Initiative ZINK



SOLAR-FREIFLÄCHEN-ANLAGEN

Zuverlässiger und umweltverträglicher Korrosionsschutz mit ZINK

Man sieht sie immer öfter, sie säumen Autobahnen, Schienentrassen oder werden auf alten Industriebrachen (Konversionsflächen) gebaut: große Solar-Freiflächenanlagen oder Agri-Solaranlagen in der Landwirtschaft. Im Rahmen der Transformation des Energiesektors hat diese Art der Stromerzeugung eine zunehmende Bedeutung, um eine umweltverträgliche Sicherung unseres modernen Lebens zu gewährleisten. Regionale Veränderungen und eine mögliche persönliche Betroffenheit, die durch den Bau eines Solarfeldes oder auch einer Windkraftanlage entstehen könnte, erregen mitunter auch Misstrauen und schüren Bedenken bei einzelnen Anwohnern und interessierten Kreisen. Eine bedeutende und berechtigte Frage bezieht sich dabei auf mögliche Beeinflussung der installierten Anlage auf die Umwelt/Umgebung und für die Anwohner.

Neben den Aspekten nach der Pflege der Flächen oder deren Bedeutung für die Artenvielfalt und Tierwelt wird auch vereinzelt die Frage nach den Auswirkungen der Unterkonstruktion auf den Boden „ins Feld geführt“. Diese Konstruktionen sind in der Regel aus Stahl gefertigt und tragen mittels einer Pfosten-Querträger-Struktur die Solarpaneele. Je nach Boden und Bauart werden die Pfosten dabei in einem systembedingen Abstand von ca. 1,5 – 3 m in den Boden gerammt. Um die Dauerhaftigkeit der Tragstruktur zu sichern, ist diese für die geplante Nutzungsdauer mit einem Korrosionsschutz zu versehen. Bei der Auslegung des Korrosionsschutzsystems sind neben den technischen Aspekten auch Fragen nach möglichen Wechselwirkungen mit der Umwelt einzubeziehen. Im Fall von verzinkten Unterkonstruktionen liegen sowohl für die Korrosionsschutzplanung als auch die Umweltwirkungen langjährige Praxiserfahrungen aus zahlreichen Anwendungen auf Basis fundierter wissenschaftlicher und normativer Grundlagen vor.



VORTEILE VERZINKTER SOLAR-UNTERKONSTRUKTIONEN

- Zink ist ein natürliches Element
- Zink ist in einer natürlichen Hintergrundkonzentration in fast jedem Boden vorhanden
- Zink wird in der Landwirtschaft bewusst als Düngemittel und Tierfutter-Zuschlag eingesetzt
- Zink sichert Stahl vor Rost und erhöht die Dauerhaftigkeit nachhaltig
- Mehr als 50% der weltweit eingesetzten Zinkmengen werden für den Korrosionsschutz eingesetzt
- Bei der Feuerverzinkung wird ein dünner Zinküberzug auf Stahl appliziert, eine metallurgische Verbindung, die sehr widerstandsfähig ist und die den Stahl über viele Jahrzehnte schützt
- Der durch Feuerverzinken entstehende metallurgische Verbund zwischen dem Zinküberzug und dem Stahlsubstrat sind mechanisch sehr hoch belastbar. Diese intermetallischen Zink-Eisen-Phasen weisen eine höhere Härte als der Stahl selbst auf [10]
- Verzinkter Stahl bietet im Vergleich eine günstige Umweltbilanz (u.a. CO_2) und ist nach der Nutzungsdauer zu 100% recyclefähig und wird auch tatsächlich recycelt

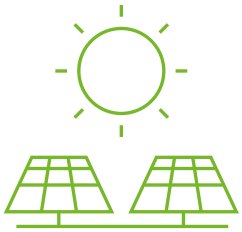
Darüber hinaus entlässt diese Art der Unterkonstruktion keine bedenklichen Stoffe wie z. B. PFAS oder Mikroplastik

Stand 10-2024

WELCHE UMWELTWIRKUNG HABEN VERZINKTE SOLAR-UNTERKONSTRUKTIONEN

Unter Einwirkung der Umgebung erfolgt die Bewitterung des Zinküberzugs, wodurch im Laufe der Jahrzehnte minimale Mengen an Zink freigesetzt werden. Diese Menge hängt von der Korrosivität der Umgebung (Luft, Boden) ab. In Kombination mit gesetzlichen Grenzwerten zu maximal zulässigen Zinkkonzentrationen (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, BBodSchV), objektbezogenen Einzelbewertungen und technischen Maßnahmen kann der sichere Einsatz von Zink bzw. verzinkten Konstruktionen gewährleistet werden. Wie dies im konkreten Anwendungsfall verzinkter Unterkonstruktionen von PV-Anlagen aussieht, wird in folgendem Beispiel aufgezeigt. Darüber hinaus wird auf die bautechnischen und regulativen Randbedingungen für den Bau einer Solar-Feldanlage sowie auf die zinkspezifischen Einflüsse eingegangen.

