

Antwort

der Bundesregierung

auf die Kleine Anfrage des Abgeordneten Uwe Schulz und der Fraktion der AfD – Drucksache 21/6493 –

Bodenschutz, Edaphon und CO₂-Bilanzierung beim Ausbau erneuerbarer Energien und der Stromnetzinfrastuktur

Vorbemerkung der Fragesteller

Böden erfüllen aus Sicht der Fragesteller zentrale ökologische, wirtschaftliche und agrarische Funktionen. Sie speichern Wasser, stellen Nährstoffe bereit, bilden die Grundlage landwirtschaftlicher Erzeugung, binden Kohlenstoff (CO₂) und dienen als Lebensraum für Bodenorganismen. Der „Bodenatlas 2024“ beschreibt Böden als lebenswichtige Ressource und hebt hervor, dass Humus Wasser speichert, Nährstoffe bereitstellt, die Bodenstruktur fördert und dadurch gesundes Pflanzenwachstum ermöglicht (www.boell.de/sites/default/files/2024-05/bodenatlas2024_ii_v03_b.pdf).

Nach der im Jahr 2026 aktualisierten Darstellung des Umweltbundesamtes waren Ende 2024 in Deutschland 52 266 Quadratkilometer als Siedlungs- und Verkehrsfläche ausgewiesen; davon waren nach Angaben der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder etwa 45 Prozent versiegelt. Versiegelte Böden können ihre natürlichen Funktionen nur noch eingeschränkt oder gar nicht erfüllen, insbesondere im Hinblick auf Wasserhaushalt, Bodenleben, Filter- und Pufferfunktionen sowie natürliche Bodenfruchtbarkeit (www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung).

Der Ausbau sogenannter erneuerbarer Energien, die Verdichtung der Stromnetzinfrastuktur sowie die zunehmende Errichtung unterirdischer Übertragungs- und Verteilnetze können nach Ansicht der Fragesteller je nach Vorhaben, Standort und Bauweise mit erheblichen Eingriffen in Böden, landwirtschaftliche Nutzflächen und gewachsene Kulturlandschaften verbunden sein. Die Bundesnetzagentur teilte 2024 mit, dass im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung zum Netzentwicklungsplan 2023 – 2037/2045 die voraussichtlichen Umweltauswirkungen von 185 Netzausbaumaßnahmen bewertet wurden, darunter 143 Freileitungen, 15 Erdkabel und 27 See- beziehungsweise Erdkabelmaßnahmen (www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2024/20240531_Umweltbericht.html).

Die Bundesregierung erklärte 2026, sie wolle den Stromnetzausbau effizienter und schneller gestalten und dabei stärker auf Freileitungen statt Erdkabel setzen (www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/ausbau-stromnetze-2426546). Neben der unmittelbaren Flächeninanspruchnahme durch Windenergieanlagen, Freiflächen-Photovoltaikanlagen, Umspannwerke, Konverterstatio-

nen, Baustellenflächen, Zuwegungen und Netzanschlüsse betrifft dies insbesondere großräumige Erdkabeltrassen. Im Wissenschaftsdialog Umwelt der Bundesnetzagentur wurden 2024 ausdrücklich Erdkabel-Umwelt-Interaktionen, thermische Kabelemissionen, hydrothermische Bodenparameter und Bettungsmaterialien behandelt (www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/Veranstaltungen/2024/Widi/Praesentation_Wutke.pdf?__blob=publicationFile). Photovoltaik-Freiflächenanlagen können nach einer BfN-Veröffentlichung (BfN = Bundesamt für Naturschutz) aus dem Jahr 2024 insbesondere während der Bau- und Rückbauphase Auswirkungen auf das Schutzgut Boden entfalten (www.natur-und-erneuerbare.de/fileadmin/Daten/Download_Dokumente/01_Skripte/BfN_Schriften-705-Photovoltaik-Freiflaechenanlagen-2024.pdf). Die Gesamtheit der im Boden lebenden Organismen wird als Edaphon bezeichnet; dazu zählen Bodenflora und Bodenfauna.

Der Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 21. Wahlperiode sieht vor, den Ausbau „erneuerbarer Energien“ fortzuführen, die Netze zu modernisieren und Planungs- und Genehmigungsverfahren zu beschleunigen. Zugleich heißt es dort, der Ausbau „erneuerbarer Energien“ solle „netzdienlich“ erfolgen, Netze sollten „kosteneffizient“ ausgebaut werden, und bei neu zu planenden Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsnetzen solle geprüft werden, wo eine Umsetzung als Freileitung möglich sei (www.koalitionsvertrag2025.de/sites/www.koalitionsvertrag2025.de/files/koav_2025.pdf). Diese Aussagen zeigen den Fragestellern, dass die Bundesregierung technische, ökologische, wirtschaftliche und finanzielle Varianten des Netzausbaus politisch neu gewichten will. Aus Sicht der Fragesteller muss dabei auch geprüft werden, welche Folgen Erdkabel und Freileitungen jeweils für Böden, Bodenorganismen, Flächenverbrauch, landwirtschaftliche Nutzung, Baukosten, Betriebsrisiken und langfristige Wiederherstellungskosten haben.

