räumliche Korridore, besonders für die heimische Tierwelt, werden langfristig eingeschränkt. Derzeit liegt die tägliche Umwidmung von unbebautem Boden in überbaute und versiegelte Flächen in Deutschland bei ca. 100 ha am Tag. Das entspricht einer Fläche von 70 Fußballfeldern und ist damit trotz leicht abnehmender Tendenz weit von dem Ziel der Bundesregierung entfernt, den Verbrauch auf 30 ha am Tag im Jahr 2020 zu senken.



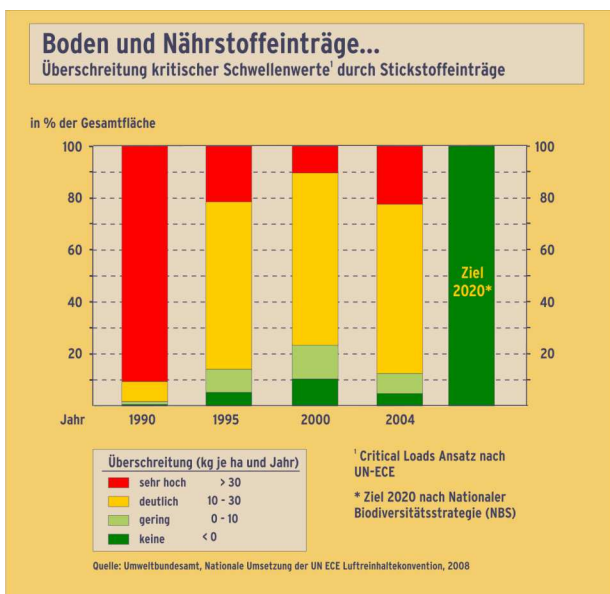
Eintrag von Nähr- und Schadstoffen

Boden wird über zahlreiche Eintragspfade und durch eine Vielzahl von Stoffen und Stoffgruppen beeinflusst. In Abhängigkeit von den jeweiligen Bodeneigenschaften und der vorherrschenden Bodennutzung resultieren daraus unterschiedliche Wirkungen und Folgen.

Grundlegend werden zwei übergeordnete Stoffgruppen unterschieden. Zum einen Elemente und Verbindungen, die als Nährstoffe zugeführt werden und zum anderen Stoffe, die geeignet sind, toxisch zu wirken und dementsprechend als Schadstoffe bezeichnet werden.

Der Eintrag von Nährstoffen oder Spurenelementen kann in Abhängigkeit von der Nutzung in gewissen Mengen nötig und richtig sein. Bei zu hohen Einträgen wird die Leistungsfähigkeit des Bodens aber beeinträchtigt und es kommt zu negativen Folgen für den Naturhaushalt. Wird, je nach Bodeneigenschaften ein kritischer Schwellenwert überschritten, kommt es zu einer Störung des natürlichen Nährstoffkreislaufs, dessen Folgen häufig nicht bekannt sind. Die Einträge erfolgen hauptsächlich durch Mineraldüngergaben im Pflanzenbau und eine Rückführung von Wirtschaftsdünger in Form von Gülle sowie über den luftbürtigen Eintrag mit dem Regenwasser.

Eine bekannte Folge ist die Verlagerung von Nitrat und Phosphor in das Grund- und Oberflächenwasser mit allen negativen Folgen für das Trinkwasser und die Gewässerökologie. Daneben erfolgt die weitere Versauerung der Böden auf Grund der Umwandlung des Stickstoffs. Eine weitere bekannte Folge ist die Verschiebung der natürlichen Standortbedingungen und eine Verringerung der Artenvielfalt, da sich die Lebensräume zunehmend vereinheitlichen.



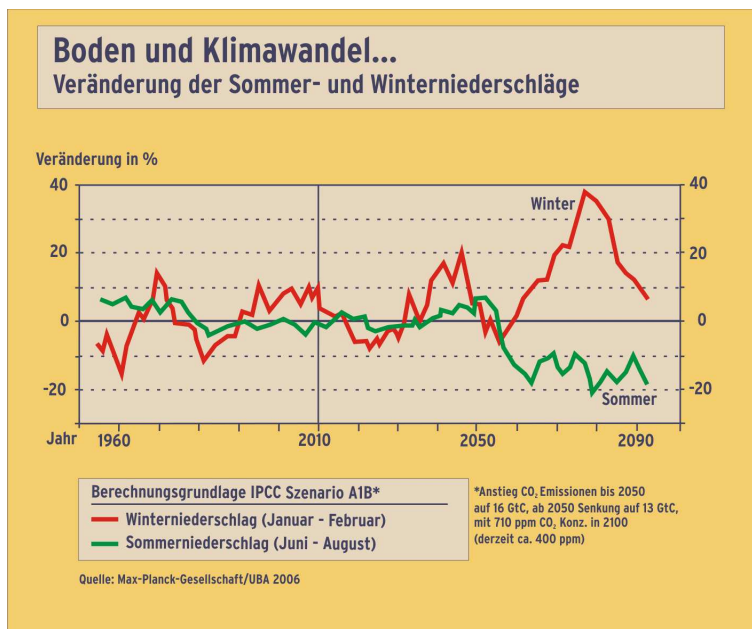
Schadstoffe können direkt als feste Partikel oder in gelöster Form über die Transportmedien Luft und Wasser in den Boden eingetragen werden. Diese Elemente und Verbindungen stellen schon bei geringen Gehalten eine Gefahr für den Menschen dar, da sie direkt, aber auch indirekt über den Verzehr von Nahrungsmitteln aufgenommen werden können.

