

THEMENBLATT: Anpassung an den Klimawandel

Boden



Umwelt 
Bundesamt

KomPass 
Kompetenzzentrum
Klimafolgen und Anpassung

Das Klima ändert sich und mit ihm das Umfeld für Mensch und Umwelt. Grund ist der vom Menschen verursachte Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre. Unser Klimasystem reagiert träge – viele Folgen der Emissionen vergangener Jahre spüren wir erst in den kommenden Jahrzehnten. Deutschland nimmt bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen, der Förderung der Energieeffizienz und dem Ausbau der erneuerbaren Energien eine Vorreiterrolle ein. Gleichzeitig müssen wir aber davon ausgehen, dass die bereits eingetretenen und sich abzeichnenden Veränderungen des Klimasystems soziale, ökologische und ökonomische Folgen haben werden – auch in Deutschland. Neben den Anstrengungen zur Reduzierung der Emissionen von Treibhausgasen wird es zunehmend wichtig, uns auch an die nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels anzupassen: Mit umfassenden Strategien, die vor Ort umzusetzen sind und mit denen wir rechtzeitig beginnen müssen.

Böden spielen eine zentrale Rolle im Klimageschehen. Zwischen Böden und Atmosphäre findet der Austausch klimarelevanter Gase wie z. B. Kohlendioxid und Methan statt. Eine Schlüsselfunktion kommt den Böden als Kohlenstoff-Senke zu. Ihre Fähigkeit Kohlenstoff zu speichern, macht sie nach den Meeren zum zweitgrößten Treibhausgasspeicher der Erde. Es gilt als wahrscheinlich, dass sich der globale Kohlenstoffkreislauf unter den Bedingungen des Klimawandels verändert. Etwa ein Drittel aller von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen sind dabei auf Landnutzungsänderungen (z. B. Umwandlung von Forst- oder Grünlandböden in Ackerland) und eine nicht standortangepasste Bodenbewirtschaftung zurück zu führen.

Klimawandel & Klimafolgen in Deutschland

Der Klimawandel zeigt seine Folgen auch bei uns in Deutschland. So ist die Jahresmitteltemperatur bereits in den letzten beiden Jahrzehnten messbar angestiegen und wird auch zukünftig weiter zunehmen. Die Szenarien der Klimaforschung erwarten – abhängig vom verwendeten Klimamodell – zwischen rund 1 und 2,5 Grad Celsius (°C) Temperaturzunahme für den Zeitraum 2021 bis 2050 gegenüber dem Zeitraum von 1961 bis 1990. Für den Zeitraum 2071 bis 2100 liegen die Szenarien mit 1,5 bis 3,7°C noch deutlich höher. Sehr wahrscheinlich ist eine Erwärmung um 2 bis 3°C bis zum Ende dieses Jahrhunderts. Dabei prägt sich der Klimawandel regional und jahreszeitlich sehr unterschiedlich aus. Insgesamt wird es weniger Frosttage und mehr heiße Tage mit Höchsttemperaturen über 30°C geben. Auch wird die Zahl der Tropennächte steigen, d. h. Nächte, in denen die Temperaturen nicht unter 20°C sinken. Weiterhin ist mit mehr und längere Trockenperioden zu rechnen. Die Niederschläge könnten im Sommer um bis zu 30 Prozent abnehmen. Darüber hinaus sind häufigere und stärkere Extremwetterereignissen wie Starkniederschläge, Stürme und Hitzewellen zu erwarten.

Das Klima beeinflusst viele Bodenprozesse und damit auch die Bodenbildung und Bodenentwicklung, die Bodeneigenschaften sowie die Bodenfunktionen. Zu den wichtigen Funktionen des Ökosystems Boden gehören u. a. der Ab- und Umbau der organischen Substanzen, die Umwandlung von Stoffen, die Mobilisierung von Nährstoffen sowie die Regulierung des Wasser- und Lufthaushalts. Bodenprozesse wie z. B. die Verwitterung, Mineralneubildung, Zersetzung und Humifizierung sowie Gefügebildung vollziehen sich in großen Zeiträumen und sind stark von der Temperatur und der Wasserverfügbarkeit abhängig. Umso mehr gewinnt die Tatsache an Bedeutung, dass Boden eine begrenzte Ressource ist.

Mögliche Folgen des Klimawandels für Böden sind:

Veränderungen der Gehalte und Vorräte an organischer Bodensubstanz

Bei erhöhten Temperaturen werden die Mineralisationsprozesse im Boden und folglich der Abbau der organischen Substanz beschleunigt. Die Zusammenhänge sind jedoch so komplex, dass gegenwärtig keine gesicherten Aussagen über die Veränderungen der Gehalte und Vorräte an organischer Substanz möglich sind. Zum Beispiel können Pflanzen durch höhere Temperaturen auch mehr Biomasse bilden, so dass durch mehr Wurzelreste auch mehr Material für die Umwandlung in organische Substanz zur Verfügung steht. Unstrittig ist jedoch, dass Hoch- und Niedermoore die höchste Empfindlichkeit gegenüber dem Abbau der organischen Substanz aufweisen, da sie viel Kohlenstoff enthalten und dieser Vorrat nach der Entwässerung verstärkt abgebaut wird.