Die Bundesnetzagentur hat in ihrem Rahmenpapier „Bodenschutz beim Stromnetzausbau“ darauf hingewiesen, dass die Berücksichtigung des vorsorgenden und nachsorgenden Bodenschutzes die Akzeptanz der Erdverkabelung verbessern und damit den Stromnetzausbau insgesamt beschleunigen könne. Zugleich werden dort baubedingte und anlagebedingte Auswirkungen wie Bodenverdichtung, Bodenvermischung, Eingriffe in den Bodenwasserhaushalt und die Wärmeabgabe von Erdkabeln thematisiert (www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/Fachpublikationen/Bodenpapier_2020.pdf?__blob=publicationFile).

Für kleine und mittlere landwirtschaftliche Betriebe, Grundeigentümer, Netzbetreiber, mittelständische Tiefbauunternehmen und energieintensive Betriebe sind aus Sicht der Fragesteller die Folgen des Netzausbaus nicht nur ökologische, sondern auch wirtschaftliche Fragen. Bodenschäden, Drainageschäden, Ertragsausfälle, Bewirtschaftungerschwernisse, langfristige Einschränkungen der Nutzbarkeit und ungeklärte Entschädigungsfragen können die Akzeptanz und die Kosten von Energieinfrastrukturprojekten erheblich beeinflussen. Zugleich muss nach Ansicht der Fragesteller die Bundesregierung darlegen, ob die von ihr ausgewiesenen „Klimaschutzwirkungen“ sogenannter erneuerbarer Energieanlagen und Netzinfrastrukturen die CO₂-Wirkungen von Bodeneingriffen vollständig berücksichtigen. Dazu gehören für die Fragesteller potenzielle Freisetzungen von Bodenkohlenstoff durch Aushub, Umlagerung, Verdichtung, Drainage, Versiegelung, Humusabbau, veränderte Bodenfeuchte und die Beeinträchtigung biologischer Bodenaktivität.

Aus Sicht der Fragesteller besteht daher ein erhebliches parlamentarisches Informationsinteresse daran, welche Erkenntnisse die Bundesregierung seit der Antwort auf Bundestagsdrucksache 19/9179 gewonnen hat, wie diese Erkenntnisse in den Ausbau „erneuerbarer Energien“ und der Stromnetzinfrastruktur einfließen, welche Rolle das Edaphon in Planungs-, Genehmigungs-, Monitoring-, Förder- und Bilanzierungsverfahren spielt und ob die Bundesregierung den Bodenschutz bei der Beschleunigung der Energiewende-Infrastruktur ausreichend berücksichtigt.

1. Welche Erkenntnisse liegen der Bundesregierung zu Auswirkungen des Ausbaus sogenannter erneuerbarer Energien und der Stromnetzinfrastruktur auf Bodenfunktionen, Bodenorganismen, Humusgehalt, Bodenwasserhaushalt und landwirtschaftliche Nutzbarkeit vor?

Der Ausbau erneuerbarer Energien und der Stromnetzinfrastruktur können je nach Technologie und Standort unterschiedliche Auswirkungen auf Böden haben. Durch den Ausbau werden Flächen in Anspruch genommen und vor allem während der Bauphase können Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen auftreten. Hierzu liegen entsprechende Leitfäden vor, um durch Minimierungsmaßnahmen die Beeinträchtigungen so weit wie möglich zu reduzieren. Bei Freiflächen-Photovoltaikanlagen (PV-FFA) lassen sich negative Effekte durch eine naturverträgliche Planung, bodenschonende Bauweise und geeignete Bewirtschaftung deutlich reduzieren oder vermeiden. Daher empfiehlt die Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt, Eingriffe auf geeignete Standorte zu konzentrieren und den Schutz der Bodenfunktionen sowie die langfristige landwirtschaftliche Nutzbarkeit bereits in der Planung zu berücksichtigen.

Die landwirtschaftliche Nutzbarkeit von angrenzenden Flächen ist durch Windkraftanlagen nicht beeinträchtigt, alle nicht direkt überbauten Flächen sind weiterhin nutzbar. Bei sogenannten Agri-Photovoltaikanlagen wird ein Großteil der Fläche (mindestens 85 Prozent) weiterhin landwirtschaftlich genutzt.

Ein kürzlich durch das Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende veröffentlichtes Gutachten (Link: www.naturschutz-energiewende.de/aktuelles/fachgutachten-zu-auswirkungen-von-solarparks-auf-boden-wasser-klima-und-luft/) hat Auswirkungen von Solarparks auf Boden, Wasser, Klima und Luft zusammengetragen.

