

Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie



Impressum

„Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie“

Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Boden und Abfall 2022

LABO-Projekt B 5.22: Erarbeitung einer Arbeitshilfe „Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau,
Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie“

28. Februar 2023

im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)

Bearbeitung

Dipl.-Ing. agr. Ricarda Miller
Dr. Matthias Peter
Ingenieurbüro Schnittstelle Boden

Belsgasse 13
61239 Ober-Mörlen
Tel. 06002-99250-0
Fax 06002-99250-29

info@schnittstelle-boden.de
www.schnittstelle-boden.de



Dr. Frank Molder
Baader Konzept GmbH
Zum Schießwasen 7
91710 Gunzenhausen
Tel. 09831-6193-16
Fax 09831-6193-11
info@baaderkonzept.de
www.baaderkonzept.de



BAADER KONZEPT

Projektbetreuung

Jörn Fröhlich, Landesamt für Umwelt
Schleswig-Holstein

LABO

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz

Projektbegleitende Arbeitsgruppe

Danny Borch, Ministerium für Wissenschaft, Energie,
Klimaschutz und Umwelt, Sachsen-Anhalt

Jödis Braun, Ministerium für Landwirtschaft und
Umwelt, Mecklenburg-Vorpommern

Christian Enders, Thüringer Ministerium für Umwelt,
Energie und Naturschutz

Martin Elsner, Niedersächsisches Ministerium für
Umwelt, Energie und Klimaschutz

Uwe Hammerschmidt, Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie, Niedersachsen

Dr. Patrick Lantzsch, Ministerium für Landwirtschaft,
Umwelt und Klimaschutz, Brandenburg

Dr. Heinz Neite, Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Friedrich Rathing, Niedersächsisches Ministerium für
Umwelt, Energie und Klimaschutz

Petra Wölfel, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Inhaltsverzeichnis

1 Anlass und Hintergrund	9
2 Rechtlicher Rahmen und Möglichkeiten der Verankerung und Umsetzung bodenschutzfachlicher Anforderungen.....	11
2.1 Überblick über den rechtlichen und verfahrensbezogenen Rahmen.....	11
2.1.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	12
2.1.2 Baugesetzbuch (BauGB)	13
2.1.3 Weitere genehmigungsrechtliche Belange	15
2.1.4 DIN-Vorschriften	17
2.2 Handlungsmöglichkeiten der Bodenschutzbehörden	18
3 Bewertung von Anlagentypen und –bauweisen	20
3.1 Anlagentypen und -bauweisen	20
3.1.1 Differenzierung von Auswirkungen	20
3.1.2 Differenzierung nach Baustoffen	20
3.1.3 Differenzierung nach grundlegendem Typ der Trägergestelle und Bauweisen	21
3.2 Wirkungen auf den Boden	25
3.3 Bodenschutzfachliche Einordnung und Bewertung.....	28
3.3.1 Einordnung der verschiedenen Anlagentypen.....	28
3.3.2 Freiflächenanlagen auf Moorböden.....	30
3.3.3 Agri-Photovoltaik.....	32
4 Anforderungen an die Standortauswahl, den Bau und Rückbau sowie die Betriebsphase	34
4.1 Empfehlungen für aus Bodenschutzsicht geeignete und nicht geeignete Anlagenstandorte	34
4.1.1 Flächeninanspruchnahme	34
4.1.2 Prognostizierter Flächenbedarf.....	35
4.1.3 Standortauswahl	35
4.2 Ableitung von Zielen, Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz.....	43
4.3 Allgemein gültige Ziele, Anforderungen und Maßnahmen (AM) zum Bodenschutz für Bau, Rückbau und Betriebsphase	43
4.4 Arbeitsschrittsspezifische Ziele, Anforderungen und Maßnahmen (SM) zum Bodenschutz	47
4.4.1 Vorbereitungsarbeiten	47
4.4.2 Aufbau der Solarmodule	50
4.4.3 Verkabelung.....	52
4.4.4 Errichtung versiegelter Bereiche.....	53
4.4.5 Rückbau von Baueinrichtungsflächen und Baustraßen	55

4.4.6	Pflege- und Wartungsarbeiten	57
4.4.7	Rückbau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen	58
4.4.8	Rekultivierung	60
4.5	Bodenschutzkonzept und bodenkundliche Baubegleitung	62
5	Empfehlungen zu bodenschutzbezogenen Festsetzungen und Hinweisen im Bebauungsplan bzw. Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung	66
6	Checklisten	72
7	Literatur- und Quellenverzeichnis	92
7.1	Literatur	92
7.2	Rechtsvorschriften und technische Normen	97
8	Glossar	99
9	Anhang	101

Abkürzungsverzeichnis

Agri-PV	Agri-Photovoltaik
AM	Allgemein gültige Ziele, Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
B-Plan	Bebauungsplan
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
FB	Merklisten für Festsetzungen und Hinweise im B-Plan bzw. Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung
FFA	Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie
FStrG	Bundesfernstraßengesetz
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
FNP	Flächennutzungsplan
GW	Gigawatt
GWp	Gigawatt-Peak
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LBodSchG	Landes-Bodenschutzgesetz
LFP	Länderfinanzierungsprogramm
MW	Megawatt
MWp	Megawatt-Peak
PV / PVA	Photovoltaik / Photovoltaikanlage
SM	Arbeitsschrittsspezifische Ziele, Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufbau und Hauptinhalte der Arbeitshilfe	9
Abbildung 2:	Schema zu den rechtlichen und verfahrensbezogenen Rahmenbedingungen bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen	11
Abbildung 3:	Jährlicher Zubau an installierter Leistung für PV in Orientierung an Ausbauzielen des EEG 2023 (Quelle: Energiemonitor ZEITONLINE www.zeit.de/wirtschaft/energiemonitor-deutschland-gaspreis-spritpreis-energieversorgung abgerufen am 28.02.2023)	13
Abbildung 4:	Überblicksskizze zu den Bauverbotszonen entlang von Bundesautobahnen und zum Förderkorridor nach EEG (Quelle Luftbild: © HVBG 2020)	16
Abbildung 5:	Nachgeführte Anlage (2-achsig), Gründung mit Betonfundament, weiter Stand, deutliche Modulabstände (Quelle: Photovoltaikforum GmbH www.photovoltaikforum.com , abgerufen am 18.01.2023)	22
Abbildung 6:	Nachgeführte Anlage (2-achsig), Gründung mit Schraubanker, weiter Stand, geringe, vertikale Modulabstände (© Baader Konzept).....	22
Abbildung 7:	Starre Reihenanlage – Gründung mit Betonfundamenten (schwimmend) (© Baader Konzept)	23
Abbildung 8:	Starre Reihenanlage – Gründung mit Ramppfählen aus verzinktem Stahl (© Baader Konzept)	23
Abbildung 9:	Relativ niedrige und dichte, dachartige Aufstellung der Modulreihen in Ost-West-Ausrichtung (© Baader Konzept)	24
Abbildung 10:	Großzügige Aufstellung mit ausreichender Höhe (für Beweidung) und weiteren Abständen der Modulreihen (© Baader Konzept)	24
Abbildung 11:	Senkrechte Aufstellung bifacialer Module in Ost-West-Ausrichtung – Form der Agri-Photovoltaik (Quelle: www.next2sun.de , abgerufen am 19.01.2023).....	25
Abbildung 12:	FFA an einem vernässten Standort (Quelle: GMC 2022)	30
Abbildung 13:	Mit Solarmodulen überspannte Apfelbäume des Obsthofes Bernhard am Bodensee als Teil des Forschungsprojekts „Modellregion Agri-Photovoltaik Baden-Württemberg“ (Quelle: ISE Fraunhofer)	32
Abbildung 14:	PV-Überspannung von Anbauflächen – Illustration verschiedener Anlagentypen mit von oben nach unten zunehmender Weite und Höhe der Überspannung und entsprechender Abnahme der Auswirkungen auf den Boden (Quelle: Fraunhofer ISE 2022, verändert)	33
Abbildung 15:	Beanspruchte Fläche für PV-Anlagen (Stand: 31.12.2021); Quellen: BMUV 2021: www.bmuv.de/WS3640 ISE 2022: https://energy-charts.info	34
Abbildung 16:	Visualisierung einer Straßenüberdachung mit Photovoltaik (Quelle: www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/pv-sued.html).....	38
Abbildung 17:	Photovoltaik-Lärmschutzanlage entlang der A92 bei Freising (ca. 1,2 km Länge) (Quelle: https://commons.wikimedia.org/w/index.php)	38
Abbildung 18:	Photovoltaik-Freiflächenanlage entlang einer Eisenbahnstrecke (© F. Steinmann, LLUR)	39
Abbildung 19:	Pilotanlage mit bifacialen Modulen am Flughafen Frankfurt (© Fraport AG)	40
Abbildung 20:	Photovoltaik-Freiflächenanlage mit bifacialen Modulen (Solarzaun) und landwirtschaftlicher Nutzung (Quelle: www.next2sun.de , abgerufen am 19.01.2023).....	41

Abbildung 21:	Photovoltaik-Freiflächenanlage auf einem wiedervernässten Moorstandort (2021) (© Bayerisches Landesamt für Umwelt).....	42
Abbildung 22:	Verdichtung und Vernässung infolge Befahrung bei zu feuchtem Boden (© Schnittstelle Boden)	45
Abbildung 23:	Messung der Bodenwasserspannung mittels Tensiometer (© Schnittstelle Boden)	45
Abbildung 24:	Bodenschutzplatten (Lastverteilungsplatten) zur Vermeidung von Bodenverdichtungen (© Schnittstelle Boden).....	46
Abbildung 25:	Geotextil und Schotterschicht zur Vermeidung von Bodenverdichtungen (© Schnittstelle Boden)	46
Abbildung 26:	Einfahrtsbereich einer neu errichteten PV-Freiflächenanlage mit häufigen Überfahrten sowie Befahrung mit schweren Maschinen/Radfahrzeugen und entsprechend Fahrspuren und sichtbaren Bodenverdichtungen (© Baader Konzept GmbH).....	48
Abbildung 27:	Baueinrichtungsfläche für Baucontainer und Baumaterial bei der Errichtung eines Solarparks (© F. Steinmann, LLUR)	48
Abbildung 28:	Baustraße (bestehender Feldweg) und Zaun bei der Errichtung einer PV-Freiflächenanlage (© Schnittstelle Boden)	48
Abbildung 29:	Schema Baustraße oder BE-Fläche aus Geovlies und Tragschicht (© Schnittstelle Boden)	50
Abbildung 30:	Schema Baustraße oder BE-Fläche aus Lastverteilungsplatten/ Baggermatratzen/mobile Baustraßen (© Schnittstelle Boden).....	50
Abbildung 31:	Einsatz eines kleinen, leichten Raupenfahrzeugs mit Hydraulikeinheit zum Rammen der Pfähle (© EnBW)	51
Abbildung 32:	Einsatz eines kleinen, leichten Raupenfahrzeugs zum Transport der Träggestelle (© Schnittstelle Boden)	51
Abbildung 33:	Einsatz eines kleinen, leichten Raupenfahrzeugs mit Hebebühne für die Installation der Module (© EnBW)	52
Abbildung 34:	Montage der Solar-Module (© F. Steinmann, LLUR)	52
Abbildung 35:	Bodenarbeiten für die Verlegung von Erdkabeln beim Bau einer Photovoltaik-Freiflächenanlage (© Enovos Energie Deutschland GmbH)	52
Abbildung 36:	Erdkabeltrasse einer Photovoltaik-Freiflächenanlage (© Franke Elektrotechnik GmbH www.solarstrom.de).....	52
Abbildung 37:	Anlieferung einer Übergabestation per Schwertransport auf Bodenschutzplatten (© JUWI / Ben Kremer).....	54
Abbildung 38:	Schema Rückbau Baustraße oder BE-Fläche aus Geovlies und Tragschicht (© Schnittstelle Boden)	55
Abbildung 39:	Photovoltaik-Freiflächenanlage mit Betonfundamenten (© Schnittstelle Boden).....	58
Abbildung 40:	Zwischenfruchtgemenge mit Phacelia und Sonnenblumen zur Bodenstabilisierung (© Schnittstelle Boden)	60
Abbildung 41:	Beeinträchtigungen des Bodens durch Baumaßnahmen (© Schnittstelle Boden).....	63
Abbildung 42:	Bodenkundliche Baubegleitung als Schnittstelle des Bodenschutzes	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht potenzieller Wirkungen auf den Boden bei verschiedenen FFA-Anlagentypen und Bauweisen	29
Tabelle 2:	Schätzungen des technischen Ausbaupotenzials für PV in GWp für verschiedene Nutzungsarten in Deutschland (Wirth et al. 2021)	38
Tabelle 3:	Übersicht der Checklisten	72

Verzeichnis der Checklisten

Checkliste 1:	Standortfindung – im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung / FNP	73
Checkliste 2:	Bebauungsplan (Umweltbericht).....	76
Checkliste 3:	Vorbereitungsarbeiten	83
Checkliste 4:	Aufbau der Solarmodule	84
Checkliste 5:	Verkabelung.....	84
Checkliste 6:	Errichtung versiegelter Bereiche.....	85
Checkliste 7:	Rückbau von Baueinrichtungsflächen und Baustraßen	86
Checkliste 8:	Pflege- und Wartungsarbeiten	88
Checkliste 9:	Rückbau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen	89
Checkliste 10:	Rekultivierung	90

1 Anlass und Hintergrund

Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie gewinnen aufgrund der sich zuspitzenden Erderwärmung und der massiven geopolitischen Verwerfungen an Bedeutung und können einen Beitrag zum Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien leisten. Die Bundesregierung hat mit dem Beschluss der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes die Ausbauziele erhöht und den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf mindestens 80 Prozent in 2030 festgelegt. Im Bereich Solarenergie sollen bis dahin 215 GW installiert sein (EEG 2023).

Photovoltaik-Freiflächenanlagen werden in zunehmendem Maße auch auf landwirtschaftlich genutzten Böden errichtet. Dabei sind Auswirkungen auf das Schutzgut Boden zu erwarten. Bislang fehlen bundesweit einheitliche Standards und Empfehlungen zum Schutz der Böden bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von solchen Anlagen.

Ziel der Arbeitshilfe ist es, fachliche Empfehlungen aus Sicht des Bodenschutzes zur Etablierung von bundesweit einheitlichen Anforderungen und Regelungen an die Standortauswahl sowie den Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie aufzustellen. Dabei wurden bislang vorhandene Regelungen in verschiedenen Ländern, der Stand der Technik sowie auch verschiedene Typen und Bauweisen von Freiflächenanlagen berücksichtigt. Zielsetzung der Arbeitshilfe ist nicht die Verhinderung der Errichtung von Freiflächenanlagen, sondern eine lenkende Funktion hin zu bodenschonender Standortauswahl sowie die Etablierung von Bodenschutzmaßnahmen bei Bau, Betrieb und Rückbau der Anlagen.

Zur Erleichterung der Handhabung ist die Arbeitshilfe aus folgenden fünf Bausteinen aufgebaut (vgl. Abbildung 1):



Abbildung 1: Aufbau und Hauptinhalte der Arbeitshilfe

Im Zuge der Erstellung der Arbeitshilfe wurden folgende Aspekte bearbeitet:

1. Darlegung des rechtlichen Rahmens und Darstellung von Möglichkeiten der Verankerung und Umsetzung bodenschutzfachlicher Anforderungen in den verschiedenen Verfahren
2. Bewertung von Anlagentypen und –bauweisen und daraus folgende Empfehlungen für eine bodenschonende Umsetzung
3. Anforderungen an die Standortauswahl, den Bau und Rückbau ober- und unterirdischer Anlagenteile sowie während der Betriebsphase
 - a) Empfehlungen für aus Bodenschutzsicht geeignete / nicht geeignete Anlagenstandorte
 - b) Berücksichtigung spezifischer Aspekte bei der bodenkundlichen Baubegleitung
 - c) Anforderungen und Maßnahmen zur Vermeidung von Schadstoffeinträgen
 - d) Anforderungen und Maßnahmen gegen Bodenschadverdichtungen
 - e) Anforderungen zur Reduzierung von Flächeninanspruchnahmen
 - f) Anforderungen an die Versickerung von Niederschlagswasser
 - g) Anforderungen zur Bewirtschaftung
 - h) Anforderungen an die Rekultivierung
4. Empfehlungen zu Bodenschutzauflagen und –hinweisen im Genehmigungsbescheid bzw. Bauleitplanverfahren
5. Erstellung von Checklisten für den Bodenschutz für die Phasen Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau.

Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie werden in der Arbeitshilfe unter dem Begriff Solar-Freiflächenanlagen oder **abgekürzt FFA** zusammengefasst. FFA für Solarthermie sind in Deutschland bislang und wohl auch in nächster Zukunft wesentlich seltener anzutreffen als Photovoltaik-Anlagen. Die Bauweisen mit ihrer Anordnung und Aufständigung unterscheiden sich dabei in der Regel nicht gravierend, so dass hierzu im Weiteren bis auf einzelne Ausnahmen (z. B. mögliche Schadstoffbelastungen durch auslaufende Solarflüssigkeit) keine Differenzierung erfolgt.

Die entwickelten **Checklisten** können zur Überprüfung der bodenschutzfachlichen Anforderungen und Maßnahmen genutzt werden (vgl. **Kapitel 6**). Für die Formulierung von Auflagen im Genehmigungsbescheid wurden Merklisten entwickelt (vgl. **Kapitel 5**). Die Bewertung der verschiedenen Anlagentypen und -bauweisen aus Bodenschutzsicht erfolgt in Steckbriefen und einer Bewertungsmatrix (vgl. **Kapitel 3**).

Für eine erleichterte Anwendung der Arbeitshilfe sind **wichtige Punkte** in grau umrandeten Textbereichen beschrieben. Ein **Glossar** soll die wesentlichen Begriffe erklären. Die erläuterten Bezeichnungen sowie **Verweise** auf andere Kapitel und Inhalte sind als farbige **Links** dargestellt und vereinfachen die Navigation in der Arbeitshilfe. Um nach dem Ausführen eines Links zur letzten Ansicht zurückzukehren, kann die Tastenkombination Alt + Nach-links-Taste oder die Rückwärtsschaltfläche im PDF-Reader verwendet werden.

Der Stand der Rechtsgrundlagen ist Februar 2023.

2 Rechtlicher Rahmen und Möglichkeiten der Verankerung und Umsetzung bodenschutzfachlicher Anforderungen

2.1 Überblick über den rechtlichen und verfahrensbezogenen Rahmen

Als Basis für die Verankerung und Erfüllung bodenschutzfachlicher Anforderungen bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von FFA wird im Folgenden ein Überblick über die rechtlichen und verfahrensbezogenen Rahmenbedingungen gegeben (vgl. [Abbildung 2](#)).

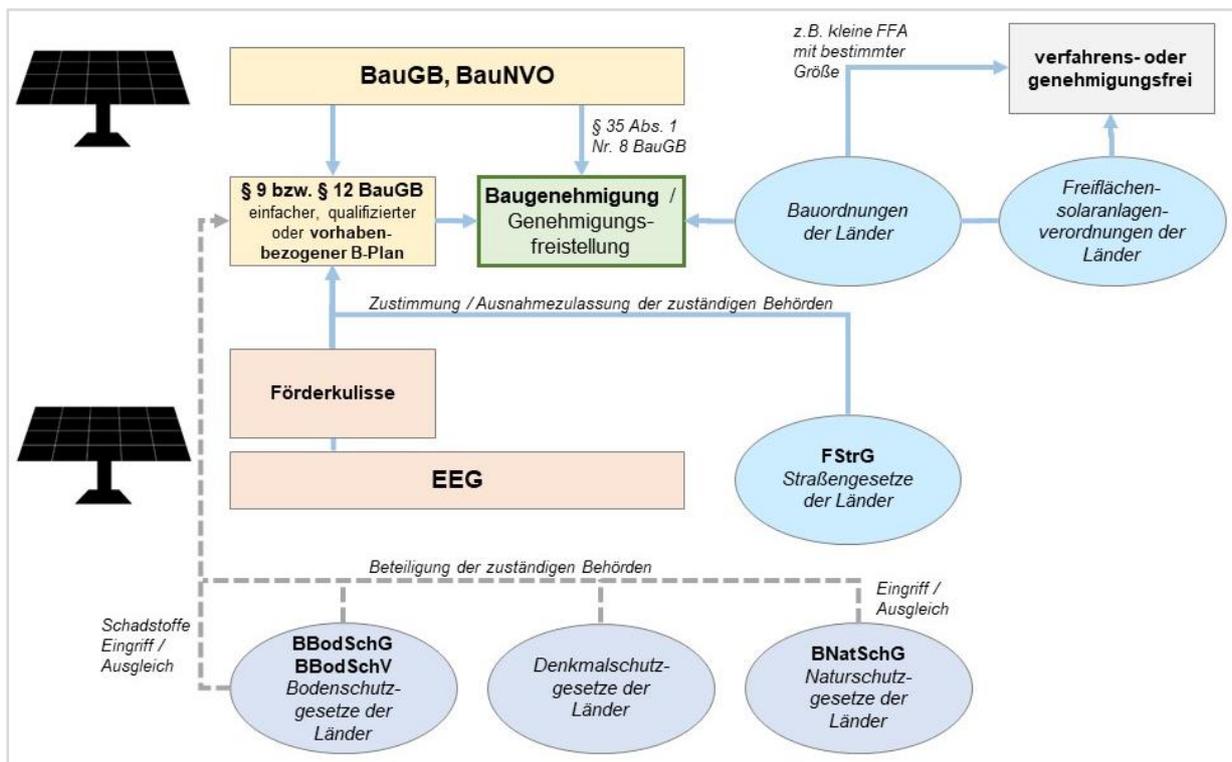


Abbildung 2: Schema zu den rechtlichen und verfahrensbezogenen Rahmenbedingungen bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen

Kurzerläuterung zu Abbildung 2:

Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie sind als bauliche Anlagen nach den Bauordnungen der Länder zu qualifizieren (vgl. [Kapitel 2.1.2](#)). Die Energieerzeugung dieser Anlagen wird nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) unter bestimmten Voraussetzungen gefördert (vgl. [Kapitel 2.1.1](#)).

In der Regel bedürfen FFA einer [Baugenehmigung](#). Einzelheiten hierzu sind in [Kapitel 2.1.2](#) beschrieben. Liegen FFA entlang von Bundesautobahnen, Bundesstraßen oder weiteren Straßen, müssen zudem die zuständigen Straßenbaubehörden zustimmen. Weitere Details sind in [Kapitel 2.1.3](#) aufgeführt.

Verfahrens- oder genehmigungsfrei sind in nahezu allen Ländern nur kleine, gebäudeunabhängige Anlagen von in der Regel max. 3 m Höhe und max. 9 m Länge.

2.1.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das EEG 2021 sieht verschiedene Förderungen in Abhängigkeit der installierten Leistung vor: Einspeisevergütung bis 100 kW, bei Direktvermarktung eine gesetzlich festgelegte Marktprämie bis 750 kW und eine wettbewerblich ermittelte Marktprämie bis 20 MW.

Die Förderkulisse des EEG 2021 gilt u.a. für:

- Flächen in Gewerbe- und Industriegebieten mit Bebauungsplan vor dem 01.01.2010,
- Flächen, die in einem Korridor von 200 m längs von Autobahnen und Schienenwegen liegen, und innerhalb dieser Entfernung ein längs zur Fahrbahn gelegener und mindestens 15 Meter breiter Korridor freigehalten werden soll,
- Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung,
- bauliche Anlagen, wie z. B. Straßen, Deponieflächen, Lager- und Abstellplätze,
- landwirtschaftlich genutzte Flächen in „benachteiligten Gebieten“ (derzeitige Regelungen in den Ländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland – siehe [Anhang 1](#)).

Mit dem „Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor“ vom 20. Juli 2022 hat die Bundesregierung die EEG-Novelle 2023 beschlossen. Diese sieht u.a. folgende bodenrelevante Änderungen der Förderkulisse vor:

- grundsätzlicher Ausschluss von Flächen auf entwässerten, landwirtschaftlich genutzten [Moorböden](#),
- Erweiterung der Korridore längs von Autobahnen und Schienenwegen von 200 m auf 500 m (ohne 15 m-Korridor, vgl. [Kapitel 2.1.3](#)),
- Berücksichtigung „besonderer Solaranlagen“
 - o auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, die kein Moorboden sind, mit gleichzeitigem Nutzpflanzenanbau, Anbau von Dauerkulturen, mehrjährigen Kulturen oder Dauergrünland (unter Beachtung von Ausschlussflächen z. B. aufgrund der Lage in einem Natura 2000-Gebiet) auf derselben Fläche (= „[Agri-PV](#)“),
 - o auf [Moorböden](#), die entwässert und landwirtschaftlich genutzt worden sind, wenn die Flächen mit der Errichtung der Solaranlage dauerhaft wiedervernässt werden.

Zusammenfassend wird die bisherige Flächenkulisse um so genannte benachteiligte Gebiete, die sich aus der Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 (ELER; in der Fassung der Delegierten Verordnung (EU) 2021/1017 vom 15. April 2021) ergeben, sowie um [Agri-PV](#) und PV-Anlagen auf [Moorböden](#) und auf Wasserflächen ([Floating-PV](#)) erweitert. Zudem werden Ausbauziele (mindestens ein Anteil von 80 Prozent erneuerbare Energien am Bruttostromverbrauch in 2030, vgl. [Abbildung 3](#)) und Vergütungssätze sowie die zugrunde liegende Grenze der installierten Leistung (z. B. gesetzlich festgelegte Marktprämie bis 1 MW anstelle von bislang 750 kW, neue Zuschläge für [Agri-PV](#) und PV-Anlagen auf [Moorböden](#)) erhöht.

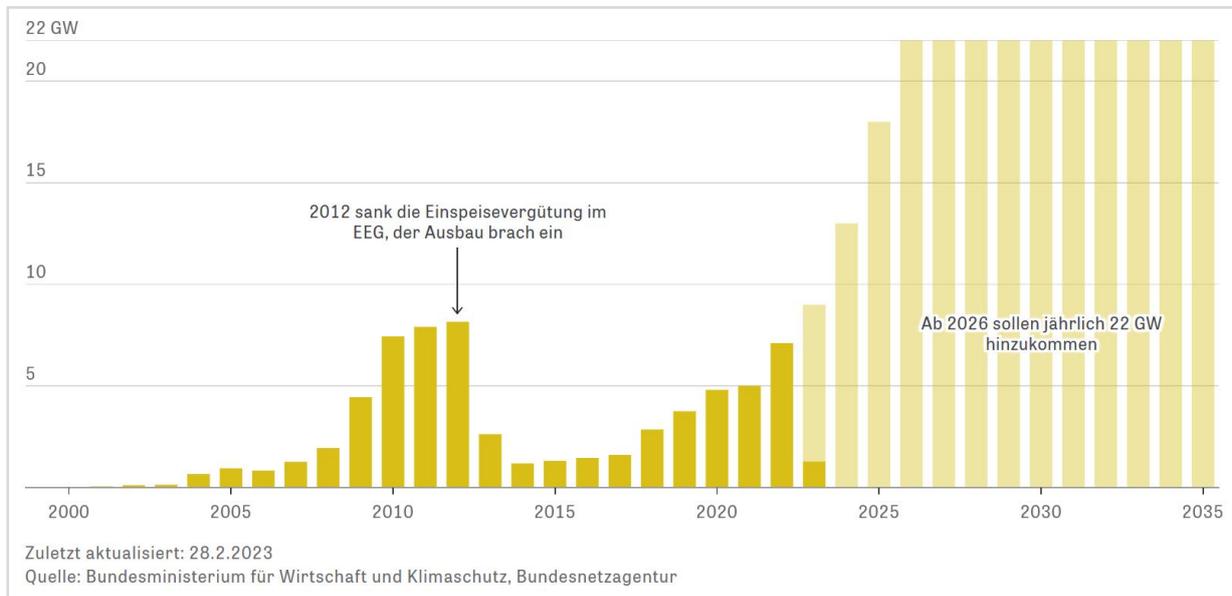


Abbildung 3: Jährlicher Zubau an installierter Leistung für PV in Orientierung an Ausbauzielen des EEG 2023 (Quelle: Energiemonitor ZEITONLINE www.zeit.de/wirtschaft/energiemonitor-deutschland-gaspreis-spritpreis-energieversorgung, abgerufen am 28.02.2023)

Eine weitere Änderung betrifft die Schutzgüterabwägung. Hier werden die erneuerbaren Energien als vorrangiger Belang eingebracht, solange das Ziel einer treibhausgasneutralen Stromerzeugung im Bundesgebiet noch nicht erreicht ist (vgl. [Kapitel 2.1.2](#)).

Infolge der sinkenden Kosten der Stromerzeugung durch FFA wurden diese in den vergangenen Jahren wirtschaftlich rentabler und damit unabhängig von der EEG-Förderung (Fraunhofer ISE 2022). Damit entfällt zunehmend die steuernde Wirkung der EEG-Förderkulisse bei der Standortwahl, da immer mehr FFA ohne staatliche Förderung errichtet werden. Zu beachten ist dabei, dass das Ausbauziel im EEG unabhängig von Förderkulisse ist.

2.1.2 Baugesetzbuch (BauGB)

Je nach Landesrecht bedürfen FFA einer [Baugenehmigung](#) bzw. sind – z. B. bei kleinen FFA bestimmter Größe – verfahrens- oder genehmigungsfrei. Die planungsrechtliche Grundlage für die Erteilung einer [Baugenehmigung](#) ist meist ein Bebauungsplan nach BauGB. Da FFA überwiegend im [Außenbereich](#) (§ 35 BauGB) errichtet werden, der grundsätzlich – mit Ausnahme der so genannten außenbereichsprivilegierten Bauvorhaben – von jeglicher Bebauung freizuhalten ist, ergibt sich regelmäßig ein kommunales Planerfordernis für die Errichtung von FFA.

Mit dem „Gesetz zur sofortigen Verbesserung der Rahmenbedingungen für die erneuerbaren Energien im Städtebaurecht“ sind Änderungen im BauGB – insbesondere zu den oben genannten außenbereichsprivilegierten Bauvorhaben – erfolgt. In § 35 Abs. 1 Nr. 8 BauGB wird neu die Privilegierung von FFA in folgenden Fällen festgelegt: Werden FFA entlang von Autobahnen oder an Schienenwegen (des übergeordneten Netzes im Sinne des § 2b des Allgemeinen Eisenbahngesetzes (AEG) mit mindestens zwei Hauptgleisen) in einem Abstand von bis zu 200 m

vom Fahrbahnrand errichtet, ist kein B-Plan mehr erforderlich. Zudem wird § 249b BauGB neu eingeführt, der die Länder ermächtigt, Abbaubereiche des Braunkohletagebaus durch Rechtsverordnungen beschleunigt mit Windenergie- sowie PV-Anlagen zu belegen. Diese Regelungen gelten ab dem 01.01. bzw. dem 01.02.2023.

Generell ist zu beachten, dass nach § 2 EEG die Errichtung und der Betrieb von Anlagen für erneuerbare Energien im „überragenden öffentlichen Interesse“ liegen und der „öffentlichen Sicherheit“ dienen. Bis die Stromerzeugung im Bundesgebiet nahezu treibhausgasneutral ist, sollen die erneuerbaren Energien als vorrangiger Belang in die jeweils durchzuführenden Schutzgüterabwägungen eingebracht werden. Bei der Aufstellung eines Bauleitplanes ist das überragende öffentliche Interesse in § 2 EEG im Rahmen der Nutzung erneuerbarer Energien in § 1 Abs. 6 Nr. 7 lit. f) BauGB, aber ggf. auch im Rahmen des Klimaschutzes nach § 1 Abs. 5 und § 1a Abs. 5 BauGB in die Abwägung nach § 1 Abs. 7 BauGB vorrangig einzubringen.

Bebauungspläne für FFA sind häufig verbunden mit einer Anpassung oder Teilfortschreibung des Flächennutzungsplans (Darstellung als „Fläche für Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien – Sonnenenergie“, vgl. § 5 Abs. 2 Nr. 2 Buchst. b) BauGB) und der Ausweisung eines Sondergebiets Solarenergie (sonstiges Sondergebiet im Sinn von § 11 Abs. 2 Baunutzungsverordnung – BauNVO).

Zur Berücksichtigung der Belange des Umweltschutzes wird im Rahmen der Aufstellung von Bauleitplänen eine Umweltprüfung durchgeführt, in der die voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen ermittelt und in einem Umweltbericht beschrieben und bewertet werden (vgl. § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB, § 1a BauGB, § 2 Abs. 4 BauGB, vgl. [Checkliste 2](#)). Das Schutzgut Boden wird dabei als Belang des Umweltschutzes in der Abwägung berücksichtigt (§ 1 Abs. 6 Nr. 7a BauGB, StMB 2021b). Darüber hinaus enthält § 1a Abs. 3 BauGB den Grundsatz, dass auch die Vermeidung und der Ausgleich voraussichtlich erheblicher Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes sowie der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes in der Abwägung zu berücksichtigen sind.

Zu berücksichtigen ist auch die sog. „Bodenschutzklausel“, ergänzt durch die sog. „Umwidmungssperrklausel“ nach § 1a Abs. 2 BauGB. Sie entfaltet Prüf- und Begründungspflichten der Gemeinde und stellt im Kern eine materiell wirkende Abwägungsdirektive für das Bauleitplanverfahren dar (Wagner 2022). Mit der Regelung wird die bauliche Nutzung mit der Verpflichtung in Beziehung gesetzt, mit Grund und Boden sparsam und schonend umzugehen sowie Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen.

Um erhebliche Beeinträchtigungen u.a. des Bodens zu kompensieren, kann sich die Kommune verschiedenster Instrumente bedienen. Die Kommune kann den Ausgleich durch geeignete Darstellungen im Flächennutzungsplan nach § 5 Abs. 2a BauGB oder Festsetzungen im Bebauungsplan nach § 9 Abs. 1a BauGB bewerkstelligen, sie kann sich vertraglicher Vereinbarungen nach § 11 BauGB bedienen oder sie kann den Ausgleich auch auf von ihr selbst bereitgestellten Grundstücken durchführen.

Städte und Gemeinden wählen für die Planung von FFA meist die Aufstellung vorhabenbezogener B-Pläne, um den rechtlichen Rahmen für den konkreten Projektplan eines Unternehmens

bzw. Projektierers zu schaffen. Kommunen haben dadurch den Vorteil, die Finanzierung der Planung nicht selbst übernehmen zu müssen sowie Vorgaben zu Planung, Ausführung und Umsetzung an den Projektierer machen zu können. Für das Schutzgut Boden können hier entsprechende Regelungen und Vorgaben getroffen und im B-Plan festgesetzt werden.

Handlungsmöglichkeiten für das Einbringen von Bodenschutzbelangen seitens der Bodenschutzbehörden finden sich in [Kapitel 2.2](#). Möglichkeiten und konkrete Formulierungen für bodenschutzbezogene Festsetzungen und Hinweise in B-Plänen bzw. Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung enthält [Kapitel 5](#).

Liegen (Boden-)Denkmäler im Geltungsbereich des Bebauungsplans, müssen die denkmalrechtlich vorgeschriebenen Vorgaben des jeweiligen Bundeslandes beachtet werden. In vielen Fällen ist in einem eigenständigen Erlaubnisverfahren die Erlaubnis der zuständigen Denkmalbehörde einzuholen.

2.1.3 Weitere genehmigungsrechtliche Belange

Werden FFA entlang von Verkehrsflächen wie Straßen, Schienen, Wasserstraßen und Flughäfen errichtet, müssen die jeweiligen Rechtsgrundlagen beachtet werden.

So sind bei der Inanspruchnahme von direkt neben Bundesautobahnen oder Bundesstraßen gelegenen Grundstücken das Bundesfernstraßengesetz (FStrG) sowie bei Grundstücken neben weiteren Straßen, wie z. B. Landes- und Kreisstraßen, die Straßen- und Wegegesetze der Länder relevant. In diesen Fällen war bislang die Zustimmung der zuständigen Straßenbaubehörden zum B-Plan erforderlich (StMB 2021a). Das „Gesetz zur sofortigen Verbesserung der Rahmenbedingungen für die erneuerbaren Energien im Städtebaurecht“ führt dazu, dass bei FFA in einem Streifen von 200 m entlang von Autobahnen oder Schienenwegen kein B-Plan mehr erforderlich ist (vgl. [Kapitel 2.1.2](#)). Diese Regelung gilt ab dem 01.01.2023. Die 200 m beidseits der Autobahn entsprechen der Förderkulisse des EEG 2021 (vgl. [Abbildung 4](#)). Im EEG 2023 wird die Förderkulisse auf 500 m beidseits der Autobahn erweitert (vgl. [Kapitel 2.1.1](#)). Für Anlagen in diesem Bereich ist wiederum ein B-Plan aufzustellen.

Zudem müssen aus Verkehrssicherheitsgründen Bauverbotszonen berücksichtigt werden. Bei Bundesautobahnen liegen diese im Bereich von 40 m (vgl. [Abbildung 4](#)), bei Bundesstraßen von 20 m beidseits entlang der Straße. Bauverbotszonen bei anderen Straßenkategorien fallen in den meisten Ländern geringer aus. Beim Schienennetz ist die Bauverbotszone in der Regel 10 m breit. Ausnahmen von den Bauverbotszonen können im Einzelfall von der zuständigen Behörde erteilt werden.

Bei der Errichtung von FFA innerhalb oder in der Umgebung eines Flughafengeländes sind die Bestimmungen des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) relevant. Hier sind die so genannten Bauverbotsbereiche, die Baubeschränkungen enthalten, zu beachten. Bei einer Genehmigung baulicher Anlagen im Umkreis von 1,5 km Radius um den Flughafenbezugspunkt sowie auf den Start- und Landeflächen sowie den Sicherheitsflächen muss die Zustimmung der zuständigen Luftfahrtbehörde eingeholt werden.

Sollen FFA entlang von Gewässern oder in Überschwemmungsgebieten errichtet werden, sind das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und ggf. die Landeswassergesetze zu beachten. In Überschwemmungsgebieten nach § 78 WHG sind FFA grundsätzlich nicht zulässig, jedoch können Ausnahmegenehmigungen zugelassen werden. Außerdem ist in einigen Landeswassergesetzen die Errichtung baulicher Anlagen innerhalb der Gewässerrandstreifen nach § 38 WHG nicht oder nur für wasserwirtschaftliche Anlagen erlaubt. Zudem unterliegt die Errichtung von FFA im Bereich von Deichen rechtlichen Restriktionen.

Bei der Planung von FFA an den genannten Verkehrsflächen muss allgemein die von den Solarmodulen ausgehende mögliche Blendwirkung beachtet und berechnet werden (LAI 2012). Maßnahmen zur Abhilfe wie z. B. Sichtunterbindung durch blickdichten Bewuchs oder Wälle bzw. die Verwendung blendarmer Oberflächen auf den Modulen sind rechtzeitig zu planen.

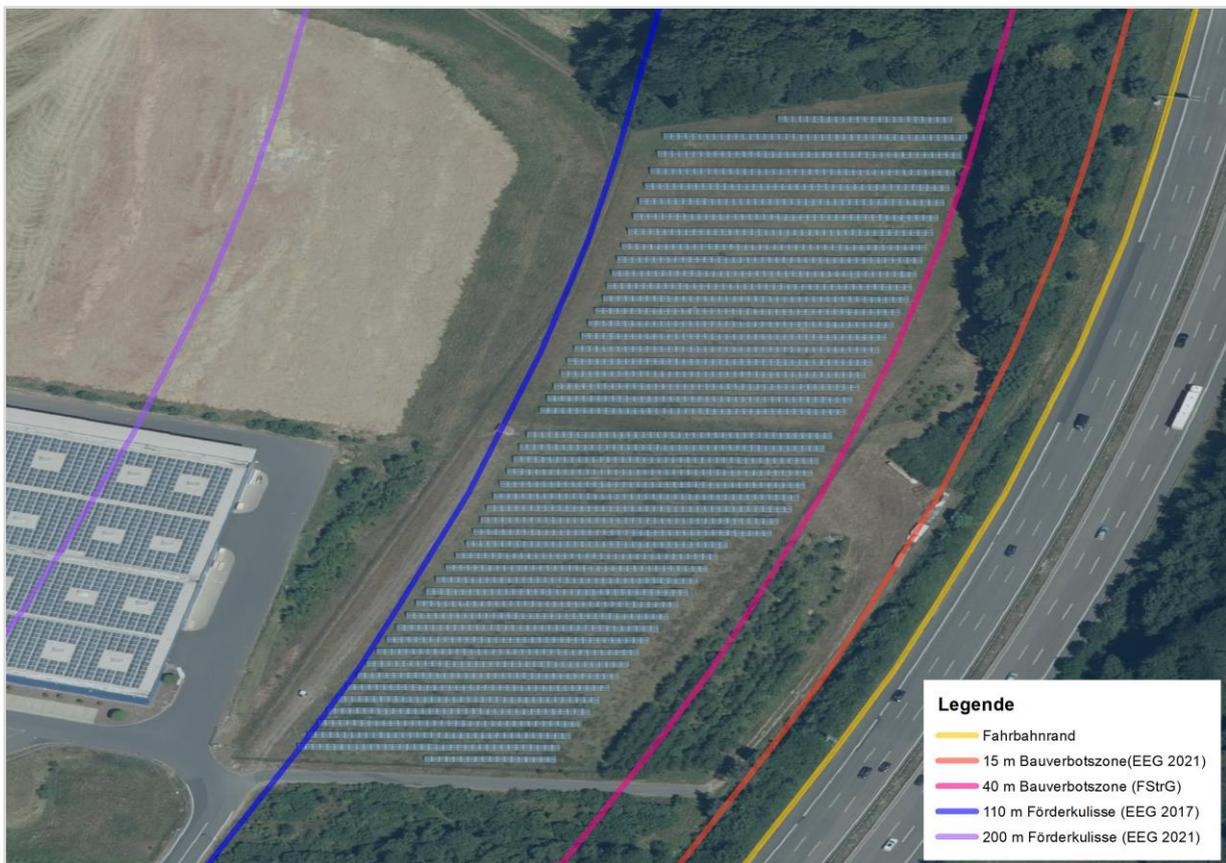


Abbildung 4: Überblicksskizze zu den Bauverbotszonen entlang von Bundesautobahnen und zum Förderkorridor nach EEG (Quelle Luftbild: © HVBG 2020)

2.1.4 DIN-Vorschriften

DIN SPEC 91434 „Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung“

In der 2021 veröffentlichten DIN SPEC 91434 werden Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung sowie für die Bereiche Planung, Betrieb und Überwachung bzw. Qualitätssicherung von [Agri-PV-Anlagen](#) definiert. Ziel ist, durch die Aufstellung von Standards für diese Bereiche das technische Risiko für die Projektbeteiligten zu reduzieren. [Agri-PV-Anlagen](#) werden in der DIN SPEC 91434 in zwei Kategorien eingeteilt. Kategorie I umfasst Anlagen mit einer Aufständering in lichter Höhe (mind. 2,10 m), bei der die landwirtschaftliche Bewirtschaftung unter der PV-Anlage stattfindet. Kategorie II beinhaltet Anlagen mit einer bodennahen Aufständering und einer Bewirtschaftung zwischen den [Agri-PV-Anlagenreihen](#). In Kategorie I müssen mindestens 90 % und in Kategorie II mindestens 85 % der Fläche landwirtschaftlich nutzbar bleiben. Die Ertragsminderungen dürfen maximal ein Drittel des Referenzertrages betragen. Um dies sicherzustellen, gibt die DIN SPEC 91434 Inhalte für ein Landnutzungskonzept mit Nutzungsplan für die Art der Nutzung in den drei Jahren bzw. innerhalb eines Fruchtfolgezyklus nach Errichtung der Anlage vor, das Landnutzer und [Agri-PV-Errichter](#) gemeinsam erstellen bzw. unterzeichnen müssen. Im Landnutzungskonzept werden insbesondere Art der Aufständering, Minimierung des Flächenverlustes, Bearbeitbarkeit, Lichtverfügbarkeit und -homogenität sowie Wasserverfügbarkeit betrachtet. Es müssen im Landnutzungskonzept Maßnahmen gegen Bodenerosion, Maßnahmen für einen bodenschonenden Auf- und [Rückbau](#) sowie eine Kalkulation der Wirtschaftlichkeit und Abschätzung der Landnutzungseffizienz vorgelegt werden.

DIN 19639 „Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben“

Die DIN 19639 aus dem Jahr 2019 legt Anforderungen des baubegleitenden Bodenschutzes hinsichtlich der fachlichen Grundlagen sowie der praktischen Planung, Umsetzung und Dokumentation fest. Ein Schwerpunkt liegt auf der Beschreibung der einzelnen Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung physikalischer Bodenbeeinträchtigungen und des Verlustes von Bodenfunktionen durch mechanische Einwirkungen. Die Aufgaben, Anforderungen und notwendigen Fachkenntnisse einer [bodenkundlichen Baubegleitung](#) werden vorgestellt und die Erstellung von [Bodenschutzkonzept](#) sowie [Bodenschutzplan](#) erläutert.

Mit Inkrafttreten der novellierten BBodSchV ab 1. August 2023 ist die Durchführung einer bodenkundlichen Baubegleitung explizit im Bodenschutzrecht verankert (BBodSchV n.F.). In § 4 Abs. 5 BBodSchV n.F. ist festgelegt, dass die für die Zulassung des Vorhabens zuständige Behörde im Benehmen mit der zuständigen Bodenschutzbehörde im Einzelfall von dem Pflichten die Beauftragung einer bodenkundlichen Baubegleitung nach DIN 19639 verlangen kann. Dies gilt für Vorhaben, bei denen auf einer Fläche von mehr als 3.000 m² Materialien auf oder in die durchwurzelbare Bodenschicht auf- oder eingebracht werden, Bodenmaterial aus dem Ober- oder Unterboden ausgehoben oder abgeschoben wird oder der Ober- und Unterboden dauerhaft oder vorübergehend vollständig oder teilweise verdichtet wird.

Hinsichtlich stofflicher und bodenchemischer Belange bei der Verwertung von Bodenmaterial soll ergänzend die DIN 19731 sowie bei Bodenarbeiten im Landschaftsbau die DIN 18915 angewendet werden.

DIN 18915 „Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten“

In der DIN 18915 (2018) werden Vorgaben für alle Bodenarbeiten, bei denen die natürlichen Bodenfunktionen zu erhalten oder herzustellen sind, formuliert. Für die Arbeitsschritte Bodenabtrag, Zwischenlagerung und Befahrung werden die Möglichkeiten der bodenschonenden Maßnahmen ebenso erläutert wie für Auftrag von **Ober-** und **Unterboden** für vegetationstechnische Zwecke, zur Bodenverbesserung sowie zur Rekultivierung.

DIN 19731 „Verwertung von Bodenmaterial und Baggergut“

Mit der DIN 19731, die im Jahr 2023 in einer aktualisierten Auflage vorliegen wird, werden Anforderungen für einen schonenden Umgang mit Böden im Rahmen von Verwertungsmaßnahmen benannt. Dazu werden Vorgaben zur Bodenansprache, zu notwendigen Stoffuntersuchungen und zur Klassifizierung von Bodenmaterial sowie von Böden am Verwertungsort formuliert. Es werden Mindestanforderungen an die technische Durchführung von Maßnahmen zur Bodenverbesserung bzw. Rekultivierung aufgestellt, mit dem Ziel die natürlichen Bodenfunktionen so weit wie möglich zu erhalten oder wiederherzustellen.

2.2 Handlungsmöglichkeiten der Bodenschutzbehörden

Die Beteiligung der Bodenschutzbehörde im Rahmen von Bebauungsplanverfahren erstreckt sich über die verschiedenen Planungsphasen (vgl. „LABO-Checklisten“, Miller et al. 2018).

- Von Vorüberlegungen und Vorplanungen („Planungsphase 0“) auf kommunaler Seite erhalten Bodenschutzbehörden meist keine Kenntnis. Um die Bodenschutzbelange aber bereits sehr frühzeitig einbringen zu können, ist Kommunen anzuraten, bereits im Vorplanungsstadium, z. B. bei Fragen zu Standortalternativen, in Kontakt mit der Bodenschutzbehörde zu treten.
- Im Rahmen der frühzeitigen Behördenbeteiligung nach § 4 Abs. 1 BauGB soll sich die Bodenschutzbehörde zu Vorentwurf sowie Umfang und Detaillierungsgrad der Umweltprüfung äußern. Hier kann die beteiligte Bodenschutzbehörde der Kommune oder dem Vorhabenträger Hinweise geben, was im weiteren Verfahren aus Bodenschutzsicht beachtet werden sollte.
- Bei der Behördenbeteiligung nach § 4 Abs. 2 BauGB gibt die Bodenschutzbehörde eine Stellungnahme zum B-Plan-Entwurf ab. Dabei prüft die Behörde die Einhaltung der in vorherigen Planungsstadien besprochenen Punkte sowie die fachgerechte Berücksichtigung des Schutzguts Boden in der Umweltprüfung.
- Für die „Zusammenfassende Erklärung“ nach § 10a Abs. 1 BauGB sollte abgeprüft werden, ob die Einwendungen und Stellungnahmen, die das Schutzgut Boden betreffen, angemessen dargestellt und berücksichtigt wurden.

Über die Beteiligung im Rahmen der B-Plan-Verfahren hinaus werden Bodenschutzbehörden bei der Aufstellung von Flächennutzungsplänen sowie bei der Bewertung bodenschutzfachlicher Belange im Rahmen der Erstellung von Raumordnungsplänen beteiligt.

Für die Bodenschutzbehörden sind insbesondere folgende Fragestellungen relevant:

- quantitativer Bodenschutz (sparsamer und schonender Umgang mit Boden, z. B. durch Reduzierung und Lenkung der Flächeninanspruchnahme und Versiegelung) sowie
- qualitativer Bodenschutz (Schutz hoch funktionaler Böden, Schutz vor Beeinträchtigungen durch Verdichtungen, stoffliche Belastungen und Erosion).

Bezogen auf Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von FFA umfasst das v.a. folgende Fragestellungen:

- Empfehlungen zur Standortwahl,
- Empfehlungen zur Dimensionierung und Anbindungslänge der externen Kabeltrasse,
- Maßnahmen zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und Versiegelung,
- Maßnahmen zur Vermeidung von Bodenverdichtungen,
- Maßnahmen zur Vermeidung von stofflichen Beeinträchtigungen,
- Maßnahmen zum Erosionsschutz,
- Hinweise zum Umgang mit Bodenmaterial,
- Hinweise zur internen und externen Kabelführung und Einbau der Kabel,
- Hinweise zur Bewirtschaftung,
- Vorgaben zum Rückbau,
- Hinweise zur bodenkundlichen Baubegleitung.

Darüber hinaus finden sich Musterformulierungen für bodenschutzbezogene Festsetzungen und Hinweise in B-Plänen bzw. Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung in Kapitel 5.

3 Bewertung von Anlagentypen und –bauweisen

3.1 Anlagentypen und -bauweisen

3.1.1 Differenzierung von Auswirkungen

Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie werden bestimmte Beeinträchtigungen, aber auch spezifische positive **Wirkungen** (durch Bodenruhe) für das Schutzgut Boden zugeordnet. Ob und wie stark diese verschiedenen Wirkungen zum Tragen kommen, hängt auch vom jeweiligen Anlagentyp und der Bauweise ab. Diese vom Anlagentyp abhängigen Auswirkungen auf den Boden ergeben sich aus der durch die Form der Gründung ableitbaren direkten Versiegelung, den verwendeten Materialien (z. B. verzinkter Stahl) sowie aus dem sich über Bodenabstand, Modulgröße und Standdichte beziehungsweise Reihenabstand ergebenden Grad der Überschirmung. Während der Bauphase ist zudem die Größe und Schwere der zu verarbeitenden Bauteile von Bedeutung.

Die verschiedenen potenziellen bodenschutzrelevanten **Wirkungen** werden daher nachfolgend nach verschiedenen Anlagentypen und -bauweisen differenziert betrachtet und eingeordnet.

3.1.2 Differenzierung nach Baustoffen

Module

PV-FFA werden in der Regel mit mono- oder polykristallinen Modulen ausgestattet. Die Module können mit einem Metallrahmen sowie auch rahmenlos installiert werden. Das hat später Einfluss auf die Verschmutzungsanfälligkeit und Optik der Modulfläche.

Aufständigung

Zur Aufständigung der Solarmodule werden in der Regel Trägergestelle aus verzinktem Stahl, Aluminium oder Holz verwendet.

Gründung

Für die Gründung der Modulanlagen von FFA können verschiedene Fundamentarten zur Anwendung kommen:

Rammfundament	Einrammen von Metallträgern, in der Regel C-Profile
Schraubanker	Eindreihen von Metallstangen mit Gewinde und breitem Kopf
Schraubfundament	Eindrücken von Bodenhülsen mit Innengewinde, Metall
Betonfundament	oft Einbau von Fertigelementen, schwimmend
Gabionenfundament	Einbau steingefüllter Drahtkörbe
T-Anker	Eingraben von Metallträgern mit T-Anker am Fuß
Spinnanker	Sicherung mit Ankerplatte und Gewindestangen

Für die Gründung werden überwiegend Rammfundamente oder Schraubanker aus Stahl (aus Gründen des Korrosionsschutzes in der Regel feuerverzinkt) oder schwimmende Betonfundamente verschiedener Ausführung verwendet. Gabionenfundamente oder Verankerungen mittels T-Anker oder Spinnanker kommen seltener zum Einsatz.

Bei der Verwendung von Beton- oder Gabionenfundamenten ist von einer größeren, tatsächlichen Versiegelung auszugehen. Bei Rammfundamenten oder Gründungsverfahren mit Schraub-, Spinn- oder T-Ankern ist dieser Versiegelungsgrad deutlich geringer. Dafür sind hier bei der üblichen Verwendung von feuerverzinktem Stahl unter Umständen Zinkeinträge in den Boden im kritischen Umfang nicht auszuschließen. In bestimmten Situationen sind daher Beschichtungen oder die Verwendung von Metallen ohne Verzinkung erforderlich. Auch bei der Verwendung von Gabionenfundamenten ist zu beachten, dass die verwendeten Drahtkörbe in der Regel feuerverzinkt sind.

Verfahren mit T-Ankern dagegen erfordern Bodenbewegungen zur Erstellung eines Grabens, in dem die Anker eingegraben werden.

3.1.3 Differenzierung nach grundlegendem Typ der Trärgestelle und Bauweisen

Hinsichtlich der Beweglichkeit der Gestelle wird zwischen starren und nachgeführten Anlagen unterschieden. In Deutschland werden überwiegend starre Anlagen errichtet.

Starre Anlagen

Starre Anlagen werden ähnlich wie Dachanlagen auf Gestellen in Reihe montiert. In Hanglage oder bei dachartigem Aufbau der Module mit West-Ost-Ausrichtung können die Anlagen mit wenig Abstand zwischen den Modulreihen aneinander angeschlossen werden. Häufig stehen die Modulreihen jedoch pultartig und weitgehend südexponiert und in entsprechendem Abstand. Bei starren Anlagen erfolgt die Verankerung bzw. Gründung zunehmend mittels Ramppfählen oder Schraubankern, seltener mit Betonfundamenten. Bei FFA in starrer Reihenaufstellung liegt die Höhe der Aufständering in der Regel bei 0,70 bis 1,50 m über Gelände (BMU 2007). Damit soll eine Verschattungsfreiheit durch aufkommende Vegetation garantiert werden.

Nachgeführte Anlagen

Nachgeführte Anlagen (Tracker, Mover) folgen im Tagesverlauf dem Stand der Sonne. Es werden einachsige oder zweiachsige nachgeführte Anlagen unterschieden.

Einachsige nachgeführte Anlagen entsprechen von der Bauanordnung eher den starren Reihenanlagen. Hier findet eine vertikale Nachführung des Neigungswinkels an die aktuelle Höhe des Sonnenstandes statt.

Zweiachsige nachgeführte Anlagen (Anpassung an Neigungswinkel und Himmelsrichtung) werden als Einzelanlage gebaut und erreichen größere Bauhöhen. Dafür stehen diese Anlagen in der Regel deutlich aufgelockerter in der Aufstellfläche als starre Anlagen. Ihre Verankerung bzw. Gründung erfolgt in der Regel mittels Betonfundament oder Schraubanker.

Beispiele für verschiedene Anlagentypen und Bauweisen

Die folgenden Abbildungen zeigen exemplarisch verschiedene Anlagentypen und Bauweisen für Solar-Freiflächenanlagen.



Abbildung 5: Nachgeführte Anlage (2-achsig), Gründung mit Betonfundament, weiter Stand, deutliche Modulabstände (Quelle: Photovoltaikforum GmbH www.photovoltaikforum.com, abgerufen am 18.01.2023)



Abbildung 6: Nachgeführte Anlage (2-achsig), Gründung mit Schraubanker, weiter Stand, geringe, vertikale Modulabstände (© Baader Konzept)



Abbildung 7: Starre Reihenanlage – Gründung mit Betonfundamenten (schwimmend)
(© Baader Konzept)



Abbildung 8: Starre Reihenanlage – Gründung mit Rammpfählen aus verzinktem Stahl
(© Baader Konzept)



Abbildung 9: Relativ niedrige und dichte, dachartige Aufstellung der Modulreihen in Ost-West-Ausrichtung (© Baader Konzept)



Abbildung 10: Großzügige Aufstellung mit ausreichender Höhe (für Beweidung) und weiteren Abständen der Modulreihen (© Baader Konzept)



Abbildung 11: Senkrechte Aufstellung **bifacialer Module** in Ost-West-Ausrichtung – Form der Agri-Photovoltaik (Quelle: www.next2sun.de, abgerufen am 19.01.2023)

3.2 Wirkungen auf den Boden

Die potenziellen **Wirkungen** von FFA auf das Schutzgut Boden können als negative Beeinträchtigungen im Zuge des Baus, des Betriebes und des **Rückbaus** auftreten. Durch die Bodenruhe während der Nutzungszeit der FFA sind aber potenziell auch positive **Wirkungen** für den Boden möglich. Ausnahmen bilden hier so genannte **Agri-PV-Anlagen** (vgl. **Kapitel 3.3.3**).

Im Folgenden werden Einwirkungen und potenzielle Auswirkungen von FFA auf das Schutzgut Boden vorgestellt. Sowohl Beeinträchtigungen als auch positive **Wirkungen** werden durch die verschiedenen Anlagentypen und -bauweisen unterschiedlich stark beeinflusst.

Versiegelungsgrad und Überschirmung

Insgesamt wird anlagenbedingt nur ein begrenzter Teil der Aufstellfläche tatsächlich versiegelt. Je nach Gründungstyp (Beton oder Rammpfähle) kann dieser Wert zwischen ca. 2 % und ca. 5 % schwanken (BMU 2007). Hinzu kommen noch Versiegelungen für Trafostationen und gegebenenfalls für Zuwegungen. Durch die Neuanlage (mit standortfremden Boden- und/oder **RC-Material**) befestigter Wege wird der Boden großflächig mindestens teilversiegelt. Dies ist in der Versiegelungsbilanzierung zu berücksichtigen.

Deutlich größer können die Unterschiede bei der effektiven Überschirmung sein. Wird in der Ebene installiert, ist bei Pultaufstellung zwischen den Modulreihen bzw. Modulanlagen ein ausreichender Abstand einzuhalten, um eine Verschattung der Module durch die angrenzende Reihe bzw. den nächsten Anlagenteil möglichst gering zu halten. Bei Dachaufstellung oder in südexponierter Lage können die Module deutlich dichter stehen. Der Mindestabstand der Module bzw. Modulreihen ist zudem abhängig von der Bauhöhe der Anlagenteile und dem Breitengrad des FFA-Standortes. Zusätzlich ist die Steilheit der Module zu beachten, die bei nachgeführten Anlagen variieren kann und insbesondere bei **bifacialen „Solarzäunen“** im Rahmen der **Agri-Photovoltaik** auch senkrecht zur Bodenoberfläche ausgerichtet sein kann.

Auf den in **Kapitel 3.1** vorgestellten Beispielen kann der je nach Anlagentyp stark schwankende Grad der Überschirmung nachvollzogen werden.

Nach UBA (2021) gilt für indirekt oberirdisch abgeschirmte Flächen ohne Bodenkontakt: *„obwohl die Flächen durchlässig sind, können einzelne Austauschvorgänge gestört sein. So finden z. B. bei oberirdischen Rohrleitungen, Carports und Agrophotovoltaik-Systemen Gasaustausch und sogar biotische Prozesse statt, aber Versickerung und Verdunstung von Niederschlagswasser kann nicht auf der gesamten Fläche stattfinden, weil das Niederschlagswasser nicht alle Bereiche der Fläche erreicht (es sei denn, es wird gezielt dorthin geleitet)“.*

Bezüglich [solchen] indirekt oberirdisch abgeschirmten Flächen ohne Bodenkontakt *„besteht Uneinigkeit darüber, ob diese tatsächlich den versiegelten Flächen zugeordnet werden sollen. Zumindest ist ein anthropogener Eingriff vorhanden, der die natürlichen Prozesse im Untergrund mehr oder weniger stark beeinflusst. Wenn alle Formen einer nicht natürlichen Bodenabdeckung als Versiegelung, wenn auch mit unterschiedlichem Versiegelungsgrad, gelten (Gierke, Schmidt-Eichstaedt 2018), zählen indirekte oberirdisch abgeschirmte Flächen ohne Bodenkontakt zumindest als teilversiegelte Flächen“* (UBA 2021).

Bodenerosion / Bodenaustrocknung / oberflächennaher Wasserhaushalt

Die von der Aufbauhöhe und Großflächigkeit der Modultische abhängige Stärke der Niederschlagsabschirmung kann auf Teilflächen z. B. zur Ausdünnung der Vegetationsdecke und Austrocknung des **Oberbodens** führen, an anderer Stelle durch Abflusskonzentration die Erosionsgefahr, seltener auch eine lokale Vernässung erhöhen (BfN 2009).

Neben der Größe der gesamten Modultische ist hier auch die Anschlussdichte der einzelnen Solarpaneele zu berücksichtigen. Eine Installation auf Lücke kann hier die Austrocknung von überschirmten Bodenbereichen sowie Konzentration von Niederschlagswasser am unteren Rand der Modultische verringern.

Bodenverdichtung

Die (baubedingte) Bodenverdichtung ist von den Parametern standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit und aktuelle (witterungs-/bodenfeuchtebedingte) Empfindlichkeit des Bodens (vgl.

DIN 19639), der Maschinenwahl und damit auch vom Gewicht der zu installierenden Solarmodule bzw. Baueinheiten abhängig. Hier sind bei den nachgeführten Anlagen in der Regel höhere Aufstandsgewichte für die erforderlichen Baumaschinen und Kräne zu erwarten.

Bodenumlagerung

Bodenumlagerungen sind vorwiegend im Zuge des Baus von Kabelgräben und anderen Infrastrukturen zu erwarten. Hier ist während der Installation der Anlage und dem Anschluss an das regionale Stromnetz mit erheblichen Eingriffen zu rechnen. Eine größere Entfernung zum regionalen Stromnetz hat deutlich höhere Eingriffe zur Folge. Auch die Planung der Kabelführung und die Art des Einbaus werden von großer Bedeutung sein. Zu weiteren Bodenumlagerungen kann es durch notwendige Reliefanpassungen kommen, die zum Teil auch anlagenabhängig sein können (bei größeren Anlagen bzw. Modulflächen z. B. aus entwässerungstechnischen Gründen).

Stoffliche Beeinträchtigungen

Zink

Für die Gründung der Modulgestelle mit Materialien aus Metall wird aus Korrosionsschutzgründen überwiegend verzinkter Stahl verwendet. Werden verzinkte Stahlprofile, Stahlrohre bzw. Stahlanker im Boden bis in die wassergesättigte Zone oder den Grundwasserschwankungsbereich eingebracht, kann Zink verstärkt in Lösung gehen. Bei Bodenreaktionen im deutlich sauren oder alkalischen Bereich werden diese Effekte nochmals verstärkt.

Für die Gründung der in der Regel großflächigen FFA werden viele Gründungselemente benötigt. Daher ist ein nicht unerheblicher Stoffeintrag ins Grundwasser mit Gefährdung seiner natürlichen Organismen nach derzeitigem Kenntnisstand nicht auszuschließen. Somit wäre eine Gründung mit verzinkten Stahlprofilen, -rohren oder Schraubankern schon aus Gründen des allgemeinen Grundwasserschutzes nicht zulässig, wenn diese bis in die gesättigte Zone oder den Grundwasserschwankungsbereich reichen müssten (vgl. Hinweise hierzu bei FFA auf [Moorböden](#) in Kap. 3.3.2). Hier sind andere Materialien (z. B. unverzinkter Stahl, Edelstahl, Aluminium) oder andere Gründungsverfahren zu verwenden (LfU 2013).

Sonstige Schadstoffe

Die Gefahr einer Bodenkontamination durch PV-Anlagen mit Blei oder Cadmium wird nach derzeitigem Kenntnisstand bei intakten Solarmodulen bauartbedingt als sehr gering eingestuft. Sind Halbleiterschicht, Kontakte oder Verlötlungen aufgrund von Beschädigungen der Module der Witterung ausgesetzt, sollten diese jedoch aus Gründen des vorsorgenden Bodenschutzes nicht längere Zeit auf der Anlagenfläche verbleiben (Ebert & Müller 2011).

Bei Solarthermie-Anlagen ist hier zusätzlich zu beachten, dass in den Solarkollektoren Solarflüssigkeit (z. B. 1,2-Propylenglycol, im Gemisch und ggf. weitere Inhaltsstoffe) enthalten ist. Hier sind Anforderungen zum Umgang mit der Solarflüssigkeit im Rahmen von Betrieb oder Unfällen zu formulieren.

Reinigungsmittel

Üblicherweise werden Solarmodule ausreichend durch den Niederschlag gereinigt. Aktive Reinigungsmaßnahmen sind daher in der Regel nicht notwendig. Sofern Verschmutzungen dennoch zu einer relevanten Leistungsminderung führen, stehen verschiedene Verfahren mit unterschiedlichen Reinigungsmitteln zur Verfügung. Im Fall einer Reinigung muss bei der Wahl des Reinigungsmittels eine Gefährdung des Bodenlebens und des Grundwassers ausgeschlossen werden (LfU 2014).

Potenzielle positive Wirkungen durch Bodenruhe

Generell lässt sich feststellen, dass insbesondere beim Vergleich zu einer vorherigen Ackernutzung bei einer Flächennutzung als FFA mit höchstens extensiver Grünlandnutzung/-pflege die Düngung der Flächen, das Einbringen von Pflanzenschutzmitteln sowie periodische maschinelle Eingriffe durch die Bodenbearbeitung entfallen (Bodenruhe). Dies kann sich positiv auf die biologische Vielfalt der Bodenorganismen auswirken, die Humusbildung fördern und so eine mittelfristig wirksame Maßnahme für den Erhalt und die Förderung von Bodenfunktionen darstellen (vgl. BNE 2019, DVW 2018).

Gesamtbilanz der Wirkungen

Eine mögliche Ausbildung positiver **Wirkungen** von FFA für den Boden hängt von der Gesamtbilanz der **Wirkungen** auf den Boden ab, also einerseits von der Stärke der potenziellen Beeinträchtigungen und damit auch vom Anlagentyp, andererseits von der Art und Intensität der Flächennutzung, welche parallel zur Energiegewinnung stattfindet. Die anlagenbedingt unterschiedlichen Möglichkeiten einer geschlossenen Grünlandnarbe und die Umsetzung einer extensiven Pflege/Bewirtschaftung werden die potenziellen positiven **Wirkungen** von FFA für den Boden entsprechend differenziert ermöglichen.

Ganz entscheidend für die Gesamtbilanz der Bodenwirkungen bei FFA wird auch die Bauweise und die Handhabung der Bauphase sein. Dazu gehören z. B. die Verkabelung (möglichst viel oberirdisch im Bereich der Module, möglichst kurze Wege) und nicht zuletzt eine konsequent bodenschonende Bauweise, welche die Eingriffsstärke während der Bautätigkeit deutlich reduzieren kann (Bauzeitenplanung, Maschineneinsatz, Berücksichtigung Bodenfeuchte etc.).

3.3 Bodenschutzfachliche Einordnung und Bewertung

3.3.1 Einordnung der verschiedenen Anlagentypen

Die dargestellten Einwirkungen von FFA haben Auswirkungen auf die natürlichen Bodenfunktionen, die Archivfunktionen und die Bodenorganismen. Darüber hinaus sind durch das Transportmedium Bodenwasser auch Auswirkungen auf das Grundwasser möglich.

In der folgenden **Tabelle 1** werden verschiedene Anlagentypen und -bauweisen mit ihren relevanten **Wirkungen** auf das Schutzgut Boden vergleichend aufgelistet. Dabei wird auch kurz auf Eigenschaften der verschiedenen Varianten eingegangen, welche zu einer Reduzierung der Beeinträchtigung führen können.

Tabelle 1: Übersicht potenzieller Wirkungen auf den Boden bei verschiedenen FFA-Anlagentypen und Bauweisen

Ausprägung der FFA in Abhängigkeit von Anlagentyp und Bauweise	Wirkungen auf den Boden		Konsequenzen
	negativ: Stärkung der Beeinträchtigung	positiv: Reduzierung der Beeinträchtigung	
Gründung			
Gründung mit Ramm- pfählen oder Schraub- ankern aus Stahl (in der Regel verzinkt)	- Zink-Auswaschungen möglich (standortab- hängig)	- geringere Versiege- lung - geringere Bodenver- dichtung	bei Bedarf Verwendung von Alternativen, mit keiner/weniger Zinkfrei- setzung, z. B. - Beschichtung des feu- erverzinkten Stahls - unverzinkter Stahl - Aluminium, Edelstahl
Gründung mit Betonfundamenten alternativ: Gabionenfundamente	- großflächigere Versie- gelung - erhöhte Bodenver- dichtung durch Materialtransport und -lagerung	-	Ausweichen auf Ramm- pfahlgründung (bei ge- eignetem Standort)
Anlagentyp			
Mover (zweiachsig)	- Transport und Einbau schwerer Bauteile - erhöhte Bodenver- dichtung durch Ver- wendung schweren Geräts - erhöhter Aufwand für Kabelgräben wegen Einzelstand	- Überschirmungsgrad durch weiten Stand geringer - extensive und boden- schonende Grünland- nutzung erleichtert (weiter Stand, Mög- lichkeit des Ausklap- pens der Modultische)	Erhöhung des Aufwan- des für Baulogistik, Bauzeitenplanung und bodenkundliche Baube- gleitung (Baustraßen, Verdichtungsempfind- lichkeit etc.)
Anlagentyp mit hohen Ansprüchen an ruhi- ges Relief	- vermehrte Bodenum- lagerungen erforder- lich	-	Anlagentyp/Bauweise an Relief anpassen
Bauweise			
geringe Bauhöhe → dichter Stand	- stärkere Überschir- mungswirkung, - extensive Grünland- nutzung/Beweidung erschwert	- weniger aufwendige Gründung	- Abstände zwischen Modulreihen erhöhen - ausreichende Boden- freiheit für extensive Nutzung/Beweidung

Ausprägung der FFA in Abhängigkeit von Anlagentyp und Bauweise	Wirkungen auf den Boden		Konsequenzen
	negativ: Stärkung der Beeinträchtigung	positiv: Reduzierung der Beeinträchtigung	
große Bauhöhe → weiterer Stand	- aufwendigere Grün- dung	- Wirkung der Über- schirmung geringer - extensive und boden- schonende Grünland- nutzung erleichtert	Sonderfall Agri-PV : - Wirkung der Über- schirmung deutlich geringer - nur lokale Bodenruhe
große Modulflächen (ohne Zwischen- räume)	- stärkere Überschir- mungswirkung, v. a. Austrocknung, - erhöhte Erosionsge- fahr durch Abflusskon- zentration	-	größere Lücken zwi- schen den einzelnen Modulplatten zur Auftei- lung des Abflussvolu- mens

3.3.2 Freiflächenanlagen auf Moorböden

Bisher werden auch entwässerte kohlenstoffreiche Böden mit FFA boden- und klimaschädigend überplant und bebaut, ohne dass eine Wiedervernässung mitgedacht wird. Aktuell gibt es jedoch ein steigendes Interesse zur Einrichtung von FFA auf entwässerten **Moorböden**, die mit einer Wiedervernässung kombiniert sind. Erste Anlagen wurden in den Jahren 2020 und 2021 in Bayern (BR 2022) und Schleswig-Holstein (GMC 2022) errichtet. Der Grundansatz dabei ist, stark degradierte, zuvor landwirtschaftlich genutzte **Moorböden** mit einer kombinierten Wiedervernässung aufzuwerten und so neben der regenerativen Stromerzeugung die hohen Treibhausgasemissionen aus entwässerten **Moorböden** zu reduzieren und im besten Fall zusätzlich die Kohlenstoffspeicherfunktion der Moore zu reaktivieren (vgl. [Abbildung 12](#)).



Abbildung 12: FFA an einem vernässten Standort (Quelle: GMC 2022)

Die oben genannten Anlagen in Bayern und Schleswig-Holstein zeigen bestehende Herausforderungen bei der Errichtung und dem Betrieb von FFA auf Moorflächen auf (GMC 2022). So ist eine vollständige Wiedervernässung der Flächen nicht immer möglich, z. B. wenn zu schließende Gräben und Dränsysteme auch angrenzende Flächen entwässern. Weiterhin ist bei der

Höhe des einzustellenden Wasserstandes mit großer Vorsicht vorzugehen, um eine weitere Torfdegradation und Methanemissionen durch vermeidbaren Überstau auszuschließen (vgl. Närmann et al. 2021 in GMC 2022). Nach der Wiedervernässung ist zudem die Bildung einer geschlossenen Vegetationsdecke entscheidend. Besondere Herausforderungen ergeben sich auch an die Planung und Herstellung der notwendigen Wegeverbindungen auf den [Moorböden](#). Zwar kann auf Erfahrungen zur Restaurierung von Mooren für den Naturschutz bzgl. Hydrologie, Wasserbau und Moorökologie aufgebaut werden, um die spezifischen Gegebenheiten von Mooren bei den Baumaßnahmen zu berücksichtigen. Jedoch bestehen bisher nur wenig Erfahrungen mit dem Bau von FFA auf wiedervernässten Moorstandorten. Der hohe Gehalt an organischer Substanz in Verbindung mit starker Durchfeuchtung kann auf den degenerierten und oft verdichtungsanfälligen [Moorböden](#) leicht zu instabilen Verhältnissen führen. Weitere Herausforderungen von FFA auf wiedervernässten Moorstandorten ergeben sich bei der Gründung mittels Ramm- oder Schraubfundamenten bezüglich der Erhaltung stauender Schichten im [Untergrund](#) sowie der besonderen Gefährdung einer Zinkablösung von feuerverzinkten Metallflächen aufgrund der hohen Bodenfeuchte im sauren oder alkalischen Milieu.

Zudem weisen bisher durchgeführte Wiedervernässungsmaßnahmen oft auf beträchtlichen Flächenanteilen keine torferhaltenden Wasserstände auf. Daher muss bei Wiedervernässungen, auch in Kombination mit einer FFA, die Erreichung torferhaltender Wasserstände von Anfang an qualifiziert geplant, die Machbarkeit bewertet sowie der Erfolg durch ein dauerhaftes Monitoring und falls notwendig durch ein Nachjustieren gewährleistet werden. Es besteht somit dringender, übergeordneter Forschungs- und Regelungsbedarf, um FFA auf Moor zwingend mit der notwendigen Reduktion von Emissionen auf [Moorböden](#) zu verbinden (BfN 2022, GMC 2022). Der Bedarf besteht insbesondere auch hinsichtlich der jederzeit zu gewährleistenden Zugänglichkeit der FFA auch mit schwerem Gerät und hinsichtlich des vollständigen Rückbaus temporärer Anlagen einschließlich dann nicht mehr benötigter, im Boden verlegter Kabel und Wegeverbindungen im Moor.

Für künftige Hinweise zur Gestaltung von FFA auf [Moorböden](#) sind mit dem Ziel der Erhaltung und Sanierung degradiertes [Moorböden](#) folgende Punkte als Definitionsrahmen zu sehen:

- FFA auf [Moorböden](#) nur mit kombinierter, qualifizierter Wiedervernässung (vgl. [Kapitel 4.1.3](#)),
- bei einer Gründung unter Verwendung von Materialien mit Metalloberflächen (z. B. Ramm-/Schraubfundamente) Schutz vor Zinkauswaschung sowie die Tiefe stauender Schichten berücksichtigen,
- Durchführung der Baumaßnahmen bodenschonend (nur bei stabiler Oberfläche) und torferhaltend (Oxidation vermeiden),
- Ausbildung flächendeckender Vegetation sicherstellen, wenig offene Wasserflächen (wegen drohender Methanemission),
- Fortsetzung einer landwirtschaftlichen Nutzung nur in sehr extensiver Form (z. B. als Paludikultur),
- bodenschonende Wartung und Rückbaubarkeit der FFA von Anfang an mitplanen.

3.3.3 Agri-Photovoltaik

Agri-Photovoltaik (Agri-PV) bezeichnet die gleichzeitige Nutzung von Flächen für die landwirtschaftliche Pflanzen- und Tierproduktion und die PV-Stromproduktion (Photovoltaik). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die landwirtschaftliche Produktion die Hauptnutzung und die Stromerzeugung die Nebennutzung ist (vgl. DIN SPEC 91434, [Kapitel 2.1.4](#)).

Agri-PV deckt nach der Definition des Fraunhofer Instituts (Fraunhofer ISE 2022) ein breites Spektrum in der Intensität und Art landwirtschaftlicher Nutzung ab, ist jedoch mit einem Mehraufwand für den PV-Anlagenbau verbunden. Das Spektrum der landwirtschaftlichen Nutzung reicht vom Anbau von Sonderkulturen und intensiven Ackerkulturen mit speziellen PV-Montagesystemen bis zu extensiver Beweidung mit marginalen Anpassungen auf der PV-Seite. **Agri-PV** steigert im Vergleich zu reinen FFA-Solarparks die Flächeneffizienz und ermöglicht den Ausbau der PV-Leistung bei gleichzeitig deutlich geringeren Verlusten an fruchtbarer Produktionsflächen für die Landwirtschaft. Zusätzlich können – vor allem bei Grünlandnutzung – artenreiche Biotope geschaffen werden.



Abbildung 13: Mit Solarmodulen überspannte Apfelbäume des Obsthofes Bernhard am Bodensee als Teil des Forschungsprojekts „Modellregion Agri-Photovoltaik Baden-Württemberg“ (Quelle: ISE Fraunhofer)

Im vorliegenden Leitfaden werden unter **Agri-PV** die Verfahren eingeordnet, welche mit besonderen Anpassungen auf der PV-Seite verbunden sind und somit eine landwirtschaftliche Nutzung der Flächen ermöglichen, die über eine Beweidung, wie sie im Rahmen der Unterhaltungspflege bei Nicht-Agri-PV oft vorgesehen ist, hinausgehen. Dazu gehören:

- **bifaciale Solarzäune** mit senkrechter Modulordnung (Stromgewinnung auf beiden Seiten, Ost/West) (vgl. [Abbildung 11](#)),
- mit Solarmodulen überspannte Anbauflächen (vgl. [Abbildung 13](#) und [Abbildung 14](#)),
 - o kleinräumig überspannt zum Anbau von Sonderkulturen (z. B. Obst, Beerenfrüchte, Erdbeeren),
 - o weiträumig überspannt mit hoher lichter Weite zum Anbau von sonstigen Ackerfrüchten.



Abbildung 14: PV-Überspannung von Anbauflächen – Illustration verschiedener Anlagentypen mit von oben nach unten zunehmender Weite und Höhe der Überspannung und entsprechender Abnahme der Auswirkungen auf den Boden (Quelle: Fraunhofer ISE 2022, verändert)

4 Anforderungen an die Standortauswahl, den Bau und Rückbau sowie die Betriebsphase

4.1 Empfehlungen für aus Bodenschutzsicht geeignete und nicht geeignete Anlagenstandorte

4.1.1 Flächeninanspruchnahme

In Deutschland waren Ende des Jahres 2021 auf rund 35.000 ha Fläche PV-Anlagen mit einer Leistung von ca. 60 Gigawatt (GW) Leistung installiert. Zwei Drittel der Fläche sind Dach- und Gebäudeanlagen bzw. Konversionsflächen. Freiflächenanlagen nehmen ca. 11.700 ha auf Ackerflächen sowie Randstreifen an Verkehrswegen ein (BMUV 2021, Wirth et al. 2021; vgl. [Abbildung 15](#)). Da Randstreifen oftmals Ackerflächen sind, ist eine exakte Differenzierung nicht möglich. Demnach sind die Flächenangaben nicht als absolut anzusehen (UBA 2022a, Kelm et al. 2019).

Zusätzlich zu den PV-Anlagen sind bundesweit ca. 2.130 ha Solarthermie-Anlagen, fast ausschließlich auf Gebäuden, installiert (Wirth et al. 2021).

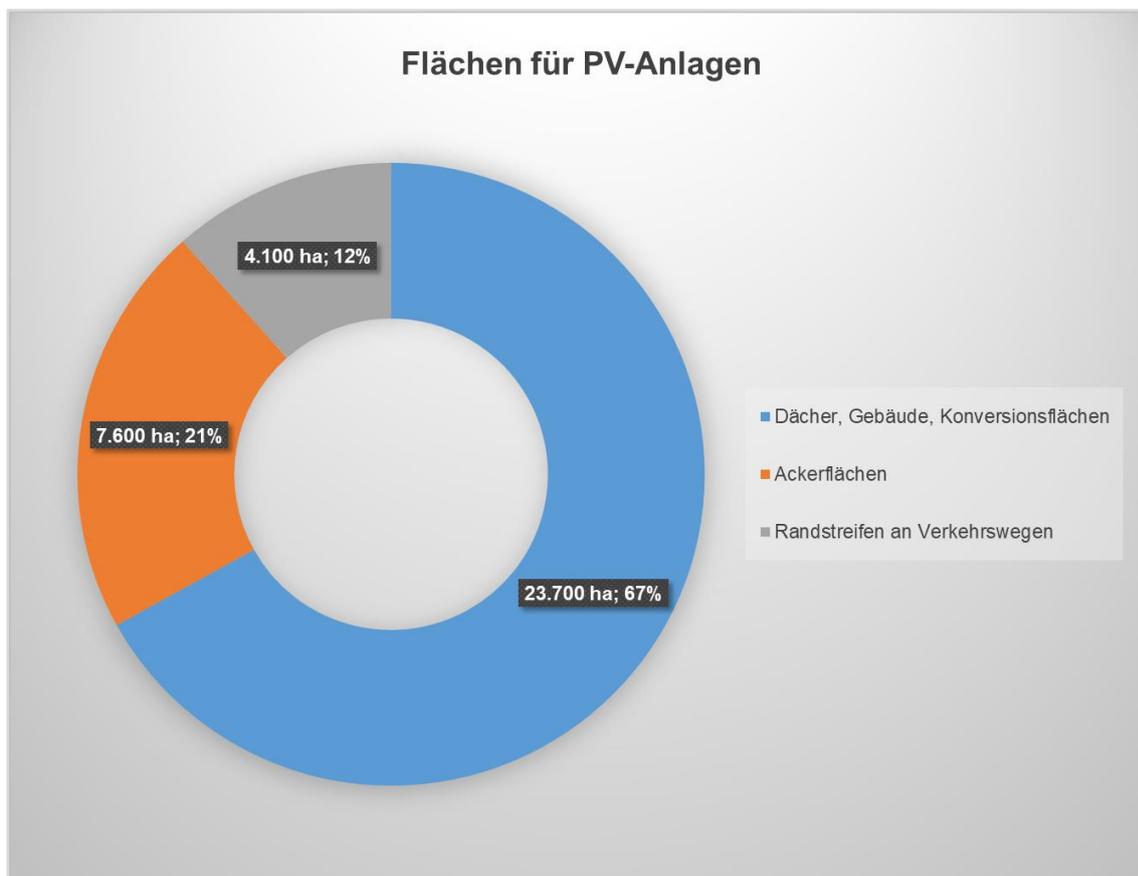


Abbildung 15: Beanspruchte Fläche für PV-Anlagen (Stand: 31.12.2021); Quellen:
BMUV 2021: www.bmuv.de/WS3640
ISE 2022: <https://energy-charts.info>

4.1.2 Prognostizierter Flächenbedarf

Der in Bezug auf das Ausbauziel (vgl. [Kapitel 1](#) und [2.1.1](#)) prognostizierte zusätzliche Flächenbedarf für PV-Anlagen liegt bis zum Jahr 2030 bei 75.000 bis 80.000 ha (Günnewig et al. 2022a). Da diese ha-Angaben noch auf das Ausbauziel des EEG 2021 (200 GW) bezogen sind, liegt der Flächenbedarf aufgrund des neuen Ziels von 215 GW noch höher. Im EEG 2023 wird von einem Verhältnis von Gebäudeanlagen zu FFA von 50:50 ausgegangen (BMWK 2022). Dies bedeutet eine zusätzliche Inanspruchnahme von ca. 40.000 ha für FFA bis 2030 – mehr als die bislang installierte Gesamtfläche und 0,24 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland (16,6 Mio. ha). Zusammen mit der täglichen Flächeninanspruchnahme für [Siedlungs- und Verkehrsflächen](#), die im Jahr 2021 bei 54 ha/Tag lag, steigen damit Druck und Nutzungskonkurrenz auf landwirtschaftlich genutzte Flächen (Statistisches Bundesamt 2022).

Um diesen Druck zu verringern und einen Beitrag zu den Flächensparzielen (bis 2030 max. 30 ha/Tag, bis 2050 Netto-Null; Bundesregierung 2020) zu leisten, gilt es vorrangig, den Energieverbrauch zu senken, die Energieeffizienz zu steigern sowie die Flächenpotenziale für PV-Anlagen auf und an Gebäuden und sonstigen technischen Anlagen voll auszuschöpfen. Zwar reichen hier die technischen Potenziale theoretisch aus, um die Ausbauziele zu erreichen, aber hohe Kosten und die erforderliche Ausbauschnelligkeit stehen dagegen (Eggers et al. 2021).

In einem ersten Schritt ist daher ein systematisches und übergeordnetes Vorgehen erforderlich, um geeignete Standorte für FFA zu identifizieren und auszuwählen.

4.1.3 Standortauswahl

Neben den Aspekten Energieertrag und Netzinfrastruktur sind bei der Standortwahl insbesondere zunächst **folgende allgemeine Ausschluss- und Restriktionskriterien** (BfN 2022, KNE 2021) relevant:

- Ausschlusskriterien wie Naturschutzgebiete, Nationalparke, Natura 2000, Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate, gesetzlich geschützte Biotope, Gewässerrandstreifen und -entwicklungskorridore, Wald, Überschwemmungsgebiete, [Vorranggebiete für den Hochwasserschutz](#), [Vorranggebiete für Landwirtschaft](#)
- Restriktionskriterien, z. B. Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktion, Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft, Vorbehaltsgebiete für Landwirtschaft, Zonen I und II in Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebieten, flächige Bodendenkmale, Gebiete mit gebietsbezogenen Maßnahmen des Bodenschutzes nach § 21 Abs. 3 BBodSchG, Flächen mit Hangneigungen > 20 %

Darüber hinaus sind weitere raumordnerische Kriterien und fachliche Kriterien wichtig, auf die im Folgenden eingegangen wird. Wie in [Kapitel 2.1.2](#) erläutert, bildet die planungsrechtliche Grundlage für FFA meist ein Bebauungsplan nach BauGB. Auf der Ebene des Bebauungsplans ist die Standortentscheidung jedoch bereits gefallen. Diese wird häufig nicht durch übergeordnete räumliche Zielvorgaben geleitet, sondern durch für den Einzelfall vorrangige Interessenlagen (z. B. Flächenverfügbarkeit) oder ausschließlich durch die Standorteignung für die Solarnutzung bestimmt. Liegt ein Flächennutzungsplan vor, wird dieser im Zuge der Aufstellung des

Bebauungsplans im Parallelverfahren formal geändert. Bislang existieren bundesweit nur wenige Flächenausweisungen hinsichtlich Solarenergie auf Basis festgelegter Kriterien auf der vorgelagerten regionalen Planungsebene. Regionale oder (inter-)kommunale Energiekonzepte, die auch das Thema Solarparks beinhalten, sind ebenfalls noch kein Standard (Günnewig et al. 2022a, Kelm et al. 2019).

Standortauswahl aus Sicht des Bodenschutzes

Um die **Standortwahl für FFA** systematisch **aus Sicht des Schutzguts Boden** zu steuern, bedarf es einer Richtschnur mit Kriterien für die Standorteignung und ggf. Priorisierungs- bzw. Ausschlussvorgaben.

Hierfür wird eine **bodenbezogene Rangfolge** aufgestellt und im Folgenden (S. 36-43) erläutert.

1. Vorzugsweise sind **anthropogen deutlich überprägte Böden ohne landwirtschaftliche Nutzung** wie versiegelte bzw. teilversiegelte Flächen, Konversionsflächen, Halde, Deponien etc. als Standorte für FFA anzustreben.
2. **Randstreifen an Verkehrsflächen** eignen sich aus Bodenschutzsicht insbesondere für FFA, wenn sie **nicht landwirtschaftlich genutzt** werden und einen **hohen anthropogenen Überformungsgrad** besitzen. Randstreifen mit landwirtschaftlicher Nutzung sollten nur auf Böden mit geringem bis mittlerem Erfüllungsgrad der Bodenfunktionen in Anspruch genommen werden.
3. **Acker- und Grünlandflächen sollten nur nachrangig** für FFA – und wenn dann **nur auf Böden mit geringem bis mittlerem Erfüllungsgrad der Bodenfunktionen** – geplant oder die Anlagen als **Agri-PV** umgesetzt werden.

Zielsetzung ist, Böden mit hoher und sehr hoher Bodenfunktionserfüllung nicht in Anspruch zu nehmen. Diese Standorte erfüllen wichtige Funktionen im besonderen Maße z. B. für den Trinkwasser- und Hochwasserschutz, für die Erzeugung von Lebensmitteln oder als Archive der Natur-/Kulturgeschichte. Standortentscheidungen müssen im Einzelfall sorgfältig geprüft werden.

Werden auf bodenfunktional wertvollen oder empfindlichen Böden dennoch FFA geplant, bietet zum einen die Ausgestaltung der FFA als **Agri-PV** eine Möglichkeit, die Beeinträchtigung flächenbezogen zu reduzieren und Bodenfunktionen weitgehend zu erhalten (vgl. [Kapitel 3.3.3](#)). Zum anderen gilt es, eine bodenschonende Errichtung bzw. Bodenschutzmaßnahmen bei Bau, Betrieb und **Rückbau** generell als Standard zu etablieren und die DIN 19639 konsequent in der Praxis umzusetzen (vgl. [Kapitel 4.3](#) und [4.4](#)).

Ermittlung der Bodenfunktionen

In den Ländern sind Karten in Web-GIS-Anwendungen zur Bewertung von Bodenfunktionen und Empfindlichkeiten auf verschiedenen Maßstabsebenen vorhanden. Der Erfüllungsgrad der natürlichen Bodenfunktionen gem. § 2 BBodSchG wird meist in fünf Stufen von sehr gering bis sehr hoch bzw. in zwei Stufen bei der Archivfunktion und teilweise beim Biotopentwicklungspotenzial (vorhanden/nicht vorhanden) bewertet. Häufig findet eine zusammenfassende Bewer-

tung der einzelnen Bodenfunktionen zu einer Karte der Gesamtbewertung statt, die insbesondere als Entscheidungshilfe bei Planungsprozessen konzipiert ist. Empfindlichkeiten der Böden gegenüber Erosion, Verdichtung und Wasserhaushaltsänderungen werden ebenfalls bewertet (Miller et al. 2020).

Diese Bewertungskarten dienen bei der Planung und Standortwahl von FFA als Grundlage, um

- Böden mit hoher und sehr hoher Bodenfunktionserfüllung zu identifizieren und eine Inanspruchnahme zu vermeiden,
- die Inanspruchnahme auf Böden mit geringerer Funktionserfüllung bzw. höherer anthropogener Überformung zu lenken und
- die Empfindlichkeiten von Böden gegenüber den bau- und betriebsbedingten Einwirkungen wie Bodenverdichtung, Erosion und Wasserhaushaltsänderungen in der Planung zu berücksichtigen.

Falls keine Daten und Karten zur Bodenfunktionsbewertung vorliegen, können die Daten der Bodenschätzung (Bodenzahl bzw. Grünlandgrundzahl) herangezogen werden, die das Ertragspotenzial eines Standorts mit Bodenknoten zwischen 0 und 100 beschreiben. Die Bodenzahlen bzw. Grünlandgrundzahlen korrelieren eng mit dem bodenkundlichen Parameter der Wasserspeicherfähigkeit (nutzbare Feldkapazität des durchwurzelbaren Bodenraums), die ein Maß für das Potenzial eines Standorts hinsichtlich der Produktion von Biomasse darstellt.

Werden ersatzweise zur Bodenfunktionsbewertung die Bodenschätzungsdaten verwendet, gilt die Empfehlung – entsprechend den Anforderungen in der Vollzugshilfe zu §§ 6-8 BBodSchV n.F. (LABO 2023) –, Böden für FFA nicht in Anspruch zu nehmen mit¹

- einer Bodenzahl bzw. Grünlandgrundzahl > 60 oder
- einer Bodenzahl bzw. Grünlandgrundzahl ≤ 20 (Extremstandorte).

Nicht-landwirtschaftlich genutzte, anthropogen überprägte Böden

Vorrangig sollen FFA auf versiegelten bzw. teilversiegelten Flächen oder Konversionsflächen sowie Flächen mit einem hohen Überprägungsgrad, wie z. B. Halden, Deponien, Altlasten, stillgelegten Tagebauflächen (inkl. daraus entstandenen künstlichen Seen) ausgewiesen werden. Weitere Flächen mit anthropogener Beeinträchtigung und Vorbelastungen sind ebenfalls gut geeignet, z. B. brachgefallene Industrie- und Gewerbestandorte, ehemalige Lagerflächen, Randflächen zu Infrastruktureinrichtungen (z. B. Abfall- und Kläranlagen), Flächen mit schädlichen Bodenveränderungen (stoffliche Belastungen, Bodenschadverdichtungen).

In [Tabelle 2](#) ist beispielhaft für einige Nutzungsarten das technische Ausbaupotenzial für PVA aufgeführt (Wirth et al. 2021). Andere Quellen geben teilweise andere Zahlen an, die Größenordnung stimmt jedoch überein: für Dächer und Fassaden 730 GW (Günnewig et al. 2022b) bzw. 900 GW (Eggers et al.), für Konversionsflächen 6 bis 10 GW (Günnewig et al. 2022b).

Die in [Tabelle 2](#) genannten Zahlen liegen deutlich über den Ausbauzielen des EEG 2023 für Photovoltaik, welches derzeit 215 GW für 2030 und 400 GW für 2040 angibt. Jedoch ist der

¹ In den Ländern sind abweichende Vorgaben möglich.

Grad der Umsetzung der technisch möglichen Ausbaupotenziale stark abhängig von wirtschaftlichen Faktoren wie Anlagenkosten, Stromkosten und Einspeisevergütung sowie von weiteren Faktoren wie Akzeptanz, fördernden bzw. hemmenden Rahmenbedingungen oder Synergien mit anderen Nutzungen. Gerade im Bereich der Gebäude ist auch von einer langsameren Entwicklungsgeschwindigkeit auszugehen.

Dennoch zeigen die Zahlen, dass auch bei einer niedrigen Umsetzungsquote relevante installierte Leistungen zustande kommen.

Tabelle 2: Schätzungen des technischen Ausbaupotenzials für PV in GWp für verschiedene Nutzungsarten in Deutschland (Wirth et al. 2021)

Nutzungsart	Technisches Ausbaupotenzial für PV in GWp
Gebäude (Dach + Fassade)	1.000
Verkehrsfläche Straßen*	290
Parkplätze*	59
Künstliche Seen	44
Verkehrsfläche Schiene*	10
Lärmschutzanlagen**	3

* v.a. Überdachungen (vgl. [Abbildung 16](#)); ** vgl. [Abbildung 17](#)



Abbildung 16: Visualisierung einer Straßenüberdachung mit Photovoltaik
(Quelle: www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/pv-sued.html)



Abbildung 17: Photovoltaik-Lärmschutzanlage entlang der A92 bei Freising (ca. 1,2 km Länge)
(Quelle: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php>)

Randstreifen an Verkehrsflächen

Während die in [Tabelle 2](#) aufgeführten Verkehrsflächen (Straßen und Schienen) versiegelte oder teilversiegelte Bereiche der Verkehrsflächen sowie Lärmschutzanlagen umfassen, sind unter der Rubrik „Randstreifen an Verkehrsflächen“ außerhalb der Bauverbotszonen liegende Flächenbereiche entlang von Straßen und Schienenwegen zu verstehen ([Abbildung 18](#)). Zudem können hier auch Vorfeldbereiche auf Flughäfen in Frage kommen ([Abbildung 19](#)), soweit dies im Einklang mit den Vorgaben der Flugsicherheit erfolgt (Strümpfel 2022).



Abbildung 18: Photovoltaik-Freiflächenanlage entlang einer Eisenbahnstrecke
(© F. Steinmann, LLUR)

Diese Randstreifen eignen sich aus Bodenschutzsicht insbesondere für FFA, wenn sie nicht landwirtschaftlich genutzt werden und einen hohen anthropogenen Überformungsgrad besitzen. Bei landwirtschaftlicher Nutzung sollten Randstreifen nur in Fällen in Anspruch genommen werden, in denen die betroffenen Böden einen geringen bis mittleren Erfüllungsgrad der Bodenfunktionen aufweisen.

Bei Randstreifen in einem Abstand von 220 m mit arrondierten Flächen bis maximal 500 m Entfernung beträgt das raumverträgliche Flächenpotenzial der betroffenen landwirtschaftlichen Nutzflächen 21.100 bis 52.750 ha (Kelm et al. 2019). Dies entspricht bei einer Standardausführung der FFA 21 bis 52 **GWp** bzw. bei einer **Agri-PV**-Umsetzung 13 bis 32 **GWp** (Wirth et al. 2021).



Abbildung 19: Pilotanlage mit **bifacialen Modulen** am Flughafen Frankfurt (© Fraport AG)

Acker- und Grünlandflächen

Landwirtschaftlich genutzte Flächen sollen nachrangig für FFA in Anspruch genommen werden. In Fällen, in denen keine Alternativstandorte gefunden werden, sollen vorrangig Böden mit geringem bis mittlerem Erfüllungsgrad der Bodenfunktionen beplant oder die Anlagen als **Agri-PV** umgesetzt werden (vgl. **Abbildung 20** und **Kapitel 3.3.3**). Böden mit hoher und sehr hoher Bodenfunktionsbewertung sollten möglichst nicht in Anspruch genommen und insbesondere nicht mit niedrig aufgeständerten PV bebaut werden.

Zur Begrenzung bzw. gezielten Lenkung der Inanspruchnahme von landwirtschaftlich genutzten Flächen für FFA existieren bundesweit Leitfäden, Merkblätter, Positionspapiere und Checklisten verschiedener Institutionen. Inhalte dieser Arbeitshilfen sind zum einen Vorgaben für Flächenkulissen und Planungskriterien. Zum anderen werden geeignete Rahmenbedingungen und Steuerungsinstrumente vorgeschlagen, die auf eine effiziente und ressourcenschonende Flächennutzung (Erhaltung der landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen) abzielen, z. B. durch Förderung von Doppelnutzungen (**Agri-PV**, PV mit naturschutzfachlicher Aufwertung, PV mit Wiedervernässung von Moorstandorten).



Abbildung 20: Photovoltaik-Freiflächenanlage mit bifacialen Modulen (Solarzaun) und landwirtschaftlicher Nutzung (Quelle: www.next2sun.de, abgerufen am 19.01.2023)

Moorböden

In Deutschland gibt es ca. 1,8 Mio. ha Moorflächen (5,2 % der Gesamtfläche Deutschlands) mit räumlichen Schwerpunkten im Norddeutschen Tiefland sowie dem Alpenvorland. Von diesen organischen Böden sind ca. 95 % durch Entwässerung, Nutzung etc. degradiert. Durch den Sauerstoffzutritt infolge der Entwässerung wird die Torfschicht zersetzt und der gespeicherte Kohlenstoff entweicht in Form von Kohlendioxid (CO₂), jährlich ca. 53 Mio. t CO₂-Äquivalente (DEHSt 2022). Diese Emissionen aus degradierten **Moorböden** machen ca. 7,5 % der nationalen Gesamtemissionen aus.

Über die Hälfte (52 %) dieser organischen Böden werden als Grünland und 19 % als Acker genutzt. Degradierte **Moorböden** unter Acker sind meist besonders stark entwässert und stellen somit eine hohe Emissionsquelle dar. Durch eine dauerhafte und fachgerechte Wiedervernässung (z. B. keine Überstauung, sondern torferhaltender Wasserstand von nicht tiefer als 10 cm unter der Bodenoberfläche; vgl. [Kapitel 3.3.2](#)) sowie durch die Erhaltung naturnaher Moore können Emissionen reduziert und zur Erreichung der Ziele des Klimaschutzgesetzes (KSG 2019) und der nationalen Moorschutzstrategie beitragen (BMUV 2022).

Die EEG-Novelle 2023 koppelt eine Förderung bei der Errichtung von Solaranlagen auf entwässerten Mooren an eine dauerhafte Wiedervernässung und schließt sie ansonsten auch auf entwässerten, landwirtschaftlich genutzten **Moorböden** aus (vgl. [Kapitel 3.3.2](#)). Dieser Vorgabe des EEG sollte auch auf nicht geförderten Standorten entsprochen werden, da durch die dauerhafte

Wiedervernässung dieser Standorte Naturschutz, Bodenschutz, Gewässerschutz und Klimaschutz profitieren. Allerdings besteht noch deutlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich der boden- und klimaschutzgerechten Errichtung sowie dem Betrieb von FFA auf degradierten Moorstandorten mit Wiedervernässung, z. B. hinsichtlich hydrologischer Konzepte, Bewirtschaftungsvorgaben, Paludikultur-Nutzung, Standsicherheits- und Schadstofffragen (vgl. Kapitel 3.3.2 bzw. [Abbildung 21](#)). Entsprechende Pilotvorhaben werden derzeit gefördert sowie Modell- und Demonstrationsvorhaben aufgebaut (BMUV 2022).



Abbildung 21: Photovoltaik-Freiflächenanlage auf einem wiedervernässten Moorstandort (2021)
(© Bayerisches Landesamt für Umwelt)

Aufgrund der bodenkundlichen und naturschutzfachlichen Besonderheiten von organischen Böden müssen Standortentscheidungen im Einzelfall sorgfältig geprüft und der Grad der Degradation dieser Böden einbezogen werden. Bei der Einzelfallentscheidung können Standorte auch ausgeschlossen werden. In einem Positionspapier spricht sich das Greifswald Moor Centrum für eine Flächenbegrenzung von FFA auf [Moorböden](#) aus, zumindest so lange keine verlässlich torferhaltende Bau- und Betriebsweise auf (wieder-) vernässten Standorten existiert (GMC 2022).

Einzelne Länder haben Vorgaben für FFA auf organischen Böden erlassen. Mecklenburg-Vorpommern erlaubt z. B. die Nutzung von Moorstandorten, wenn diese dauerhaft wiedervernässt und Schutzmaßnahmen ergriffen werden (LM MV 2022). Bayern und Schleswig-Hol-

stein sehen Moorstandorte als Restriktionsflächen bzw. Flächen mit besonderem Abwägungs- und Prüferfordernis an, über die jeweils im Einzelfall entschieden werden muss (MELUND SH 2021, StMB 2021a). Hier ist zu beachten, dass die Entwicklung und Fortschreibung entsprechender Vorgaben in den Ländern aktuell einer starken Dynamik unterliegen.

Insbesondere auf Moorstandorten sollten bereits in einem frühen Planungsstadium bodenschutzfachliche Vorgaben hinsichtlich der Art der Verankerung (Verzicht auf Betonfundamente,

Bevorzugung Ramm- oder Ankersysteme, Verzicht auf feuerverzinkte Materialien), der Vorgehensweise bei der Verlegung der Erdkabel sowie der Errichtung von Baustraßen und Baueinrichtungsflächen aufgestellt werden (vgl. [Kapitel 4.3](#), [4.4.2](#) und [4.4.3](#)).

Organische Böden weisen eine sehr hohe Verdichtungsempfindlichkeit auf. Dementsprechend müssen Maßnahmen zum Bodenschutz während des Baus und **Rückbaus** sowie bei Wartungsarbeiten von FFA-Anlagen darauf ausgerichtet werden (vgl. [Kapitel 4.4](#), z. B. Verpflichtung zur **bodenkundlichen Baubegleitung**). Weitere Festlegungen betreffen Vorgaben zu Pflege und Bewirtschaftung sowie ggf. zu naturschutzfachlichen Zielzuständen (vgl. [Kapitel 4.4.8](#) und [5](#)).

4.2 Ableitung von Zielen, Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz

Im Folgenden werden zunächst allgemein gültige Ziele, Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz aufgeführt. Darauf aufbauend werden konkrete arbeitsschrittspezifische Ziele, Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz für einzelne Arbeitsschritte wie z. B. Vorbereitungsarbeiten, Baustelleneinrichtung, Baustraßen, Errichtung Trägersystem, Errichtung versiegelter Bereiche, Errichtung Zaun bis hin zu **Rückbau** und Rekultivierung formuliert.

Des Weiteren werden spezifische Aspekte bei der **bodenkundlichen Baubegleitung** ([Kapitel 4.5](#)) sowie Anforderungen und Maßnahmen zur Vermeidung von Stoffeinträgen, gegen Bodenschadverdichtungen und zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme berücksichtigt.

Darstellung der Ziele, Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz

Die Maßnahmen zum Bodenschutz für Bau, **Rückbau** und Betriebsphase von FFA sind im Folgenden in zwei Kategorien eingeteilt: **Allgemein** gültige Ziele, Anforderungen und Maßnahmen **AM** sind in [Kapitel 4.3](#) hellgrün dargestellt, während arbeitsschrittspezifische Ziele, Anforderungen und Maßnahmen **SM** in [Kapitel 4.4](#) dunkelgrün abgebildet sind. Innerhalb der Arbeitshilfe wird an den entsprechenden Stellen immer wieder auf die nachfolgenden Maßnahmen verwiesen und zu diesen verlinkt.

Des Weiteren wird auf entsprechende Merklisten für bodenbezogene Festsetzungen und Hinweise im Bebauungsplan bzw. Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung **FB** in [Kapitel 5](#) sowie zu Checklisten in [Kapitel 6](#) verwiesen.

4.3 Allgemein gültige Ziele, Anforderungen und Maßnahmen (AM) zum Bodenschutz für Bau, Rückbau und Betriebsphase

Aufgrund der Allgemeingültigkeit der beschriebenen Anforderungen wird innerhalb der Arbeitshilfe an den entsprechenden Stellen auf diese verwiesen, um Wiederholungen zu vermeiden.

Bei allen Arbeiten in Zusammenhang mit Bau, **Rückbau** und Betriebsphase von FFA gilt die im BBodSchG verankerte Vorsorgepflicht. Insbesondere bestehen folgende Grundsätze:

- Schutz des Bodens vor Verdichtung und daraus resultierender Vernässung,
- Schutz vor Zerstörung der Horizontabfolge des gewachsenen Bodens,

- Schutz des Bodens vor Einträgen von Schadstoffen und unerwünschten Fremdstoffen (Verschmutzung) und
- Schutz des Bodens vor Erosion.

Die allgemein gültigen Anforderungen zum Bodenschutz resultieren aus den Vorgaben einschlägiger Normen (DIN 19639 2019, DIN 18915 2018, DIN 19731 2023) und weiterführender Literatur (BVB 2013, Meyer & Wienigk 2016) sowie internen Dokumentationen verschiedener Bodenschutzprojekte (Schnittstelle Boden 2022).

AM1 Flächeninanspruchnahme

- Die Flächeninanspruchnahme ist auf das Nötigste zu beschränken. Dies gilt insbesondere für Flächen, die für den Bau sowie Rückbau von FFA zusätzlich zur bestehenden Flächeninfrastruktur in Anspruch genommen werden.
- Für vom Bau sowie Rückbau von FFA (zusätzlich zur bestehenden Infrastruktur) in Anspruch genommene Flächen müssen Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um die Böden vor Verdichtung und Vernässung (→ AM2, AM5, SM1), Stoffeinträgen und Verschmutzung (→ AM6, SM7, SM15) sowie Erosion (→ AM7) zu schützen.
- Es dürfen keine Flächen außerhalb der festgelegten Baufelder in Anspruch genommen werden. Bautabuflächen (z. B. Ausgleichsflächen) dürfen nicht in Anspruch genommen oder befahren werden.
- vgl. FB3, FB5, Checkliste 1, Checkliste 3

AM2 Maschineneinsatz und Maschineneinsatzgrenze

- Bodenschonendes Arbeiten auf und mit Bodenmaterial kann nur bei ausreichend trockenen Witterungsbedingungen und Bodenverhältnissen sowie bei Bodenfrost erfolgen.
- Nach Möglichkeit sind Maschinen mit möglichst geringem Gesamtgewicht und möglichst geringer Bodenpressung einzusetzen (→ AM5, SM1).
- Maschinen mit hohem Gesamtgewicht und hoher Flächenpressung dürfen nur in Verbindung mit Maßnahmen zum Schutz von Böden vor Verdichtungen (→ AM5, SM1) eingesetzt werden.
- Schutzmaßnahmen zum Maschineneinsatz dienen dazu, den Druckeintrag in den Boden zu verringern und Verdichtungen und Vernässungen (vgl. Abbildung 22) zu vermeiden.
- Auf ungeschütztem Boden sind Maschinen mit bodenschonenden Laufwerken (Kettenfahrzeuge mit möglichst geringem Gesamtgewicht und niedriger Flächenpressung oder Radfahrzeuge mit Breit- und Terrareifen) einzusetzen.
- Die Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit von Böden sowie die spezifische Maschineneinsatzgrenze können nach DIN 19639 (2019) in Abhängigkeit von Bodenfeuchte/Bodenwasserspannung und Konsistenzbereichen ermittelt werden (vgl. Abbildung 23).
- vgl. FB2, FB3, FB6



Abbildung 22: Verdichtung und Vernässung infolge Befahrung bei zu feuchtem Boden (© Schnittstelle Boden)



Abbildung 23: Messung der Bodenwasser-spannung mittels Tensiometer (© Schnittstelle Boden)

AM3 Bodenarbeiten

- Bei Bodenarbeiten sind grundsätzlich die Vorgaben zum Maschineneinsatz und zur Maschineneinsatzgrenze (→ **AM2**) zu beachten.
- Ggf. notwendiger Bodenabtrag wird rückschreitend und getrennt nach **Oberboden**, **Unterboden** und **Untergrund** durchgeführt. Der freigelegte **Unterboden** wird nicht befahren (→ **SM1**, **SM6**).
- Bodenauftrag/Wiedereinbau von Bodenmaterial erfolgt vor Kopf und entsprechend der ursprünglichen Horizontierung/Schichtung (→ **SM9**, **SM17**). Kein Einsatz schiebender Fahrzeuge (Planierraupe/Schubraupe).
- vgl. **FB3**

AM4 Zwischenlagerung von Baumaterial und Bodenmaterial

- Für die Zwischenlagerung unterschiedlicher Art (Baumaterial, Bodenmaterial) sind geeignete Flächen vorzusehen (→ **AM1**, **SM1**).
- Baumaterial muss auf befestigten Flächen gelagert werden.
- Bodenmaterialien unterschiedlicher Qualität und Eigenschaften (humoser Ober- und humusarmer bzw. humusfreier **Unterboden**) müssen deutlich getrennt voneinander gelagert werden (ggf. durch ein robustes Trennvlies).
- Oberbodenmieten dürfen maximal zwei Meter hoch sein.
- Unterbodenmieten dürfen maximal drei Meter hoch sein.
- Mietenlagerplätze dürfen auch vor dem Aufsetzen der Miete grundsätzlich nicht befahren werden.
- Bodenmieten dürfen grundsätzlich, auch während des Aufsetzens, nicht befahren werden.
- Bodenmieten werden bei einer Dauer der Zwischenlagerung > 2 Monate gezielt (Ansaat) begrünt.
- vgl. **FB3**

AM5 Schutz des Bodens vor Verdichtungen und Vernässungen

- Ein Befahren ungeschützten Bodens ist nur bei ausreichend trockenen Witterungs- und Bodenbedingungen und mit geeigneten Maschinen zulässig (→ **AM2**).
- Bei Arbeiten mit Befahrung der Freifläche wie z. B. die Errichtung von Trägersystem und Modulen sind kleine, leichte Maschinen mit Kettenlaufwerken einzusetzen (→ **AM2, SM3, SM4, SM11, SM13**).
- Ein Befahren des Bodens mit schweren Maschinen, z. B. für die Errichtung versiegelter Bereiche, sowie das Lagern von Baumaterial ist nur mit Schutzmaßnahmen möglich (→ **SM1, SM6, SM15**):
 - o Bodenschutzplatten (Lastverteilungsplatten) bzw. Baggermatratzen aus Stahl, Aluminium oder Holz (vgl. [Abbildung 24](#)),
 - o Befestigung aus Schotter über Geotextil (vgl. [Abbildung 25](#)) und ggf. Geokunststoffbewehrung (Geogitter).
- vgl. **FB3, FB6**



Abbildung 24: Bodenschutzplatten (Lastverteilungsplatten) zur Vermeidung von Bodenverdichtungen (© Schnittstelle Boden)



Abbildung 25: Geotextil und Schotterschicht zur Vermeidung von Bodenverdichtungen (© Schnittstelle Boden)

AM6 Schutz des Bodens und des Grundwassers vor Schadstoffeinträgen und Fremdstoffen

- Bodenmaterial darf nicht mit Baumaterial/Baustoffen vermischt/verunreinigt werden.
- Wege müssen so geplant und angelegt werden, dass standortfremde Materialien (insbesondere **RC-Material**) nach dem Nutzungsende wieder vollständig entfernt werden können (→ **SM7**).
- Bodenmaterial und Baumaterial/Baustoffe müssen getrennt voneinander gelagert werden (→ **AM4, SM1**).
- Wassergefährdende Stoffe dürfen nicht auf ungeschütztem Boden gelagert werden.
- Maschinen dürfen nicht auf ungeschütztem Boden geparkt oder betankt werden.
- Maschinen müssen vor jeder Benutzung auf die Dichtheit aller Leitungssysteme mit wassergefährdenden Stoffen geprüft werden.

AM6 Schutz des Bodens und des Grundwassers vor Schadstoffeinträgen und Fremdstoffen

- Es ist ein Lagerort für eine ausreichende Menge an Bindemittel auszuweisen und das Baustellenpersonal darüber zu informieren.
- Beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sind Auffangwannen einzusetzen.
- vgl. **FB3**, **FB8**

AM7 Schutz des Bodens vor Erosion

- Auf erosionsgefährdeten Flächen ist für eine geregelte Wasserhaltung, durch eine gezielte Ableitung von Wasser aus dem Baufeld mittels Grabensystem, sowie Sammeln und Abpumpen des Wassers zu sorgen.
- Auf erosionsgefährdeten Flächen sorgt eine durchgehende Begrünung für einen Schutz vor Erosion. Bei vorheriger Ackerbewirtschaftung: Einsaat einer Feldgras Mischung, je nach Witterung und Vegetationszeit mindestens ein halbes bis ein Jahr vor der Baumaßnahme, so dass sich über eine Vegetationsperiode eine dichte Grasnarbe etablieren kann.
- Bodenmieten müssen bei längerer Lagerungsdauer aktiv (Ansaat) begrünt werden (→ **AM4**).
- vgl. **FB3**, **FB7**

4.4 Arbeitsschrittsspezifische Ziele, Anforderungen und Maßnahmen (SM) zum Bodenschutz

4.4.1 Vorbereitungsarbeiten

Die Vorarbeiten bei der Errichtung einer FFA umfassen die Herstellung von Baueinrichtungsflächen (BE-Flächen), Lagerflächen und Baustraßen sowie in den meisten Fällen auch den Zaunbau. BE-Flächen und Baustraßen werden für die Bereiche der FFA eingerichtet, die durch häufige Überfahrten sowie schwere Maschinen und Lasten beansprucht werden (vgl. [Abbildung 26](#)). Für Bereiche, die nur mit kleinen Geräten und in geringer Frequenz befahren werden, müssen keine Baustraßen errichtet werden (vgl. [Abbildung 31](#) und [Abbildung 32](#)). Voraussetzung hierfür ist – neben ausreichend trockenen Witterungs- und Bodenbedingungen – eine durchgehende Begrünung der betroffenen Fläche vor Beginn der Arbeiten, da hierdurch die Bodenstabilität erhöht wird.

Baustraßen und BE-Flächen können gemäß DIN19639 auf dem bewachsenen **Oberboden** errichtet werden, wenn die Dauer der Inanspruchnahme dieser (Teil-)Flächen unter 6 Monaten beträgt. Diese Zeitspanne wird in der Regel bei der Errichtung von FFA nicht überschritten.

Der **Oberboden** ist durch einen Bewuchs stabiler sowie mit geringerem Aufwand rekultivierbar als der **Unterboden**. Zudem können Flächen, die für die Oberbodenzwischenlagerung benötigt werden, reduziert werden. Bei Inanspruchnahme der Flächen von über 6 Monaten sollte für die

Errichtung der BE-Flächen und Baustraßen der **Oberboden** abgetragen und zwischengelagert werden (DIN 19639, vgl. [Abbildung 27](#)).



Abbildung 26: Einfahrtbereich einer neu errichteten PV-Freiflächenanlage mit häufigen Überfahrten sowie Befahrung mit schweren Maschinen/Radfahrzeugen und entsprechend Fahrspuren und sichtbaren Bodenverdichtungen (© Baader Konzept GmbH)



Abbildung 27: Baueinrichtungsfläche für Baucontainer und Baumaterial bei der Errichtung eines Solarparks (© F. Steinmann, LLUR)



Abbildung 28: Baustraße (bestehender Feldweg) und Zaun bei der Errichtung einer PV-Freiflächenanlage (© Schnittstelle Boden)

SM1 Baustelleneinrichtung, Baustraßen

- Bereits versiegelte oder teilversiegelte Flächen als Baustraßen und BE-Flächen verwenden (→ **AM1**, **Abbildung 28**).
- BE-Flächen müssen ausreichend dimensioniert werden (Lagerkapazität, Maschinenbewegung auf den Flächen).
- Bei vorheriger Ackerbewirtschaftung: Einsaat einer Feldgrasmischung, je nach Witterung und Vegetationszeit mindestens ein halbes bis ein Jahr vor der Baumaßnahme, so dass sich über eine Vegetationsperiode eine dichte Grasnarbe etablieren kann.
- Abmähen des Bewuchses vor Errichtung der BE-Flächen bzw. Baustraßen, auf ausreichend trockene Bodenbedingungen achten.
- Bei einer Inanspruchnahme von < 6 Monaten:
 - o Auftrag eines reißfesten Vlies/Geotextil (mit 50 cm Überstand an den Rändern) und einer mind. 30 cm mächtigen Schicht an Schotter oder güteüberwachtem **Recycling-Material (RC)** vor Kopf (ohne den ungeschützten **Oberboden** zu befahren, vgl. **Abbildung 29**).
 - o Alternativ können auch mobile Lastverteilungsplatten (z. B. Baggermatratzen) vor Kopf ausgelegt werden (ohne den ungeschützten **Oberboden** zu befahren, vgl. **Abbildung 30**).
- Bei einer Inanspruchnahme von > 6 Monaten:
 - o Der standorteigene **Oberboden** wird rückschreitend mit einem Kettenbagger, unter Berücksichtigung der von der aktuellen Bodenfeuchte abhängigen Maschineneinsatzgrenze (→ **AM2**), abgetragen (→ **AM3**) und zwischengelagert (→ **AM4**).
 - o Auftrag eines reißfesten Vlies/Geotextil (mit 50 cm Überstand an den Rändern) und einer mind. 30 cm mächtigen Schicht an Schotter oder güteüberwachtem **Recycling-Material (RC)** vor Kopf (ohne den ungeschützten **Oberboden** zu befahren).
- vgl. **FB2**, **FB3**, **FB6**, **Checkliste 3**
- relevante Stoffe/Materialien: **Geotextil**, **Schotter**, **RC-Material**, **Lastverteilungsplatten**

SM2 Errichtung Zaun

- Vermeidung von Betonfundamenten (höhere Versiegelung, → **AM1**)
- Zaunart wählen, die sich bodenschonend rückbauen lässt (z. B. Ramppfähle)
- Vermeidung von Verzinkungen, insbesondere wenn die Zaunverankerung ganz oder zeitweise im Grund- oder Stauwasserbereich liegt
- vgl. **FB3**, **FB5**, **FB6**, **Checkliste 3**
- relevante Stoffe/Materialien: **Stahl**, **Verzinkungen**, **Beschichtungen**

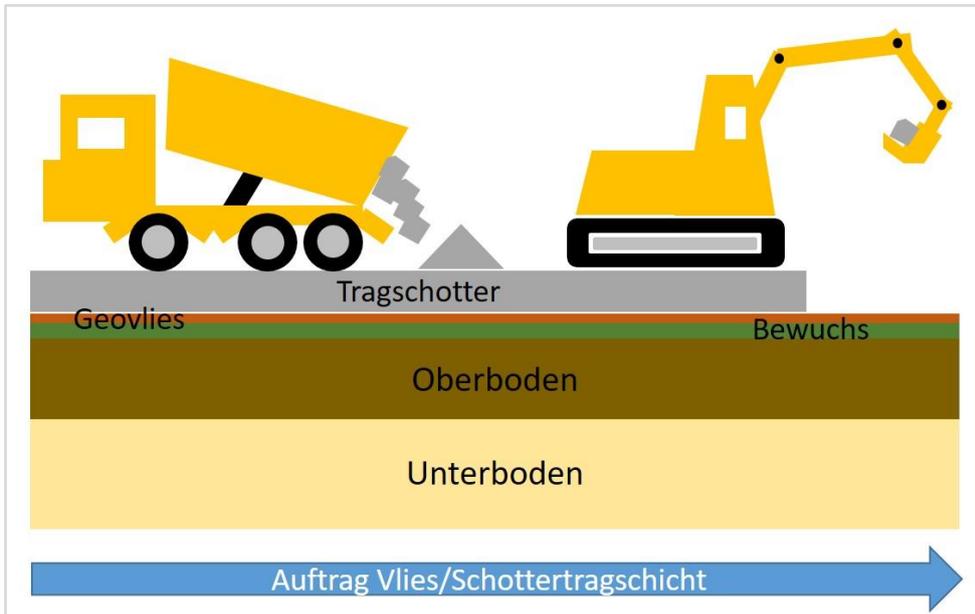


Abbildung 29: Schema Baustraße oder BE-Fläche aus Geovlies und Tragschicht
(© Schnitstelle Boden)

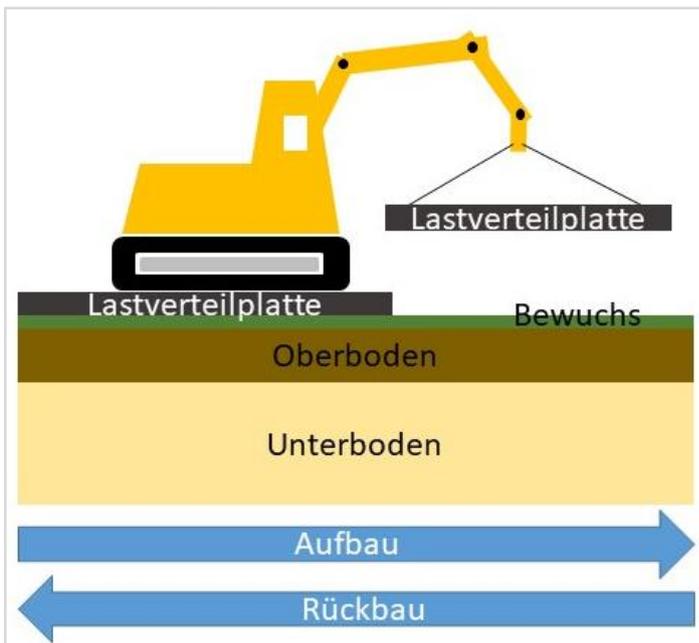


Abbildung 30: Schema Baustraße oder BE-Fläche aus Lastverteilungsplatten/
Baggermatratzen/mobile Baustraßen (© Schnitstelle Boden)

4.4.2 Aufbau der Solarmodule

Je nach Typ des gewählten Trägergestells für die Anlage sind unterschiedliche Verankerungen und Gründungen notwendig (vgl. [Kapitel 3.1](#)). Am häufigsten werden Rammfähle verwendet, die mittels eines Hydraulikhammers in den Boden gerammt werden. Hier werden meist kleine Raupenfahrzeuge mit geringem Gewicht und Flächendruck verwendet, auf denen die Rammeinheit montiert ist (vgl. [Abbildung 31](#)).



Abbildung 31: Einsatz eines kleinen, leichten Raupenfahrzeugs mit Hydraulikeinheit zum Rammen der Pfähle (© EnBW)



Abbildung 32: Einsatz eines kleinen, leichten Raupenfahrzeugs zum Transport der Trägergestelle (© Schnittstelle Boden)

Mit diesen Maschinen können die Flächen auch ohne Baustraßen – unter Beachtung der Bodenfeuchte und der standörtlichen Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens – befahren werden. Bei Schraubfundamenten werden die Schraubanker mit einer Drehvorrichtung am Baggerarm von kleinen Raupenbaggern in den Boden eingebracht.

Der weitere Aufbau der Gestelle auf den Trägern erfolgt manuell. Zum Transport der Gestelle eignen sich ebenfalls die leichten Raupenfahrzeuge (vgl. [Abbildung 32](#), [Abbildung 33](#)).

SM3 Errichtung Trägergestell

- Vermeidung von Beton- oder Gabionenfundamenten (höhere Versiegelung → **AM1**)
- Verwendung von Ramppfählen oder Schraubankern
- Vermeidung von Verzinkungen, insbesondere wenn die Gründung ganz oder zeitweise im Grund- oder Stauwasserbereich liegt
- Einsatz kleiner Raupenfahrzeuge mit geringem Gewicht und Flächendruck (→ **AM2**, [Abbildung 32](#)), auf denen Rammeinheiten ([Abbildung 31](#)) bzw. Drehvorrichtungen montiert sind
- vgl. [FB3](#), [FB6](#), [Checkliste 3](#)
- relevante Stoffe/Materialien: **Stahl**, **Verzinkungen**, **Beschichtungen**

SM4 Montage der Module

- Einsatz kleiner Raupenfahrzeuge mit geringem Gewicht und Flächendruck (→ **AM2**), auf denen Hebebühnen o.ä. installiert sind ([Abbildung 33](#))
- vgl. [FB3](#), [FB6](#), [Checkliste 4](#)
- relevante Stoffe/Materialien: **Solarmodule**, **Beschichtungen**



Abbildung 33: Einsatz eines kleinen, leichten Raupenfahrzeugs mit Hebebühne für die Installation der Module (© EnBW)



Abbildung 34: Montage der Solar-Module (© F. Steinmann, LLUR)

4.4.3 Verkabelung

Die Verkabelung der Module erfolgt, sobald diese montiert sind. Über ein Kabelsystem verlaufen die Leitungen bis zu den Wechselrichterstationen, über die der erzeugte Strom in das Netz eingespeist wird.

Die Verkabelung sollte aus Sicht des Bodenschutzes möglichst mit kurzen Verlegewegen sowie oberirdisch (z. B. in Tonrohren, wenn aus Nutzungs-/Pflegesicht möglich) angelegt werden, da eine Verlegung als Erdkabel zu Bodenabtrag, Bodenumlagerungen und Beeinträchtigung bis Zerstörung der vorhandenen Bodenstruktur führt (vgl. [Abbildung 35](#) und [Abbildung 36](#)). Eine oberirdische Verlegung hat auch bei Reparatur- und Revisionsarbeiten deutliche Vorteile.



Abbildung 35: Bodenarbeiten für die Verlegung von Erdkabeln beim Bau einer Photovoltaik-Freiflächenanlage (© Enovos Energie Deutschland GmbH)



Abbildung 36: Erdkabeltrasse einer Photovoltaik-Freiflächenanlage (© Franke Elektrotechnik GmbH www.solarstrom.de)

SM5 Verlegung Kabel

- Minimierung des Bodeneingriffs durch oberirdische Verkabelung sowie kurze Wege
- Bodenschutzmaßnahmen bei einer Verlegung als Erdkabel:

SM5 Verlegung Kabel

- Beachtung der von der aktuellen Bodenfeuchte abhängigen Maschineneinsatzgrenze (→ **AM2**).
- Der Oberbodenabtrag für den Bereich der Kabeltrasse erfolgt von der Baustraße aus oder rückschreitend (auf dem **Oberboden** fahrend) mit dem Kettenbagger (→ **AM3, AM5**).
- Der **Oberboden** wird seitlich als Miete gelagert (→ **AM4**).
- Der Unterbodenabtrag erfolgt für den Bereich der Kabeltrasse von der Baustraße aus oder rückschreitend mit dem Kettenbagger über dem auszuhebenden Kabelgraben und getrennt nach **Unterboden** und **Untergrund** – ggf. weitere auftretende Schichten sind zu trennen (→ **AM3, AM5**).
- Der ausgehobene **Unterboden** wird getrennt von der Oberbodenmiete gelagert, wobei eine Durchmischung von Ober- und Unterbodenmaterial nicht stattfinden darf – ggf. Geovlies einsetzen (→ **AM4**).
- Der Wiedereinbau von Bodenmaterial erfolgt von der Baustraße aus oder vor Kopf (→ **AM2, AM3**).
- Der Einbau wird entsprechend der ursprünglichen Horizontierung/Schichtung vorgenommen (→ **AM3, AM5**).
- Der verfüllte **Unterboden** wird nicht verdichtet (→ **AM3, AM5**).
- Das Andecken des **Oberbodens** erfolgt vor Kopf mit dem Kettenbagger.
- Die angedeckten Flächen dürfen abschließend nicht mehr befahren werden (→ **AM3, AM5**).
- vgl. **FB2, FB3, FB6, Checkliste 5**
- relevante Stoffe/Materialien: **Elektrokomponenten, Kupfer**

4.4.4 Errichtung versiegelter Bereiche

Je nach Größe und Art der FFA bestehen verschiedene Möglichkeiten der Stromweiterleitung innerhalb der Anlage sowie in das Stromnetz. Der in Solarparks erzeugte Strom wird häufig in das Mittelspannungsnetz eingespeist oder zu Umspannwerken und dort in das Hochspannungsnetz geleitet. Abhängig davon sind Installationen technischer Einheiten wie Wechselrichterstation sowie Mittelspannungsschaltanlage und -transformator notwendig. Diese Einheiten weisen Gesamtgewichte > 20-30 t auf, erfordern Schwertransporte und werden häufig in Übergabestationen gebündelt (vgl. [Abbildung 37](#)). Dementsprechend sind Maßnahmen zum Bodenschutz und Befestigungen zur Standsicherheit notwendig.

Weitere versiegelte Bereiche umfassen:

- Einfahrten, Verkehrs- und Wege, Wartungswege,
- Fundamente von Umzäunungen,
- Fundamente von Löschwassertanks.



Abbildung 37: Anlieferung einer Übergabestation per Schwertransport auf Bodenschutzplatten (© JUWI / Ben Kremer)

SM6 Errichtung versiegelter Bereiche

- Im Rahmen der Bauarbeiten zur Errichtung versiegelter Bereiche ist auf eine möglichst geringe Flächeninanspruchnahme der umgebenden Flächen hinzuwirken (→ **AM1**).
- Ein Befahren des Bodens mit schweren Maschinen für die Errichtung versiegelter Bereiche sowie die Anlieferung schwerer Bauteile ist nur mit Schutzmaßnahmen (Lastverteilungsplatten, Baustraßen → **AM3, AM5, Abbildung 37**) möglich.
- Beachtung der von der aktuellen Bodenfeuchte abhängigen Maschineneinsatzgrenze (→ **AM2**).
- Der Oberbodenabtrag für den Bereich späterer Versiegelungen erfolgt von der Baustraße aus oder rückschreitend (auf dem **Oberboden** fahrend) mit dem Kettenbagger (→ **AM3, AM5**).
- Der **Oberboden** wird seitlich als Miete gelagert (→ **AM4**).
- Der Unterbodenabtrag im Bereich späterer Versiegelungen erfolgt von der Baustraße aus oder rückschreitend mit dem Kettenbagger und getrennt nach **Unterboden** und **Untergrund** – ggf. weitere auftretende Schichten sind zu trennen (→ **AM3, AM5**).
- Der ausgehobene **Unterboden** wird getrennt von der Oberbodenmiete gelagert, wobei eine Durchmischung von Ober- und Unterbodenmaterial nicht stattfinden darf – ggf. Geovlies einsetzen (→ **AM4**).
- vgl. **FB3, FB5, Checkliste 6**
- relevante Stoffe/Materialien: **Beton, Schotter, RC-Material, Lastverteilungsplatten**

4.4.5 Rückbau von Baueinrichtungsflächen und Baustraßen

Werden die Flächen für Baueinrichtung und Baustraßen nicht mehr benötigt, werden diese rückgebaut (vgl. [Abbildung 38](#)) und eine durchwurzelbare Bodenschicht aufgebaut, so dass die Flächen wieder begrünt und Bodenfunktionen wiederhergestellt werden.

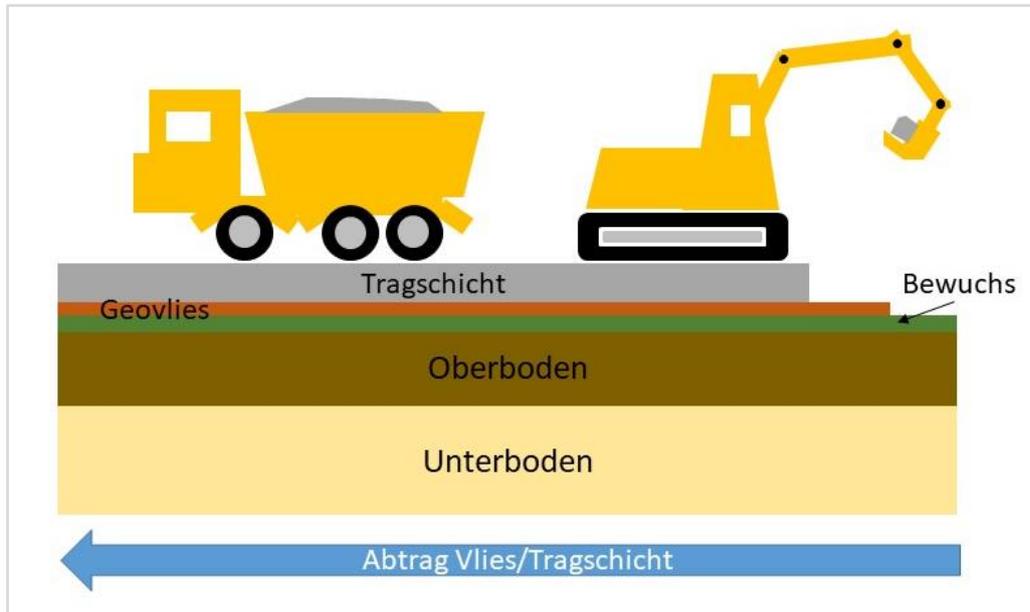


Abbildung 38: Schema Rückbau Baustraße oder BE-Fläche aus Geovlies und Tragschicht (© Schnittstelle Boden)

Der Rückbau wird so vorgenommen, dass der Unterboden beim Rückbau nicht verdichtet wird. Bei festgestellten Verdichtungen unter den BE-Flächen und Baustraßen wird eine Lockerung durchgeführt. Das Andecken des Oberbodens erfolgt ohne den abgedeckten Boden wieder zu verdichten. Um Setzungen auszugleichen, wird der Bodenauftrag mit 20 %-iger Überhöhung ausgeführt. Ziel ist die Wiederherstellung der Bodenfunktionen auf diesen Flächen. Zudem muss die geplante Folgenutzung, z. B. Zielzustand extensives Grünland oder Ackernutzung bei Agri-PV, berücksichtigt werden.

SM7 Rückbau von Baueinrichtungsflächen und Baustraßen

- rückschreitender Rückbau nicht mehr benötigter Baustraßen und BE- bzw. Lagerflächen (Geotextil und Schotter bzw. RC-Material für Tragschicht oder Lastverteilungsplatten/mobile Baustraßen), ohne den Oberboden bzw. anstehenden Unterboden zu befahren (→ **AM2, AM3, AM4, AM5**, [Abbildung 38](#))
- Entfernen von Baustoffen/Bauabfällen/Verunreinigungen auf/im Boden (→ **AM6**)
- Feststellen der Tiefe von entstandenen Bodenverdichtungen im Ober- bzw. Unterboden (Beurteilung des Bodengefüges nach DIN 19682-10)
- vgl. **FB3**, [Checkliste 7](#)
- relevante Stoffe/Materialien: **Geotextil, Schotter, RC-Material, Lastverteilungsplatten**

SM8 Bodenlockerung

- bodenschonende Lockerung des freigelegten **Unterbodens** im Bereich von zurückgebauten befestigten Flächen bis zur Tiefe von vorliegenden Verdichtungen, sobald dies die aktuelle Bodenfeuchte zulässt (→ **AM2, AM3, AM5**)
- bei Verdichtungen bis ca. 30 cm Tiefe können gängige landwirtschaftliche Maschinen wie Pflug oder Grubber verwendet werden
- bei Verdichtungen zwischen 30 und 100 cm Tiefe sind spezielle Maschinen wie Abbruchlockerer, Stechhublockerer und Tiefengrubber zu verwenden
- im Anschluss möglichst wenige Überfahrten vornehmen, da Böden nach einer Lockerung verdichtungsempfindlicher sind
- vgl. **FB3, Checkliste 7**

SM9 Bodenauftrag zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht

- bodenschonender Einbau von geeignetem Bodenmaterial (→ §§ 6-7 BBodSchV n.F., DIN 19731) mittels Kettenbagger im Streifenverfahren (→ **AM2, AM3**)
- Einbau von zuerst **Unterboden** und anschließend **Oberboden**, ohne den Boden dabei übermäßig zu verdichten
- die Einbaumächtigkeit ist abhängig von der aufzufüllenden Tiefe, dem Ausgangszustand sowie der Zielnutzung
- Ziel ist es, eine durchwurzelbare und wasserdurchlässige Bodenschicht, die Bodenfunktionen ausüben kann, wiederherzustellen
- vgl. **FB3, Checkliste 7**

SM10 Folgenutzung

- bei Folgenutzung/Zielzustand Grünland:
 - bodenschonende Bewirtschaftung bei der Grünlandeinsaat und Pflegemaßnahmen/Mahd (Maschinen mit möglichst geringer Bodenpressung)
- möglichst wenige Überfahrten
- bei **Agri-PV** und Ackernutzung:
 - möglichst erst nach einer dreijährigen, möglichst tief wurzelnden Zwischenbegrünung/-bewirtschaftung
 - bodenschonende Bewirtschaftung (On-Land-Pflügen oder Direktsaat mit Maschinen mit möglichst geringer Bodenpressung)
 - Verzicht auf Hackfrüchte
 - getreidebetonte Fruchtfolge
 - ganzjährige Begrünung (Zwischenfrüchte)
- vgl. **FB3, Checkliste 7**

4.4.6 Pflege- und Wartungsarbeiten

Aufwand und Kosten für die Unterhaltung von FFA sind vergleichsweise gering. Technische und bauliche Wartungsarbeiten hängen von der Bauart, der Flächenbeschaffenheit und den lokalen Verschmutzungsquellen ab.

Pflege- bzw. Bewirtschaftungsarbeiten sind gebunden an den angestrebten ökologischen Zielzustand (Zielbiotop) und das damit verbundene Pflegekonzept. Dabei sind die Maßnahmen in den ersten Jahren oft arbeitsintensiver als die Dauerpflege in den Folgejahren. Beispiele für Pflegemaßnahmen auf extensivem Grünland sind: Mahd 1 bis 3 x im Jahr mit Abtransport des Mähguts, kein Einsatz von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln, Beweidung mit Schafen.

Bei einer Mahd empfiehlt sich die Einbindung lokal ansässiger landwirtschaftlicher Betriebe oder auch von Landschaftsbaubetrieben (v.a. bei der Herstellung/Erstpflge) sowie der Einsatz landwirtschaftlicher Maschinen. Kleinere Traktoren mit Balkenmähern, die zwischen und auch unter den Modulreihen gut eingesetzt werden können, haben sich insbesondere für Mäharbeiten im Hinblick auf den Artenreichtum von Wiesen bewährt (UM BW 2019).

SM11 Pflege-/Bewirtschaftungsarbeiten

- Einsatz von (landwirtschaftlichen) Fahrzeugen/Maschinen mit geringem Gewicht und Flächendruck (→ **AM2**) unter Beachtung der Arbeitshöhe unter PV-Modulen
- Beachtung der von der aktuellen Bodenfeuchte abhängigen Maschineneinsatzgrenze (→ **AM2**)
- Überfahrten so weit wie möglich reduzieren
- kein Einsatz von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln (Ausnahme ggf. bei **Agri-PV**)
- kein Einsatz von Reinigungsmitteln mit boden- und wassergefährdenden Stoffen
- vgl. **FB3**, **FB9**, **Checkliste 8**

SM12 Wartungsarbeiten

- Einsatz kleiner Raupenfahrzeuge mit geringem Gewicht und Flächendruck (→ **AM2**, **Abbildung 32**)
- Sind Halbleiterschicht, Kontakte oder Verlötlungen aufgrund von Beschädigungen der Module der Witterung ausgesetzt, sind die entsprechenden Module zeitnah von der Anlagenfläche zu entfernen
- vgl. **FB3**, **FB9**, **Checkliste 8**
- relevante Stoffe/Materialien: **Solarmodule**, **Beschichtungen**, **Elektrokomponenten**, **Kupfer**, **Stahl**, **Verzinkungen**, **Reinigungsmittel**

4.4.7 Rückbau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen

Für FFA wird bislang eine Nutzungsdauer von 30 Jahren angenommen. Nach diesem Zeitraum sollen in der Regel ein vollständiger **Rückbau** sowie die Wiederherstellung des Ausgangszustandes stattfinden. Ausnahmen davon können z. B. der Weiterbetrieb der Anlage zur Erzeugung von erneuerbaren Energien oder eine im B-Plan festgelegte, parallel erfolgte Wiedervernässung (Moorbodenstandort) oder sonstige naturschutzfachliche Aufwertung sein. Nach dem **Rückbau** wird eine durchwurzelbare Bodenschicht aufgebaut, so dass die Flächen wieder begrünt und Bodenfunktionen wiederhergestellt werden (vgl. [Kapitel 4.4.8](#)).

Die Abfolge des **Rückbaus** verläuft dabei in umgekehrter Reihenfolge des Aufbaus. Die Module sowie Gestelle werden abgebaut, die Pfosten aus dem Boden entfernt, Erdkabel und technische Einheiten entnommen, Fundamente, Befestigungen, Wege und Umzäunung vollständig rückgebaut.

Bei Trägerverankerungen mit Betonfundament (vgl. [Abbildung 39](#)) gestaltet sich der **Rückbau** aufwendiger als bei Rammpfählen oder Schraubankern, die per Hydraulik aus dem Boden gezogen werden und so gemäß DIN SPEC 91434 rückstandslos rückgebaut werden können.



Abbildung 39: Photovoltaik-Freiflächenanlage mit Betonfundamenten (© Schnittstelle Boden)

Kabeltrassen können innerhalb von Wegeparzellen verlaufen, die nicht zurückgebaut werden oder in Flächenbereichen liegen, die zurückgebaut werden und danach wieder Bodenfunktionen übernehmen sollen.

SM13 Rückbau Trägergestelle und Module

- Einsatz kleiner Raupenfahrzeuge mit geringem Gewicht und Flächendruck (→ **AM2**, **Abbildung 32**), auf denen Hebebühnen (vgl. **Abbildung 33**), Zugeinheiten (**Abbildung 31**) bzw. Drehvorrichtungen montiert sind
- vgl. **FB3**, **FB10**, **Checkliste 9**
- relevante Stoffe/Materialien: **Stahl**, **Verzinkungen**, **Beschichtungen**, **Solarmodule**

SM14 Rückbau der Kabeltrasse

- vollständiger **Rückbau** von Kabeltrassen, die in Böden – außerhalb von weiter bestehenden Wegen und Banketten – verlegt wurden
- rückschreitender Abtrag des Bodens, getrennt nach **Ober-** und **Unterboden** und Zwischenlagerung seitlich des Kabelgrabens (→ **AM2**, **AM3**, **AM4**, **AM5**)
- ggf. Ausbau des Kabelbettes bei nicht standortgerechtem (Boden-)Material
- ggf. Austausch des Bodenmaterials bei ungeeignetem Material
- vgl. **FB3**, **FB10**, **Checkliste 9**
- relevante Stoffe/Materialien: **Elektrokomponenten**, **Kupfer**, **Kunststoff**, **PVC**

SM15 Vollständiger Rückbau versiegelter und teilversiegelter Bereiche

- Ein Befahren des Bodens mit schweren Maschinen für den **Rückbau** versiegelter Bereiche sowie den Abtransport schwerer Bauteile (z. B. Wechselrichter-/Übergabestation) ist nur mit Schutzmaßnahmen (Lastverteilungsplatten, Baustraßen → **AM5**, **Abbildung 37**) möglich.
- mechanischer **Rückbau** versiegelter Bereiche mit entsprechenden Bodenschutzmaßnahmen (→ **AM2**, **AM3**, **AM4**, **AM5**)
- ggf. Bodenaustausch des anstehenden Bodens, wenn bei der Errichtung (z. B. bei Fundamenten) eine „Bodenverbesserung“ (Einbringung von Kalk und/oder Mischbinde- und Verfestigung) erfolgt ist, welche die standörtlichen Bodeneigenschaften maßgeblich verändert haben
- Entfernen von Baustoffen/Bauabfällen/Verunreinigungen auf/im Boden
- Feststellen der Tiefe von entstandenen Bodenverdichtungen im **Ober-** bzw. **Unterboden** (Beurteilung des Bodengefüges nach DIN 19682-10)
- vgl. **FB3**, **FB10**, **Checkliste 9**
- relevante Stoffe/Materialien: **Schotter**, **RC-Material**, **Lastverteilungsplatten**

SM16 Bodenlockerung

- bodenschonende Lockerung des freigelegten **Unterbodens** im Bereich von zurückgebauten befestigten Flächen bis zur Tiefe von vorliegenden Verdichtungen, sobald dies die aktuelle Bodenfeuchte zulässt (→ **AM2, AM3**)
- bei Verdichtungen bis ca. 30 cm Tiefe können gängige landwirtschaftliche Maschinen wie Pflug oder Grubber verwendet werden
- bei Verdichtungen zwischen 30 und 100 cm Tiefe sind spezielle Maschinen wie Abbruchlockerer, Stechhublockerer und Tiefengrubber zu verwenden
- im Anschluss möglichst wenige Überfahrten vornehmen, da Böden nach einer Lockerung verdichtungsempfindlicher sind
- vgl. **FB3, FB10, Checkliste 9**

4.4.8 Rekultivierung

Ziel des **Rückbaus** und der Rekultivierung ist die Wiederherstellung der Bodenfunktionen. Zudem muss die geplante Folgenutzung berücksichtigt werden. Sind auf einer Fläche z. B. naturschutzfachliche Maßnahmen und die Erreichung eines Zielzustands geplant, sind diese Flächen entsprechend den naturschutzfachlichen Vorgaben zu gestalten. Bei einer Folgenutzung bzw. Zielzustand Grünland ist eine Zwischenbewirtschaftung zur Stabilisierung der Bodenstruktur meist nicht notwendig.



Abbildung 40: Zwischenfruchtgemenge mit Phacelia und Sonnenblumen zur Bodenstabilisierung (© Schnittstelle Boden)

Bei einer Folgenutzung als Acker dagegen ist in Bereichen, in denen ein Rückbau versiegelter Bereiche sowie ein Bodenauftrag stattfinden, eine dreijährige, an die Folgenutzung angepasste, Zwischenbewirtschaftung hilfreich (vgl. Abbildung 40). Eine bodenkundliche Baubegleitung (BBB) sollte beurteilen, ob eine Schadverdichtung vorliegt. Wenn keine schädliche Bodenverdichtung vorliegt, kann auf die Zwischenbewirtschaftung verzichtet werden. Die Notwendigkeit und die sinnvolle Zeitdauer richten sich nach dem Umfang der möglichen Bodenfunktionseinschränkungen und der Intensität der zu deren Behebung ergriffenen Rekultivierungsmaßnahmen und sollten durch die BBB festgelegt werden.

Bei einer Folgenutzung als Acker ist zudem die Etablierung einer möglichst durchgängigen Dauerbegrünung (Einsatz von Zwischenfrüchten/Untersaaten) wichtig, um die Nitratbelastung durch den „Grünlandumbruch“ zu mindern.

SM17 Bodenauftrag zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht

- bodenschonender Einbau von geeignetem Bodenmaterial (→ §§ 6-7 BBodSchV n.F., DIN 19731) mittels Kettenbagger im Streifenverfahren (→ AM2, AM3)
- Einbau von zuerst Unterboden und anschließend Oberboden, ohne den Boden dabei übermäßig zu verdichten
- die Einbaumächtigkeit ist abhängig von der aufzufüllenden Tiefe, dem Ausgangszustand sowie der Zielnutzung
- Ziel ist es, eine durchwurzelbare und wasserdurchlässige Bodenschicht, die Bodenfunktionen ausüben kann, wiederherzustellen
- vgl. FB3, FB11, Checkliste 10
- relevante Stoffe/Materialien: Bodenmaterial (Unterschreitung von 70 % der Vorsorgewerte nach BBodSchV n.F.)

SM18 Zwischenbewirtschaftung

- bei Folgenutzung Grünland:
 - bei der Anlage der Grünlandflächen die Vorgaben zum Maschineneinsatz und zur Maschineneinsatzgrenze beachten
 - eine Zwischenbewirtschaftung ist hier in der Regel bei bodenschonendem Materialeinbau und entsprechender Rekultivierung nicht notwendig
 - gleichermaßen sollte eine Befahrung bei feuchten Bodenverhältnissen strikt vermieden werden
- bei Folgenutzung Acker:
 - an die Bodenverhältnisse und Folgenutzung angepasste Zwischenbewirtschaftung für drei Jahre
 - Anbau tief wurzelnder Pflanzen (z. B. Luzerne oder Waldstaudenroggen) bzw. Anbau von Mischungen aus Pflanzen mit unterschiedlichen Wurzelsystemen und Durchwurzelungstiefen (z. B. Zwischenfruchtgemengen)
- vgl. FB3, FB11

SM19 Folgenutzung

- bei Grünlandnutzung:
 - o bodenschonende Bewirtschaftung bei der Grünlandeinsaat und Pflegemaßnahmen/Mahd (Maschinen mit möglichst geringer Bodenpressung)
- möglichst wenige Überfahrten
- bei Ackernutzung:
 - o möglichst erst nach einer dreijährigen, tief wurzelnden Zwischenbegrünung/-bewirtschaftung
 - o Etablierung einer möglichst durchgängigen Dauerbegrünung (Einsatz von Zwischenfrüchten/Untersaaten), um die Nitratbelastung durch den „Grünlandumbruch“ zu mindern
 - o bodenschonende Bewirtschaftung (On-Land-Pflügen oder Direktsaat mit Maschinen mit möglichst geringer Bodenpressung)
 - o Verzicht auf Hackfrüchte
 - o getreidebetonte Fruchtfolge
 - o ganzjährige Begrünung (Zwischenfrüchte)
- vgl. [FB3](#), [FB11](#), [Checkliste 10](#)

SM20 Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen

- Bodenlockerung bei Verdichtungen der wiederhergestellten durchwurzelbaren Bodenschicht (→ [SM17](#))
- Entwässerung durch Drainage bei Staunässe von rekultivierten Böden
- Auffüllung von Sackungen von rekultivierten Böden mit geeignetem Bodenmaterial
- Bodenaustausch bei Einbau von ungeeignetem Bodenmaterial (→ §§ 6-7 BBodSchV n.F., DIN 19731) mit Schadstoffbelastungen oder ungeeigneten Bodeneigenschaften (Gefügeschäden, Steingehalt, Körnung, Humusgehalt, Hydromorphie)
- mineralische oder organische Düngung sowie Kalkung bei entsprechendem Bedarf von landwirtschaftlich genutzten rekultivierten Böden
- biologische Stabilisierung mit tief wurzelnden Pflanzen
- mechanische oder maschinelle Entsteinung
- vgl. [FB3](#), [FB11](#), [Checkliste 10](#)

4.5 Bodenschutzkonzept und bodenkundliche Baubegleitung

Im Rahmen der Unterstützung der Baumaßnahmen bei Bau und [Rückbau](#) von FFA durch eine [bodenkundliche Baubegleitung](#) (BBB) soll ein schonender Umgang mit dem Schutzgut Boden und die Einhaltung der diesbezüglichen Festsetzungen im B-Plan bzw. der behördlichen Auflagen sichergestellt werden.

Ziel der BBB ist es, die Bodenfunktionen zu erhalten bzw. nach Bauabschluss möglichst umfassend wiederherzustellen. Der Verantwortungsbereich der BBB erstreckt sich auf Böden mit

Funktionen nach BBodSchG § 2 Abs. 2 Nr. 1 (natürliche Funktionen) sowie Nr. 3 c (land- und forstwirtschaftliche Nutzflächen). Im Rahmen von baulichen Maßnahmen können folgende Beeinträchtigungen auf Böden stattfinden (vgl. [Abbildung 41](#)):

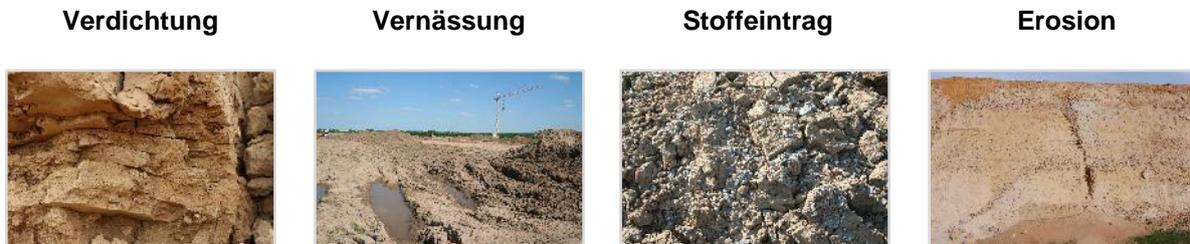


Abbildung 41: Beeinträchtigungen des Bodens durch Baumaßnahmen (© Schnittstelle Boden)

Die BBB ist ein sehr effektives Instrument zur Vorsorge gegen baubedingte Beeinträchtigungen des Bodens. Durch eine BBB lassen sich Bodenschäden bereits in der Planung vermeiden sowie in der Bauausführung verhindern. Zudem können Nachsorge- und Folgekosten, z. B. für Wiederherstellungsmaßnahmen vermieden oder verringert werden. Mit vergleichsweise wenig Aufwand und Kosten kann eine hohe bodenschützende Wirkung erzielt werden.

Im Folgenden werden die Aufgaben der BBB sowie Maßnahmenempfehlungen durch die BBB kompakt zusammengefasst. Detaillierte Ausführungen hierzu sind der DIN 19639 (2019) zu entnehmen. Im Rahmen einer BBB sind außerdem die weiteren einschlägigen Normen (DIN 18915 2018, DIN 19731 2023) und weiterführende Literatur (Bundesverband Boden 2013, Meyer & Wienigk 2016) zu berücksichtigen.

Mit der Novellierung der BBodSchV, die zum 01. August 2023 in Kraft tritt, ist die Durchführung einer BBB explizit im Bodenschutzrecht verankert (BBodSchV n.F.). In § 4 Abs. 5 BBodSchV n.F. ist festgelegt, dass die für die Zulassung des Vorhabens zuständige Behörde im Benehmen mit der zuständigen Bodenschutzbehörde im Einzelfall von dem Pflichtigen die Beauftragung einer [bodenkundlichen Baubegleitung](#) nach DIN 19639 verlangen kann. Dies kann bei Vorhaben verlangt werden, bei denen auf einer Fläche von mehr als 3.000 m² Materialien auf oder in die durchwurzelbare Bodenschicht auf- oder eingebracht werden, Bodenmaterial aus dem Ober- oder Unterboden ausgehoben oder abgeschoben wird oder der Ober- und Unterboden dauerhaft oder vorübergehend vollständig oder teilweise verdichtet wird.

Aufgaben der bodenkundlichen Baubegleitung

Eine BBB sollte im Idealfall schon so früh wie möglich, schon bei der Planung von FFA mit einbezogen werden. Nach DIN 19639 (2019) sollte eine BBB bereits in der **Genehmigungsphase** mit der Erstellung eines vorhabenbezogenen [Bodenschutzkonzeptes](#) beauftragt werden. Im [Bodenschutzkonzept](#) werden Daten über Bodeneigenschaften und -empfindlichkeiten mit Informationen über die Baumaßnahme, die Bauzeit und Baubedarfsflächen zusammengeführt. Das Konzept beinhaltet Maßnahmen, die zur Erhaltung oder Wiederherstellung der am Standort vor der Baumaßnahme angetroffenen natürlichen Bodenfunktionen notwendig sind. Zudem ist

bereits der **Rückbau** der FFA enthalten. Hier werden Maßnahmen aufgestellt, die zur Herstellung der für das Rekultivierungsziel notwendigen Bodenqualität erforderlich und bei den Rückbauarbeiten zu berücksichtigen sind.

Im weiteren Verlauf kann die BBB in der **Ausschreibungsphase** die Belange des Bodenschutzes in Baubeschreibungen einbringen, insofern entsprechende Festsetzungen oder Auflagen durch Nebenbestimmungen oder ein **Bodenschutzkonzept** vorliegen.

Während der **Bauphase** begleitet die BBB die Umsetzung von Maßnahmen zum Bodenschutz sowie nach Abschluss der Errichtung der FFA den **Rückbau** temporärer Eingriffsflächen wie Baustraßen und Baueinrichtungsflächen.

Nach einer Nutzungsdauer von ca. 30 Jahren werden die FFA rückgebaut. Die BBB begleitet den **Rückbau** der FFA und die **Rekultivierung** der Böden. Dabei beurteilt die BBB den Umfang einer **Zwischenbewirtschaftung**, führt ein **Monitoring** durch und empfiehlt bei Notwendigkeit **Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen**.

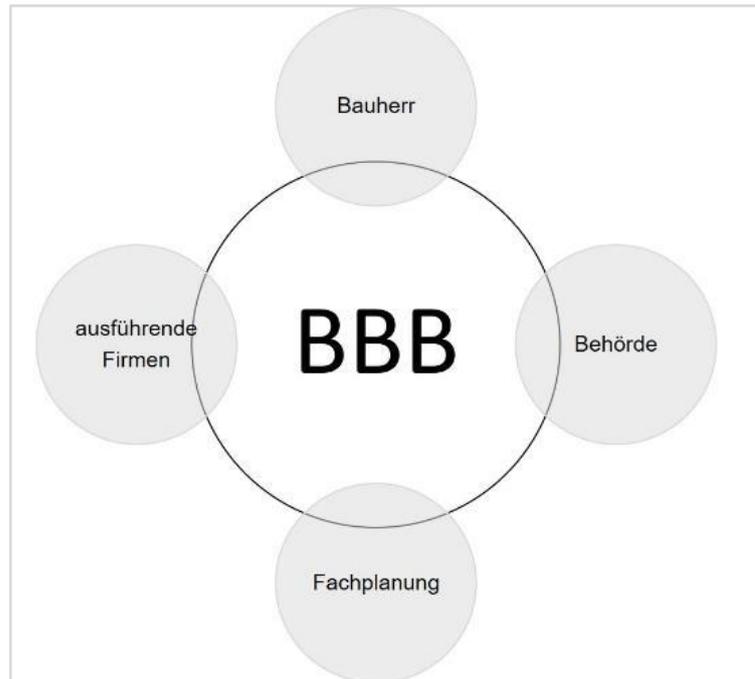


Abbildung 42: **Bodenkundliche Baubegleitung als Schnittstelle des Bodenschutzes**

Sowohl beim **Rückbau** temporärer Eingriffsflächen wie auch beim

Rückbau der gesamten FFA ist die Wiederherstellung der Bodenfunktionen auf diesen Flächen das Ziel. Zudem muss jeweils die geplante Folgenutzung, z. B. Zielzustand extensives Grünland oder Ackernutzung bei **Agri-PV**, berücksichtigt werden.

Die BBB ist eine Schnittstelle zwischen Auftraggeber, Bauleitung, ausführenden Baufirmen und der Genehmigungsbehörde sowie der **Bodenschutzbehörde**, im Hinblick auf die Belange des Bodenschutzes (vgl. **Abbildung 42**). Die Bodenschutzbehörde kann im Rahmen ihrer fachlichen Zuständigkeit die Tätigkeiten anlassbezogen kontrollieren. Zu den Aufgaben der BBB zählt die Vermittlung von Informationen und Beratung hinsichtlich des Bodenschutzes beim Bau und **Rückbau** von FFA gegenüber dem Auftraggeber, der Bauleitung sowie dem Baustellenpersonal.

Die Einhaltung der Vorgaben zum Bodenschutz sollten regelmäßig durch Kontrolltermine der BBB überprüft und jeweils in einem Protokoll dokumentiert werden, welches allen Beteiligten zugänglich gemacht wird. Dies sorgt dafür, dass allen Beteiligten immer die gleichen Informationen vorliegen und keine Missverständnisse entstehen. Durch die Beteiligung einer BBB besteht auch die Möglichkeit, auf unvorhersehbare Ereignisse im Bauverlauf durch Empfehlung von an die Situation angepassten Maßnahmen zum Bodenschutz zu reagieren.

Maßnahmenempfehlungen durch die bodenkundliche Baubegleitung

Die Empfehlung von Maßnahmen zum Bodenschutz entspricht den bodenschutzfachlichen Anforderungen beim Bau und Rückbau von FFA (vgl. [Kapitel 4.3](#) und [4.4](#)). Es gibt allgemeine Maßnahmen zum Bodenschutz, die grundsätzlich zu berücksichtigen sind (vgl. [Kapitel 4.3](#)), spezifische Maßnahmen während der Errichtung der FFA (vgl. [Kapitel 4.4.1](#) bis [4.4.6](#)) sowie während des Rückbaus der FFA (vgl. [Kapitel 4.4.7](#)), bei der Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht und der Rekultivierung (vgl. [Kapitel 4.4.8](#)).

5 Empfehlungen zu bodenschutzbezogenen Festsetzungen und Hinweisen im Bebauungsplan bzw. Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung

Da FFA überwiegend im **Außenbereich** (§ 35 BauGB) errichtet werden, ergibt sich für die Genehmigung und Errichtung regelmäßig ein kommunales Planerfordernis in Form eines Bebauungsplans (vgl. **Kapitel 2.1.2**). Ausnahmen gelten für die Bereiche, für die nach § 35 Abs. 1 Nr. 8 lit. b BauGB eine Privilegierung von PV-Anlagen gesetzlich verankert ist (200 m breiter Streifen entlang von Autobahnen und Schienenwegen)².

Auf der Ebene des Bebauungsplans steht die Standortfindung nicht mehr im Fokus, so dass sich die folgenden Empfehlungen zu bodenschutzbezogenen Festsetzungen und Hinweisen im Bebauungsplan auf die Errichtung, den Betrieb und den **Rückbau** einer FFA an einem gegebenen Standort konzentrieren.

Beim Bebauungsplan werden je nach Inhalt und Vorhaben drei Arten unterschieden:

- **Qualifizierter Bebauungsplan** (§ 9 BauGB) mit Festsetzungen gemäß BauNVO
 - o zur Art der baulichen Nutzung,
 - o zum Maß der baulichen Nutzung,
 - o der überbaubaren Grundstücksfläche,
 - o zu den Verkehrsflächen.
- **Einfacher Bebauungsplan** (§ 9 BauGB), bei dem eine der oben genannten Festsetzungen fehlt.
- **Vorhabenbezogener Bebauungsplan** mit Vorhaben- und Erschließungsplan (§ 12 BauGB), wenn sich interessierte Investoren oder Projektierer direkt an Kommunen wenden, die über geeignete Flächen und ein Umsetzungskonzept für eine FFA verfügen.

Die Sicherstellung einer fachgerechten und ressourcenschonenden Durchführung der Planung sowie des Baus, Betriebs und **Rückbaus** von FFA und in diesem Zusammenhang die Berücksichtigung bodenschutzfachlicher Anforderungen erfordert eine spezifische und detaillierte Ausgestaltung der entsprechenden Festsetzungen und Hinweise / Nebenbestimmungen. Dies ist auch erforderlich, um dem Bestimmtheitsgebot im Sinne des § 37 Abs. 1 VwVfG zu genügen: Die getroffenen Regelungen müssen daher den Antragsteller eindeutig erkennen lassen, was genau von ihm gefordert wird. Die untenstehenden **Merklisten für Festsetzungen und Hinweise im Bebauungsplan bzw. für Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung**² **FB** müssen deshalb im konkreten Einzelfall angepasst und in Textform gebracht werden.

Die möglichen Inhalte und Festsetzungen eines Bebauungsplans ergeben sich aus dem Baugesetzbuch (BauGB) und der Baunutzungsverordnung (BauNVO). FFA werden nach § 9

² Für die nach § 35 Abs. 1 Nr. 8 lit. b BauGB privilegierten PV-Anlagen in einem 200 m breiten Streifen entlang von Autobahnen und Schienenwegen sind bodenschutzbezogene Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung möglich. Vor diesem Hintergrund sind die Ausführungen in diesem Kapitel hinsichtlich Festsetzungen und Hinweisen zum B-Plan zu prüfen, inwieweit sie auch als Auflage zur Baugenehmigung herangezogen werden können.

Abs. 1 Nr. 12 BauGB festgesetzt. Im Folgenden werden eine Reihe möglicher Festsetzungen im Bebauungsplan vorgestellt. Die Notwendigkeit ihrer Anwendung ist im Einzelfall vor dem Hintergrund bodenschutzfachlicher Belange zu prüfen (vgl. DVW 2018):

Merkliste für Festsetzungen im Bebauungsplan bzw. für Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung

FB1 Festsetzungen im Bebauungsplan gemäß BauGB und BauNVO
<ul style="list-style-type: none">- Art der baulichen Nutzung<ul style="list-style-type: none">o sonstiges Sondergebiet nach § 11 BauNVOo Gewerbegebiet nach § 8 BauNVO
<ul style="list-style-type: none">- Maß der baulichen Nutzung<ul style="list-style-type: none">o Höhe der baulichen Anlageno Höhe und Neigung der Moduleo Abstand der Modulreihen<ul style="list-style-type: none">z. B.:<ul style="list-style-type: none">▪ Der Abstand der Solarmodule zum Grund muss mind. 0,80 m betragen.▪ Unterer Bezugspunkt der Höhenfestsetzung ist die gewachsene Geländeoberfläche.▪ Zwischen den Reihen der Solarmodule ist ein Abstand von mind. 3,00 m einzuhalten.
<ul style="list-style-type: none">- überbaubare Grundstücksfläche<ul style="list-style-type: none">o Grundflächenzahlo Versiegelung<ul style="list-style-type: none">z. B.:<ul style="list-style-type: none">▪ Die maximal festgesetzte Grundflächenzahl (GRZ) im Sondergebiet beträgt 0,4. Die GRZ ergibt sich gemäß § 19 Abs. 2 BauNVO aus der überdeckten Fläche, für die unabhängig vom Modultyp bei Solaranlagen der Wert 0,4 angesetzt werden kann.▪ Die Errichtung von baulichen Nebenanlagen (z. B. Trafo- und Wechselrichtergebäude) mit einer Grundfläche von maximal ___ m² ist innerhalb der überbaubaren Grundstücksfläche zulässig. Die Höhe dieser Gebäude darf ___ m nicht überschreiten.▪ Die Festsetzung der überbaubaren Flächen erfolgt durch Baugrenzen gemäß der zeichnerischen Darstellung im Plan.▪ Der maximale Versiegelungsgrad des Bodens (Pfosten, Wechselrichter, Trafo) darf maximal ___ m² (5 % des Plangebietes) erreichen.o von Bebauung freizuhalten Flächen (zeichnerisch)o Steuerung der Lage von Betriebsgebäuden, Trafostation etc. (zeichnerisch)
<ul style="list-style-type: none">- zu den Verkehrsflächen<ul style="list-style-type: none">o Zuwegung/verkehrliche Erschließungo Wege innerhalb der FFA<ul style="list-style-type: none">z. B.<ul style="list-style-type: none">▪ Aufstellflächen und Grundstückszufahrten sind versickerungsfähig zu gestalten (Schotterrasen, wassergebundene Decken u. ä.).

Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer, möglicher planerischer Festsetzungen, die in der Regel im Kartenteil des Bebauungsplans dargestellt werden. Dazu gehören z. B.:

FB2 Sonstige Festsetzungen
– Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung der Landschaft
(§ 9 (1) Nr. 20 BauGB)

z. B. zum Bodenschutz:

- Alle Bodenarbeiten sind nach DIN 18915 (Landschaftsbauarbeiten) durchzuführen. Der zur Errichtung von Wechselrichtern, Trafo und Kabelgräben erforderliche Bodenabtrag ist zwischenzulagern, vor Verdichtung und Verunreinigung zu schützen und möglichst am Standort wieder einzubauen.
- Die Fläche des Eingriffs oder der temporären Beanspruchung ist möglichst gering zu halten. Erdaushub soll möglichst vermieden werden. Vorhandene Oberbodenschichten dürfen nicht unnötig abgeschoben werden. Noch vorhandene, natürliche Böden dürfen nur im trockenen Zustand und möglichst nur mit leichten Baumaschinen befahren werden.
- Schädliche Stoffeinträge in das Erdreich sind zum Schutz des Grundwassers und des Bodens zu vermeiden.
- Das Befahren von Bautabuflächen, insbesondere zukünftiger Ausgleichsflächen, ist auszuschließen.
- Unvermeidbare Verdichtungen des Bodens durch den Baustellenbetrieb sind zu ermitteln und durch Lockerungsmaßnahmen nach Abschluss der Bauarbeiten auszugleichen.

z. B. zur Entwicklung und Pflege:

- Die nicht versiegelten Flächen im Plangeltungsbereich sind flächendeckend als artenreiches und standortgerechtes Extensivgrünland zu entwickeln. Für die Ansaat ist gebietseigenes Saatgut nach FLL 2014 zu verwenden (Regiosaatgut, z. B. RSM Regio, aus dem entsprechenden Ursprungsgebiet).
- Die Flächen sind extensiv zu nutzen/pflegen
 - durch regelmäßige Schafbeweidung (2-3 Weidedurchgänge/a, keine Standweide), bei Bedarf mit maschineller Nachpflege oder
 - als zweischürige Mähwiese mit Abtransport des Mahdgutes (1. Schnitt ab Juni).
 - keine Anwendung von Dünger, keine Pflanzenschutzmittel
 - in den ersten drei Jahren ist zur Herstellung des Zielzustands (artenreiches und standortgerechtes Extensivgrünland) eine dreischürige Mahd mit Abtransport des Mähgutes erforderlich, ggf. Kombination Schafbeweidung und Mahd (kein flächiges Abschieben von **Oberboden!**)
- Diese extensive Grünlandnutzung/-pflege ist für den kompletten Zeitraum der Nutzung des Gebietes als Solar-FFA durchzuführen.

z. B. zur Anlage von Ausgleichsflächen:

- Die Anlage der Ausgleichsflächen hat bodenschonend und bei geeigneter Bodenfeuchte zu erfolgen.
- Ausgleichsmaßnahmen sollten auf den Ausgleich von Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen durch die Anlagenerrichtung abzielen.

FB2 Sonstige Festsetzungen
– Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung der Landschaft
(§ 9 (1) Nr. 20 BauGB)

- Im Rahmen der Anlage von Ausgleichsflächen für andere Schutzgüter dürfen notwendige Aushagerungsmaßnahmen nicht durch Abschieben/Entnahme von **Oberböden** erfolgen.
- Die Neuanlage künstlicher Kleingewässer und nicht standortgerechter Habitats (z. B. Baumpflanzungen auf **Moorböden**) sowie Geländeneivellierungen sind bodenschädigend und zu vermeiden.

Bei FFA wird meist die Form des vorhabenbezogenen Bebauungsplans gewählt werden, da bei solchen Vorhaben oft Projektierer an die Kommunen herantreten. In der Regel nimmt hierbei der Projektierer sein Vorschlagsrecht wahr und übernimmt auch die finanziellen Lasten der Bauleitplanung und der Erschließung, was durch einen Durchführungsvertrag (städtebaulicher Vertrag) geregelt wird. Die Kommune behält in jedem Fall die Planungshoheit (DVW 2018).

Weitere Vorteile des vorhabenbezogenen Bebauungsplans für die Kommune sind, dass die Verfahren und Projekte häufig schneller umgesetzt werden können und dass es keine Bindung an die Festsetzungen der BauNVO gibt. Letzteres erweitert die Möglichkeiten für die Kommune, im Rahmen der Genehmigung weitere Festsetzungen und Maßgaben zur Errichtung, den Betrieb und den **Rückbau** von FFA erlassen.

Weitere mögliche bodenschutzrelevante Festsetzungen für einen vorhabenbezogenen bzw. Empfehlungen bei einem nicht vorhabenbezogenen Bebauungsplan bzw. Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung für die Errichtung einer Solar-FFA sind (vgl. BVB 2022):

FB3 Bodenkundliche Baubegleitung

- Durchführung einer **bodenkundlichen Baubegleitung**
 - es ist eine bodenkundliche Baubegleitung (vgl. **Kapitel 4.5**) für die Bau- und Rückbauphase zu beauftragen (→ DIN 19639)
 - die mit der bodenkundlichen Baubegleitung beauftragte Person muss über die notwendige Sach- und Fachkunde verfügen und diese nachweisen
 - die mit der bodenkundlichen Baubegleitung beauftragte Person ist der Genehmigungsbehörde vor Beginn der Bauphase bzw. des Baus und **Rückbaus** zu nennen
 - die bodenkundliche Baubegleitung muss der Genehmigungsbehörde regelmäßig Bericht erstatten
- Erstellung eines **Bodenschutzkonzeptes** (insbesondere bei großen Anlagen auf besonders verdichtungsanfälligen Standorten)

FB4 Prüfung flächensparender/bodenschonender Alternativen am Standort

- bei Planung einer niedrigen, flächenhaften FFA auf Böden mit hoher Bodenfruchtbarkeit Prüfung der alternativen Errichtung einer **Agri-PV-Anlage**

FB4 Prüfung flächensparender/bodenschonender Alternativen am Standort

- bei Planung einer niedrigen, flächenhaften FFA: Gestaltung der Anlage, dass eine extensive Grünlandnutzung / Beweidung möglich ist (z. B. bzgl. Bodenfreiheit, Reihenabstände, Kabelführungen)

FB5 Minimierung der Versiegelung/Überschirmungswirkung

- Verzicht auf Betonfundamente
- Verzicht auf Befestigung von Wegen
- Bodenfreiheit der Module von mindestens 80 cm
- weiterer Stand der Modulreihen als technisch erforderlich
 - o z. B. x 1,5 der erforderlichen Mindestabstände
 - o mindestens 3 m lichte Breite (Fahrbereich für Pflegefahrzeuge)

FB6 Schutz besonders verdichtungsempfindlicher Böden

- bei Errichtung von FFA auf Böden mit hoher Verdichtungsempfindlichkeit (humose Böden, bindige Böden, Stauwasserböden, grundwassernahe Böden):
 - o Bautätigkeit nur bei geringer Bodenfeuchte und ausreichender Tragfähigkeit (→ **FB3**)
 - o auf Hauptzufahrten und Lagerflächen Durchführung lastenverteiler Maßnahmen

FB7 Minimierung der Erosion / Verringerung der Abflusskonzentration

- Beim Bau und **Rückbau** sind Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion zu ergreifen, insbesondere für Flächen in Hanglage und mit fehlender Begrünung.
- Bei der Anlagenerrichtung sind Lücken zwischen den einzelnen Modulplatten vorzusehen, die ein Abtropfen an den Tropfkanten jeder Modulplatte ermöglichen (vermindert auch die Austrocknungseffekte unter den Modulanlagen).
- Auf erosionsanfälligen Standorten sind Vorrichtungen zur Verteilung des an der untersten Tropfkante anfallenden Regenwassers vorzusehen (z. B. Lochbleche).

FB8 Minimierung der Schadstoffeinträge

- Bei der Gründung mit Rammpfählen auf Alternativen zu verzinktem Stahl ausweichen (Aluminium, Edelstahl oder wirkungsstabile Beschichtungen), insbesondere wenn die Gründung ganz oder zeitweise im Grund- oder Stauwasserbereich liegt.
- zeitnahe Entfernung und Ersatz beschädigter Module und Bauteile
- langfristiges Monitoring möglicher Schadstoffeinträge

FB9 Bodenschonender Betrieb

- Verzicht auf Düngemittel, kein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Ausnahme: Agri-PV-Anlagen)
- kein Einsatz von synthetischen Reinigungsmitteln

FB10 Vollständiger Rückbau

- Befristung der Nutzung (§ 9 Abs. 2, Nr. 1) mit Vorgaben zum vollständigen Rückbau/Wiederherstellung des Ausgangszustands
- Festsetzung einer Folgenutzung (§ 9 Abs. 2, Satz 2)
- Vorgaben zum Rückbau:
 - o (De-)Montage- und Lagerflächen sind vollständig zurückzubauen.
 - o Zuwegungen und Kabeltrassen sind, soweit sie keine andere Verwendung außerhalb der zurückzubauenden FFA haben, vollständig zurückzubauen.
 - o Versiegelte Bereiche sind vollständig zurückzubauen.
 - o Baustoffe, -abfälle, sonstige Verunreinigungen und auf/ in den Boden eingebrachte, standortfremde Materialien sind vollständig zu entfernen.
 - o Auf allen zurückgebauten Flächen sind Verdichtungen im Untergrund zu lockern, sobald dies die aktuelle Bodenfeuchte zulässt.

FB11 Rekultivierung

- Aufbereitung/Wiederherstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht zur vollständigen Wiederherstellung der Bodenfunktionen (unter Beachtung von §§ 6-7 BBodSchV n.F.)
- Durchführung einer Zwischenbewirtschaftung (Zwischenbegrünung mit Ansaatmischung, welche u.a. verschiedene, tief wurzelnde Arten enthält)
- Bei einer Folgenutzung als Ackerland: Etablierung einer möglichst durchgängigen Dauerbegrünung (Einsatz von Zwischenfrüchten/Untersaaten), um die Nitratbelastung durch den „Grünlandumbruch“ zu mindern.

6 Checklisten

Um die Berücksichtigung aller Anforderungen und Maßnahmen des Bodenschutzes zu überprüfen, können die Nutzer*innen die nachfolgenden **Checklisten** anwenden, innerhalb derer auf die allgemein gültigen Ziele, Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz **AM** (vgl. [Kapitel 4.3](#)) sowie die arbeitsschrittsspezifischen Ziele, Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz **SM** (vgl. [Kapitel 4.4](#)) verwiesen wird. Des Weiteren wird dort auch auf die Merklisten für Festsetzungen und Hinweise im B-Plan bzw. Auflagen im Rahmen der Baugenehmigung **FB** in [Kapitel 5](#) verlinkt. Die Checklisten sind zur erleichterten Bedienung und Archivierung als **speicherbare PDF-Formulare** angelegt.

Für weitere Abfragen zu den verschiedenen Planungsphasen, der Beteiligung der Bodenschutzbehörden sowie zu Leitfäden und Bodendaten der Länder empfiehlt sich zudem die Anwendung der „[LABO-Checklisten](#)“ (Miller et al. 2018).

Tabelle 3: Übersicht der Checklisten

Checkliste	Seite
Checkliste 1: Standortfindung – im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung / FNP	73
Checkliste 2: Bebauungsplan (Umweltbericht)	76
Checkliste 3: Vorbereitungsarbeiten	83
Checkliste 4: Aufbau der Solarmodule	84
Checkliste 5: Verkabelung	84
Checkliste 6: Errichtung versiegelter Bereiche	85
Checkliste 7: Rückbau von Baueinrichtungsflächen und Baustraßen	86
Checkliste 8: Pflege- und Wartungsarbeiten	88
Checkliste 9: Rückbau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen	89
Checkliste 10: Rekultivierung	90

Checkliste 1: Standortfindung – im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung / FNP

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Einordnung der Fläche / Flächenvarianten bezüglich der Einwirkungen auf den Bodenschutz</i>					
1	- Ist die mit dem Vorhaben verbundene Flächenneuanspruchnahme ausreichend dargestellt?				
	- Ist die mit den Standortalternativen verbundene Flächenneuanspruchnahme ausreichend differenziert dargestellt?				
	- Ist die zuständige Bodenschutzbehörde beteiligt?				
<i>Beschreibung und Bewertung der raumordnerischen Belange mit Relevanz für das Schutzgut Boden</i>					
2	- Sind die bodenschutzbezogenen Grundsätze und Ziele der übergeordneten Raumplanungen dargestellt?				
	- Sind die bodenschutzbezogenen Ziele weiterer Fachplanungen oder Nachhaltigkeitsstrategien dargestellt? <ul style="list-style-type: none"> o anhand einer vorhandenen überörtlichen oder gemeindlichen Vorauswahl von Standorten für regenerative Stromgewinnung / Solar-Freiflächenanlagen? o anhand einer Flächenermittlung auf Grundlage eines projekt- und länderspezifischen Leitfadens? 			vgl. „LABO-Checklisten“, (Miller et al. 2018)	
	- Sind Bodenschutzgebiete (Ausweisung nach § 21 BBodSchG) betroffen?				
	- Wird dargestellt, wie die bodenbezogenen Ziele berücksichtigt werden?				

Checkliste 1: Standortfindung – im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung / FNP

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Bestandsbeschreibung und Bestandsbewertung zum Schutzgut Boden unter überörtlich-raumordnerischen Aspekten</i>					
3	- Erfolgt eine angemessene Bestandsbeschreibung und Bestandsbewertung des Schutzguts Boden ggf. unter Berücksichtigung der länder- oder themenspezifischen Leitfäden/Arbeitshilfen bzw. Karten/Daten zur Bodenfunktionsbewertung bzw. zu schutzwürdigen Böden? <ul style="list-style-type: none"> ○ Leitfäden zum Schutzgut Boden in der Planung ○ Leitfäden zu Planung/Bau/Betrieb/Rückbau von Solar-Freiflächenanlagen ○ Karten/Daten zur Bodenfunktionsbewertung ○ Karten/Daten zu schutzwürdigen Böden 				vgl. „LABO-Checklisten“, (Miller et al. 2018)
	- Werden die relevanten natürlichen Bodenfunktionen bzw. die Archivfunktion nach BBodSchG berücksichtigt?				
	- Welche Bodenfunktionsbewertungen kommen im betroffenen Gebiet vor? <ul style="list-style-type: none"> ○ hoch bzw. sehr hoch (Böden mit besonderer Funktionserfüllung – besondere Schutzwürdigkeit) ○ gering bis mittel (Böden mit allgemeiner Funktionserfüllung – allgemeine Bedeutung) 				
	- Werden Aussagen zu Empfindlichkeiten oder Vorbelastungen der Böden getroffen?				
	- Sind Bodendenkmale betroffen?				
	- Sind Flächen mit Hangneigungen > 20% betroffen?				

Checkliste 1: Standortfindung – im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung / FNP

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen auf das Schutzgut Boden</i>					
4	- Erfolgt eine angemessene Auswirkungsprognose ggf. unter Berücksichtigung der länder- oder themenspezifischen Leitfäden/Arbeitshilfen?				vgl. „LABO-Checklisten“, (Miller et al. 2018)
	- Werden für die Standortalternativen die Belange des Bodenschutzes systematisch abgeprüft?				
<i>Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung der nachteiligen Auswirkungen</i>					
5	- Wird im Rahmen der Prüfung von Standortalternativen die Inanspruchnahme von Böden mit einem geringen Erfüllungsgrad der natürlichen Bodenfunktionen bzw. der Archivfunktion berücksichtigt?				FB4
	- Wird im Rahmen der Prüfung von Standortalternativen die Inanspruchnahme vorbelasteter Flächen berücksichtigt (z. B. Konversionsflächen, Deponieflächen, Flächenrecycling)?				

Checkliste 2: Bebauungsplan (Umweltbericht)

Nr. gemäß Anlage 1 BauGB	Gliederungspunkt mit Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht rele- vant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmen- empfehlung
1a) Kurzdarstellung des Inhalts und der wichtigsten Ziele des Bauleitplans					
	- Sind Ort und Umfang des Vorhabens und die damit verbundene Bodenanspruchnahme ausreichend dargestellt?				
1b) Darstellung der in einschlägigen Fachgesetzen und Fachplänen festgelegten Ziele des Umweltschutzes und ihrer Berücksichtigung					
	- Wird die „Bodenschutzklausel“ nach § 1a (2) BauGB berücksichtigt?				FB1
	- Sind die bodenbezogenen Ziele der übergeordneten Raumplanungen dargestellt?				
	- Sind die bodenschutzbezogenen Ziele der Landschaftsplanungen (Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan, Grünordnungsplan) dargestellt?				
	- Sind die bodenschutzbezogenen Ziele weiterer Fachplanungen oder Nachhaltigkeitsstrategien dargestellt?				
	- Wird dargestellt, wie die bodenschutzbezogenen Ziele in die Planung Eingang gefunden haben?				
2a) Bestandsbeschreibung und Bestandsbewertung (Basisszenario)					
	- Erfolgt eine angemessene Bestandsbeschreibung und Bestandsbewertung der Böden, ggf. unter Berücksichtigung der länder- oder themenspezifischen Leitfäden/Arbeitshilfen bzw. Karten/Daten zur Bodenfunktionsbewertung bzw. zu schutzwürdigen Böden? >> siehe detailliertere Abfrage in Checkliste Boden 2.7: <i>Leitfäden und Arbeitshilfen?</i>				vgl. „LABO-Checklisten“, (Miller et al. 2018)

Checkliste 2: Bebauungsplan (Umweltbericht)

Nr. gemäß Anlage 1 BauGB	Gliederungspunkt mit Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht rele- vant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmen- empfehlung
	<ul style="list-style-type: none"> - Sind alle relevanten Bodenfunktionen nach BBodSchG berücksichtigt? <u>Natürliche Bodenfunktionen:</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Funktion als Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen ○ Funktion im Wasserhaushalt ○ Funktion im Nährstoffhaushalt ○ Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium <u>Archivfunktion:</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Funktion als Archiv der Naturgeschichte ○ Funktion als Archiv der Kulturgeschichte 				
	<ul style="list-style-type: none"> - Erfolgt eine aggregierende Gesamtbewertung der Bodenfunktionen? 				
	<ul style="list-style-type: none"> - Welche Bodenfunktionsbewertungen kommen im Plangebiet vor? <ul style="list-style-type: none"> ○ hoch bzw. sehr hoch (Böden mit besonderer Funktionserfüllung – besondere Schutzwürdigkeit) ○ gering bis mittel (Böden mit allgemeiner Funktionserfüllung – allgemeine Bedeutung) 				
	<ul style="list-style-type: none"> - Werden Aussagen zu Empfindlichkeiten der Böden getroffen gegenüber <ul style="list-style-type: none"> ○ Erosion, ○ Versauerung, ○ Verdichtung, ○ Entwässerung? 				
	<ul style="list-style-type: none"> - Werden Aussagen zu Vorbelastungen getroffen hinsichtlich <ul style="list-style-type: none"> ○ Schadstoffen, ○ (Teil-)Versiegelung, ○ Verdichtung, ○ Erosion? 				

Checkliste 2: Bebauungsplan (Umweltbericht)					
Nr. gemäß Anlage 1 BauGB	Gliederungspunkt mit Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht rele- vant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmen- empfehlung
2b) Prognose und Bewertung der erheblichen Umweltauswirkungen (Konfliktanalyse) bei Durchführung der Planung					
	- Erfolgt eine angemessene Auswirkungsprognose ggf. unter Berücksichtigung der länder- oder themenspezifischen Leitfäden/Arbeitshilfen?				
	- Werden die bodenrelevanten Wirkfaktoren des Vorhabens beschrieben? <u>Wenn ja, welche:</u> <ul style="list-style-type: none"> o Versiegelung o Überschirmung o Abtrag o Auftrag o Verdichtung o Änderung Bodenwasserhaushalt o Stoffein- oder -austrag o Erosion 				
	- Werden die Auswirkungen (Umfang/ Grad) auf die genannten Bodenfunktionen ermittelt und bewertet? <u>Wenn ja, durch:</u> <ul style="list-style-type: none"> o einfache Flächenaufstellung oder o verbal-argumentative Auswirkungsprognose oder o rechnerische Auswirkungsprognose bzw. Ermittlung des Kompensationsbedarfs (z. B. mithilfe von Bodeneinheiten) 				
	- Wird auf die begrenzte nachhaltige Verfügbarkeit des Bodens (nicht erneuerbare Ressource) Bezug genommen?				
	- Erfolgt eine Differenzierung nach anlage-, bau- und betriebsbedingten Auswirkungen (Flächenbedarf, Wirkfaktoren)?				
	- Ist bei dem Vorhaben mit relevanten Auswirkungen auf den Boden durch Schadstoffimmissionen, Veränderung des Bodenwasserhaushalts, Verdichtung oder Erhöhung der Erosionsgefahr zu rechnen?				

Checkliste 2: Bebauungsplan (Umweltbericht)

Nr. gemäß Anlage 1 BauGB	Gliederungspunkt mit Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht rele- vant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmen- empfehlung
	- Werden bei der Konfliktanalyse die übergeordneten bodenbezogenen Ziele berücksichtigt (vgl. Nr. 1 b gem. Anlage 1 BauGB)?				
2c) Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung der erheblichen nachteiligen Auswirkungen					
	- Werden die möglichen Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen mit Bodenschutzbezug aufgeführt? <u>Wenn ja, erfolgt eine Differenzierung nach:</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ anlagebedingt ○ baubedingt ○ betriebsbedingt 				FB5, FB6, FB7, FB8, FB9
	- Werden die Beeinträchtigungen des Bodens auf das notwendige Ausmaß reduziert?				
	- Wird die Beanspruchung von Böden mit einem hohen Erfüllungsgrad der natürlichen Bodenfunktionen bzw. der Archivfunktion vermindert bzw. vermieden?				FB4
	- Ist die Bodenversiegelung auf das notwendige Maß begrenzt?				FB1
	- Wird bei der Flächenauswahl die Topographie im Sinne einer bodenschonenden Erschließung und Bebauung berücksichtigt?				FB7
	- Werden Vorgaben zur Verwendung versickerungsfähiger Beläge gemacht?				FB5
	- Werden Maßnahmen zur Verminderung baubedingter Bodenbeeinträchtigungen dargestellt?				FB3, FB6, FB7, FB8
	- Wird der Schutz des Mutterbodens/ Oberbodens thematisiert und angemessen berücksichtigt?				FB3, FB6
	- Sind bei Vorliegen einer Bodenbelastung entsprechende Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgesehen?				FB8

Checkliste 2: Bebauungsplan (Umweltbericht)

Nr. gemäß Anlage 1 BauGB	Gliederungspunkt mit Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht rele- vant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmen- empfehlung
	- Sind bei Vorliegen einer Erosionsgefahr entsprechende Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgesehen?				FB7
	- Sind Überwachungsmaßnahmen zur Kontrolle der Umsetzung bodenbezogener Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgesehen?				
2c) Maßnahmen zum Ausgleich der erheblichen nachteiligen Auswirkungen					
	- Werden die Aspekte des Bodenschutzes bei den vorgesehenen schutzgutübergreifenden Ausgleichsmaßnahmen beschrieben? <u>Wenn ja:</u> Werden Ausgleichsmaßnahmen auf Böden mit geringerem Erfüllungsgrad der natürlichen Bodenfunktionen bzw. der Archivfunktion gelenkt?				
	- Werden die Auswirkungen auf den Boden vollumfänglich ausgeglichen?				
	- Werden die Aspekte des Bodenschutzes bei den vorgesehenen schutzgutübergreifenden Ausgleichsmaßnahmen beschrieben? <u>Wenn ja:</u> Werden Ausgleichsmaßnahmen auf Böden mit geringerem Erfüllungsgrad der natürlichen Bodenfunktionen bzw. der Archivfunktion gelenkt?				
	- Wurde geprüft, ob Ausgleichsmaßnahmen für andere Schutzgüter einen Eingriff in das Schutzgut Boden darstellen?				
2d) Alternative Planungsmöglichkeiten					
	- Wurden alternative Planungsmöglichkeiten in ausreichendem Maße geprüft? <u>Wenn ja:</u> o Wurde die Wiedernutzbarmachung von vorbelasteten Flächen geprüft?				

Checkliste 2: Bebauungsplan (Umweltbericht)

Nr. gemäß Anlage 1 BauGB	Gliederungspunkt mit Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht rele- vant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmen- empfehlung
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Lässt die Darlegung der Planungsalternativen erkennen, dass die „Bodenschutzklausel“ nach § 1a (2) BauGB berücksichtigt wurde? ○ Wurde geprüft, ob die Planung auch auf Böden mit einem geringen Erfüllungsgrad der natürlichen Bodenfunktionen bzw. der Archivfunktion verwirklicht werden kann? ○ Wurde geprüft, ob die Planung auf Böden mit hohen Bodenzahlen (Bodenschätzung) vermieden werden kann? 				
	- Wurden bei der Angabe der wesentlichen Gründe für die getroffene Wahl bodenrelevante Argumente ausreichend berücksichtigt?				
3a) Beschreibung der verwendeten Methodik und Hinweise auf Schwierigkeiten und Kenntnislücken					
	- Sind für die Bestandsbeschreibung des Bodens die zur Verfügung stehenden Informationsquellen in ausreichendem Maße ausgewertet worden?				
	- Wurden bei der Angabe der wesentlichen Gründe für die getroffene Wahl bodenrelevante Argumente ausreichend berücksichtigt?				
	- Wurde die verwendete Methodik zur Bearbeitung des Schutzguts Boden ausreichend dargestellt?				
	- Wurden länder- oder themenspezifische Regelungen und Leitfäden/Arbeitshilfen zur Bodenfunktionsbewertung sowie Karten/Daten zur Bodenfunktionsbewertung oder zu schutzwürdigen Böden berücksichtigt?				vgl. „LABO-Checklisten“, (Miller et al. 2018)
3b) Maßnahmen zur Überwachung (Monitoring)					
	- Werden bodenbezogene Überwachungsaufgaben beschrieben?				

Checkliste 2: Bebauungsplan (Umweltbericht)					
Nr. gemäß Anlage 1 BauGB	Gliederungspunkt mit Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht rele- vant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmen- empfehlung
3c) <i>Allgemein verständliche Zusammenfassung</i>					
	- Wird in der allgemein verständlichen Zusammenfassung im Umweltbericht das Schutzgut Boden berücksichtigt?				
3d) <i>Referenzliste der Quellen</i>					
	- Ist die Referenzliste der Quellen für die im Umweltbericht enthaltenen Beschreibungen und Bewertungen zum Schutzgut Boden vollständig und aktuell?				

Checkliste 3: Vorbereitungsarbeiten					
Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Baustelleneinrichtung (BE), Baustraßen</i>					
1	- Werden bereits versiegelte oder teilversiegelte Flächen als Baustraßen und BE-Flächen verwendet?				AM1, SM1 FB1, FB3
	- Sind BE-Flächen ausreichend dimensioniert (Lagerkapazität, Maschinenbewegungen auf den Flächen)?				AM1, AM4, SM1 FB3
	- Sind Maßnahmen zum Schutz des Bodens im Rahmen der Baustelleneinrichtung vorgesehen?				AM2, AM5, AM6, AM7 FB3
	- Ist bei der Inanspruchnahme von Ackerflächen eine Begrünung (z. B. Einsaat einer Feldgrasmischung), je nach Witterung und Vegetationszeit ca. ein halbes bis ein Jahr vor der Baumaßnahme geplant?				SM1 FB3
<i>Errichtung Zaun</i>					
2	- Werden Betonfundamente vermieden?				AM1, SM2 FB1
	- Wird eine Zaunart gewählt, die sich einfach und bodenschonend rückbauen lässt?				AM1, SM2 FB1
	- Werden Verzinkungen, insbesondere wenn die Zaunverankerung ganz oder zeitweise im Grund- oder Stauwasserbereich liegt, vermieden?				SM3 FB1

Checkliste 4: Aufbau der Solarmodule

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Errichtung Trägergestell und Montage der Module</i>					
1	- Werden anstelle von Beton- bzw. Gabionenfundamenten Ramppfähle oder Schraubanker verwendet?				AM1, SM3 FB1
	- Werden Verzinkungen, insbesondere wenn die Gründung ganz oder zeitweise im Grund- oder Stauwasserbereich liegt, vermieden?				SM3 FB1
	- Werden kleine Raupenfahrzeuge mit geringem Gewicht und Flächendruck eingesetzt?				AM2, SM3, SM4 FB3

Checkliste 5: Verkabelung

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Verlegung Kabel</i>					
1	- Wird der Bodeneingriff bei der Verlegung der Kabel minimiert? ○ durch kurze Verlegestrecken ○ durch oberirdische Verlegung				SM5 FB1
	- Sind Maßnahmen zum Schutz des Bodens bei der Verlegung der Kabel vorgesehen?				AM2, AM3, AM4, AM5, SM5 FB3

Checkliste 6: Errichtung versiegelter Bereiche					
Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Errichtung versiegelter Bereiche</i>					
1	- Wird die Inanspruchnahme umgebender Flächen bei der Errichtung versiegelter Bereiche auf ein Mindestmaß reduziert?				AM1, SM6 FB3
	- Sind bei der Anlieferung schwerer Bauteile (z. B. Wechselrichter-/Übergabestation) Schutzmaßnahmen (z. B. Lastverteilungsplatten) geplant?				AM3, AM5, SM6 FB3
	- Sind Maßnahmen zum Schutz des Bodens bei der Errichtung versiegelter Bereiche vorgesehen?				AM2, AM3, AM4, AM5, SM6 FB3

Checkliste 7: Rückbau von Baueinrichtungsflächen und Baustraßen

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Rückbau der Baueinrichtungsflächen und Baustraßen</i>					
1	- Ist ein vollständiger Rückbau der BE-Flächen und Baustraßen sowie ggf. weiterer befestigter Flächen vorgesehen?				FB1, FB3
	- Sind Maßnahmen zum Schutz des Bodens beim Rückbau der BE-Flächen und Baustraßen sowie ggf. weiterer befestigter Flächen vorgesehen?				AM2, AM3, AM4, AM5, AM6, SM7 FB3
<i>Bodenlockerung</i>					
2	- Ist eine Lockerung des anstehenden Unterbodens im Bereich von zurückgebauten BE-Flächen und Baustraßen sowie ggf. weiterer befestigter Flächen vorgesehen?				FB3
	- Sind Maßnahmen zum Schutz des Bodens bei der Lockerung des Bodens vorgesehen?				AM2, AM3, AM5, SM8 FB3
<i>Bodenauftrag</i>					
3	- Ist es vorgesehen, eine durchwurzelbare Bodenschicht mit geeignetem Bodenmaterial (unter Beachtung von §§ 6-7 BBodSchV n.F.) wiederherzustellen?				FB1, FB3
	- Ist ein bodenschonendes Verfahren (z. B. mittels Kettenbagger im Streifenverfahren) für den Auftrag von Bodenmaterial vorgesehen?				SM9 FB3
	- Sind weitere Maßnahmen zum Schutz des Bodens beim Bodenauftrag vorgesehen?				AM2, AM3, SM9 FB3

Checkliste 7: Rückbau von Baueinrichtungsflächen und Baustraßen

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht rele- vant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmen- empfehlung
<i>Folgenutzung</i>					
4	Bei Folgenutzung/Zielzustand Grünland: - Ist eine bodenschonende Bewirtschaftung bei der Grünlandeinsaat und Pflegemaßnahmen/Mahd (Maschinen mit möglichst geringer Bodenpressung) vorgesehen? - Werden Überfahrten auf ein Mindestmaß reduziert?				SM10 FB3
	Bei Agri-PV und Ackernutzung: - Ist eine Zwischenbegrünung/-bewirtschaftung geplant? - Ist nach der ggf. durchgeführten Zwischenbewirtschaftung eine bodenschonende Bewirtschaftung bei der Folgenutzung vorgesehen?				SM10 FB3

Checkliste 8: Pflege- und Wartungsarbeiten

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Pflege-/Bewirtschaftungsarbeiten</i>					
1	- Ist der Einsatz von (landwirtschaftlichen) Fahrzeugen/Maschinen mit geringem Gewicht und Flächendruck unter Beachtung der Arbeitshöhe unter PV-Modulen vorgesehen?				AM2, SM11
	- Werden Überfahrten auf ein Mindestmaß reduziert?				
	- Ist ein Verzicht auf den Einsatz von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln geplant?				AM2, SM11
<i>Wartungsarbeiten</i>					
2	- Ist der Einsatz kleiner Raupenfahrzeuge mit geringem Gewicht und Flächendruck vorgesehen?				AM2, SM12

Checkliste 9: Rückbau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Rückbau Trägergestelle und Module</i>					
1	- Ist der Einsatz kleiner Raupenfahrzeuge mit geringem Gewicht und Flächen- druck vorgesehen?				AM2, SM13 FB3
<i>Rückbau der Kabeltrasse</i>					
2	- Ist es vorgesehen, Kabeltrassen, die in Böden – außerhalb von weiter bestehenden Wegen und Banketten – verlegt wurden, vollständig zurückzubauen?				SM14
	- Sind Maßnahmen zum Schutz des Bodens beim Rückbau der Kabeltrasse vorgesehen?				AM2, AM3, AM4, AM5, SM14 FB3
<i>Rückbau versiegelter Bereiche</i>					
3	- Ist ein vollständiger Rückbau versiegelter Bereiche vorgesehen?				
	- Sind Maßnahmen zum Schutz des Bodens beim Rückbau versiegelter Bereiche vorgesehen?				AM2, AM3, AM4, AM5, SM15 FB3
<i>Bodenlockerung im Anschluss an den Rückbau versiegelter Bereiche</i>					
4	- Ist eine Lockerung des anstehenden Unterbodens im Bereich von zurückgebauten versiegelten Bereichen vorgesehen?				FB3
	- Sind Maßnahmen zum Schutz des Bodens bei der Lockerung des Bodens vorgesehen?				AM2, AM3, SM16 FB3

Checkliste 10: Rekultivierung

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmenempfehlung
<i>Bodenauftrag</i>					
1	- Ist vorgesehen, eine durchwurzelbare Bodenschicht mit geeignetem Bodenmaterial (unter Beachtung von §§ 6-7 BBodSchV n.F.) wiederherzustellen?				
	- Ist ein bodenschonendes Verfahren für den Auftrag von Bodenmaterial vorgesehen?				SM17 FB3
	- Sind Maßnahmen zum Schutz des Bodens beim Bodenauftrag vorgesehen?				AM2, AM3, SM17 FB3
<i>Zwischenbewirtschaftung</i>					
2	Bei Folgenutzung Acker: - Ist nach der Wiederherstellung der durchwurzelbaren Bodenschicht eine Zwischenbewirtschaftung vorgesehen, um den Boden biologisch zu stabilisieren?				SM18 FB1, FB3
<i>Folgenutzung</i>					
3	Bei Folgenutzung/Zielzustand Grünland: - Sind eine bodenschonende Bewirtschaftung bei der Grünlandeinsaat und Pflegemaßnahmen/Mahd (Maschinen mit möglichst geringer Bodenpressung) vorgesehen? - Werden Überfahrten auf ein Mindestmaß reduziert?				SM19 FB1, FB3

Checkliste 10: Rekultivierung

Nr.	Abfragen: Fragestellungen zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden beim Bau, Betrieb und Rückbau von FFA	nicht rele- vant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Maßnahmen- empfehlung
	Bei Folgenutzung Acker: <ul style="list-style-type: none"> - Ist nach der ggf. durchgeführten Zwischenbewirtschaftung eine bodenschonende Bewirtschaftung bei der Folgenutzung vorgesehen? - Ist eine bodenschonende Fruchtfolge vorgesehen? - Ist die Etablierung einer möglichst durchgängigen Dauerbegrünung (Zwischenfrüchte/Untersaaten) vorgesehen, um die Nitratbelastung durch den „Grünlandumbruch“ zu mindern? 				SM19 FB1, FB3
<i>Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen</i>					
4	- Sind Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen des Bodens vorgesehen?				SM20 FB3

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

7.1 Literatur

- BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2009): Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen. BfN-Schriften 247. 168 S.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2022): Eckpunkte für einen naturverträglichen Ausbau der Solarenergie. Positionspapier. Autor*innen: Ammermann, K., Bunzel, K., Igel, F. Bonn, Oktober 2022, 14 S.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Nationale Moorschutzstrategie. Stand 19.10.2022. 54 S.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2021): Naturschutz und Photovoltaik. URL: <https://www.bmuv.de/themen/naturschutz-artenvielfalt/naturschutz-biologische-vielfalt/naturschutz-und-energie/naturschutz-und-photovoltaik> [letzter Aufruf: 04.11.2022].
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2007): Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen. Bearbeitung durch ARGE Monitoring PV-Anlagen. 116 S.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): Überblickspapier Osterpaket. URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0406_ueberblickspapier_osterpaket.pdf [letzter Aufruf: 04.11.2022].
- BNE – Bundesverband Neue Energiewirtschaft e.V. (2019): Solarparks – Gewinne für die Biodiversität. Stand November 2019. 73 S. URL: https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Dokumente/20191119_bne_Studie_Solarparks_Gewinne_fuer_die_Biodiversitaet_online.pdf [letzter Aufruf: 10.11.2022].
- BR (2022): Solarpark im Donaumoos. Moorschutz trotz Stromgewinnung? Bayerischer Rundfunk. URL: <https://www.br.de/mediathek/video/solarpark-im-donaumoos-moorschutz-trotz-stromgewinnung-av:62646dfc03280008ee17c7> [letzter Aufruf: 11.11.2022].
- Bundesregierung (2020): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Weiterentwicklung 2021. Stand: 15. Dezember 2020, Kabinettsbeschluss vom 10. März 2021. Berlin, 391 S.
- BVB – Bundesverband Boden (2013): Bodenkundliche Baubegleitung BBB – Leitfaden für die Praxis. BVB-Merkblatt. Band 2. 110 S.
- BVB – Bundesverband Boden (2022): Bodenschutz und Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Positionspapier des Bundesverbandes Boden e. V. Autor*innen: Helbig, H., Auerswald, K., Gödecke, B., Henke, A., Stadtmann, R. & Frey-Wehrmann, S. Bodenschutz 4 (22): 126-132.
- DEHSt (2022): Moorschutz ist Klimaschutz – Factsheet. Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt. Stand August 2022. 2 S.
- DVW (2018): Merkblatt 17-2018 – Bebauungsplanung für Freiflächen-Photovoltaik-Anlagen. Deutscher Verein für Vermessungswesen (DVW) e.V., Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. 14 S.

