

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Rolle des Bodens im Klimawandel

Akteure: Berater*innen, Mitarbeiter*innen von Behörden, Landwirt*innen, Lehrer*innen, Interessenvertreter*innen, Interessierte

Lernziel: Böden (bzw. die Pedosphäre) nehmen als Standorte landwirtschaftlicher Produktion im Kontext des Klimawandels eine besondere Rolle ein und sind weitaus mehr als nur der „Dreck unter unseren Füßen“.

Die Wechselwirkungen zu andern Sphären sowie grundlegende Regelungs- und Austauschprozesse werden erklärt, sodass der Teilnehmende für die besondere Schutzwürdigkeit des Bodens sensibilisiert wird.

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Rolle des Bodens im Klimawandel

Ziel des Vortrags

Als Grenz- und Austauschfläche verschiedener Sphären, kommt dem Boden im Klimasystem eine oft nicht genug beachtete Relevanz zu. Insbesondere in der landwirtschaftlichen Produktion muss dem Boden als primäres Produktionsgut außerordentliche Beachtung und Schutzwürdigkeit zugeschrieben werden.

Beschrieben werden Entstehungsprozess, grundlegende Funktionen und Eigenschaften, gefährdende Prozesse sowie die (Regelungs-) Funktionen im Klimasystem (Temperatur und Strahlung, Wasser- und Stoffkreisläufe, sich verändernde Erosionsdisposition).

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

1 Entstehung von Böden – Einleitung und Allgemeines

Im Folgenden soll die Rolle des **Bodens** bzw. der **Pedosphäre** aus Biogeowissenschaftlicher Perspektive erläutert werden. Dabei ist der Boden das Substrat bzw. die „dünne Haut der Erde“ unterhalb der eigentlichen Erdoberfläche.

Die **Pedosphäre** besteht aus **festen** (mineralische und organische Bodensubstanz), **flüssigen** (Bodenwasser) und **gasförmigen** (Bodenluft) **Bestandteilen**. Diese Mischung kann eine Vielzahl an **Bodentypen** mit unterschiedlichsten Eigenschaften ausprägen (Abb. 1.6.1).

Die in Deutschland bzw. Mitteleuropa vertretenen Böden sind hauptsächlich in der Zeit seit der letzten Eiszeit (12.000 Jahre) entstanden. Die **Bodenentwicklung (Pedogenese)** ist also ein sehr **langsamer Prozess**, wobei nachhaltig schädliche **Bodenveränderungen (Degradationsphänomene)** **schnell** eintreten können. Ein Entgegenwirken ist dann nur sehr langsam oder gar nicht möglich.



Abb. 1.6.1: Verschiedene Bodenproben im Labor
(Foto: Illiger, 2015)

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

1 Entstehung von Böden

Damit ein Boden entstehen kann sind verschiedene Faktoren nötig – die Entstehung ist also eine Funktion von „**bodenbildenden Faktoren**“. Diese sind:

- Primärfaktoren*
- **Zeit**
 - **Klima**
 - **Geologie/Ausgangsgestein**
 - **Relief**
 - **menschlicher Einfluss**

- Sekundärfaktoren*
- **Wasserhaushalt**
 - **Flora & Fauna**
 - **Abtragsdynamik (Auf- und Abtrag)**

Das Zusammenwirken dieser Prozesse führt zu **Transformationsprozessen (Verwitterung, [Stoff-] Abbau, Umwandlung) und Translokations- [Verlagerungs-] Prozessen**

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

2 Funktionen und Eigenschaften von Böden

Böden haben **vier grundlegende Bodenfunktionen:**

- Lebensraum- und Lebensgrundlagenfunktion

Böden sind die Lebensgrundlage allen ober- und unterirdischen Lebens (Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen & Menschen)

- Regelungs-, Speicher- und Pufferfunktion

Böden speichern und regeln Stoffkreisläufe. Filtern, puffern und speichern z.B. Wasser.