Auch der Bau, die Anlage und der Betrieb von Höchstspannungsleitungen können je nach technischer Ausführung (Freileitung oder Erdkabel) Auswirkungen auf das Schutzgut Boden haben. Diese können einerseits zeitlich begrenzt sein (zum Beispiel während der Bauphase durch Belastungen von Baustraßen und Erdaushub), andererseits aber auch dauerhafte Beeinträchtigungen und Bodenveränderungen zur Folge haben (beispielsweise Versiegelung von Böden durch Fundamente oder auch Kabeltrassen). Dabei spielen die Empfindlichkeit und Beschaffenheit der Böden eine besondere Rolle. Details siehe hierzu auch: plus.netzausbau.de. Dementsprechend werden auf den verschiedenen Ebenen des Stromnetzausbaus (u. a. Strategische Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan, Bundesfachplanung, Planfeststellung) die Auswirkungen auf das Schutzgut Boden ebenengerecht berücksichtigt.

2. Welche Arbeitsdefinition des Begriffs „Edaphon“ verwendet die Bundesregierung in ihrem Verwaltungshandeln, in Ressortforschungsvorhaben, in Förderprogrammen sowie in Stellungnahmen zu Planungs- und Genehmigungsverfahren im Bereich sogenannter erneuerbarer Energien und Stromnetzinfrastruktur?

Der Begriff „Edaphon“ ist in der Bodenkunde und Bodenökologie ein etablierter wissenschaftlicher Sammelbegriff für die Gesamtheit der im Boden lebenden Organismen. Eine einheitliche, ressortübergreifende Arbeitsdefinition des Begriffs „Edaphon“ wird von der Bundesregierung als nicht erforderlich angesehen.

3. In welchen Gesetzen, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften, Leitfäden, Fachkonventionen oder ressortinternen Arbeitshilfen des Bundes wird das Edaphon nach Kenntnis der Bundesregierung ausdrücklich oder mittelbar als Schutzgut bei Energieinfrastrukturvorhaben berücksichtigt?

Das Edaphon wird als Teil des Schutzguts Boden z. B. in zahlreichen Gesetzen, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften, Leitfäden, Fachkonventionen oder Arbeitshilfen des Bundes sowie der Länder ausdrücklich oder mittelbar berücksichtigt.

Das Edaphon erfüllt wesentliche Funktionen im Boden wie z. B. Verbesserung der Bodenstruktur oder Schadstoffabbau und wird im Zusammenhang mit den Bodenfunktionen im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) berücksichtigt. Das BBodSchG zielt darauf ab, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen und Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion so weit wie möglich zu vermeiden. Eine natürliche Bodenfunktion ist die Funktion des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (§ 2 BBodSchG).

Im Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) erfolgt in § 1 Absatz 1 i. V. m. Absatz 3 BNatSchG die Maßgabe „Böden so zu erhalten, dass sie ihre Funktion im Naturhaushalt erfüllen können“. Da nach § 7 Absatz 1 Nr. 2 BNatSchG das Naturgut Boden dem Naturhaushalt zugeordnet ist, ist dieses auch Gegenstand der sogenannten Eingriffsregelung (§ 15 Absatz 1 BNatSchG).

Die Verordnung über die Vermeidung und die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung (BKompV) ordnet dem Schutzgut Boden in Anlage 1 Zeile 3 konkrete Funktionen zu (beispielsweise natürliche Bodenfunktionen, Regler- und Speicherfunktion, Filter- und Pufferfunktion, natürliche Bodenfruchtbarkeit), die im Rahmen der Eingriffsregelung abzu prüfen sind.

Im Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) ist der Boden ein eigenständiges Schutzgut und geht somit mit hohem Gewicht in die Umweltverträglichkeitsprüfungen zu Projekten und in die Strategischen Umweltprüfungen zu Plänen und Programmen ein.

Das Baugesetzbuch (BauGB) enthält ebenfalls Vorgaben zum Umgang mit Grund und Boden sowie dem Rückbau von Anlagen.

Weitere Informationen zum umwelt- und naturschutzverträglichen Ausbau erneuerbarer Energien finden sich u. a. hier:

Photovoltaik auf dem Acker? – Ein Positionspapier | Umweltbundesamt (www.umweltbundesamt.de/publikationen/photovoltaik-auf-dem-acker-ein-positionspapier)

Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen – Handlungsempfehlung (www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/479/publikationen/uba_umweltvertraegliche_standortsteuerung_von_solar-freiflaechenanlagen.pdf).

4. Welche Schlussfolgerungen zieht die Bundesregierung aus ihrer Antwort auf die Kleine Anfrage auf Bundestagsdrucksache 19/9179, wonach die Datenlage zur Biodiversität im Boden unvollständig sei, für die Bewertung von Bodeneingriffen beim Ausbau sogenannter erneuerbarer Energien und der Stromnetze?