Zink ist ein in der Natur vorkommendes Element und für den Menschen, für Tiere und Organismen ein notwendiges Spurenelement, dass über die tägliche Nahrung aufgenommen werden muss. Dennoch gilt auch hier das Paracelsus-Prinzip. Kann durch die Anreicherung von Zink im Boden ein Risiko entstehen und wieviel Zink reichert sich überhaupt an? Dieses Beispiel soll die komplexen Zusammenhänge erläutern und Orientierung geben. Ein Beispiel, das jedoch nicht alle lokal möglichen Einflüsse aus dem Boden (pH-Wert, Feuchtigkeit, Körnung, etc.) abbilden kann aber dennoch einen Regelfall abbildet.

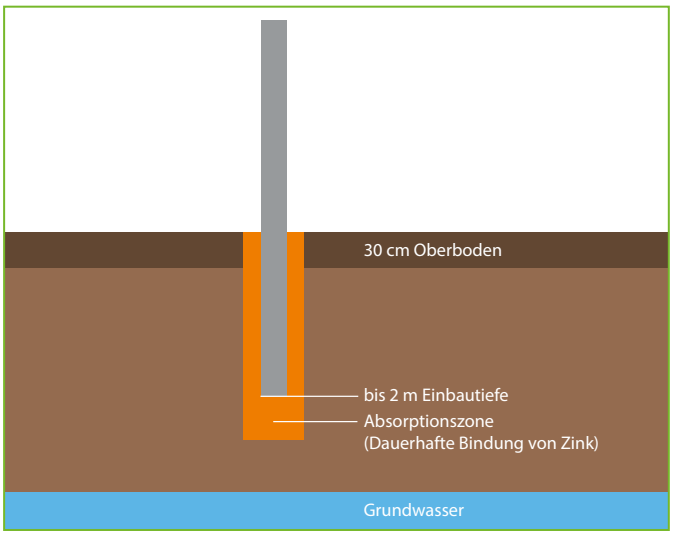


Referenzobjekt

Ein Solarpark mit einer Fläche von 10 ha, auf denen eine Solar-Anlagenleistung von ca. 10 MWp mit rund 16.100 PV-Modulen installiert wird. Dazu werden 430 Pfähle pro Hektar als Gründung bis zu 2,00 m Tiefe in den Boden gerammt. Bei der Grünpflege wird auf maschinelles Mähen oder Schafsbeweidung gesetzt. In dem Zusammenhang ist anzumerken, dass diese Arten von Grünpflege, zu einer erheblichen Reduzierung von Nährstoffen aus dem Boden beitragen. Diesen Austägen wird z.B. bei einer landwirtschaftlichen Nutzung durch Düngung u.a. mit Zink begegnet (s. Tabelle auf der letzten Seite).

EUROPÄISCHER RISK-ASSESSMENT REPORT ZINK – EINSTUFUNG DER WIRKUNG VON ZINK IM BODEN

Die Gemeinsame Forschungsstelle (JRC) der Europäischen Kommission hat 2008 einen Risikobewertungsbericht der Europäischen Union für Zink [11] erstellt. Das Ergebnis dieser Bewertung war positiv für Zink, es wurden keine direkten Bedenken ausgewiesen. In einem Kapitel, das den Zinkabtrag in den Boden behandelt, hat eine Fallstudie über verzinkte Strommasten (Seiten 257-258) keine unmittelbaren Bedenken hinsichtlich des Bodens erbracht. Andere Studien haben auch gezeigt, dass 98-99 % des zugesetzten Zinks im Oberboden (5-8 cm) zurückgehalten wurden. Dies führt zu Zinkkonzentrationen im Sickerwasser, welches durch die Bodenschicht transportiert wird, die im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentration von Zink im Boden liegen (Bertling et al. 2006) und stellen kein Risiko für das darunter liegende Grundwasser dar.