3

Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes

Infolge von wärmeren und trockeneren Sommern sowie feuchteren und milderem Wintern muss mit erhöhten Verdunstungsraten gerechnet werden. Diese können in einigen Regionen zu Abnahmen der Sickerwasserspense und der Grundwasserneubildung führen. Auch kann es zu einem Mangel an pflanzenverfügbarem Wasser in der Vegetationsperiode kommen. Betroffen sind insbesondere grundwasserferne Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität. Bei sinkenden Grundwasserständen kommt es weiterhin zu einer Zersetzung der in Mooren gebundenen organischen Substanz und damit zur Freisetzung von Klimagasen. In einigen Gebieten in Deutschland wird der Bedarf an Beregnung steigen. Die zunehmende und andauernde Trockenheit in den Sommermonaten führt in Verbindung mit einer steigenden Intensität der Niederschläge zu einem verstärkten Oberflächenabfluss. Als Folge nimmt die Wahrscheinlichkeit von lokalen und regionalen Hochwasserereignissen zu.

Eine zunehmende Erosionsgefährdung

Die zukünftig verstärkt zu erwartenden Starkregenereignisse, eine zunehmende Sommertrockenheit und Veränderungen der Bodenbedeckung als Folge der Anpassung an neue klimatische Verhältnisse führen zu einer Zunahme der Erosions-

gefahr für den Boden. Mögliche Auswirkungen sind der Verlust von humosem Oberbodenmaterial, eine Verlagerung von im Boden gebundenen Nähr- und Schadstoffen sowie ein daraus resultierender Anstieg diffuser Einträge in Gewässer. Eine in Folge des Klimawandels zunehmende Verdunstung führt bei gleichzeitiger prognostizierter Abnahme der Niederschläge im Sommerhalbjahr zu einem schnelleren Austrocknen des Oberbodens. Die Konsequenz ist eine Zunahme der Winderosion.

Ein höheres Risiko von Bodenverdichtungen

30 Prozent unserer Ackerfläche weisen eine so hohe Verdichtungsgefährdung auf, dass durch das Befahren mit Landmaschinen langfristig eine Beeinträchtigung der Böden zu erwarten ist. Durch die Zunahme der Niederschläge im Winterhalbjahr ist insbesondere in Gebieten mit Lössböden, Marschböden sowie Böden der Jungmoränenlandschaften mit einem Anstieg des Risikos der Bodenverdichtung zu rechnen. Zudem kann die prognostizierte Abnahme der Frosttage dazu führen, dass die Stabilität des Bodengefüges herabgesetzt wird. Mögliche Folgen der Bodenverdichtung sind eine Erhöhung des Erosionsrisikos, Ertragseinbußen und Staunässe.

Veränderungen der Biodiversität im Boden

Gesunde Böden sind ein komplexes und artenreiches Gefüge aus lebenden Organismen, mineralischer Materie und toter organischer Substanz. Sie beherbergen ein Viertel aller auf der Erde lebenden Arten. Mikroorganismen leisten einen entscheidenden Beitrag bei der Nährstoffbereitstellung, den Stoffflüssen und dem Stoffumsatz von Böden. Maßgeblich ist weiterhin ihre Rolle bei der Freisetzung klimarelevanter Spurengase. Standortsspezifische klimarelevante Faktoren wie Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur haben Einfluss auf das Vorkommen, die Verbreitung und die Leistung der Bodenorganismen.

Veränderungen im Stoffhaushalt

Der Gehalt des Bodens an organischer Substanz beeinflusst die Mobilität von pflanzenverfügbaren Nähr- und Schadstoffen. Wird organische Substanz im Boden infolge des Klimawandels abgebaut, so kommt es zu einer Mobilisierung der daran gebundenen Stoffe. Diese können durch die Erhöhung der Niederschlagsintensität verstärkt mit dem Sickerwasser ausgelagert werden und/oder durch die Erhöhung der Temperatur an der Bodenoberfläche ausgasen. Darüber hinaus sind Böden



auch als Standorte für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung vom Klimawandel betroffen. Je nach Region sind negative Effekte wie zum Beispiel Sturmschäden im Wald oder eine abnehmende Ertragsicherheit durch Dürren, aber auch positive Effekte wie eine Ertragssteigerung für einige Fruchtarten auf bestimmten Standorten zu erwarten. Die Klimaänderungen und die Auswirkungen des Klimawandels auf die natürlichen Bodenfunktionen werden regional unterschiedlich sein. Vor diesem Hintergrund ist eine regionale Betrachtung der Klimawirkungen unerlässlich.

