

# Reinigung von Photovoltaikanlagen

Sauber und leistungsfähig ohne Abstürze

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Hendrik Horn, Magdeburg  
Alenka Tschischka, Berlin

Damit die volle Leistungsfähigkeit von Photovoltaikanlagen erhalten bleibt, müssen diese gereinigt werden. Hartnäckige Verschmutzungen durch Vogelkot, Moosbewuchs und stark verfestigte Staubansammlungen

senken die Stromausbeute. Ob und in welchen Intervallen Photovoltaikanlagen gereinigt werden sollen, ist meist eine rein wirtschaftliche Entscheidung des Anlagenbetreibers.

Das Reinigen und Arbeiten an Photovoltaikanlagen findet oft an einem „hoch gelegenen Arbeitsplatz“ statt. Hier besteht das Risiko eines Absturzes, der oft schwere Folgen haben und nicht selten tödlich enden kann. Unternehmer müssen vor Beginn der Arbeiten und beim Erstellen ihrer Gefährdungsbeurteilung die gesetzlichen Vorschriften und berufsgenossenschaftlichen Regelwerke dazu beachten und anwenden. Des Weiteren birgt das Arbeiten auf dem Dach die Gefahr, dass die empfindliche Oberfläche der Solarmodule irreparabel beschädigt wird.

## Wer ist wofür verantwortlich?

Es lohnt eine genaue Betrachtung aller Akteure: des Anlagenherstellers, des Anlagenbetreibers und des Reinigungsunternehmers, insbesondere, was ihre Aufgaben und ihre Verantwortung in Bezug auf die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz betrifft.

Hersteller von Photovoltaikmodulen weisen in Anlagenbeschreibungen und Betriebsanleitungen auf zu errichtende Schutzeinrichtungen und geltende Vorschriften hin. Technische Datenblätter geben Informationen zur rein formalrechtlichen Absicherung anstelle von eindeutigen und praxisorientierten Lösungen für die Anlagenbetreiber und Reinigungsunternehmen.

Photovoltaikanlagen sind technische Anlagen und benötigen abgestimmte Kontrollen für Unterhalt und Pflege. Bei der Projektplanung sollten Absturzsicherungen für die Maßaufnahme, Montage, Kontrolle, Wartung und Reinigung berücksichtigt und auf Grundlage der Baustellenverordnung umgesetzt werden.

Da die Baustellenverordnung durch ihre Anwendungsbegrenzungen bei nachträglichen Installationen in vielen Fällen nicht gilt, werden Sicherheitsmaßnahmen von Bauherren, aufgrund fehlender gesetzlicher Vorgaben und/oder aus Kostengründen, oft vernachlässigt. Diese Aussage beruht auf Erfahrungen des Autors im Bereich der Photovoltaikreinigung.



Abb. 1:  
Photovoltaikanlage  
vor und nach der Reinigung  
mit Stangenreinigungssystem  
(Foto: Kärcher)



Die sichere Reinigung von Photovoltaikanlagen erfordert Fachwissen und materielle Voraussetzungen. Daher sollte im Vorfeld geklärt werden:

- ob die Anlage betreten werden kann,
- ob Verkehrswege im Arbeitsbereich bestehen,
- welche Sicherungsmaßnahmen in Betracht gezogen werden können,
- welche Reinigungstechnik zur Anwendung kommen kann.

Die Antworten auf diese Fragen sollten durch den Reinigungsunternehmer aufgrund von rechtlichen Vorgaben und mit der Unterstützung des Anlagenbetreibers erfolgen. Jedoch wird diese Gesamtbeurteilung meist nur dem Unternehmer überlassen bzw. vernachlässigt und oftmals nur mithilfe einer mangelhaften Gefährdungsbeurteilung dokumentiert.