- Nutzungsfunktion

Böden sind Produktionsgrundlage für Land- und Forstwirtschaft. Sie werden als Fläche für verschiedenste Zwecke (Siedlung, Verkehrsweg, Rohstoffabbau) genutzt

- Archivfunktion

Böden sind natürliche Archive der Landschaftsentwicklung (Archiv natürlicher Prozesse – eiszeitliche Prägung; anthropogene Archive – Reste historischer Siedlungen)

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

3 Funktionen und Eigenschaften von Böden

Böden haben eine Vielzahl von Eigenschaften. Aus deren Summe bzw. deren Kombination geht der **Bodentyp** hervor.

Einige (insbesondere im landwirtschaftlichen Kontext) wichtige **Bodeneigenschaften** sind:

- Bodengefüge/Gefügeformen, Porenvolumen (Größe und Verteilung der Bodenporen), Bodentextur/Bodenart (Größenverteilung der festen Bodenbestandteile), Nährstoffhaushalt (Gehalt und Verfügbarkeit von Nährstoffen), organische Substanz/Humus (kann grob aus Bodenfarbe abgeleitet werden), Bodenleben (Bioturbation/ Bodenwühler oder menge Regenwürmer), Kationenaustauschfähigkeit/Basensättigung/Säurepuffer, Saugspannung des Bodenwassers

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4 Böden und Klima

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, kommt es im Klimasystem zu komplexen Wechselbeziehungen und Rückkopplungseffekten – ein Kompartiment dabei ist auch der Boden, der eine zentrale Rolle im Klimageschehen einnimmt.

Auf der einen Seite sind Böden und deren Eigenschaften unmittelbar von Klimaänderungen betroffen - auf der anderen Seite können Eingriffe und Veränderungen von Bodeneigenschaften Auswirkungen auf das Klima haben.

Zentrale Punkte, die im Folgenden erklärt werden sollen, sind dabei:

Temperaturregelung, Veränderung der Gehalte an organischer Substanz, Veränderungen im Stoffhaushalt bzw. beim Austausch von Gasen, Veränderung des Bodenwasserhaushaltes, erhöhte Erosionsgefährdung und Risiko der Bodenverdichtung, Veränderung der Biodiversität

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4.1 Böden und Klima - Temperatur

Boden und Atmosphäre (Vortrag 1.2) tauschen wechselseitig **Energie** aus. Der Boden **speichert** unter anderem **Wasser**. Über die direkte und indirekte **Verdunstung** (Evaporation und Transpiration; zusammen Evapotranspiration) beeinflusst der Boden das lokale sowie das regionale Klima.

Die Umwandlung von Wasser in Wasserdampf benötigt Energie, die der umgebenen Luft entzogen wird, wodurch sich diese abkühlt. Es entsteht **Verdunstungskälte**. Es handelt sich demnach um eine **Kühlleistung der Böden** (abhängig von Wassergehalt und Vegetation).



Abb. 1.6.2: Regen führt zu (Bodenwasser-) Speicheränderung (Foto: Illiger 2012)

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4.2 Böden und Klima - Veränderung der organischen Bodensubstanz

Böden speichern weltweit ungefähr fünfmal soviel **Kohlenstoff (Senkenfunktion)** wie die oberirdische Biomasse und doppelt soviel wie die Atmosphäre. Böden bilden nach den Ozeanen den **zweitgrößten Treibhausgasspeicher** der Erde (siehe Vortrag 1.2).

Bei erhöhten Temperaturen werden die Mineralisationsprozesse im Boden und folglich der Abbau der organischen Substanz beschleunigt.

Jedoch kann auch ein positiver Effekt beobachtet werden; so können Pflanzen durch höhere Temperaturen auch mehr Biomasse bilden, sodass durch eine höhere unterirdische Biomasse (Wurzelreste) auch mehr Material für die Umwandlung in organische Substanz zur Verfügung steht.

Moore weisen die **höchste Empfindlichkeit** gegenüber dem **Abbau der organischen Substanz** auf, da sie viel Kohlenstoff enthalten und dieser Vorrat nach der Entwässerung verstärkt abgebaut wird (vgl. Paludikultur).



Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4.3 Böden und Klima - Veränderungen im Stoffhaushalt und beim Austausch von Gasen

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 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.

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4.4 Böden und Klima - Veränderung des Bodenwasserhaushaltes

Infolge von wärmeren und trockeneren Sommern sowie feuchteren und milderen Wintern muss mit **erhöhten Verdunstungsraten** gerechnet werden. Diese können in einigen Regionen zu **Abnahmen der Sickerwasserspende** 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.

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4.5 Böden und Klima - Erosionsgefährdung und Gefahr der Bodenverdichtung

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 Erosionsgefahr** 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**.
(Darauf wird im Themenkomplex 2 „Klimafolgen“ detailliert eingegangen).

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4.5 Böden und Klima - Erosionsgefährdung und Gefahr der Bodenverdichtung

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**.

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

4.6 Böden und Klima - Veränderung der Biodiversität

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.

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



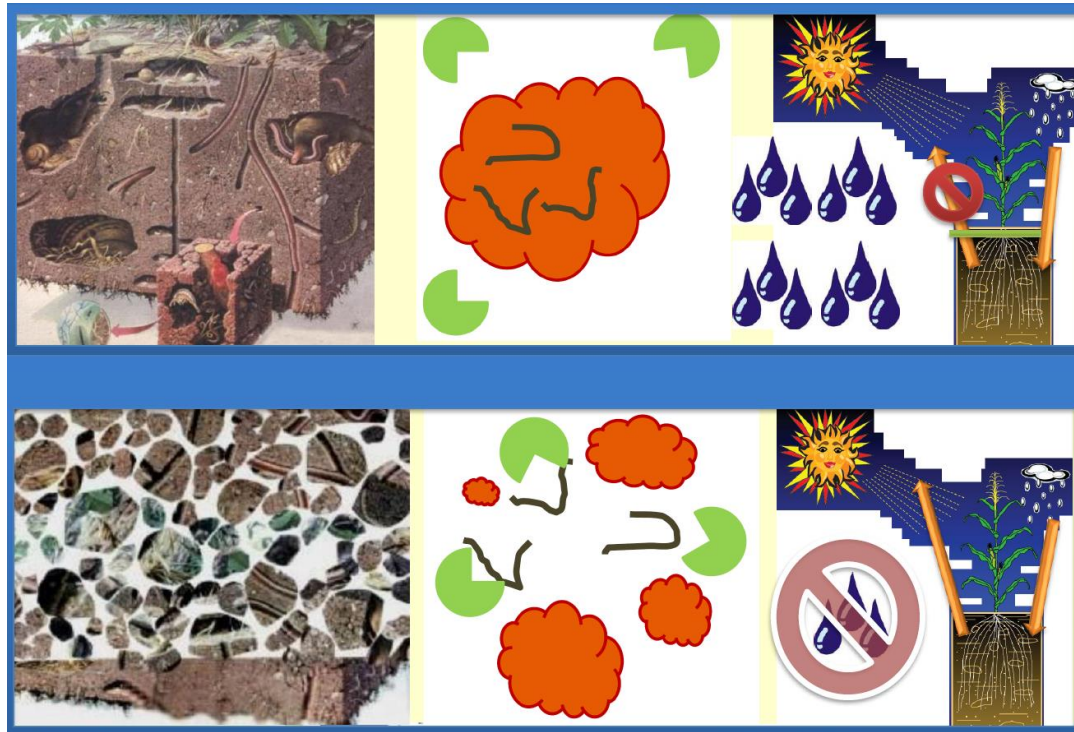
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

5 Einfluss der Landnutzung



Die Abbildung soll verdeutlichen, dass Ackerböden stärker von der Zunahme klimatischer Extreme betroffen sind als Grünlandböden. Störungen des natürlichen Bodengefüges durch Bodenbearbeitung wirken sich auf die biologische Vielfalt und Aktivität, die mikrobielle Aktivität und damit verbundene Kohlenstoffspeicherung sowie den Bodenwasserhaushalt aus.