Grundsätzlich gilt: Wer Böden schützt, trägt einerseits zum Klimaschutz bzw. zur Minderung der Folgen des Klimawandels bei. Andererseits ist Klimaschutz ein wichtiger Baustein zum Bodenschutz, da er die Belastung der Böden vermindert.

Risiken und Anfälligkeit

Die Risiken und die Anfälligkeit des Bodens für Wirkungen des Klimawandels ergeben sich aus:

- Der Exposition gegenüber Klimaänderungen: In welchem Maße sind Böden von geänderten Klimabedingungen wie z. B. Extremereignissen betroffen?
- Der Empfindlichkeit der Böden gegenüber Klimaänderungen: Welche Böden sind besonders empfindlich?

Die Gehalte und Vorräte an organischem Kohlenstoff sind in deutschen Acker-Oberböden sehr verschieden. Bodennutzung, Bodentyp und Bodenbedeckung sowie weitere Standortfaktoren sind entscheidend für eine durch den Klimawandel bedingte Zu- oder Abnahme der Vorräte an organischer Bodensubstanz. Auf der Basis der derzeit vorhandenen Daten kann in Deutschland weder der Status Quo der Kohlenstoffgehalte in Böden umfassend beurteilt werden, noch lassen sich Trends über die Veränderung ableiten. Fest steht jedoch, dass bereits geringfügige Änderungen im Kohlenstoffgehalt der Böden erhebliche Auswirkungen auf die Bodenqualität und das Klima haben. Wichtig ist ferner, dass die Art der Landnutzung einen größeren Einfluss auf die Änderungen der Vorräte der organischen Bodensubstanz hat, als der Klimawandel selbst.

Der erosive Bodenabtrag durch Wasser ist in Deutschland auf landwirtschaftlichen Flächen ein ernstzunehmendes Problem. Im Ergebnis eines vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und dem Umweltbundesamt (UBA) beauftragten Forschungsprojekts liegt erstmals eine bundesweite Abschätzung der Entwicklung der Bodenerosion in Deutschland unter sich ändernden Klimabedingungen

bis zum Jahr 2100 vor. Die Ergebnisse zeigen einen Anstieg der nutzungsabhängigen Erosionsgefährdung auf den ackerbaulich genutzten Flächen Deutschlands. Die ausgewiesenen Kerngebiete umfassen große Teile der Deutschen Mittelgebirgsschwelle, vom Rheinischen Schiefergebirge über das Hessische und Niedersächsische Bergland bis zum Thüringer Becken und in die Sächsischen Lössgebiete hinein. Insbesondere in diesen Gebieten müssen verstärkt Anpassungsmaßnahmen durch die Landwirtschaft erfolgen. Für kleinräumigere Aussagen bedarf es höher aufgelöster Informationen. Häufigere Frost-Tau-Wechsel und Starkniederschläge können in den Alpen und in den Mittelgebirgen die Bildung von Murgängen, Hangrutschungen und Steinschlägen begünstigen. Das Auftauen von Permafrost in den Hochalpen reduziert die Hangstabilität. Potenziell winderosionsgefährdet sind vor allem Sand- sowie entwässerte Moor- und Niedermoorböden im Norden und Nordosten Deutschlands.

Mit Blick auf die Komplexität des Systems Boden gibt es derzeit noch eine Vielzahl offener Fragen und beträchtlichen Diskussions- und Forschungsbedarf zu den Risiken und die Anfälligkeit der Böden.

Wie anpassen? Anpassungsmaßnahmen und ihre Potenziale

6

Die Bundesregierung bündelt die Anpassungsaktivitäten in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Die Strategie legt den Grundstein für einen mittelfristigen Prozess, in dem die entsprechenden Ziele definiert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden sollen. In diesem Zusammenhang veranstaltet das Umweltbundesamt Informations- und Dialogforen. Hier diskutierten Vertreterinnen und Vertreter verschiedenster Akteursgruppen jeweils Anpassungsbedarfe und erarbeiteten erste Handlungsempfehlungen.

Empfehlungen für Anpassungsmaßnahmen sind:

- Erhalt, Wiederherstellung bzw. nachhaltige Verbesserung der Kohlenstoff-Senkenfunktion der Böden. Überbauungsschutz besonders speicherfähigen Böden, Rekultivierung oder Renaturierung von devastierten Flächen, Vermeidung des Grünlandumbruchs sowie Regeneration und Schutz von Hoch- und Niedermooren sind dabei wichtige Aspekte. Ebenso sind die Bestimmung der Veränderungen der Gehalte des Bodenkohlenstoffs und deren Ursachen auf Ackerböden Deutschlands notwendig.
- Verringerung des Flächenverbrauchs bei der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung und Flächenentsiegelung. Diese Aktivitäten führen zur Freihaltung der Böden für

die Versickerung von Regenwasser und zu Minimierung des Hochwasserrisikos in Überschwemmungsgebieten. Die Entsiegelung und Rekultivierung von Flächen in Großstädten tragen darüber hinaus dazu bei, das Stadtklima zu verbessern.