## Absturzrisiko

Statistische Auswertungen der BG BAU zeigen, dass bei Arbeiten auf Dächern ein erhebliches Absturzrisiko besteht. Für die Jahre 2013 und 2014 wurden u.a. folgende Unfallursachen für Absturzunfälle von Dächern im Zusammenhang mit Arbeiten an Photovoltaikanlagen ermittelt:

- fehlende Absturzsicherungen,
- keine Anschlageneinrichtungen,
- fehlende Verkehrswege,
- mangelhafte bis keine Durchführung der Gefährdungsbeurteilung.

Die Analyse der Ursachen von Absturzunfällen bei der Reinigung von Photovoltaikanlagen zeigt, dass erheblicher Handlungsbedarf besteht.

## Arbeitsplatzbezogene Gefährdungen

Die Mitarbeiter bei der Photovoltaikreinigung sind, neben der Absturzgefahr, einer Vielzahl von arbeitsplatzbezogenen Gefährdungen ausgesetzt, z.B. elektrische Gefährdung, Brand, Stolpern, Rutschen, Stürzen, UV-Strahlung etc. Maßnahmen zur Absturzsicherung sind nach § 4 Arbeitsschutzgesetz vorrangig als Kollektivschutz auszubilden. Das heißt, diese

Abb. 2: Mit Stangenreinigungssystemen können Photovoltaikanlagen vom Boden aus gereinigt werden (Foto: Löwe)



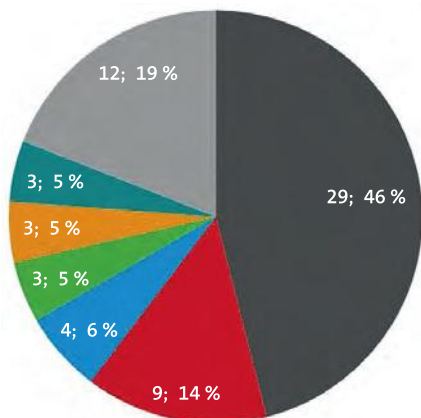


Abb. 3: Tödliche Arbeitsunfälle bei betrieblicher Tätigkeit (ohne Dienstwegeunfälle) 2016 (Quelle: BG BAU)

Form der Sicherung stellt immer die erste Wahl bei Absturzicherungen dar. Sowohl freistehende Sicherheitsgeländer als auch sonstige Kollektivschutzeinrichtungen ermöglichen den Mitarbeitern der Reinigungsunternehmen, Arbeiten ohne zusätzliche Ausrüstung in Form von persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) auszuführen.

Absturzunfälle lassen sich unterscheiden in:

- Absturz von hochgelegenen Arbeitsplätzen und Verkehrswegen,
- Durchsturz durch Öffnungen, Versinken,
- Durchsturz durch nicht tragfähige Bauteile.

Hinzu kommen Stolpern, Rutschen und Stürzen.

Mit der gesetzlichen Verpflichtung zur Gefährdungsbeurteilung durch den Unter-

nehmer soll die Grundlage für einen wirksamen betrieblichen Arbeitsschutz zur Verhütung von Arbeitsunfällen und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren geschaffen werden. Da Dachflächen für die Reinigung von Photovoltaikanlagen in den meisten Fällen betreten werden müssen, besteht bei dieser Tätigkeit eine sehr hohe Abrutsch-, Absturz- und Durchsturzgefahr. Grundsätzlich dürfen Arbeiten erst dann ausgeführt werden, wenn die erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen durchgeführt wurden.

### Lösungen

Es gibt technische Lösungen für das sichere Reinigen von Photovoltaikanlagen. Einige dieser Möglichkeiten, die dem Ziel einer nachhaltigen Prävention gerecht werden, sollen hier vorgestellt werden.

## Absturz häufigste Ursache bei tödlichen Arbeitsunfällen

Abstürze bilden einen deutlichen Schwerpunkt als Ursache für tödliche Arbeitsunfälle. Über 400 Unfallberichte zu tödlichen Absturzunfällen aus den Jahren 2009 bis 2016 hat die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) ausgewertet und im Faktenblatt „Tödliche Arbeitsunfälle – Absturzunfälle“ zusammengefasst. So stürzte jedes dritte Unfallopfer aufgrund fehlender Sicherungsmaßnahmen vom Dach oder durch eine Lichtkuppel. Bei mehr als jedem zehnten Unfall erfolgte der Sturz aus weniger als 2 m Höhe. Insbesondere ältere Beschäftigte tragen ein erhöhtes Unfallrisiko. Die Unfallopfer waren fast ausschließlich männlich.

Obwohl die Zahl der tödlichen Arbeitsunfälle seit 2010 leicht zu rückgegangen ist, liegt der Anteil der Absturzunfälle bei etwa 25 %. In mehr als der Hälfte der Absturzunfälle war die Gefährdungsbeurteilung unvollständig oder nicht an aktuelle Änderungen des Arbeitssystems angepasst. In knapp 300 Fällen lagen Verstöße gegen sicherheitstechnische Vorschriften vor. Zudem bestand in 65 Fällen für die zum Unfall führenden Tätigkeiten kein Arbeitsauftrag. Nach Einschätzung der Unfallermittler hätten Absturzicherungen in etwa jedem dritten Fall Unfallfolgen wahrscheinlich mildern können.

Das Faktenblatt „Tödliche Arbeitsunfälle – Absturzunfälle“ gibt es online: [www.baua.de/dok/8705612](http://www.baua.de/dok/8705612)

Tabelle 1: Absturzunfälle bei Arbeiten an Photovoltaikanlagen 2013–2014 (Quelle: BG BAU)

Unfalljahr	Tätigkeit	Mangel	Gefährdungsbeurteilung	Tödlich
2013	Reinigungen aller Art an oder in Gebäuden	keine geeigneten Anschlag-einrichtungen	konnte nicht vorgelegt werden	Ja
2013	Reinigungen aller Art an oder in Gebäuden	fehlende Absturzicherungen	nicht durchgeführt	Nein
2013	Reinigungen aller Art an oder in Gebäuden	fehlende Absturzicherungen	nicht angemessen durchgeführt	Nein
2013	Reinigungen aller Art an oder in Gebäuden	fehlende Absturzicherungen an Verkehrswegen	nicht durchgeführt	Nein
2014	Reinigungen aller Art an oder in Gebäuden	fehlende Absturzicherungen	angemessen durchgeführt	Nein
2014	Reinigungen aller Art an oder in Gebäuden	fehlende Absturzicherungen	nicht durchgeführt	Nein
2014	Reinigungen aller Art an oder in Gebäuden	keine Verstöße	nicht durchgeführt	Nein
2014	Reinigungen aller Art an oder in Gebäuden	fehlende lastverteilende Beläge	nicht angemessen durchgeführt	Nein

## Nachrüstung von Anschlagpunkten und Laufwegen in Kombination

Eine der häufigsten Varianten in der Photovoltaikreinigung ist die manuelle Reinigung, z.B. mit Bürsten oder mit rotierenden Bürsten, vom Dach aus. Dabei sind spezifische Sicherheitsmaßnahmen zu beachten, die im Vorfeld überprüft bzw. installiert werden müssen. Im Rahmen der Revisionstätigkeit der BG BAU wurde bei Besichtigungen von Photovoltaikanlagen festgestellt, dass bei der Installation von Sicherungskomponenten gegen Absturz von Personen gespart wird – aus Unwissen oder aufgrund von Kostenersparnis auf Seiten der Bauherren.

Wenn auf Dächern Arbeiten durchgeführt werden oder wenn diese als Verkehrswege genutzt werden, hat der Arbeitgeber, in diesem Falle das Reinigungsunternehmen, zu ermitteln, ob eine Gefährdung durch einen möglichen Absturz besteht. Dann sind Maßnahmen zum Schutz der Mitarbeiter zu ergreifen. Für die Betreiber der Anlagen heißt dies, Anschlagpunkte oder Laufwegsysteme sind für das sichere Arbeiten unabdingbar. Es gibt auch die Möglichkeit, Sicherungspunkte und Laufwegsysteme nachzurüsten. Nur die Kombination von persönlichem und technischem Arbeitsschutz kann für Sicherheit sorgen.

Eine nachträgliche Lösung sind mobile Arbeitsplattformen bzw. Laufwege (Abb. 5), die die Wartung, Reinigung und Reparatur auf Photovoltaikmodulen zulassen. Beispielsweise sorgt das „Photovoltaik Multi-board“ von SMB Photovoltaik für eine gleichmäßige Gewichtsverteilung der Personen und wird über den Modulrahmen und die Unterkonstruktion abgeleitet. So kann eine Arbeitsplattform auf Dächern geschaffen werden, die einen rutschfesten sicheren Stand gewährleistet und individuell angepasst werden kann. Diese Auflage kann für alle Photovoltaikmodule verwendet und von einer Person mit einem Gewicht von max. 150 kg belastet werden. Zusätzlich darf nach DIN 51-130 der Gesamtmittelwert der Dachneigung nicht mehr als 40° betragen.

Da Laufwege allein jedoch nicht als Sicherungsmaßnahme gegen Absturz wirken, muss zusätzlich die Installation von Anschlagpunkten sichergestellt werden. Es folgen Beispiele für nachrüstfähige Anschlagpunkte.

Für Steildächer gibt es Dachhaken aus Edelstahl, die auf den bestehenden Sparren befestigt werden (Abb. 6). Hierbei sollten möglichst immer Haken verwendet werden, die in alle Richtungen belastbar sind. Nur so ist das Reinigungs-



Abb. 4: Mobile Laufwege durch PSAG (Foto: ABS Safety)



Abb. 5: Mobile Laufwege (Foto: SMB Multiboard)

personal auch in alle Richtungen gegen Absturz gesichert. Bei einer Trapezblecheindeckung können Systeme in Verbindung mit Schrauben und Kippschrauben verwendet werden (Abb. 8, 9).

Speziell für Photovoltaikanlagenmodule gibt es nachrüstfähige Anschlagpunkte, die direkt mit der Unterkonstruktion verbunden werden. Hier muss aber zwingend die Unterkonstruktion auf ihre Tragfähigkeit getestet werden. Durch den Hersteller wird empfohlen, ein Rahmenprofil von mindestens 40 x 40 mm vorzuhalten und die Fangstoßkraft von 6 kN durch eine statische Berechnung überprüfen zu lassen.

### Vorteile

Eine Nachrüstung mit den genannten Systemen ist fast in jedem Bestandsobjekt möglich. Eine Ergänzung mit anderen in diesem Beitrag nicht berücksichtigten Systemen ist nach ersten Einschätzungen

generell möglich. Ferner werden die geltenden Vorgaben der ASR A2.1. in Bezug auf die Ausbildung von Verkehrswegen und Arbeitsplätzen auf geneigten Dächern bei einer fachgerechten Ausführung erfüllt.

### Nachteile

Die dargestellten Varianten minimieren das Absturzrisiko bei Arbeiten an und auf Photovoltaikanlagen. Jedoch müssen die nachträglich zu errichtenden Anschlagpunkte in den meisten Fällen berechnet und fachgerecht eingebaut werden, was einen erheblichen Kostenfaktor darstellt. Zusätzlich sind diese Systeme nicht dem technischen Schutz nach dem TOP-Prinzip (technisch vor organisatorisch vor persön-

Abb. 6, 7: Sicherheitsdachhaken (Foto: ABS Safety)



Abb. 8, 9: Einzelanschlagpunkte (Foto: ABS Safety)





Abb. 10: Mit Stangenreinigungssystemen können Photovoltaikanlagen sicher vom Boden oder von einem Hubsteiger aus gereinigt werden (Foto: Löwe)

**Anmerkung der Red.:**

Beim Arbeiten aus Hubarbeitsbühnen heraus sollte PSAg verwendet werden.



Abb. 11: Mit einem teleskopierbaren Stangensystem können verschiedene Höhen erreicht werden (Foto: Unger)

lich) gleichzusetzten und müssen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung genau geprüft und bewertet werden.

### Reinigung mit Stangensystemen

Um eine sichere und effektive Reinigung von Photovoltaikanlagen auch ohne eine Dachflächenbegehung zu gewährleisten, gibt es Teleskopstangen-Reinigungssysteme mit entmineralisierter Wasseraufbereitung. Sie können vom Boden aus unter folgenden Bedingungen bedient werden:

- Die Reichweite des Stangensystems beträgt max. 20 m.
- Die Stangenkonstruktion wiegt rd. 4,5 kg ohne Wasser.
- Die Dachform muss mit dem System erreicht werden können.
- Es entstehen einseitige ergonomische Belastungen.

Wird die zu reinigende Photovoltaikfläche nicht erreicht, z.B. an einem Flachdach oder einer bauartbedingten Höhe von mehr als 20 m, kann das System durch den Einsatz eines Hubsteigers ergänzt werden.

Neben der Verwendung von entmineralisiertem Wasser, das eine effektive Reinigung erst erlaubt, ist auch die mechanische Arbeit auf den Photovoltaikanlagenmodulen entscheidend. Auch hier gibt es unterschiedlichste Techniken und Anwendungsverfahren.

In der Regel wird entmineralisiertes Wasser vor Ort in mobilen Aufbereitungsstationen aus Leitungswasser erzeugt. Hierbei durchströmt Leitungswasser ein Filtersubstrat (Mischbettharz), das dem Wasser Mineralien wie Calcium, Magnesium etc. entzieht. Der Transport des Wassers erfolgt nach der Aufbereitung mithilfe einer Pumpe und eines Versorgungsschlauches zum Arbeitsplatz.

Erfahrungen zeigen, dass der Einsatz von entmineralisiertem Wasser in Verbindung mit rotierenden Bürsten die besten Reinigungsergebnisse liefert. Die mechanischen Bewegungen lösen mithilfe des entmineralisierten Wassers die Verunreinigungen. Weiterhin beschleunigt dieses Wasser das Auflösungsvermögen der Verschmutzungen, bewirkt die sofortige Verbindung des Schmutzes mit dem Wasser sowie ein hohes Benetzungsvermögen und eine streifenfreie Trocknung und führt zu einem sehr guten Reinigungsergebnis.

Die Anwendung dieses Systems unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, dem Durchführen einer Gefährdungsbeurteilung, einer angepassten Systemplanung sowie der Absprache mit dem Betreiber ermöglicht sicheres Arbeiten.

#### Vorteile

Bei niedrigen Gebäuden mit einer ausreichend geneigten Dachfläche ist das Reinigen der Photovoltaikanlagen vom Boden aus möglich. Das Begehen der Dachflächen und die Gefahr des Abrutschens und Abstürzens werden somit vermieden.

#### Nachteile

Aufgrund von Erfahrungen des Autors können mit dem Stangensystem bei falscher Planung jedoch folgende Risiken auftreten: Eine Kalkulation wird meist anhand von Planungsunterlagen ohne eine zwingend erforderliche Objektbesichtigung erstellt. Dabei besteht permanent die Gefahr, dass Höhen, Verschmutzungsgrad und bestehende Gefährdungen falsch eingeschätzt werden. Risiken können auch entstehen, wenn notwendige Hubsteigereinsätze aus Kostengründen vermieden werden. Dann entsteht bei einem mangelhaften Reinigungsergebnis im Firstbereich eine äußerst gefährliche Situation. Um den Auftrag ohne Kosten-

steigerung zu beenden, wird oftmals eine Reinigung vom Firstbereich ausgeführt. Jegliche Sicherungsmaßnahmen und Vorschriften werden für diesen „kurzen“ Einsatz ignoriert. Zusätzlich müssen die Auswirkungen der ergonomischen Belastung auf die Mitarbeiter betrachtet werden. Aufgrund einseitiger Belastungen durch das gewählte Arbeitsverfahren sollten Pausenzeiten und -frequenzen erhöht oder ein häufiger Wechsel der Arbeitstätigkeit schon bei der Reinigungsplanung beachtet werden.