In wissenschaftlicher Hinsicht besteht noch ein gewisser Forschungsbedarf im Hinblick auf die Biodiversität in Böden. Das Edaphon wird aber als Teil des Schutzguts Boden in Planungen und Prüfungen indikatorisch sehr gut abgebildet und hinreichend berücksichtigt. Diesbezüglich besteht kein Unterschied zu anderen Infrastrukturvorhaben wie Straßen, Schienenwegen, Wasserstraßen, Industrie-, Gewerbe- oder Wohnungsbau.

Die Datenlage zur Bodenbiodiversität wird stetig verbessert, unter anderem durch das vom BMUKN finanzierte Projekt BioDive4Soil (www.ime.fraunhofer.de/de/Forschungsbereiche/Geschaeftsfelder_AE/basiserhebung-bodenbiodiversitaet-BioDive4Soil.html).

Das Nationale Monitoringzentrum für Biodiversität (NMZB) sammelt und erhebt die vorliegenden Daten zur Biodiversität im Boden. Auf Basis der aktuell vorliegenden Erkenntnisse wird im Rahmen der Bodenbaubegleitung der Bodenschutz berücksichtigt.

5. Welche seit 2019 gewonnenen Erkenntnisse zu Bodenbiodiversität, Bodenorganismen, Humusgehalt, Bodenwasserhaushalt und Bodenfruchtbarkeit werden nach Kenntnis der Bundesregierung bei der Planung, Genehmigung und Bewertung von Energieinfrastrukturprojekten berücksichtigt?

Die Bundesnetzagentur steht in verschiedenen Formaten, u. a. in Workshops, im regelmäßigen Austausch mit den Fachbehörden und diversen Fachstellen (z. B. wissenschaftlichen Instituten, Ingenieurbüros sowie Hochschulen und Universitäten). Die Ergebnisse finden regelmäßig Eingang in die Beurteilung der Umweltauswirkungen (unter anderem Aktualisierung der Datengrundlage für die Strategische Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan). Im Übrigen wird darauf hingewiesen, dass viele Verfahren in Landeszuständigkeit liegen. Dort können dann auch die erwähnten Fragen bei den einzelnen Projekten Berücksichtigung finden.

Die Schonung von wertvollen Böden findet im BNatSchG verstärkte Berücksichtigung. Generell hat das Schutzgut Boden in Strategischen Umweltprüfungen, Umweltverträglichkeitsprüfungen und der Eingriffsregelung an Gewicht gewonnen. In den Unterlagen zum Stromnetzausbau bildet sich der Erkenntnisgewinn aus den o. g. Forschungsvorhaben auch darin ab, dass die differenzierte Berücksichtigung von Vermeidungs-, Minderungs- und Kompensationsmaßnahmen für den Boden in den vergangenen Jahren zugenommen hat.

Eine Folge des höheren Bewusstseins bezüglich des Bodens und aller seiner Komponenten ist, dass die Belange inzwischen nicht nur allgemein in die Umweltbaubegleitung einfließen, sondern oft eine eigenständige bodenkundliche Baubegleitung beauftragt wird.

Im Zuge von Bauprozessen werden inzwischen zahlreiche Schutzmaßnahmen zum Erhalt der Bodenbiodiversität, des Humusgehalts, der Bodenfruchtbarkeit und zum Schutz des Bodenwasserhaushalts z. B. gegenüber Verdichtung standardmäßig vorgesehen (vgl. z. B. Runge et al. 2021).

Es liegen verschiedene Leitfäden für unterschiedliche Vorhabentypen vor, in denen Angaben zur Berücksichtigung des Bodenschutzes getroffen werden.

Aus Sicht der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt sind für die Umsetzung von Energieinfrastrukturprojekten aus Bodenschutzsicht folgende Punkte besonders relevant und entscheidend (www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/1410/publikationen/2023_uba_kom_kbu.pdf):

- Geringstmögliche Bodeneingriffe und Bodenversiegelung,
- Verpflichtende bodenkundliche Baubegleitung (Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben, DIN 19639),
- Die Sicherung des vollständigen Rückbaus aller Anlagenbestandteile nach Nutzungsende.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz schreibt vor, dass konventionelle PV-FFA nur bei Erfüllung einer Auswahl von Mindestkriterien gefördert werden dürfen. Diese umfassen eine Beschränkung der Grundflächenüberdeckung durch die Module, die Durchführung von biodiversitätsfördernden Pflegekonzepten unter den Modulen (extensive Mahd oder Beweidung), die Gewährleistung der Durchgängigkeit für Tiere, die Anlage von stand-ortangepassten Biotopelementen auf mindestens 10 Prozent der Anlage und einen bodenschonenden Anlagenbetrieb (Verzicht auf Pflanzenschutz- oder Düngemittel, Reinigung allenfalls mit biologisch abbaubaren Mitteln). Die Berücksichtigung dieser Kriterien fördert auch die Bodenbiodiversität, Bodenorganismen, Humusgehalt, Bodenwasserhaushalt und Bodenfruchtbarkeit.