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

5 Einfluss der Landnutzung

Vom soeben beschriebenen **Erosionsrisiko** sind **vor allem Ackerböden** betroffen. Denn bei Ackerböden kann **besonders** zu den Zeiten, **wenn der Boden nicht** oder nur mit zarten, kleinen Pflanzen nach der Saat **bedeckt ist**, **Erosion** durch Wasser und Wind zunehmen. In Zukunft wird es daher immer wichtiger werden, den Anbau von Feldfrüchten und den Umgang mit Böden gut zu managen, um mögliche klimabedingte Probleme durch eine **angepasste Bewirtschaftung** auszugleichen. Grünlandböden als Wiesen- und Weideböden sind gegenüber Klimawandel in der Regel stabiler als Ackerböden, wobei auch hier eine klimabedingte Reduktion des Humusgehaltes möglich ist.

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

6 Zusammenfassung und Fazit

- Böden (bzw. die Pedosphäre) nehmen im Kontext des Klimawandels eine besondere Rolle ein und sind mehr als nur der „Dreck unter unseren Füßen“
- Böden bestehen aus festen, flüssigen und gasförmigen Bestandteilen
- Bodenbildung (Pedogenese) ist sehr langsamer Prozess (von mehreren tausend Jahren); schädliche Bodenveränderungen (Degradation) können sehr viel schneller eintreten
- Bodenbildende Faktoren sind z.B. Zeit, Klima, Geologie, Relief, Mensch, Wasser(-haushalt), Flora und Fauna, Abtragsdynamik
- Bodenfunktionen: Lebensraum- und Lebensgrundlagenfunktion; Regelungs-, Speicher- und Pufferfunktion; Nutzungsfunktion, Archivfunktion
- Bodeneigenschaften sind z.B. Horizonte, Bodengefüge, Porenvolumen, Bodentextur (Korngrößenverteilung), Nährstoffhaushalt, Bodenleben, Saugspannung
- Aus Summe und Kombination der Eigenschaften geht Bodentyp hervor (z.B. Braunerde, Schwarzerde, Podsol, Rendzina, Gley)
- Klima beeinflusst den Boden z.B. bei: Temperaturhaushalt, Veränderung org. Substanz, Veränderungen im Bodenwasserhaushalt, Erosionsgefährdung
- Landnutzung und Klimawandel haben einen direkten Zusammenhang

Informationsvortrag 1.6

Themenkomplex Klimawandel

Thema 6:

Die Rolle des Bodens im Klimawandel



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Quellen und weiterführende Links

Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K., Wilke, B.-M. (2018): Scheffer und Schachtschabel – Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Springer-Spektrum. Berlin-Heidelberg.

LLG (2018): Beratungsleitfaden Bodenerosion und Sturzfluten - Lokale Kooperation zwischen Landwirten und Gemeinden sowie weiteren Akteuren zur Vermeidung von Bodenerosion. Schriftreihe der LLG, Heft 1/2018. Bernburg. <[llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/agraroekologie/18_erosionsleitfaden.pdf](http://lg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/agraroekologie/18_erosionsleitfaden.pdf)>

UBA (2017): Bodenerosion durch Wind – Sachstand und Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr. Dessau. <www.umweltbundesamt.de/publikationen/bodenerosion-durch-wind>

Die Informationsvorträge sind Teil des Weiterbildungsangebotes im Rahmen des Projektes:
BIKASA – Bildungsmodule zur Klimaanpassung für den Agrarsektor Sachsen-Anhalts

Herausgeber:
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Geowissenschaften und Geographie
Von-Seckendorff-Platz 4
06120 Halle (Saale)

Patrick Illiger | Dr. Detlef Thürkow | Dr. Gerd Schmidt | Dr. Anne-Kathrin Lindau | Christopher Krause

Informationsvortrag 1.6
Themenkomplex Klimawandel
Thema 6:
Die Rolle des Bodens im Klimawandel

BIKASA



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages