



## Musterstellungnahme Photovoltaik-Freiflächenanlagen

### 1. Allgemeine Vorgaben

Bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen sind größere Erdmassenbewegungen sowie Veränderungen der Oberflächenformen zu vermeiden (StMI Schreiben zu Freiflächenphotovoltaikanlagen vom 19.11.2009 Az: IIB5-4112.79-037/09). Böden mit sehr hoher Bedeutung für die natürlichen Bodenfunktionen gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 1 BBodSchG und Böden mit sehr hoher Bedeutung als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 2 BBodSchG sind für die Errichtung von Photovoltaikanlagen nicht geeignet, Landwirtschaftliche Böden hoher Bonität sind nur bedingt geeignet (Anlage zum Rundschreiben IIB5-4112.79-037/09 vom 18.11.2009).

Bei der Planung und Durchführung der Maßnahme sind folgende Anforderungen einzuhalten:

- DIN 19731 (Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial)
- DIN 18915 (Bodenarbeiten im Landschaftsbau)
- DIN 19639 (Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben)
- Bei Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht sind die Vorgaben des §12 BBodSchV zu beachten.
- Eine Bodenkundliche Baubegleitung gemäß DIN 19639 ist grundsätzlich bei Eingriffen > 0,5 ha zu beteiligen.

### 2. Musterempfehlung zur Minimierung des Zinkeintrags in den Boden

#### 2.1 Höhe des Zinkeintrags in Böden und dessen Einflussgrößen

Auf Landwirtschafts- und sonstigen Flächen im Außenbereich werden Photovoltaikmodule in der Regel mittels verzinkter Stahlprofile im Boden verankert. Die Bodenberührfläche beträgt bei dem üblichen Rammpfahlverfahren 400 bis 600 m<sup>2</sup>/ha. Von diesen Berührflächen der Stahlprofile kann Zink in erhöhten Mengen über Korrosionsprozesse in den Boden gelangen. Der Zinkeintrag von verzinkten Stahlprofilen in den Boden wird vor allem durch dessen Feuchte und Säurestatus (pH-Wert) gesteuert. Die Zinklöslichkeit nimmt unterhalb eines Boden pH-Werts von 6 deutlich zu. Ein verzinktes Stahlprofil in einem mäßig sauren Boden (pH = 5) mit mittlerer Bodenfeuchte (40 Vol.%) weist mit ca. 3 µm/Jahr den 6-fachen Zinkverlust auf wie in einem sehr trockenen (5 Vol.%) Boden mit neutraler Bodenreaktion (pH = 7). Bei Grund- und Stauwassereinfluss (hydromorphen Böden) ist grundsätzlich von höheren Abtragsraten auszugehen. Neben Bodenfeuchte und pH-Wert begünstigt außerdem ein hoher Gehalt gelöster Salze den Abbau verzinkter Oberflächen. Durch den chemischen Abbau im Boden ist im Mittel ein Eintrag von 8 bis 11 kg pro ha und Jahr zu erwarten.

Darüber hinaus wird vermutlich auch durch das Einrammen und Ziehen der verzink-



ten Stahlprofile Zink in partikulärer Form in den unmittelbar angrenzenden Bodenbereich eingetragen.

Auch oberirdisch werden verzinkte Bauteile verwendet: Die oberen Teile der Rammpfähle und sonstige Verstreibungen und Halterungen unterliegen einer Verwitterung entweder durch direkten Kontakt mit Niederschlagswasser, durch Kondens- und Spritzwasser sowie bei Schneelagen. Die Oberfläche der oberirdischen Bauteile dürfte in ähnlicher Größenordnung liegen wie die unterirdischen. Das Umweltbundesamt geht von einem Abtrag von 2,1g pro m<sup>2</sup> und Jahr aus. Bei angenommenen 300 m<sup>2</sup> kämen 0,6 kg Zn pro ha und Jahr hinzu. Zusätzlich ist mit einem geringen atmosphärischen Eintrag von 0,1 kg zu rechnen.

**Über alle Eintragspfade** ist somit bei normalen Bodenverhältnissen von einem durchschnittlichen Eintrag in Höhe von 9 bis 12 kg Zink pro ha und Jahr zu rechnen.

## 2.2 Rechtliche Regelungen des Zinkeintrags in Böden

Gemäß Raumordnung dürfen durch den Bau und Betrieb der Photovoltaikanlage öffentliche Belange, z.B. der Bodenschutz, nicht beeinträchtigt werden (StMI, 2009). Die zulässige Zusatzbelastung eines Bodens ist in §11 BBodSchV geregelt: Überschreiten die Schadstoffgehalte eines Bodens die in BBodSchV, Anhang 2, Nr. 4.1, festgesetzten Vorsorgewerte, so ist eine Zusatzbelastung bis zur Höhe der in BBodSchV, Anhang 2, Nr. 5, festgesetzten jährlichen Frachten des Schadstoffes zulässig.

Überschreitet der berechnete Zinkeintrag die in BBodSchV, Anhang 2, Nr. 5, festgesetzte jährliche Zusatzbelastung von 1,2 kg Zn pro Hektar und Jahr ist bei Vorliegen der in §11 BBodSchV genannten Voraussetzungen eine Einzelfallprüfung der Standortbedingungen durchzuführen.

## 2.3 Verfahrensschritte der Einzelfallprüfung

### 2.3.1 Bodenkartierung

Im Rahmen einer vereinfachten Bodenkartierung (in Anlehnung an KA5) sind zunächst Gelände- und Bodeneigenschaften (siehe nachfolgende Aufzählung) zu bestimmen und Bereiche mit unterschiedlichen Bodeneigenschaften gegeneinander abzugrenzen (Bodeneinheiten). Eine Abgrenzung hat insbesondere dann zu erfolgen, wenn sich deutliche Unterschiede in den folgenden Parametern ergeben und die abgrenzbare Fläche größer als 5000 m<sup>2</sup> (vgl. DIN 19639) ist:

- Geländeneigung/-form (konkav, konvex)
- Bodentyp
- Hauptbodenart (je Horizontgruppe, d.h. Oberboden, Unterboden, Untergrund)
- pH-Wert (je Horizontgruppe)
- Hydromorphie (Stau- und Grundwassereinfluss)
- Skelettgehalt, Gründigkeit und Infiltrationsvermögen (Durchlässigkeit)
- Salzgehalt

### 2.3.2 Probenahme

Anschließend ist das Niveau der stofflichen Vorbelastung des beplanten Bereiches zu bestimmen. Anhand des Bodentyps werden Bodeneinheiten abgegrenzt. Jede Bodeneinheit muss einzeln betrachtet und nach Horizontgruppen (Oberboden, Unterboden, Untergrund) untergliedert in Anlehnung an LABO (2017) untersucht werden. Die Beprobung hat bis zu den oberen ca. 30 cm des Untergrunds zu erfolgen. Dabei stellt jede Laborprobe eine Mischprobe aus vier kreuzförmig angeordneten Einzelproben dar. Bei Flächengrößen < 2 ha kann auf die Mischbeprobung verzichtet werden, das heißt, es sind noch 10 Einzelproben erforderlich. Bei Flächen kleiner 0,5 ha sind 5 Einzelproben ausreichend.

Es ist der Medianwert je Bodeneinheit bzw. Horizontgruppe anzugeben (LABO (2017)). Der Medianwert besitzt den Vorteil, dass er unempfindlich gegen Ausreißer ist und Werte „kleiner-als-Bestimmungsgrenze“ sinnvoll ausgewertet werden können. Überschreitet der Medianwert den Vorsorgewert (BBodSchV, Anhang 2, Nr. 4.1), so ist BBodSchV §11 i.m.V., Anhang 2, Nr. 5 anzuwenden. Ebenso ist Anhang 2, Nr. 5 anzuwenden, wenn innerhalb der geplanten Nutzungsdauer durch den abgeschätzten Zinkeintrag mit einem Überschreiten des Vorsorgewertes zu rechnen ist.

### 2.3.3 Bewertung und standortangepasste Maßnahmen

Bei **Überschreiten oder Besorgnis des Überschreitens des Vorsorgewertes** bzw. bei Vorliegen bestimmter **standörtlicher Gegebenheiten** (siehe nachfolgende Aufzählung) sind **standortangepasste Maßnahmen zur Minimierung des Stoffeintrags** zu treffen.

- Liegen saure Böden mit einem Boden-pH < 6 im Oberboden vor, soll dieser auf den Ziel-pH Wert von 6,5 bis 7 durch fachgerechte und langfristig wirksame Melioration angehoben werden. Für Unterboden und Untergrund sind standortspezifische Ziele zu setzen. In Abhängigkeit vom vorliegenden Boden-pH Wert können die notwendigen Ca-/Mg-Mengen den Empfehlungen der einschlägigen Fachdienste, z.B. der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF), entnommen werden. Alle 5 Jahre sind die pH-Werte stichprobenhaft zu überprüfen, und gegebenenfalls ist die Melioration zu wiederholen.
- Die Bodenfeuchte ist in der Nähe der Rammpfähle möglichst gering zu halten. Im Regenschatten der Solarpaneele ist dies in der Regel bei ebenem Gelände und stark durchlässigen Böden gegeben. Bei geneigten Böden > 2% (DWA, 2020) und nicht durchlässigen Böden sorgt bei auftretendem Oberflächenabfluss die höhere Wasserwegsamkeit entlang der Rammpfähle tendenziell für eine erhöhte Bodenfeuchte und damit höhere Zinkeintragsraten. Eine Kunststoffmanschette kann in diesen Fällen den Zufluss von Oberflächenwasser begrenzen. Insbesondere bei Tierhaltung oder Beweidung ist eine Manschette anzubringen, um den Kontakt mit chemisch aggressiven Ausscheidungen der Weidetiere zu verhindern.
- Vor allem bei Stau- und Grundwassereinfluss ist mit beschleunigtem Zinkabbau zu rechnen. Daher sind hier gemäß LfU-Merkblatt 1.2/9 (LfU, 2013) aus Gründen des allgemeinen vorsorgenden Grundwasserschutzes alternative Materialien oder flache Gründungsformen (Schienensysteme) anzuwenden.
- Bei geogen salzhaltigen Böden (Chlorid, Sulfat) sind ebenso alternative Materialien oder Gründungsformen anzuwenden. Grundsätzlich ist dafür zu sorgen, dass kein belastetes salzhaltiges Oberflächenwasser, z.B. aus dem Straßenbereich, in die beplanten Flächen einsickern kann.
- Bei steinigen, sandigen und flachgründigen Böden ist durch Vorrammen bzw. Vorbohren der Abriebverlust zu minimieren. Dies kann unterbleiben, wenn durch vorherige Versuche kein Abrieb festgestellt wurde.
- In verkarsteten Gebieten ist die Schutzfunktion der überlagernden Böden für den Karstgrundwasserleiter besonders zu beachten. Bei flachgründigen Böden ist eine Flachgründung (< 0,8 m) in Verbindung mit der Verwendung von korrosionsfesten Legierungen oder die Anwendung eines Schienensystems als Unterkonstruktion vorzusehen.