6. Welche Forschungsprojekte, Gutachten, Ressortforschungsvorhaben oder externen Beratungsleistungen hat die Bundesregierung seit dem Jahr 2019 zu Auswirkungen von Erdkabeln, Freileitungen, erneuerbaren Energieanlagen oder Netzinfrastruktur auf Bodenfunktionen und Bodenorganismen beauftragt oder gefördert?

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat die Übertragungsnetzbetreiber 2019 um einen Bericht zum Sachstand und den gewonnenen Erfahrungen mit Erdkabeln bei Höchstspannungs-Drehstromvorhaben nach § 5 Absatz 3 BBPIG gebeten. Der Bericht enthält auch Erfahrungen der Übertragungsnetzbetreiber zum Bodenschutz. Die Übertragungsnetzbetreiber haben den Bericht im Oktober 2020 veröffentlicht. Die Bundesnetzagentur hat Forschungsprojekte nicht selbst beauftragt, wird aber über die Ergebnisse von Forschungsprojekten sowie laufenden Monitoringverfahren von den entsprechenden Projektleitern der Hochschulen und den Vorhabenträgern informiert. Sie bindet selbst in Einzelfällen externe Umweltgutachter in konkreten Fragestellungen ein.

Im Hinblick auf die genannte Thematik sind folgende Forschungsvorhaben zu nennen:

- Hinweise und Empfehlungen zu Vermeidungsmaßnahmen bei Erdkabelvorhaben (FKZ 3518 86 0700), veröffentlicht als Runge et al. (2021).
- Methodenstandards für natur- und umweltbezogene Prüfungen zur Bundesfachplanung (FKZ 3518 86 0600), veröffentlicht als Runge et al. (2024)
- Erarbeitung von Hinweisen und fachlichen Empfehlungen zur Anwendung der Bundeskompensationsverordnung 2020 durch Bundesbehörden (FKZ: 3521841100), veröffentlicht als Mengel et al. (2025).
- Bodenfunktionsbewertung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO 2025),
- UBA-Texte 36/2025: Ökobilanzierung von Freileitungen, Land- und Seekabeln im Höchstspannungsbereich in Deutschland (Sutter et al. 2025) Leitfa-

den zum Vollzug der Bundeskompensationsverordnung bei Energieleitungsprojekten – Freileitungen und Erdkabel (BKompV-Leitfaden Energieleitungen)

- BfN-Schriften 606 – Hinweise und Empfehlungen zu Vermeidungsmaßnahmen bei Erdkabelvorhaben | BfN
- UBA-Texte 03/2026: Bodenschutz bei Erdwärmekollektoren
- UBA-Texte 41/2025: Hyridprojekte aus Windenergie und Photovoltaik
- UBA Handlungsempfehlung 2022: Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen – Handlungsempfehlung
- UBA-Texte 76/2022: Anpassung der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen im EEG
- UBA-Texte 35/2021: Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen

7. Welche Ergebnisse liegen der Bundesregierung aus der Strategischen Umweltprüfung zum Netzentwicklungsplan 2023–2037/2045 hinsichtlich der Auswirkungen von Freileitungen, Erdkabeln sowie See- und Erdkabelmaßnahmen auf Böden, landwirtschaftliche Nutzflächen und Bodenorganismen vor?

Die Ergebnisse sind im Umweltbericht der Strategischen Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan enthalten. Siehe hierzu folgende Dokumente [data.netzausba u.de/2037-2023/UB/Umweltbericht_2023_Teil_I-III.pdf](https://data.netzausba.u.de/2037-2023/UB/Umweltbericht_2023_Teil_I-III.pdf) und data.netzausba u.de/2037-2023/UB/Umweltbericht_2023_Teil_IV.pdf.

8. Welche konkreten Bodenschutzkriterien werden nach Kenntnis der Bundesregierung bei Variantenvergleichen zwischen Erdkabeln und Freileitungen für Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen berücksichtigt?

Im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan findet kein direkter Vergleich zwischen Erdkabeln und Freileitungen statt. Entsprechend der vom Gesetzgeber vorgegebenen Kennzeichnung im Bundesbedarfsplangesetz werden die Maßnahmen entweder als Erdkabel oder als Freileitung geprüft. Im Zuge der Strategischen Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan werden verschiedene Flächenkategorien, die das Schutzgut Boden abbilden, genutzt (Details siehe Anlage ab S. 288 ff data.netzausbau.de/2037-2023/UB/Umweltbericht_2023_Teil_I-III.pdf).

9. Welche Rolle spielen nach Auffassung der Bundesregierung Bodenfunktionen, Bodenkohlenstoff, Flächeninanspruchnahme, landwirtschaftliche Nutzung, Baukosten, Betriebskosten, Reparaturfähigkeit und Wiederherstellungskosten in den Wirtschaftlichkeits- und Variantenvergleichen zwischen Erdkabeln und Freileitungen?

Ein Vergleich zwischen Erdkabeln und Freileitungen findet nach derzeitiger gesetzlicher Grundlage bei der Strategischen Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan nicht statt (s. Frage 8).