Skizze Rammpfosten Solar-Feldanlage

RAHMENPARAMETER – ANNAHMEN UND MÖGLICHER ZINKEINTRAG IN DEN BODEN:

- Nicht-aggressive Bodenart Typ 1a, 1b, 2 nach DIN 50929-3 - Korrosionsabtrag 4 µm/Jahr
- Einbindetiefe des Rammpfahls 2,0 m
- exponierte Fläche je Pfahl 0,6 m^2/m (gemittelt aus häufig genutzten Unterkonstruktionssystemen)
- gemittelt 1 Stück Rammpfahl pro 23,3 m^2
- Schichtdicke der Verzinkung 85 µm
- Eingebauter Zink-Korrosionsschutz pro Pfahl 734 g

Das freigesetzte Zink wird wie wissenschaftlich belegt (TU München) im Bereich von ca. 5 – 10 cm im Erdreich rund um den Rammpfahl dauerhaft durch Organik natürlich gebunden (Adsorption) und ist nicht direkt bioverfügbar bzw. wird nicht direkt wieder gelöst. So kann das Zink nicht in tiefere Bodenschichten gelangen. Im Fall von aggressiv wirkenden Bodenarten (< pH 6, > pH 12,5) wird im Einzelfall zur Erreichung einer höheren Korrosionsschutzklasse auf die Verzinkung eine Beschichtung (Duplex-Verfahren) aufgebracht. Über die Wirkung dieser organischen Schutzschicht auf die Umwelt und den Korrosionsschutz wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen.

Bei der Betrachtung des Abtrags wird der direkte Bodenbereich in Ansatz gebracht, in diesem Beispiel rechnerisch 1 m^2 rund um den Pfahl.

- Bodenvolumen pro Pfahl – 1 m^2, 2 m Tiefe = 2 m^3 oder 3000 kg Bodenmasse
- Natürlicher Abtrag an Zinkmenge pro Pfahl: 34,6 g Zn/a (1,2 m^2 Fläche x 28,8 g/m^2/a)
- Zugeführte Zinkmenge in den Boden: 11,5 mg Zn/kg Boden/a (in Pfahlnähe)

Ergebnis

Die zugeführte Zinkmenge in den Boden beträgt in diesem Beispiel 11,5 mg/kg/a. Zum Vergleich: Gemäß Düngemittel- und Klärschlammverordnung, (AbfKlärV, DüMV) darf Klärschlamm bei der Aufbringung als Dünger auf landwirtschaftlich genutzte Böden bis zu 4.000 mg Zn/kg/TS aufweisen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Solar-Feldanlagen baurechtlich auf Böden errichtet werden, welche bereits „schwerwiegend beeinträchtigt“ sind (siehe Erläuterungen).

PHOTOVOLTAIK-GROSSANLAGE – ARTEN UND VORAUSSETZUNGEN

Die Realisierung von großen Anlagen zur Herstellung von Solarstrom erfolgt häufig auf großen Dachflächen oder als Freifeld-Anlagen die unterschiedliche Voraussetzungen zu erfüllen haben. In der Regel erwirtschaften Aufdachanlagen eine größere Einspeisevergütung und bedürfen keiner Baugenehmigung. Eine Einspeisegenehmigung sollte jedoch vor dem Bau der Anlage vorliegen, um keine Überraschung zu erleben – es wird von Einzelfällen berichtet, dass Dach-Anlagen bereits fertiggestellt und eine Einspeisegenehmigung vom Netzbetreiber dann nicht erteilt wurde. Hier gilt es Ideen zu entwickeln die eine Transformation schnell vorantreiben. Stehen entsprechend definierte Flächen an Autobahnen, Schienentrassen oder sogenannte Konversionsflächen in Form von Gewerbe- und Industriegebieten, ehemaligen Industriebrachen oder Haldenflächen zur Verfügung, gilt es neben der Klärung der Nutzbarkeit und Verfügbarkeit, die Bebaubarkeitssituation zu prüfen. Bereits seit 2010 ist die Errichtung von Solaranlagen auf reinen Grünlandflächen nicht mehr gestattet.

RISIKOBEWERTUNG VON ZINK IM BODEN

Zink ist natürlicher Bestandteil des Bodens. Der natürliche Anteil ist je nach Region unterschiedlich hoch und liegt in Deutschland im Mittel bei geschätzten 70 mg/kg/Trockensubstrat (TS), das natürliche Spektrum reicht von 30 bis 500 mg/kg/TS. Je nach Bodenart ist dieser Wert geringer oder aber auch erheblich höher, in manchen Regionen dieses Planeten derart hoch, dass dort Zink aus Gesteinen in Minen abgebaut wird – an dieser Stelle sollen jedoch die Böden unterhalb von Solar-Feldanlagen betrachtet werden und nicht die Erzgewinnung.

Unterkonstruktionen von Solar-Freiflächenanlagen werden in der Regel aus feuerverzinktem Stahl ausgeführt. Angaben zur Korrosivität der Atmosphäre wie auch des Bodens am Standort der Solar-Feldanlage, die für die Auslegung des Korrosionsschutzes und der Bewertung möglicher Umweltauswirkungen heranzuziehen sind, sollten je nach Verfügbarkeit aus vorhandenen Geo-Daten entnommen oder mittels Prüfungen generiert werden. Häufig ist eine Einzelfallbetrachtung sinnvoll, bei der zur Bestandsaufnahme vor Baubeginn Bodenproben und Probebohrungen durchgeführt werden, um einen Eindruck von den Konzentrationen an Sulfat und Chloriden, den damit verbundenen pH-Werten als auch über Körnung und weitere Faktoren zu erlangen, die Einfluss auf die Eigenschaften der Tragkonstruktion haben könnten.

Eine Korrosionsschutzschicht aus Zink weist in einem pH-Wert-Bereich von 6 bis 12,5 eine hohe Stabilität und nur geringe Korrosionsraten auf, was mit einem geringen Eintrag an Zink in den Boden einhergeht. Es bildet sich unter der Einwirkung von Feuchtigkeit eine festhaftende Schutzschicht/ Deckschicht. Die Korrosionswahrscheinlichkeit kann anhand ermittelter, bodenspezifischer Kennwerte auf Basis der DIN 50929-3 festgelegt werden. Bei Böden der Kategorie 1a, 1b und 2 nach DIN 50929-3 ist die Korrosionsrate von Zink gering. Als Zinkkorrosionsrate wird bei nicht-aggressiven Böden ein Wert von 4 µm /Jahr angenommen. [2] [3]



PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN AUF KONVERSIONS- UND GEWERBEFREI-FLÄCHEN

Zu den Konversionsflächen zählen z.B. ehemalige oder aktuell nicht genutzten Industrie- oder Gewerbeflächen sowie nicht genutzte Militärflächen, die zur baulichen Wiederverwendung umgewandelt werden sollen. Auch muss der ökologische Wert der Freifläche infolge der ursprünglichen wirtschaftlichen oder militärischen Nutzung wie beschrieben schwerwiegend beeinträchtigt worden sein. Ein stark veränderter pH-Wert des Bodens oder eine abgesenkte Bodenfruchtbarkeit aber auch aus der Vornutzung stammende Abfälle, Schadstoffe oder z.B. Trümmer oder Abraum sind weitere Merkmale für Konversionsflächen. Des Weiteren kann auch die Standsicherheit des Geländes durch Anhebung des Grundwasserstandes gefährdet sein. Erst, wenn die gewöhnliche Nutzung der Freifläche nicht mehr möglich ist, darf sie zur Bebauung von Großprojekten verwendet werden. [1]



BAUGENEHMIGUNG NICHT VERGESSEN!

Wichtig bei der Projektierung von Photovoltaik-Großanlagen ist die Beantragung der Baugenehmigung bei einer zuständigen Behörde. Da beim Bau der Großanlage in das bestehende Landschaftsbild eingegriffen wird, ist diese nach Baurecht zwingend notwendig. Zur Verwendung einer Fläche für eine Freifeldanlage muss nachgewiesen werden, dass der ökologische Wert der Stellfläche bereits schwerwiegend beeinträchtigt ist. Für mindestens 50 % der gesamten Nutzfläche muss dieses zutreffen, bevor die Photovoltaikanlage errichtet werden kann. Dazu zählen:

- veränderter pH-Wert im Boden
- stark abgesenkter Humusgehalt in der Erde
- beschränkte Fruchtbarkeit des Bodens
- künstliche Veränderung der Bodenbeschaffenheit
- Schadstoffbelastung im Boden aufgrund der Vornutzung
- Abfälle oder Trümmer aufgrund der Vornutzung

Initiative Zink in der WVMetalle Service GmbH, Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf, Telefon +49 211 941906-73, info@zink.de

UMWELTQUALITÄTSZIELE REGELN ZULÄSSIGE EINTRÄGE

Die Ökotoxikologie befasst sich mit der Auswirkung von Stoffen auf die belebte Natur. Das heißt, sowohl die anthropogene (durch den Menschen verursachte) als auch die natürliche Hintergrundkonzentration an z.B. Zink wird in der Bewertung berücksichtigt. Hierbei ist der bioverfügbare Anteil der Stoffe wichtig und ausschlaggebend. Erst unter Berücksichtigung der Aufnahme und der Resorption in verschiedenen Organismen können dann mögliche biologische Wirkungen abgeleitet werden. Eine wissenschaftlich exakte Erfassung von Belastung und Wirkung auf der Basis von Dosis-Wirkungsbeziehungen ist in der Komplexität der Ökotoxikologie schwierig und in der Regel nur für kleinräumige Ökosysteme möglich. Daher kommt bei der Beurteilung spezieller Stoffe, wie z.B. Zink, einer behutsamen und wissenschaftlich geeigneten Risikoabschätzung eine besondere Bedeutung zu.