### 2.3.4 Materialeigenschaften und Art der Verankerung

Darüber hinaus lassen sich durch **optimierte Materialeigenschaften** von Photovoltaikanlagen die Zinkeinträge in den Boden minimieren. So verringern hoch-kratzfeste Lackierungen zinkarmierter Stahlprofile den Zinkeintrag. Auch die Verwendung alternativer Materialien, wie beispielsweise Aluminium oder Corten-Stahl (Cr-, Ni-, Cu-, P-Legierung) ist zu prüfen. Korrosionsschutz aus Zink-Aluminium-Magnesium-Legierungen (z.B. „Magnelis©“, 93.5% Zn, 3.5% Al, 3% Mg) kann den Zinkeintrag in den Boden ebenfalls deutlich minimieren und die Lebensdauer erhöhen.

Durch die **Wahl der Verankerung** lässt sich die Bodenberührfläche und damit der Zinkeintrag entscheidend verringern. Bei der Anwendung eines Schienensystems als Unterkonstruktion, welches nur auf dem Boden aufliegt und verankert wird, erfolgt nur ein minimaler Eingriff in den Boden.

### 2.3.5 Rückbau

Photovoltaikanlagen sind in der Regel auf 20 Jahre ausgelegt. Die für den Rückbau notwendigen Maßnahmen nach diesem Zeitraum können die bei Errichtung notwendigen, geringen Eingriffe (Rammgründung, Kabel einpfügen) unter Umständen erheblich überschreiten. Daher ist der Rückbau durch eine bodenkundliche Baubegleitung zu betreuen und zu dokumentieren. Durch stichprobenartige Bodenuntersuchungen (BBodSchV, Anlage 1, Nr. 2 und 3) im Kontaktbereich zum verzinktem Stahlprofil beim Rückbau der Photovoltaikanlage sollte der Standort im Vergleich zu seinem Ausgangszustand beurteilt werden. Gegebenenfalls müssen erhöhte Zinkgehalte im Bereich der ehemaligen Stahlprofile durch erneute Nachkalkung, d.h. eine Erhaltungskalkung, gebunden oder entfernt werden, um negative Auswirkungen auf weitere Schutzgüter zu vermeiden.

## 2.4 Zusammenfassung

- Optimierte pH-Werte, minimierte Bodenfeuchten im Kontaktbereich zwischen Boden und verzinktem Stahlprofil und eventuelles Vorrammen können eine konventionelle Konstruktion der Photovoltaikanlagen bei nicht hydromorphen Standorten zulassen.
- Bei hydromorphen, salzhaltigen und sensiblen Standorten (z.B. Wasserschutzgebiete) ist unabhängig von der Höhe der Vorbelastung durch die Wahl der Verankerung (Minimierung der Bodenberührfläche) und/oder den Einsatz von optimierten Materialien der Zinkeintrag zu minimieren.

Der Eigentümer ist in jedem Fall durch den Anlagenbetreiber über die mögliche zusätzliche Zink-Belastung zu informieren.

## 3. Empfehlungen für den vorliegenden Standort

Geologisch liegt ...

Bodenkundlich ...

Von den Hintergrundwerten her ist der Standort der BAG xx (Vollzugshilfe Hintergrundwerte) zuzuordnen. Bei landwirtschaftlichen Böden ist hier (nicht) mit einer Überschreitung der Vorsorgewerte für ... zu rechnen.

Falls aus diesen Gründen von vorneherein eine korrosionsfeste Legierung (z.B. Magnelis©) oder eine Flachgründung vorgesehen werden, kann auf weitergehende bodenkundliche Erhebungen (siehe 2.3.1 bis 2.3.4 Verfahrensschritte der Einzelfallprüfung) verzichtet werden.

Eine bodenkundliche Baubegleitung soll die Einhaltung der DIN-Vorschriften sicherstellen. Einer Vermeidung von Verdichtung und damit einhergehender verringerter Infiltrationsfähigkeit und erhöhtem Oberflächenabfluss ist besondere Beachtung zu schenken.