10. Welche Schlussfolgerungen zieht die Bundesregierung aus der 2026 erklärten Zielsetzung, beim Stromnetzausbau stärker auf Freileitungen, statt auf Erdkabel zu setzen, für Bodenschutz, landwirtschaftliche Nutzung und langfristige Folgekosten?

Mit dem Wechsel auf Freileitungen für neue HGÜ-Vorhaben verfolgt die Bundesregierung das Ziel, die Kosten des Netzausbaus und damit die Auswirkungen auf die Netzentgelte für Verbraucherinnen und Verbraucher sowie Unternehmen zu senken. Der Bodenschutz spielt unabhängig von der Art der Verlegung der Leitung eine wichtige Rolle. Er ist bei der Genehmigung und beim Bau der Vorhaben auf die entsprechende Verlegeart und die örtlichen Gegebenheiten angepasst. Die boden- und grundwasserrelevanten Eingriffe durch Freileitungen dürften geringer sein als die durch Erdkabel.

Landwirtschaftliche Nutzungen sind bei Freileitungen anders betroffen als bei Erdkabeln. Während bei Erdkabeln bemängelt wird, dass neben Bodenschäden auch Bodenerwärmung und verringerte Erträge ein Nachteil seien, sind landwirtschaftliche Nutzungen bei Freileitungen betroffen, soweit diese die Mastfundamente und Nebenanlagen betreffen. Zu langfristigen Folgekosten kann die Bundesregierung keine Angaben machen.

11. Welche Erkenntnisse liegen der Bundesregierung zu betriebsbedingter Bodenerwärmung durch Erdkabeltrassen vor, insbesondere zu Temperaturveränderungen im Wurzelraum, Veränderungen der Bodenfeuchte, Auswirkungen auf Bodenmikroorganismen und Folgen für landwirtschaftliche Erträge?

Inwieweit die Bodenoberfläche oder Wurzelräume in nennenswertem Umfang von Erwärmung betroffen sind, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Dazu zählen vor allem die Verlegetiefe, das verwendete Bettungsmaterial, die Anordnung der Kabelstränge, der Abstand der Kabelstränge zueinander, die Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs sowie die tatsächliche Kabelauslastung. Bei der Wärmeableitung spielen die Bodenart der mittlere Wasserstand und der Humusgehalt eine zentrale Rolle (siehe Kap. 4.1.6, Hinweise und Empfehlungen zu Vermeidungsmaßnahmen bei Erdkabelvorhaben in Runge et al. 2021). In der Regel wird die Intensität der Auswirkung von Bodenerwärmung (Veränderung der Temperaturverhältnisse im Umfeld der Leitungen) auf das Schutzgut Boden als sehr gering eingestuft (siehe Kap. 4.4.2.3, BKompV-Leitfaden Energieleitungen in Mengel et al. 2025).

12. Welche technischen Vorgaben oder Empfehlungen bestehen nach Kenntnis der Bundesregierung für Bettungsmaterialien, Kabeltiefe, Trassenbreite, thermische Auslegung, Rückverfüllung und Rekultivierung, um Wärmeeffekte und Veränderungen des Bodenwasserhaushalts bei Erdkabeln zu begrenzen?

Die für die Errichtung von Höchstspannungserdkabeln bestehenden technischen Vorgaben und Empfehlungen stellen nicht auf Wärmeeffekte auf den Bodenwasserhaushalt und Veränderungen des Bodenwasserhaushalts ab.

Baumaßnahmen sind standort- und durchführungsabhängig, weshalb bei größeren Eingriffen eine bodenkundliche Baubegleitung vorgeschrieben werden kann (vgl. § 4 Absatz 5 BBodSchV).

13. Welche Maßnahmen hat die Bundesregierung gegebenenfalls ergriffen oder geplant, um einer Austrocknung des Erdbodens infolge betriebsbedingter Wärmeabgabe von Erdkabeln vorzubeugen?

Maßnahmen zum Bodenschutz legt die Planfeststellungsbehörde mit Planfeststellungsbeschluss fest. Das betrifft unter anderem Bestimmungen zur strikten Trennung von Bodenschichten, zur Verlegetiefe und Trassenbreite und zum Bettungsmaterial sowie zum Bodenmanagement im Bau und Betrieb im Rahmen des Bodenschutzkonzeptes. Die Rechtsgrundlagen für Bodenschutzmaßnahmen ergeben sich aus dem BBodSchG, der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) und dem BNatSchG.

Bei der Nachsorge sind die im Bodenschutzkonzept gemachten Auflagen und geplanten Maßnahmen umzusetzen, u. a. das Monitoring an repräsentativen Standorten zu den Auswirkungen auf den Temperatur- und Wasserhaushalt.

14. In wie vielen Vorhaben nach dem Bundesbedarfsplangesetz, dem Energieleitungsausbaugesetz oder dem Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz wurden nach Kenntnis der Bundesregierung seit dem Jahr 2019 bodenkundliche Baubegleitungen, Bodenschutzkonzepte oder langfristige Bodenmonitorings angeordnet oder durchgeführt?

Die Bundesregierung verfügt nicht über abschließende Kenntnisse zu den bodenkundlichen Untersuchungen, unter anderem deshalb, weil viele Verfahren in Landeszuständigkeit geführt werden.

Sofern die Verfahren von der Bundesnetzagentur durchgeführt wurden, finden die genannten Maßnahmen bodenkundliche Baubegleitung und Bodenschutzkonzept regelhaft in allen Planfeststellungsverfahren der Bundesnetzagentur, die unter das Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG) fallen, statt. Die konkret angeordneten Bodenschutzmaßnahmen zu den Vorhaben finden Sie auf der Seite netzausbau.de.

15. Welche Mindestanforderungen stellt die Bundesregierung im Rahmen ihrer Zuständigkeit an Monitoringkonzepte für Bodentemperatur, Bodenfeuchte, Bodenverdichtung, Humusgehalt und biologische Bodenaktivität bei Erdkabelvorhaben?

Seitens der Bundesregierung sind Maßnahmen im Rahmenpapier Bodenschutz beim Netzausbau aufgeführt: www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/Fachpublikationen/Bodenpapier_2020.pdf?__blob=publicationFile

16. Welche Erkenntnisse liegen der Bundesregierung zu Auswirkungen von Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf das Schutzgut Boden vor, insbesondere hinsichtlich Bauphase, Rückbauphase, Bodenverdichtung, Versiegelung, Humusentwicklung und landwirtschaftlicher Anschlussnutzung?

Im Rahmen der Errichtung von PV-FFA kommt es während der Bauphase zu einer stärkeren Beeinträchtigung der Bodenfunktionen. Hierzu liegen aktuelle Erkenntnisse vor (Feldwisch et al. (2026): Fachgutachten „Auswirkungen von Solarparks auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Klima und Luft“), und es gibt seit längerem Empfehlungen (Position der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) Juni 2023: Freiflächen-Photovoltaik – ja, aber nicht ohne Bodenschutz!).

Siehe dazu auch das Gutachten des KNE (Frage 1).

PV-FFA können insbesondere in Abhängigkeit vom Ausgangszustand und der Bewirtschaftungsweise im Einzelfall zur ökologischen Aufwertung einer Fläche und auch zur Bodenverbesserung (z. B. durch Aufbau eines Humusvorrats) beitragen. Je nach Umgebung und Ausgestaltung der PV-FFA ist es denkbar, dass Solar-Freiflächenanlagen in artenarmen ackerbaulich genutzten Landschaften als begrünte Trittsteinbiotope wirken und somit, für Boden und Wasserhaushalt positive Effekte erbringen können.

Zum Rückbau von Anlagen für die Erzeugung erneuerbarer Energien gibt es Handlungsanleitungen für Photovoltaikanlagen (www.umweltbundesamt.de/publikationen/photovoltaik-freiflaechenanlagen-rechtsfragen-zu). Diese beziehen das Schutzgut Boden in die Betrachtungen mit ein und empfehlen einen vollständigen Rückbau von während der Nutzung entstandenen Bodenversiegelungen.

17. Welche Daten liegen der Bundesregierung zu dauerhaften und temporären Flächeninanspruchnahmen durch Windenergieanlagen, Freiflächen-Photovoltaikanlagen, Netzanschlüsse, Umspannwerke, Konverteranlagen, Erdkabeltrassen, Baustellenflächen und Zuwegungen seit dem Jahr 2019 vor?

Die Strategische Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan enthält entsprechend der Planungsebene eine pauschalisierte Abschätzung der Flächeninanspruchnahme für den Stromnetzausbau in Zuständigkeit der Bundesnetzagentur (s. data.netzausbau.de/2037-2023/UB/Umweltbericht_2023_Teil_I-III.pdf Kapitel 9.2.1, Ergebnisse in Kapitel 14.2.2 und Steckbriefanhang data.netzausbau.de/2037-2023/UB/Umweltbericht_2023_Teil_IV.pdf).

Eine Windenergieanlage nimmt im Durchschnitt 0,53 Hektar dauerhaft und 0,59 Hektar temporär in Anspruch. Dies umfasst maßgeblich die Flächen für das Fundament, die Kranstellfläche und die Zuwegung.

Die Flächennutzung wird im EEG-Erfahrungsbericht ermittelt. Der Bericht wird auf der Grundlage von wissenschaftlichen Vorhaben erstellt, die auch veröffentlicht sind.

Die zum Jahresende 2025 bundesweit installierten PV-Freiflächenanlagen von 40 GW befinden sich auf einer Fläche von insgesamt rund 52.000 Hektar. Dies entspricht einem Anteil von 0,15 Prozent an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) in Deutschland.