UMWELT-QUALITÄTSZIELE ZU ZINK

Der anthropogene Eintrag von Metallen in die Umwelt stellt eine Umverteilung der terrestrischen Metallressourcen dar. Hierbei ist eine fast unüberschaubare Vielzahl von diffusen Eintragspfaden (z.B. Metallabbau und Verhüttung, industrielle Produktion und Waren, menschliche und tierische Ausscheidungen, Blätterfall und Verwesung, Verkehr), sowie eine Prägung der Böden durch die spezifische Nutzung (z.B. Düngung, Herbizide) zu berücksichtigen. Punktuell hohe Metalleinträge sind häufig anthropogenen Ursprungs und können beispielsweise durch industrielle Zwischenfälle verursacht worden sein [6]. In Europa existieren Umweltqualitätsziele und Grenzwerte für fast alle Stoffe, die anthropogen in die Umwelt eingetragen werden. Die in der Tabelle genannten Verordnungen beschreiben ein breites Spektrum für zusätzliche Frachten an Zink.

UMWELTQUALITÄTSZIELE, GRENZWERTE UND EMPFEHLUNGEN

BBodSchV, §5 - Zulässige Zusatzbelastungen, Anlage 1, Tabelle 3 (gilt nur für natürlichen Boden)	1.200 g Zn/ha/a
Düngemittel- und Klärschlammverordnung, (AbfKlärV, DüMV) *	4.000 mg Zn/kg TS
LUFA NRW, Düngeempfehlungen für Acker- und Grünland – Spurenelemente [4]	5 – 10 kg Zn/ha/a

*Für landwirtschaftlich genutzten Boden gilt für den Spurennährstoff Zink folgender Auszug, Zitat zur Einführung der DüMV: Gemäß der deutschen Düngemittel- und Klärschlammverordnung ist es zulässig bis zu 4.000 mg/kg/a an Zink auf landwirtschaftlichen Böden auszubringen "… „da auch bei Zusammentreffen ungünstiger Umstände im Boden keine bedenkliche Anreicherung zu befürchten ist, wodurch die düngerechtlich festgelegten Nährstoffgrenzwerte überschritten würden."

Literaturquellen

[1] Photovoltaik-Großanlagen – Solarenergie sinnvoll nutzen, www.pro-energy-solutions.de/photovoltaik-grossanlage/
[2] LONG-TERM DURABILITY OF STEEL SOIL NAILS GEO REPORT No. 135, Y.K. Shiu & W.M. Cheung, GEOTECHNICAL ENGINEERING OFFICE CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT THE GOVERNMENT OF THE HONG KONG SPECIAL ADMINISTRATIVE REGION, 2002
[3] Influence of soil chemical characteristics on corrosion behaviour of galvanized steel, Stefano Rossi, Mattia Pinamonti, Massimo Calovi, Department of Industrial Engineering, University of Trento, Via Sommarive 9, 38123 Trento Italy
[4] Spurenelemente – Düngeempfehlungen für Acker- und Grünland, LUFA NRW/ Landwirtschaftskammer NRW, Münster, www.lufa-nrw.de
[5] Biologische Wirkungen von Kupfer und Zink, Lichtnecker H. (1), Hullmann H.
[6] UBA: Umweltbundesamt Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland 2000. Erich Schmidt Verlag Berlin, 2000.
[7] ICME: International Council on Metals and the Environment (Hrsg.): Persistence, bioaccumulation and toxicity of elements and metal compounds. Council on Metals and the environment. Washington: ICME. 1995 [8] Fauth H., Hindel R.: A multielement geochemical survey of Germany. influence of anthropogenic contamination and lithology. In: Metals and metalloids in the hydrosphere; impact through mining and industry and prevention technology. Proceedings of an IHP workshop, Bochum 21. - 25.09.1987, UNESCO Paris
[9] WHO: International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria for zinc Geneva 1996
[10] Pinger T., Brand M., Grothe S., Marginean G.: Abrasive Wear Behavior of Batch Hot-Dip Galvanized Coatings, Materials 2024, 17(7), 1547
[11] European Union

ZINC | international zinc association

Initiative ZINK www.zink.de

Initiative Zink in der WVMetalle Service GmbH, Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf, Telefon +49 211 941906-73, info@zink.de