Die Schadstoffquellen sind sehr vielfältig und liegen im Industrie-, Energie-, und Verkehrssektor, können jedoch auch landwirtschaftlich begründet sein; etwa durch Düngemittel- oder Klärschlammausbringung. Die im Boden gebundenen Schadstoffe werden bei einer Veränderung bestimmter Eigenschaften wieder mobilisiert und können dann sowohl von den Nutzpflanzen als auch von der natürlichen Vegetation aufgenommen werden. Die Wirkung von Schwermetallen und organischen Verbindungen wie *PCB*, *PAK* und *Dioxine* hängt ebenfalls von den Bodeneigenschaften und der jeweiligen Nutzung ab. Wird ein bestimmter Schwellenwert überschritten, werden die Schadstoffe in Pflanzen und Grundwasser verlagert.

Örtlich begrenzt existieren so genannte *Altlasten* oder altlastenverdächtige Flächen. Bei diesen Flächen handelt es sich um historische Deponien, alte nicht mehr genutzte Industriestandorte und Tankstellen sowie alte militärisch genutzte Flächen, von denen eine akute Gefahr für Mensch und Umwelt ausgeht und bei denen die Pflicht zu einer Erkundung und Sanierung besteht.

Einfluss des Klimawandels

Es ist inzwischen anerkannte Tatsache, dass ein Klimawandel stattfindet. Je nach Prognose ist von einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur bis zum Jahr 2100 um bis zu 3,5 °C auszugehen. Der Wandel wird regional unterschiedlich ausfallen. Es zeichnen sich jedoch einige grundlegende Tendenzen ab. Allgemein wird von einer Zunahme der Sommertrockenheit und einer Zunahme der Winterniederschläge sowie häufigeren *Starkregenereignissen* ausgegangen.



Da der Niederschlag und die Temperatur bedeutende Einflussfaktoren der Bodenbildung und der Prozesse im Naturhaushalt sind, wird sich der Klimawandel auch auf den Zustand und die Eigenschaften der Böden auswirken. Derzeit werden auf diesem Gebiet viele Forschungsaktivitäten gebündelt, die zudem Anhaltspunkte für nutzungsbedingte Anpassungsmaßnahmen an die sich wandelnden Gegebenheiten liefern sollen.

Die Klimaszenarien lassen vor allem einen Einfluss auf die Stoffumwandlungsprozesse, den Bodenwassergehalt sowie den Bodenabtrag durch Wasser und Wind erkennen und betreffen in erster Linie die landwirtschaftliche Ertragsfähigkeit und damit langfristig die Ernährungssicherheit.

Die Erhöhung der Temperatur und ein verändertes Wasserangebot werden die Aktivität der *Bodenorganismen* beeinflussen. Infolge dessen werden sich der Gehalt an organischer Substanz im Boden und damit der Gehalt an Kohlenstoff verändern. Die derzeit entscheidende Frage lautet, ob der Boden als Speicher oder Quelle für klimarelevantes Kohlendioxid fungieren wird und welche Nutzungsformen diesen Trend positiv beeinflussen können. Es ist davon

auszugehen, dass sich ein Gleichgewicht auf geringerem Niveau einstellt, so dass insgesamt weniger Kohlenstoff im Boden gebunden wird.

Steigende Winterniederschläge und besonders häufige *Starkregen* bedeuten bei unangepasster Nutzung eine Zunahme der *Bodenerosion* durch Wasser und je nach der zeitlichen Lage größerer Trockenperioden auch eine Zunahme der *Bodenerosion* durch Wind. Erste Szenarienbetrachtungen zeigen aber auch, dass eine angepasste Nutzungsweise, besonders die Anpassung der *Fruchtfolgen* und eine weniger intensive Bodenbearbeitung, diese Zunahme kompensieren kann.

Die Wechselwirkungen zwischen Klima, Bodennutzung und Bodenzustand sind sehr komplex, so dass neben den natürlichen Veränderungen auch die Frage der Schadstofffreisetzung und die Folgen einer unangepassten Landnutzung zukünftig an Bedeutung gewinnen werden.

Verlust an organischer Bodensubstanz

Die organische Substanz im Boden setzt sich zusammen aus lebenden Bestandteilen der Bodenflora und -fauna, Pflanzenwurzeln sowie abgestorbenen, mehr oder weniger stark zersetzten und neu gebildeten organischen Substanzen pflanzlicher und tierischer Herkunft. Die abgestorbene organische Bodensubstanz wird als *Humus* bezeichnet; sie erfüllt wichtige Aufgaben im Naturhaushalt und trägt wesentlich zur Ertragsfähigkeit der Böden bei.

Die obere humushaltige Schicht des Bodens wird allgemein auch als „Mutterboden“ bezeichnet, da die Vermengung mit mineralischen Bodenpartikeln besonders gut Nährstoffe speichert und

andererseits die Mobilität von Schadstoffen einschränkt.

Die wertvollen Leistungen des *Humus* erfordern die Erhaltung eines optimalen *Humus*gehaltes im Boden und damit ein Gleichgewicht der ablaufenden Prozesse. Die Verringerung des *Humus*gehaltes auf Grund einer unangepassten Nutzung hat zur Folge, dass weniger Kohlenstoff im Boden gespeichert wird und die langfristige Sicherung als Nahrungsgrundlage nur mit weiteren Düngemittelgaben zu kompensieren ist. Zusätzlich zu den hohen atmosphärischen Stickstoffeinträgen und einer unangepassten Nutzung, liegt vor allem in dem sich abzeichnenden Klimawandel die Gefahr einer Veränderung des *Humus*gehaltes. Neben der Menge an organischer Substanz im Boden ist auch die Qualität ein wichtiges Kriterium für das Gleichgewicht der Prozesse.



Maisanbau für die Biogasanlage

Entscheidend dafür ist das Verhältnis von Kohlenstoff zu

Stickstoff, einem weiteren Hauptbestandteil der organischen Substanz.

Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das im Jahre 2004 eingeführt wurde, um den Anbau nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo) zur energetischen Nutzung zu fördern, weitet sich die Anbaufläche von NaWaRo stetig aus.

Die NaWaRo sind bezüglich der Erhaltung des Klimas und der Sicherung des Einkommens in der Landwirtschaft als positiv zu bewerten, können aber für die Böden mit Risiken verbunden sein.

Im Bereich der Biogaserzeugung ist vor allem der Maisanbau von Bedeutung. Unter günstigen Bedingungen erzielt der Mais die höchsten Methanerträge pro Hektar und gilt somit als sehr energetisch. Allerdings kann er sich negativ auf die Humusbilanz auswirken, sofern diese nicht

durch den Anbau humusschonender Kulturen wie Zwischenfrüchte, aber auch durch Düngung ausgeglichen wird. Des Weiteren erhöht der Mais auf Grund seiner langsamen Jugendentwicklung das Risiko von Erosion, da der Boden im Frühjahr und Frühsommer länger unbedeckt bleibt. Dieses Risiko könnte jedoch durch entsprechende Erosionsschutzmaßnahmen, wie z. B. Schutzpflanzungen und die pfluglose Bodenbearbeitung vermindert werden. Andere NaWaRo wie Pappeln und Weiden, die auch für die thermische Nutzung angebaut werden, könnten dabei bodenschonendere Alternativen zur Biogaserzeugung darstellen, sind jedoch aufgrund der geringeren Energieausbeute gegenüber dem Mais zum jetzigen Zeitpunkt kaum konkurrenzfähig. Daten über die zeitliche Veränderung der Humusgehalte und das Zusammenwirken der verschiedenen Einflussfaktoren werden unter anderem im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung und der Boden-Zustandserhebung im Wald erhoben.

Abtrag durch Wasser und Wind

Ein unbedeckter Boden ist der Energie von Wasser und Wind ungeschützt ausgesetzt, so dass bei entsprechenden Niederschlagsereignissen und Windverhältnissen *Erosion* und damit ein Bodenverlust auftritt. Die direkte Folge ist eine Verringerung der Bodenmächtigkeit und ein Verlust des nährstoffreichen, *humushaltigen* Oberbodens, der maßgeblich für die landwirtschaftlichen Erträge ist. Daneben werden an die Bodenpartikel gebundene Nährstoffe mitverlagert und gelangen in angrenzende Gewässer oder andere Ökosysteme. Die vorkommenden Bodenarten sind natürlicherweise unterschiedlich anfällig für die erodierende Wirkung von Niederschlägen. *Schluffige* Böden sind auf Grund ihrer Partikelstruktur vor allem anfällig für *Erosion* durch Wasser. Dagegen sind Böden mit hohem Feinsandanteil überwiegend anfällig für *Erosion* durch Wind. Hinzu kommt unter den natürlichen Einflussfaktoren noch der Gehalt an *Humus* und die Bodenstruktur, da hohe *Humus*gehalte und gut durchlüftete Böden das Risiko von *Erosion* verringern.



Der entscheidende Faktor für Art und Ausmaß von Bodenerosion ist jedoch die landwirtschaftliche Nutzung, da unter mitteleuropäischen Klima- und Vegetationsbedingungen normalerweise keine *Erosion* stattfinden würde. Die *Fruchtfolge*gestaltung, die Wahl der Bearbeitungsintensität und- richtung sowie die *Schlag*gestaltung entscheiden über das Ausmaß

der *Bodenerosion*. Kulturen wie Mais und Zuckerrüben erhöhen das Erosionsrisiko, da auf Grund der späten Entwicklung der Pflanzen der Boden besonders im Frühjahr und Frühsommer überwiegend unbedeckt ist.

In Deutschland weisen derzeit ca. 14% der landwirtschaftlich genutzten Fläche langjährige mittlere Bodenabträge von mehr als drei Tonnen je Hektar und Jahr auf, was einen sofortigen Handlungsbedarf aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes bedingt. Die Abschätzung erfolgte auf Basis einer Gleichung, die die Haupteinflussfaktoren über statistische Zusammenhänge in Beziehung setzt und die aktuellsten Informationen zu den Hauptanbaufrüchten berücksichtigt. Für die Bodenbearbeitung wurde die realistische Annahme von 50% konventioneller und 50% pflugloser Bearbeitung getroffen. Auf weiteren 36% der landwirtschaftlich genutzten Fläche besteht ein mittelfristiger Handlungsbedarf, der sich auf relativ geringfügige Maßnahmen beschränkt.

Druck durch Maschinen

Die Befahrung des Bodens mit zunehmend schwerer werdenden Maschinen der Land-, Forst- und Bauwirtschaft bedeutet eine Steigerung des Druckes auf den Boden und bei unangepasstem Einsatz eine Beeinträchtigung des Wasser- und Lufthaushaltes. Im Extremfall werden die Erträge verringert und durch die sinkende Durchlässigkeit für Wasser wird dem oberflächlichen Abfluss des Wassers Vorschub geleistet. Die Folge ist ein erhöhter Bodenabtrag und die Gefahr zunehmender Hochwasserspitzen. Schadverdichtete Böden bieten das Risiko der Entwicklung von klimarelevanten Gasen, da der geringe Luftaustausch für entsprechende chemische Voraussetzungen sorgt.

Während *Gefügeschäden* im Oberboden von landwirtschaftlich genutzten Böden mit Hilfe des Pfluges beseitigt werden können, bedeutet ein verdichtetes *Gefüge* im Unterboden, also unterhalb von 30 cm Bodentiefe eine dauerhafte Beeinträchtigung und Schädigung des Bodens, da eine Lockerung in dieser Tiefe weitere negative Folgen hätte. Aus diesem Grund gilt das Hauptaugenmerk im vorsorgenden Bodenschutz einer Vermeidung von Bodendruck, der für eine zusätzliche Verdichtung im Unterboden sorgt.



Fahrspuren auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

Zur Beurteilung der schadensfreien Befahrbarkeit von Ackerböden ist die Bodenfeuchte das entscheidende Kriterium, da trockene Böden mit höheren Radlasten befahren werden können

als feuchte. Für den optimalen Technikeinsatz muss bekannt sein, mit welchem Gewicht und welcher Bereifung ein bestimmter Boden bei tagesaktueller Bodenfeuchte befahren werden kann.

In Deutschland weisen derzeit 10% der Unterböden von Ackerflächen sehr ungünstige und 40% ungünstige *Gefügeeigenschaften* auf, so dass auf etwa 50% der Fläche von einer Beeinträchtigung des *Bodengefüges* auszugehen ist. Wird dieser IST-Zustand mit der Verdichtungsempfindlichkeit der unterschiedlichen Böden bei unterschiedlicher Bodenfeuchte betrachtet, so besteht bei nassen Verhältnissen auf allen ackerbaulich genutzten Böden in Deutschland das Risiko einer zusätzlichen Beeinträchtigung.

Bei einer Reduktion des Wassergehaltes um etwa 40% gegenüber dem nassen Zustand sinkt der Flächenanteil auf etwa 50% der Ackerfläche, so dass auf weiten Teilen der bundesdeutschen Ackerfläche bei Befahrungen sowohl die Bodenfeuchte als auch die Druckbelastung zu berücksichtigen sind.