18. Welche Datengrundlagen nutzt die Bundesregierung, um die Flächeninanspruchnahme durch sogenannte erneuerbare Energieanlagen und Stromnetzinfrasturktur bundesweit zu erfassen und in energiepolitische Entscheidungen einzubeziehen?

Der Umfang der Flächeninanspruchnahme wird von der Bundesnetzagentur für die Strategische Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan entsprechend Kapitel 9.2.1 berechnet (siehe Frage 17) und dem Gesetzgeber zur Verfügung gestellt.

19. In welchem Umfang werden nach Kenntnis der Bundesregierung Eingriffe in Böden, Bodenorganismen, Humusvorräte und Bodenwasserhaushalt bei Klimabilanzen, Lebenszyklusanalysen oder CO₂-Bewertungen von Anlagen sogenannter erneuerbarer Energieerzeugung und zugehöriger Netzinfrastruktur berücksichtigt?

Siehe auch Antwort zu Frage 1. Im Rahmen der Strategische Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan wird das Schutzgut Boden gemäß UVPG berücksichtigt.

Im Anwendungsbereich der BKompV ist dem Schutzgut Klima, Luft die Klimaschutzfunktionen zugeordnet (Anlage 1 Zeile 5 BKompV). Daher werden im Rahmen der Konfliktdanalyse Projektauswirkungen auch auf die Treibhausgaspeicher/-senkenfunktion von Böden betrachtet (inklusive gegebenenfalls notwendiger Kompensation) (siehe Kap. 4.4.2.5, BKompV-Leitfaden Energieleitungen von Mengel et al. 2025).

Für Windkraftanlagen und PV-Anlagen wird das Schutzgut Boden in die Ökobilanz mit einbezogen, versiegelte Flächen sollen beim Rückbau wieder entsiegelt -, Fundamente dann wieder mit standorttypischem Boden verfüllt werden (Hengstler et al., 2021; UBA-Texte 35/2021: Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen).

Auch für Freileitungen, Land- und Seekabel im Höchstspannungsbereich wurden Ökobilanzierungen unter Berücksichtigung des Schutzgutes ‚Bodens‘ vorgenommen (Suttler et al., 2025. Ökobilanzierung von Freileitungen, Land- und Seekabeln im Höchstspannungsbereich in Deutschland).

20. Wird die mögliche Freisetzung von Bodenkohlenstoff durch Aushub, Umlagerung, Verdichtung, Drainagewirkungen, Versiegelung, Humusabbau oder Veränderung des Bodenwasserhaushalts bei der Bewertung von Erdkabelprojekten, Freiflächen-Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen an Land durch Bundesbehörden quantifiziert?

Im Rahmen der Strategische Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan findet keine Quantifizierung der möglichen Freisetzung von Bodenkohlenstoff statt.

21. Welche Erkenntnisse hat die Bundesregierung über Auswirkungen durch die sogenannte Energiewende bedingter Bodeneingriffe auf kleine und mittlere landwirtschaftliche Betriebe, insbesondere hinsichtlich Ertragsausfällen, Bewirtschaftungerschwernissen, Bodenverdichtung, Drainageschäden, Nutzungseinschränkungen und Entschädigungsfragen?

Grundsätzlich sind aufgrund der lokal begrenzten Bodeneingriffe für die Verlegung von Erdkabeln nach aktuellem Erkenntnisstand keine gesamtwirtschaftlich relevanten Effekte zu erwarten. Gesamtwirtschaftliche Untersuchungen zu Ertragswirkungen sind nicht bekannt.

22. Welche ressortinternen oder ressortübergreifenden Abstimmungen fanden seit Beginn der 21. Wahlperiode zwischen dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE), Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN), Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH), der Bundesnetzagentur, dem Umweltbundesamt, Bundesamt für Naturschutz, Thünen-Institut und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe zu Bodenfolgen des Ausbaus sogenannter erneuerbarer Energien und der Stromnetze statt?

Ein Austausch innerhalb der Bundesregierung findet i. d. R. anlassbezogen, d. h. in Bezug auf konkrete Fragestellungen statt. Beispielhaft zu nennen sind die Ressortabstimmungen im Rahmen der Umsetzung der Renewable Energy Directive III und der Novelle des Bundesbedarfsplangesetzes.

Die Bundesnetzagentur ist in der Regel bei Forschungsvorhaben des Bundesamts für Naturschutz (BfN) mit Bezug zum Stromnetzausbau in der projektbegleitenden Arbeitsgruppe vertreten. Das BfN wird in der Regel im Zuge von Beteiligungsprozessen zu Planungen des Stromnetzausbaus als Träger öffentlicher Belange beteiligt.

Es findet ein regelmäßiger Austausch zum Thema Ausbau der erneuerbaren Energien zwischen Thünen-Institut, Umweltbundesamt (UBA) und BfN statt. Es fanden auch informelle fachliche Austausche zwischen den Einrichtungen UBA, BfN und Thünen-Institut zum Thema PV-Freiflächenanlagen statt.