- Ebert, T. & Müller, C. (2011): Schadstoffe in Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Zeitschrift Bodenschutz Jhg. 16, 03/11: 69-74.
- Eggers, J.-B., Behnisch, M., Eisenlohr, J., Poglisch, H., Phung, W.-F., Münzinger, M., Ferrara, C. & Kuhn, T. E. (2020): PV-Ausbauerfordernisse versus Gebäudepotenzial: Ergebnis einer gebäudescharfen Analyse für ganz Deutschland. 35. PV-Symposium: Tagungsunterlagen, S. 837-856. Bad Staffelstein. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/conference-paper/PV-Potenzial-gebäude-scharf.pdf> [letzter Aufruf: 11.11.2022]
- Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH (2021): Rahmenbedingungen für PV-Freiflächenanlagen. Die Rolle der Kommune als Planungsträger und Gestalter. Stand Juli 2021. 27 S.
- Fraunhofer ISE (Hrsg.) (2022): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Ein Leitfaden für Deutschland. Hrsg.: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme. 2. Auflage. Stand April 2022. 70 S.
- Gierke, H.-G., Schmidt-Eichstaedt, G. (2018): Die Abwägung in der Bauleitplanung – Gestaltungsspielräume – Grenzen – Direktiven. Kohlhammer Verlag, ISBN 3170305115, 9783170305113, 834 S.
- GMC – Greifswald Moor Centrum (2022): Informationspapier des Greifswald Moor Centrum zu Photovoltaik-Anlagen auf Moorböden Stand: März 2022. 6 S. URL: https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/Positionspapier_PV-auf-Moor_fin.pdf [letzter Aufruf: 10.11.2022].
- Günnewig, D., Johannwerner, E., Metzger, J., Kelm, T. & Wegner, N. (2022a): Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen. Handlungsempfehlungen für die Regional- und Kommunalplanung. Im Auftrag des Umweltbundesamts. Stand: Mai 2022. 74 S.
- Günnewig, D., Johannwerner, E., Metzger, J., Kelm, T. & Wegner, N. (2022b): Anpassung der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen im EEG vor dem Hintergrund erhöhter Zubauziele. Notwendigkeit und mögliche Umsetzungsoptionen. Im Auftrag des Umweltbundesamts. Stand: Juli 2022. 54 S.
- Kelm, T., Metzger, J., Fuchs, A.-L., Schicketanz, S., Günnewig, D. & Thylmann, N. (2019): Untersuchung zur Wirkung veränderter Flächenrestriktionen für PV-Freiflächenanlagen. Kurzstudie im Auftrag der innogy SE. Stand: Januar 2019. 83 S.
- KNE (2021): Kriterien für eine naturverträgliche Standortwahl für Solar-Freiflächenanlagen – Übersicht über die Einschätzung der Eignung verschiedener Flächentypen. Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende, 15 S.
- LABO (2023): Vollzugshilfe zu §§ 6-8 BBodSchV. Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden. – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz. Entwurf (Stand: 19.12.2022), 106 S.
- LAI (2012): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). Beschluss der LAI vom 13.09.2012. 28 S.

- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2013): Planung und Errichtung von Freiflächen-Photovoltaik-Anlagen in Trinkwasserschutzgebieten. Merkblatt Nr. 1/29 (Stand Januar 2013). 12 S.
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2014): Praxis-Leitfaden für die ökologische Gestaltung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen. UmweltSpezial. 66 S.
- LM MV (2022): Anforderungen des Bodenschutzes an Errichtung, Betrieb und Rückbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern. Stand 03.06.2022. 11 S.
- MELUND SH (2021): Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich. Gemeinsamer Beratungserlass des Ministeriums für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung und des Ministeriums für Energie, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung. Stand 01.09.2021. 17 S.
- Meyer, U. & Wienigk, A. (2016): Baubegleitender Bodenschutz auf Baustellen. Schnelleinstieg für Architekten und Ingenieure. Springer Vieweg, Wiesbaden, 42 S.
- Miller, R., Glaum, L., & Peter, M. (2021): Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen. – Im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): 81 S., 24 Abb., 2 Übersichten, 5 Checklisten. URL: https://www.labo-deutschland.de/documents/Leitfaden_Rueckbau_von_Windenergieanlagen__UMK-Fassung.pdf [letzter Aufruf: 15.07.2022].
- Miller, R., Herweg, U., Helbig, H., Kastler, M., zur Mühlen, S. & Sperl, D. (2020): Eckpunktepapier zur länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung. Zeitschrift Bodenschutz Jhg. 25, 3/20: 130-134.
- Miller, R., Peter, M., Molder, F. & Kunzmann, G. (2018): Checklisten Schutzgut Boden für Planungs- und Zulassungsverfahren – Arbeitshilfen für Planungspraxis und Vollzug. – Im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): 99 S., 3 Abb., 2 Tab., 8 Checklisten.
URL: https://www.labo-deutschland.de/documents/2018_08_06_Checklisten_Schutzgut_Boden_PlanungsZulassungsverfahren.pdf [letzter Aufruf: 23.12.2022].
- Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Nerger, M., Luthardt, V., Zeitz J. & Tanneberger, F. (Hrsg.) (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten 616, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 342 S.
URL: <https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-11/Skript616.pdf> [letzter Aufruf: 11.11.2022].
- Peter, M., Miller, R., Kunzmann, G. & Schittenhelm, J. (2009): Bodenschutz in der Umweltprüfung nach BauGB – Leitfaden für die Praxis der Bodenschutzbehörden in der Bauleitplanung. – Im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): 79 S., 11. Abb., 11 Tab., 8 Prüfkataloge.
URL: https://www.labo-deutschland.de/documents/umweltpruefung_494.pdf [letzter Aufruf: 15.07.2022].
- Regionalplan Region Westmittelfranken (2021): Entwurf Stand 17.03.2021 auf Basis der verbindlichen Fassung vom 01.08.2015 mit 28. Änderung.

- Schnittstelle Boden (2022): Textbausteine zur Erstellung von Arbeitsanweisungen mit Hinweisen zum vorsorgenden Bodenschutz im Rahmen der bodenkundlichen Baubegleitung. Ober-Mörlen, 20 S.
- Seibert, J. P. (2019): Dauerhaft aufgegebene Anlagen. Baurechtswidrigkeit und Rückbaupflichten. Schriften zum Infrastrukturrecht 17, Mohr Siebeck Verlag, Tübingen, 354 S.
- Statistisches Bundesamt (2022): Erläuterungen zum Indikator „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“. Nachhaltigkeitsindikator über die Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Methoden/anstieg-suv.pdf> [letzter Aufruf: 24.10.2022].
- StMB (2021a): Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Hinweise des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr in Abstimmung mit den Bayerischen Staatsministerien für Wissenschaft und Kunst, für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, für Umwelt und Verbraucherschutz sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Stand 10.12.2021, 44 S.
- StMB (2021b): Bauen im Einklang mit Natur und Landschaft – Eingriffsregelung in der Bauleitplanung. Ein Leitfaden. Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr. Stand: Dezember 2021. 60 S.
- Strümpfel, C. (2022): Unterschätztes Potenzial: Photovoltaik-Nutzung auf Freiflächen von Flughäfen – in Einklang mit der Flugsicherheit. URL: <https://www.pv-magazine.de/2022/10/14/unterschaetztes-potenzial-photovoltaik-nutzung-auf-freiflaechen-von-flughaefen-in-einklang-mit-der-flugsicherheit/> [letzter Aufruf: 15.12.2022].
- UBA – Umweltbundesamt (2022a): Photovoltaik. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik#freiflaechen> [letzter Aufruf: 04.11.2022].
- UBA – Umweltbundesamt (2022b): Bebauung und Versiegelung. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/bebauung-versiegelunghttps://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik-freiflaechen> [letzter Aufruf: 04.11.2022].
- UBA – Umweltbundesamt (2021): Bessere Nutzung von Entsiegelungspotenzialen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung. Texte 141/2021. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_141-2021_bessere_nutzung_von_entsiegelungspotenzialen_zur_wiederherstellung_von_bodenfunktionen_und_zur_klimaanpassung.pdf [letzter Aufruf: 08.11.2022].
- UM BW (2019): Freiflächensolaranlagen – Handlungsanleitung. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. 84 S.
- Wagner (2022): BauGB § 1a, Rn. 42-44. In: Ernst / Zinkahn / Bielenberg / Krautzberger (Hrsg.): Baugesetzbuch. Kommentar. 146. Lfg., Stand: April 2022, C.H. Beck, München.

Wirth, H., Kost, C., Kramer, K., Neuhaus, H., Peper, D., Rentsch, J. & Senkpiel, C. (2021): Solaroffensive für Deutschland. Wie wir mit Sonnenenergie einen Wirtschaftsboom entfesseln und das Klima schützen. Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Kurzstudie im Auftrag von Greenpeace e.V. Stand Juli 2021. 68 S.

7.2 Rechtsvorschriften und technische Normen

- AEG – Allgemeines Eisenbahngesetz vom 27. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2378, 2396; 1994 I S. 2439), das zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 10. September 2021 (BGBl. I S. 4147) geändert worden ist.
- BauGB – Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634) das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 6) geändert worden ist.
- BauNVO – Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die durch Artikel 3 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 6) geändert worden ist.
- BBodSchG – Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist.
- BBodSchV – Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- BBodSchV n.F. – Neue Fassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Artikel 2 der Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598). Diese Verordnung tritt am 1. August 2023 in Kraft.
- BNatSchG – Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2240) geändert worden ist.
- DIN 18915 (2018): Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten. DIN 18915:2018-06. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin. 39 S.
- DIN 19639 (2019): Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben. DIN 19639:2019-09. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin. 55 S.
- DIN 19731 (2023): Verwertung von Bodenmaterial und Baggergut. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, in Vorbereitung.
- DIN SPEC 91434 (2021): Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung. DIN SPEC 91434:2021-05. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin. 26 S.
- EEG – Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien: Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 6) geändert worden ist.
- Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor vom 20. Juli 2022 (BGBl. I Nr. 28, S. 1237-1324). Seit 1. Januar 2023 in Kraft.
- Gesetz zur sofortigen Verbesserung der Rahmenbedingungen für die erneuerbaren Energien im Städtebaurecht vom 04. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 6). Seit 1. Januar 2023 in Kraft.

-
- KSG – Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist.
- LuftVG – Luftverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 698), das zuletzt durch Artikel 131 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.
- UVPG – Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. I S. 540), das durch Artikel 4 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 6) geändert worden ist.
- VERORDNUNG (EU) Nr. 1305/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 17. Dezember 2013 über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 (Abl. L 347 vom 20.12.2013, S. 487-548), geändert durch VERORDNUNG (EU) 2022/1033 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 29. Juni 2022.
- WHG – Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 5) geändert worden ist.

8 Glossar

Agri-PV	Agri-Photovoltaik, gleichzeitige Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für eine (intensivere) landwirtschaftliche Produktion und die PV-Stromerzeugung (vgl. Kap. 3.3.3).
Außenbereich	Gebiete, die nicht im Geltungsbereich eines Bebauungsplans und auch nicht innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsbereiche liegen.
Baugenehmigung	Die Baugenehmigungsbehörde (kommunale bzw. Kreisverwaltung) erteilt dem Bauherrn durch die Baugenehmigung die Bauerlaubnis auf Basis des genehmigten Bauantrags.
Bifaciale Module	PV-Module mit beidseitiger Energiegewinnung. In der Regel senkrechte Aufstellung in Form von „Solarzäunen“. Möglichkeit der Agri-Photovoltaik .
Bodenkundliche Baubegleitung	Begleitung des Bauprozesses durch Personen, die über Fachkenntnisse zum Bodenschutz verfügen und Vorhabenträger bei der Planung und Realisierung des Bauvorhabens bzgl. bodenrelevanter Vorgaben unterstützen (Definition nach DIN 19639).
Bodenschutzkonzept	Konzept, das für ein konkretes Bauvorhaben alle bodenschutzrelevanten Daten, Auswirkungen und Maßnahmen als Text und als Karte (Bodenschutzplan) darstellt (Definition nach DIN 19639).
Bodenschutzplan	Großmaßstäbige Kartendarstellung (zeichnerische Darstellung) aller bodenschutzrelevanten Maßnahmen (Definition nach DIN 19639).
Floating-PV	Photovoltaikanlagen, die auf dem Wasser schwimmen. Nutzung von in der Regel künstlichen Gewässern wie Kiesweihern etc.
Oberboden	Oberste, humose und belebte Schicht des Mineralbodens, die durch physikalische, chemische und biologische Vorgänge entstanden ist (Definition nach DIN 19639).
Moorböden	Gemäß bodenkundlicher Kartieranleitung sind Moore Böden aus Torfen (≥ 30 Masse-% organische Substanz) von ≥ 3 dm. In der vorliegenden Arbeitshilfe wird – aufgrund der besseren Lesbarkeit – der Begriff Moorböden für alle kohlenstoffreichen (C-reichen) Böden verwendet, die infolge sehr hoher Wasserstände und/oder zeitweiliger Überstauung entstanden sind und Humusgehalte ≥ 15 Masse-% aufweisen (z. B. Anmoorböden, naturnahe Moore, vererdete Moore, vermulmte Moore, organische Mudden etc.).
Qualifizierter Bebauungsplan	Ein qualifizierter Bebauungsplan liegt vor, wenn der Plan allein oder gemeinsam mit sonstigen Festsetzungen nach § 9 BauGB mindestens Festsetzungen über die Art und das Maß der baulichen Nutzung, die überbaubaren Grundstücksflächen und die örtlichen Verkehrsflächen enthält.
RC-Material	Güteüberwachtes Recycling-Material.
Rückbau	Geordnete Entfernung der Anlagensubstanz von dem Grundstück, um dieses wieder freizumachen (Definition nach Seibert 2019).

Siedlungs- und Verkehrsfläche	Die Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) umfasst folgende Nutzungsartengruppen: Gebäude- und Freiflächen (bebaubare Flächen sowie die dazugehörigen Grünflächen und Parkplätze) für Wohnen, Wirtschaft (z. B. Industrie und Gewerbe) und öffentliche Zwecke, Betriebsflächen (ohne Abbauland, z. B. Lagerplätze), Erholungsflächen (Grünflächen, Sportflächen, Campingplätze), Verkehrsflächen sowie Friedhofsflächen. Nach Zahlen des Umweltbundesamts sind ca. 46 % der SuV versiegelt – diese Flächen sind demnach bebaut, betoniert, asphaltiert, gepflastert oder anderweitig befestigt (UBA 2022b).
Unterboden	Unter dem Oberboden liegende und durch Verwitterung und durch pedogenetische Prozesse entstandene Bodenschicht(en) (Definition nach DIN 19639).
Untergrund	Noch nicht verwittertes bzw. angewittertes Ausgangssubstrat aus Locker- oder Festgestein unterhalb des Unterbodens (Definition nach DIN 19639).
Vorbehaltsgebiete	Gebiete, in denen nach § 8 (7) ROG bestimmten raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen bei der Abwägung mit konkurrierenden raumbedeutsamen Nutzungen besonderes Gewicht beizumessen ist. Im Gegensatz zu Vorranggebieten (bindend) gehen Vorbehaltsgebiete in die Abwägung ein.
Vorranggebiete	Gebiete, die nach § 8 (7) ROG für bestimmte raumbedeutsame Funktionen vorgesehen sind und nicht vereinbare andere Nutzungen ausschließen. Als Ziele der Raumordnung sind sie für Planungen bindend und gehen damit im Gegensatz zu Vorbehaltsgebieten nicht in die Abwägung ein. Fast alle Bundesländer sehen Vorranggebiete Landwirtschaft in ihren Landesentwicklungsplänen oder -programmen vor. Ausnahmen bilden z. B. Bayern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein, in denen keine Vorranggebiete Landwirtschaft ausgewiesen werden.
Watt-Peak	Bezeichnet die von Solarmodulen abgegebene maximale elektrische Leistung unter Standard-Testbedingungen.
Wirkung	Projektbedingte Auswirkungen auf bzw. Beeinträchtigung der Schutzgüter (z. B. baubedingte Verdichtung des Bodens), ausgehend von den Wirkfaktoren. Dabei sind Wirkfaktoren die einzelnen Merkmale bzw. Komponenten eines Vorhabens, die Beeinträchtigungen der Umwelt hervorrufen können. Bodenschutzrelevante Wirkfaktoren sind: <ul style="list-style-type: none">- Versiegelung- Überschirmung- Abtrag (Abschieben, Bodenaushub, Abgrabung)- Auftrag (Materialauftrag, Vermischung, Bodenauftrag)- Verdichtung- Änderung Bodenwasserhaushalt (Vernässung/Entwässerung)- Stoffein- oder -austrag- Erosion Die Wirkungen eines Projekts können aber auch positiv für ein Schutzgut sein, wie z. B. die Förderung der biologischen Vielfalt der Bodenorganismen durch den Verzicht auf Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutzmittel.

9 Anhang

Anhang 1:	Verordnungen und Leitfäden der Länder und des Bundes	102
Anhang 2:	Beschreibung von Materialien und Stoffgruppen einer FFA für Photovoltaik und Solarthermie und deren Gefahrenpotenziale sowie Maßnahmen zum Bodenschutz	106

Anhang 1: Verordnungen und Leitfäden der Länder und des Bundes

Land	Titel	Jahr	Quelle
Baden-Württemberg	Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO)	2017	Verordnung der Landesregierung zur Öffnung der Ausschreibung für Photovoltaik-Freiflächenanlagen für Gebote auf Acker- und Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten (Freiflächenöffnungsverordnung - FFÖ-VO). Gesetzblatt für Baden-Württemberg (GBl.) 2017, 129; Stand: 07.03.2017
Bayern	Planung und Errichtung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Trinkwasserschutzgebieten	2013	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2013): Planung und Errichtung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Trinkwasserschutzgebieten, Merkblatt Nr. 1.2/9; Stand: Januar 2013 (https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil1_grundwasserwirtschaft/doc/nr_129.pdf)
	Verordnung über Gebote für Freiflächenanlagen	2017	Verordnung über Gebote für Freiflächenanlagen. Bayerisches Gesetz- und Verordnungsblatt (GVBl.) 2017, S. 31; Stand 07.03.2017
	Zweite Verordnung über Gebote für Freiflächenanlagen	2019	Zweite Verordnung über Gebote für Freiflächenanlagen. GVBl. 2019 S. 314; Stand 04.06.2019
	Dritte Verordnung über Gebote für Freiflächenanlagen	2020	Dritte Verordnung über Gebote für Freiflächenanlagen. GVBl. 2020 S. 290; Stand 26.05.2020
	Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen	2021	Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (2021): Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen; Stand 10.12.2021 (https://www.bauministerium.bayern.de/as-sets/stmi/buw/baurechtundtechnik/25_rundschreiben_freiflaechen-photovoltaik.pdf)
Brandenburg	Vorläufige Handlungsempfehlung des MLUK zur Unterstützung kommunaler Entscheidungen für großflächige Photovoltaik-Freiflächensolaranlagen (PV-FFA)	2021	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (2021): Vorläufige Handlungsempfehlung des MLUK zur Unterstützung kommunaler Entscheidungen für großflächige Photovoltaik-Freiflächensolaranlagen (PV-FFA); Stand: 19.03.2021 (https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/MLUK-Handlungsempfehlung-PV-FFA.pdf)

Land	Titel	Jahr	Quelle
	Arbeitshilfe „Großräumige Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) Gestaltungs- und Steuerungsmöglichkeiten für Kommunen im Land Brandenburg	Entwurf 2022	Entwurfsstand vom 29.11.2022
Hessen	Freiflächensolaranlagenverordnung (FSV)	2018	Verordnung über Gebote für Freiflächensolaranlagen (Freiflächensolaranlagenverordnung – FSV). Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen (GVBl.) 2018, Nr. 25, S. 678; Stand: 30.11.2018
Mecklenburg-Vorpommern	Anforderungen des Bodenschutzes an Errichtung, Betrieb und Rückbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen (Vollzugshinweis)	2022	Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern (2022): Anforderungen des Bodenschutzes an Errichtung, Betrieb und Rückbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen; Stand: 03.06.2022 https://www.regierung-mv.de/static/Regierungsportal/Ministerium%20f%C3%BCr%20Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Da-teien/Downloads/Vollzugshinweise%20Bodenschutz%20PV.pdf
Niedersachsen	Niedersächsische Freiflächensolaranlagenverordnung (NFSVO)	2021	Niedersächsische Verordnung über den Zuschlag bei Ausschreibungen für Freiflächensolaranlagen in benachteiligten Gebieten (Niedersächsische Freiflächensolaranlagenverordnung - NFSVO). Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt (Nds. GVBl.), Nr. 34/2021; Stand: 31.08.2021
	Planung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Niedersachsen	2022	Niedersächsischer Landkreistag (2022): Planung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Niedersachsen – Hinweise und Empfehlungen aus der Perspektive der Raumordnung; Stand: 24.10.2022 https://www.nlt.de/wp-content/uploads/2022/11/2022_10_24_Arbeitshilfe-Solarplanung.pdf
Nordrhein-Westfalen	Keine länderspezifischen Rechts- und Verwaltungsvorschriften oder Handlungsempfehlungen vorhanden		
Rheinland-Pfalz	Landesverordnung über Gebote für Solaranlagen auf Ackerland- oder Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten	2018	Landesverordnung über Gebote für Solaranlagen auf Ackerland- oder Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten; GVBl. 2018, 384 Nr. 75-24; Stand 21.11.2018

Land	Titel	Jahr	Quelle
	Leitfaden für naturverträgliche und biodiversitätsfreundliche Solarparks – Maßnahmensteckbriefe und Checklisten	2021	Hietel, E., Reichling, T. & Lenz, C. (2021): Leitfaden für naturverträgliche und biodiversitätsfreundliche Solarparks – Maßnahmensteckbriefe und Checklisten. Hochschule Bingen, gefördert von Rheinland-Pfalz, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität (MKUEM); 58 S.; Stand 08/2021
	Landesverordnung über Gebote für Solaranlagen auf Ackerland- und Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten – Vollzugshinweise aus landwirtschaftlicher, forstwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Sicht	2022	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität (2022): Landesverordnung über Gebote für Solaranlagen auf Ackerland- und Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten – Vollzugshinweise aus landwirtschaftlicher, forstwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Sicht. MKUEM, Mainz, 14 S.; Stand: 21.02.2022 (https://mkuem.rlp.de/fileadmin/mulewf/Themen/Energie_und_Strahlenschutz/Energie/220222_Vollzugshinweise_Landesverordnung_PV_FF.pdf)
Saarland	Keine länderspezifischen Rechts- und Verwaltungsvorschriften oder Handlungsempfehlungen vorhanden		
Sachsen	Keine länderspezifischen Rechts- und Verwaltungsvorschriften oder Handlungsempfehlungen vorhanden		
Sachsen-Anhalt	Freiflächenanlagenverordnung (FFAVO)	2022	Verordnung über Gebote für Freiflächenanlagen auf Ackerland in benachteiligten Gebieten (Freiflächenanlagenverordnung – FFAVO). Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Sachsen-Anhalt (GVBl. LSA), 2022, 20; Stand: geändert 20.09.2022
Schleswig-Holstein	Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich	2021	Ministerium für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung (2021): Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich – Gemeinsamer Beratungserlass des Ministeriums für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung und des Ministeriums für Energie, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung; Stand: 01.09.2021 (https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/S/stadtenwicklung-staedtebau/Downloads/erlass_SolarFreiflaechenanlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
Thüringen	Keine länderspezifischen Rechts- und Verwaltungsvorschriften oder Handlungsempfehlungen vorhanden		

Land	Titel	Jahr	Quelle
Bund	Eckpunkte für einen naturverträglichen Ausbau der Solarenergie	2022	BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2022): Eckpunkte für einen naturverträglichen Ausbau der Solarenergie. Positionspapier. Bonn; Stand: Oktober 2022 (https://www.bfn.de/sites/default/files/2022-10/2022-eckpunkte-fuer-einen-naturvertraeglichen-ausbau-der-solarenergie-bfn.pdf)
	Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen – Handlungsempfehlungen für die Regional- und Kommunalplanung	2022	UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2022): Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen – Handlungsempfehlungen für die Regional- und Kommunalplanung. Autor*innen: Günnewig, D, Johannwerner, E., Kelm, T., Metzger, J., Wegner, N. Leitfäden und Handbücher. 74 S. Stand: August 2022 (https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltvertraegliche-standortsteuerung-von-solar)
	Anpassung der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen im EEG vor dem Hintergrund erhöhter Zubauziele – Notwendigkeit und mögliche Umsetzungsoptionen	2022	UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2022): Anpassung der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen im EEG vor dem Hintergrund erhöhter Zubauziele – Notwendigkeit und mögliche Umsetzungsoptionen. Autor*innen: Günnewig, D, Johannwerner, E., Kelm, T., Metzger, J., Wegner, N. Texte 76/2022. 54 S. Stand: Juli 2022 (https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anpassung-der-flaechen-kulisse-fuer-pv)

Hier sind Verordnungen, Handlungsempfehlungen und Arbeitshilfen verschiedener Flächenländer zusammengestellt, welche sich mit der Errichtung von Solar-Freiflächenanlagen beschäftigen.

In einigen Ländern existieren zur Zeit der Erstellung der Arbeitshilfe noch keine spezifischen Vorgaben, in anderen Ländern wird an Fortschreibungen gearbeitet, welche zum Teil im Entwurf vorliegen. Insgesamt besteht bei der Thematik eine hohe Dynamik, zumal auch bei den spezifischen Gesetzen wie dem EEG oder dem BauGB ab 2023 Änderungen wirksam werden.

Anhang 2: Beschreibung von Materialien und Stoffgruppen einer FFA für Photovoltaik und Solarthermie und deren Gefahrenpotenziale sowie Maßnahmen zum Bodenschutz

Stoff/Stoffgruppe/ Materialien	Beschreibung	Gefahrenpotenzial	Maßnahmen Bodenschutz
Stahl	Besteht zum größten Teil aus Eisen, spielt als Trägergestell und zur Gründung von Modulanlagen eine Rolle.	Verbleib von Rückständen im Boden	SM2, SM3, SM12, SM13, FB3, FB8, FB10
Beton	Baustoff aus Wasser, Zement und Gesteinskörnung, der bei Fundamenten relevant ist.	Eintrag von Bruchstücken oder Stäuben in den Boden	SM3, SM6, FB3, FB8, FB10
Elektrokomponenten	Elektrokomponenten an Modulen, Wechselrichtern und Trafogebäuden (Halbleiterschichten, Kontakte, Verlötlungen).	Verbleib von Rückständen im Boden	SM5, SM12, SM14, FB3, FB10
Aluminium	Leichtmetall, das häufig als Aluminiumlegierung vorkommt. Bestandteil der Modulplatten, alternativer Baustoff bei der Gründung.	Eintrag von Splintern oder Stäuben in den Boden	FB8
Kupfer	Schwermetall, das in allen Kabeln vorhanden ist.	Eintrag von Splintern oder Stäuben in den Boden	SM5, SM12, SM14, FB3, FB10
Zink	Schwermetall, das häufig zum Verzinken von Eisen- und Stahlteilen verwendet wird, was deren Korrosionsschutz dienen soll.	Ablösen des Zinks von feuerverzinkten Stahlteilen, welche zur Gründung der FFA verwendet werden und Eintritt in den Boden	SM2, SM3, SM12, SM13, FB3, FB8
Beschichtungen	Beschichtungen von Stahlteilen aus Korrosionsschutzgründen, ergänzend oder alternativ zu einer Feuerverzinkung. Die Art der Beschichtung ist nicht immer bekannt bzw. dokumentiert.	Eintrag von Splintern oder Abrieb in den Boden	SM2, SM3, SM4, SM12, SM13, FB8, FB10
Solarmodule	Modulplatten	Verbleib von Rückständen im Boden (Glas, Aluminium, Kunststoffe, Elektrokomponenten)	SM4, SM12, SM13, FB10
Betriebsflüssigkeiten	Solarflüssigkeit bei Solarthermie-FFA (z. B. 1,2-Propylenglycol, im Gemisch und ggf. weitere Inhaltsstoffe).	Eintrag von Betriebsflüssigkeiten in den Boden	FB3, FB10

Stoff/Stoffgruppe/ Materialien	Beschreibung	Gefahrenpotenzial	Maßnahmen Bodenschutz
Reinigungsmittel	Bei einer Reinigung der Modulflächen verwendete Reinigungsmittel	Eintrag von Reinigungsmitteln in den Boden	SM12, FB9
Kunststoff, PVC	Ummantelung aller Kabel besteht aus PVC.	Verbleib von Rückständen im Boden	SM5, SM14, FB3, FB10
Geotextil	Geotextilien sind wasserdurchlässig und dienen als Trennschicht zwischen unterschiedlichen Materialien, zumeist zwischen Bodenmaterial und Schotter.	Verbleib von Rückständen im Boden	SM1, SM7
Lastverteilungsplatten	Platten aus Metall oder Kunststoff	Verbleib von Rückständen im Boden	SM1, SM4, SM6, SM7, SM15
Schotter, inkl. Recycling (RC)-Material	Grobe, gebrochene Gesteinskörnung, die künstlich hergestellt wird oder als Abfallprodukt entsteht. Im Rahmen des Rückbaus ist Schotter als „mineralischer Abfall“ einzustufen, von dem je nach Zusammensetzung ggf. eine stoffliche Belastung ausgehen kann. Eine Einstufung/Bewertung kann erst nach einer Analyse erfolgen. Schotter kann in verschiedenen Qualitäten vorliegen und beispielsweise Schlacken enthalten. Schotter kann insbesondere im Rahmen der Baustelleneinrichtung bei der Herstellung von Lagerflächen, (De-)Montageflächen sowie von Zuwegungen eine Rolle spielen.	Verbleib von Rückständen im Boden	SM1, SM6, SM7, SM15