### Reinigung mit Robotern

Ein weiterer Präventionsansatz ist das Entfernen von Menschen aus Gefahrenzonen. Das kann durch Einsetzen eines mobilen Reinigungsroboters für Photovoltaikanlagen erreicht werden. Bisher ist als Hersteller nur die Schweizer Serbot GmbH bekannt. Der Reinigungsroboter Gekko Solar (Gewicht 63 kg) wird mithilfe einer Hubarbeitsbühne (Mindesttragkraft 200 kg) auf das Dach gehoben, abgesetzt und anschließend von der Hubarbeitsbühne aus ferngesteuert. Der Reinigungsroboter saugt sich mit Vakuum an den glatten Flächen der Photovoltaikanlage fest und lässt sich in jede beliebige Richtung bewegen. Die Versorgung mit Reinigungsmitteln und Wasser erfolgt über einen Schlauch von einem Wagen am Boden (Abb. 12, 13).

#### Vorteile

Das Reinigungssystem wurde speziell für den mobilen Einsatz bei Dachanlagen oder kleineren Freifeldanlagen entwickelt. Mit bis zu 400 m<sup>2</sup> Reinigungsleistung pro Std. ist ein effizientes Arbeiten möglich. Es eignet sich für fast alle Photovoltaikanlagen, bei denen die manuelle Reinigung an ihre Grenzen stößt. Ein Betreten der gesamten Anlage ist nicht mehr erforderlich.



Abb. 12, 13:  
Reinigungsroboter können sicher vom Boden oder vom Hubsteiger aus fernbedient werden (Foto: Serbot)



### Nachteile

Der Anwendungsbereich des Roboters wird beim Überfahren durch eine max. Spaltenbreite von 250 mm, eine max. Hindernishöhe von 30 mm und eine max. Panel-Neigung von 45° begrenzt. Der Hubsteigereinsatz erfordert einen sicheren Standplatz, das Unterweisen der Mitarbeiter, das Verwenden von PSAgA und das Sicherstellen der Rettungskette.

### Fazit

Die dargestellten Lösungen tragen zum sicheren Reinigen von Photovoltaikanlagen bei und sollten flächendeckend zur Anwendung kommen. Denn bei der Reinigung auf dem Dach sind die Mitarbeiter nicht nur der Gefahr des Absturzes sondern auch noch anderen Gefährdungen, z.B. durch elektrische Spannung, ausgesetzt. Falls die Reinigungsarbeiten jedoch vom Dach aus vorgenommen werden, so ist eine funktionierende Anschlageneinrichtung zwingend erforderlich, das Reinigungspersonal muss sich jederzeit gegen Absturz sichern und die Rettungskette muss gewährleistet sein.

Autoren:  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Hendrik Horn  
BG BAU Prävention  
Alenka Tschischka  
BG BAU Kommunikation

# 1000 MAL HOCH HINAUS

# 1 MAL AUS-DIE-MAUS.

BAU AUF SICHERHEIT  
BAU AUF DICH

Jährlich werden über 100.000 Menschen bei Unfällen in der Bauwirtschaft verletzt. Jeder Unfall ist einer zu viel. Du hast es in der Hand: Du hast das Recht, kein Risiko einzugehen. Jetzt über das neue Präventionsprogramm der BG BAU informieren und mitmachen unter [www.bau-auf-sicherheit.de](http://www.bau-auf-sicherheit.de)

BG BAU  
Berufsgenossenschaft  
der Bauwirtschaft