

# Kupfer-Erdung lässt verzinkte Stahlpfosten korrodieren

**Serie Fehlerfälle:** Bei dieser Anlage sind die verzinkten Stahlpfosten der Montagegestelle einer Freiflächenanlage schon nach wenigen Jahren stark korrodiert. Es besteht die Gefahr, dass die Modultische vor Ablauf der 20-jährigen Betriebsdauer abbrechen. Nicht nur hier, sondern bei vielen Anlagen. Das Gute ist: Bei diesem Fall gibt es eine einfache Lösung.

Um auf ein wichtiges und vermutlich weiter verbreitetes Problem aufmerksam zu machen, hat sich der Verursacher in diesem Fall ausnahmsweise selbst bei uns gemeldet. Im vergangenen Jahr bekam der Projektentwickler eine Reklamation für eine Freiflächenanlage mit rund zehn Megawatt Nennleistung, die er im Jahr 2015 in England errichtet hatte.

Für das Gesamtbild muss man allerdings früher beginnen: Schon bei der Abnahme moniert der Kunde ein erstes Problem. Anstatt der vom Kunden bestellten feuerverzinkten Stahlgestelle hatte der Gestellhersteller nur bandverzinkte Stahlgestelle geliefert, die einen geringeren Korrosionsschutz bieten. Der Projektentwickler hat diese dann auch verbaut. Ein Fehler, wie ein Mitarbeiter heute offen eingesteht. Dennoch war dieser Fehler irgendwie schicksalhaft: Denn erst dadurch wurden Betreiber und Projektierer auf ein noch tiefgreifenderes Problem aufmerksam.

**„Erst dadurch wurden Betreiber und Projektierer auf ein noch tiefgreifenderes Problem aufmerksam.“**

## Überraschung beim Ausbuddeln der Pfosten

Die Diskussionen zwischen dem Betreiber und dem Projektierer, wie mit dem baulichen Mangel umzugehen sei, dauerten knapp drei Jahre. Dann einigten sich die Parteien darauf, den Zustand der Zinkschicht im unterirdischen Teil der Pfosten zu prüfen.

Das Ergebnis überraschte: Während oberirdisch keine relevanten Auffälligkeiten erkennbar waren, wiesen die Pfosten unterirdisch eine starke Korrosion auf. Die etwa 20 Mikrometer dicke Zinkschicht hatte sich innerhalb der ersten drei Betriebsjahre komplett aufgelöst, der Stahl war schon stark von Rost angegriffen. Dem Projektierer zufolge ließ sich die

Fotos: Ache Engineering



Dieser Rost am Stahlpfosten beruht auf einem Konstruktionsfehler.

übermäßige Korrosion keineswegs mit der weniger tauglichen Bandverzinkung erklären.

Daher zog der Projektierer den Gutachter Ernst-Günter Ache von Ache Engineering zu Rate. Nach eingehender Untersuchung kam er der Ursache schließlich auf die Spur. Er stellte fest, dass neben den Gestellpfosten auch Kupfer-Erder für Potenzialausgleich und Überspannungsschutz der Anlage im Boden vergraben waren. „Kupfer hat aber auch die Eigenschaft, dass es als sehr edles Metall in der Nähe anderer, unedler Metalle dazu führt, dass sich die weniger edlen Metalle auflösen“, sagt Ache. Zwischen dem Kupfer-Erder und dem Zinkpfosten fungiere der leitfähige Boden wie ein Elektrolyt. „Damit hat man praktisch eine riesige Batterie gebaut, die einen kontinuierlichen Stromfluss und Ionenstrom vom verzinkten Stahlpfosten zum Kupfer-Erder bewirkt.“ Und genau wie bei einer Batterie habe sich die Anode (hier der Pfosten) zugunsten der Kathode (hier der Erder) zersetzt. Die Verzinkung ist elektrochemisch gesehen unedler als Kupfer und zersetzt sich aus diesem Grund im geschilderten Fall. Sobald das Zink abgetragen ist, wird der Stahl selbst angegriffen.