- Konkretisierung und Weiterentwicklung der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung im Sinne des Klimaschutzes und möglicher Klimafolgen sowie eine regelmäßige Einhaltung- und Erfolgskontrolle.
- Erarbeitung rechtlicher und fachlicher Grundlagen zur Integration von Klimaschutzaspekten im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV).
- Weiterentwicklung der Regionalen Klimamodelle, um die bestehenden Unsicherheiten bei der Prognose der Niederschläge, ihrer Verteilung und der Vorhersage der Extremereignisse zu verringern.
- Sicherstellung und Weiterentwicklung der beim Bund und in den Ländern sowie bei Forschungseinrichtungen betriebenen Mess- und Erhebungsprogramme für Bodendaten im Hinblick auf die Erfordernisse eines auf den Klimawandel bezogenen Bodenmonitorings. Dazu gehört beispielsweise auch der Aufbau und Etablierung eines systematischen, vergleichbaren und deutschlandweiten Erosionsmonitorings. Nur mit diesen Grundlagen ist es möglich, die aus dem Klimawandel resultierenden Veränderungen des Bodenzustands und der Bodenqualität mit konkreten Daten und belastbaren Zeitreihen zu dokumentieren.

Anpassungsmaßnahmen müssen sowohl auf nationaler, regionaler sowie auf lokaler Ebene getroffen werden. Um Zielkonflikte zu vermeiden, bedarf es einer sektorübergreifenden Abstimmung der Anpassungsmaßnahmen.

Was schon getan wird: Gute-Praxis-Beispiele

Die von der Bundesregierung im Dezember 2008 beschlossene Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) weist den Boden als eines von 14 Handlungsfeldern aus und formuliert erste Handlungsoptionen zur Klimaanpassung. Im Juni 2010 veröffentlichte die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) das Positionspapier „Klimawandel – Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes“. Auf Länderebene wurden in den vergangenen drei Jahren verstärkt Konzepte zur Klimaanpassung unter bodenschutzrelevanten Gesichtspunkten erarbeitet. Das Positionspapier der LABO und die in vielen Bundesländern vorliegenden Strategiepapier-

re enthalten Empfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel unter bodenschutzfachlichen Gesichtspunkten. Anhand dieser und weiterer Grundlagen war es möglich, Handlungsempfehlungen zum Schutz des Bodens vor nachteiligen Klimafolgen in den Aktionsplan Anpassung der Bundesregierung einzubringen.

Im Rahmen eines vom BMU und dem UBA geförderten Forschungsprojekts wurden die Aktivitäten des Bodenmonitoring und der Bodenzustandserhebung sowie weitere Messaktivitäten erstmals bundesweit und messnetzübergreifend betrachtet. Es liegen Handlungsstrategien für die künftige effiziente Nutzung der erhobenen Daten für die Klimafolgen- und Anpassungsforschung vor und es werden Vorschläge zur Verbesserung der Verfügbarkeit von Bodendaten unterbreitet.

Grundlage für dieses Themenblatt ist die Auswertung einer Reihe von Forschungsprojekten und Dokumenten. Es stellt keine abgestimmte Bewertung der Bundesregierung dar. Die wichtigsten Forschungsprojekte und Gremien lauten:

LABO-Positionspapier „Klimawandel – Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes“:
www.labo-deutschland.de

CLIMSOIL - Review of existing information on the interrelations between soil and climate change:
http://ec.europa.eu/environment/soil/review_en.htm

BOKLIM – Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung: www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projekt-katalog/boklim-anwendung-von-bodendaten-in-der

KlimLandRP - interdisziplinäres Forschungsprojekt Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz:
www.klimlandrp.de

Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser: www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projekt-katalog/untersuchungen-zu-auswirkungen-des-klimawandels-auf

.....

Mehr Informationen zum Thema Anpassung an den Klimawandel: www.anpassung.net

.....

Herausgeber:
Umweltbundesamt
KomPass
Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
kompas@uba.de

www.umweltbundesamt.de
www.anpassung.net

Autoren:
ahu AG Wasser-Boden-Geomatik,
www.ahu.de,
Jeannette Mathews, Umweltbundesamt,
Fachgebiet II 2.7, Bodenzustand, Bodenmonitoring

Titelbild:
© Susanne Kambor

Stand: Juli 2011