„Solche oder ähnliche Anlagen-Designs gibt es relativ häufig“, sagt der Gutachter. Er selbst betreue bereits zwei weitere

Fälle. Vor allem in Ländern wie England und Japan sei dieses Problem verbreitet, weil dort Normen zum Einsatz von Kupfer-Erdungen führen, in die auch die Photovoltaikanlagen eingebunden sind.

Das Problem trete ebenfalls auf, wenn das Gestellmaterial aus feuerverzinktem Stahl besteht, dann allerdings etwas später, weil die Zinkschicht mit 70 Mikrometer etwas dicker ausfällt als bei bandverzinktem Stahl. Auch die Dicke des verwendeten Stahls ist von Bedeutung. Mit vier bis fünf Millimeter dicken Pfosten und anderen Bodenleitwerten könnte ein solches Design auch bis zu 20 Jahre lang unkritisch bleiben, sagt Ache. Seit ein paar Jahren würden zur Kostensenkung aber auch dünnere Pfosten mit nur drei bis vier Millimetern Stahldicke verwendet. Dann könne es schneller zu Problemen kommen.

**„Man hat eine riesige Batterie gebaut, die einen kontinuierlichen Ionenstrom bewirkt.“**

Aus Sicht von Ache ist es dringend notwendig, in der Photovoltaikbranche ein Bewusstsein für dieses Problem zu schaffen. Er geht davon aus, dass die ersten Modultische in den kommenden Jahren aufgrund dieses Problems statisch instabil werden und es zu umfangreichen Schäden kommen wird. „Bei normalen Bodenwerten in Mitteleuropa sind die Zinkschichten von feuerverzinkten Stahlpfosten nach zehn bis 15 Jahren weg. Danach werden die Stahlpfosten angegriffen und dann wird es früher oder später zu Sturmschäden kommen.“



Opfer-Anode in Kohlebett

In den vergangenen drei Jahren, in denen sich Ache nun mit diesem Problem beschäftigt, sei ihm aufgefallen, dass die Branche praktisch keinerlei Sensibilität für die elektrochemischen Prozesse im Boden hat, sagt er. „Die meisten Akteure, mit denen wir sprechen, stellen sich das vor wie normalen Rost. Also als ob ein Stück Metall draußen auf der Wiese liegt und langsam vor sich hinrostet. So ist das aber nicht. Wenn man zwei Metalle über den Boden elektrisch leitend miteinander verbindet, setzt man einen aktiven elektrochemischen Prozess in Gang. Und das bewirkt eine erhebliche Beschleunigung des Korrosionsvorgangs.“

### Problemlösung mit Opfer-Anoden

Für den Fall des Solarparks in England haben die beteiligten Parteien eine Lösung gewählt, die schon in anderen Branchen zum Einsatz kommt, zum Beispiel beim Bau von Pipelines oder zum Schutz von Spundwänden in Schiffshäfen. Um die weitere Zersetzung der Stahlpfosten zu stoppen, hat der Projektierer sogenannte Opfer-Anoden in den Boden nahe der Modultische eingebracht. Diese bestehen aus einem unedleren Material, in diesem Fall aus einer Kombination aus Zink und Magnesium.

Anzeige

**Producer for ground mount solar mounting systems**

**We have produced over 3,4 GWp – worldwide!**



**ZIMMERMANN**

PV-Stahlbau GmbH & Co. KG

D-88436 Oberessendorf | 0049 7355 93300 | [www.pv-stahlbau.de](http://www.pv-stahlbau.de)



## Nachhaltig mit Qualität

„Damit drehen wir die Stromflussrichtung beziehungsweise das Potenzial der Elektronegativität um“, sagt Ache. Dadurch werden die Gestellpfosten von einer Anode zu einer Kathode und lösen sich nicht mehr auf. Stattdessen zersetzen sich nun die neuen Opfer-Anoden. Entscheidend ist allerdings, diese Maßnahmen rechtzeitig zu ergreifen. Denn die Korrosion kann auf diese Weise zwar gestoppt, aber nicht rückgängig gemacht werden.

**„Danach werden die Stahlpfosten angegriffen und dann wird es früher oder später zu Sturmschäden kommen.“**

Der „kathodische Korrosionsschutz“ (KKS) schützt dabei nicht nur die Zinkschicht vor Korrosion, sondern auch den Stahl, erklärt Ache. Die Opfer-Anoden müssten nicht generell aus Magnesium bestehen. Je nach Bodenleitfähigkeit und Anlagendesign könnten auch andere Metalloxide verwendet werden, die sich in ihrer Langlebigkeit und den Kosten unterscheiden. Für einen umfassenden Schutz müssten die Opfer-Anoden dann in regelmäßigen Abständen in den Boden eingebracht werden – eingebettet in ein Kohlebett, um die Leitfähigkeit zu verbessern. Außerdem werden alle Opfer-Anoden über ein Kabel elektrisch miteinander verbunden und Strom in die Opfer-Anoden eingespeist. Bei der Zehn-Megawatt-Anlage in England verbraucht der so installierte kathodische Korrosionsschutz etwa zwei bis drei Kilowattstunden am Tag. „Im Vergleich zur Anlagengröße ist das also nicht sehr viel“, sagt Ache.

Die Gesamtkosten für die nachträgliche Installation eines KKS-Systems seien stark projektspezifisch. Pro Megawatt Anlagenleistung könnten laut Ache zwischen 20.000 und 70.000 Euro zusammenkommen. Der Einsatz lohne sich, sobald die Kosten für das KKS-System günstiger sind als der Austausch beispielsweise der gesamten Unterkonstruktion. Andere Sanierungsvarianten seien in der Summe oft deutlich schlechter zu bewerten – gerade in Hinblick auf die Sicherheit der Anlage über die Laufzeit.

### pv magazine Quality Roundtable auf der Intersolar

Der hier beschriebene Fall und der eingesetzte kathodische Korrosionsschutz wird im Rahmen des pv magazine Quality Roundtable am 16. Mai auf der Intersolar Europe 2019 auf einem Poster vorgestellt (siehe Seite 11).

Ernst-Günter Ache von Ache Engineering wird als Ansprechpartner vor Ort sein. Die pv magazine Redaktion stellt gerne den Kontakt her. Melden Sie sich dafür bitte bei [mirco.sieg@pv-magazine.com](mailto:mirco.sieg@pv-magazine.com).



Erdarbeiten für das Schutzsystem

Nach Aussage des Projektierers hat der Betreiber des Solarparks in England die Wirksamkeit dieses Schutzsystems durch einen eigenen Gutachter bestätigen lassen. Mit der nun gefundenen Lösung ist er daher zufrieden. Die gewählten Opfer-Anoden werden die Anlage für mindestens 40 Jahre schützen, heißt es von Seiten des Projektierers.

### Korrosion schon in der Planung vermeiden

Um eine aktive Korrosion schon in der Planung zu vermeiden, sollten Entwickler Kupfer als Erdungsmaterial vermeiden, sagt Ache. Das sei ohnehin auch relativ teuer. Im Idealfall würde für Pfosten und Erder das gleiche Material verwendet. Also zum Beispiel verzinkter Stahl. „Dann kann dieses Problem nicht auftreten.“ Manchmal sei das aber aus regulatorischen Gründen nicht möglich. Und es könnten auch andere Metalle in der Erde sein, zum Beispiel Bahngleise oder Wasserrohre, die das Gestell ebenfalls beeinflussen. Bei besonders hohen Bodenleitfähigkeiten könnten zum Teil sogar die Betonfundamente angegriffen werden.

**„Es ist dringend notwendig, ein Bewusstsein für dieses Problem zu schaffen.“**

In solchen Fällen kann es eventuell sinnvoll sein, von Anfang an einen kathodischen Korrosionsschutz mit einzuplanen, sagt Ache. Das koste zwar ein bisschen mehr, garantiere aber auch, dass über die Lebenszeit der Anlage kein Schaden mehr auftritt. „Damit ist das Risiko kalkulierbar.“ Zudem lasse sich ein solches KKS-System auch gut aus der Ferne überwachen und an veränderte Begebenheiten anpassen. Wichtig sei aber vor allem, ein Bewusstsein für diese Zusammenhänge zu schaffen, damit Betreiber und Entwickler nicht erst darauf aufmerksam werden, wenn es bereits zu spät ist.

Mirco Sieg