



Rationalisierungs-Kuratorium  
für Landwirtschaft

# ***Reinigung von Photovoltaikanlagen***

***- Gute Erträge trotz Staub und Ammoniak -***



Dirk Wietzke

## **Reinigung von Photovoltaikanlagen - Gute Erträge trotz Staub und Ammoniak -**

**Mai 2012 -Vortrag zur RKL-Tagung 2012 -**

Dirk Wietzke ist Energieberater Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein mit den Schwerpunkten Biomasse, Biogas und Wärmekonzepte, Tel. 04331/9453-228, Email: [dwietzke@lksh.de](mailto:dwietzke@lksh.de)

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Albert Spreu

Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-708110, Fax: 04331-7081120

Internet: [www.rkl-info.de](http://www.rkl-info.de); E-mail: [mail@rkl-info.de](mailto:mail@rkl-info.de)

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiges Beratungsunternehmen mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

<b>Gliederung</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>31515</b>
<b>2. Wann ist eine Reinigung erforderlich? .....</b>	<b>316</b>
<b>3. Erstreinigung.....</b>	<b>317</b>
3.1 Der richtige Zeitpunkt.....	317
<b>4. Reinigungsverfahren .....</b>	<b>318</b>
<b>5. Eignung der Reinigungsverfahren .....</b>	<b>323</b>
5.1 Bürste mit Teleskopstange.....	323
5.2 Ökologische Solarreinigung .....	324
5.3 Berührungslose Systeme .....	324
5.4 PVSpin von Schletter .....	325
5.5 Reinigungsroboter.....	325
<b>6. Wer kann/darf die Reinigung durchführen.....</b>	<b>325</b>
<b>7. Reinigungsfirma finden .....</b>	<b>326</b>
<b>8. Garantiebedingung der Modulhersteller .....</b>	<b>326</b>
<b>9. Was kostet die Reinigung.....</b>	<b>327</b>
<b>10. Zusammenfassung .....</b>	<b>328</b>

## **1. Einleitung**

Viele Betreiber von Photovoltaikanlagen fragen sich „Muss ich meine PV-Anlage reinigen oder nicht? Was bringt eine Reinigung, was kosten das und wie muss gereinigt werden?“. Diese Fragen sind berechtigt, aber leider nicht allgemeingültig zu beantworten. Daher wird hier erläutert, wie Sie vorgehen müssen und was zu beachten ist.

Zunächst kann die Frage ob eine Reinigung erforderlich ist, nur beantwortet werden, wenn die Erträge ständig kontrolliert und verglichen werden. Nur so lässt sich feststellen, ob eine Reinigung erforderlich und sinnvoll ist. Der Vergleich von Jahreserträgen bringt allerdings wenig. Es sollten schon Monatswerte festgestellt und ausgewertet werden. Erst das Vergleichen mit den Vorjahreswerten und die Korrektur um die Sonneneinstrahlung erlaubt eine Aussage zur Verschmutzung. Die Degradation der Solarzellen spielt hier aber auch eine Rolle. Genaue Werte liefert nur eine Leistungsmessung, aber auch der Vergleich mit einer benachbarten Anlage mit ähnlicher Bauweise (Modulart, Wechselrichter, Ausrichtung, Neigung) kann hilfreich sein. Nur wenn der Minderertrag deutlich höher ist, als die Leistungsgarantie es zulässt, ist von einem Defekt an der Anlage und/oder einer starken Verschmutzung auszugehen. Um einen Defekt auszuschließen, muss also zunächst eine Wartung, evtl. mit Leistungsmessung, erfolgen. Liegt kein Defekt vor, ist die

Degradation oder eine Verschmutzung Ursache der geringeren Erträge. Gleichzeitig ist mit der Wartung festgestellt, dass die Anlage vor der Reinigung nicht beschädigt war und fehlerfrei funktionierte. Sollte es durch die Reinigung zu einer Beschädigung kommen, ist das eine wichtige Beweisgrundlage. Einige Reinigungsfirmen bieten eine Untersuchung der Anlage mit an, evtl. durch Partnerunternehmen. Als schnelle Möglichkeit hat sich die Kontrolle der Module mit einer Wärmebildkamera herausgestellt. Fehlstellen der Zellen und Kontakte sind wärmer als Normale. Diese Untersuchung betrifft aber nur die Module und nicht die Funktion der gesamten Anlage.

## 2. Wann ist eine Reinigung erforderlich?

Der Ertragsvergleich, um die Sonnenscheindauer bereinigt, wird immer eine Ertragsminderung ausweisen. Ist die Ertragsminderung größer als die Renditeerwartung, dann muss, bei intakter Anlage, eine Reinigung erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass sich der Minderertrag kumuliert. D. h. die Ertragsminderung des ersten betrachteten Jahres setzt sich im zweiten Jahr fort, plus die Ertragsminderung des zweiten Jahres usw. (siehe Tabelle 1).

**Tab. 1:** Ertragsvergleich Beispielanlage

Jahr	2006	2007	2008	2009	2010	
Ertrag	948	968	966	979	922	
Ref.	897	923	946	968	931	
Abw.	5,7%	4,9%	2,1%	1,1%	-0,9%	-6,6% in 5 Jahren
<b>Kumuliert</b>	<b>0%</b>	<b>-0,8%</b>	<b>-4,4%</b>	<b>-9,0%</b>	<b>-15,6%</b>	<b>-1,32% pro Jahr</b>

Trotz des anfänglich hohen Ertrags hatte die Beispielanlage im dritten Betriebsjahr eine sehr hohe Ertragsminderung. Da die Leistungsgarantie meist 90 % nach 10 Jahren und 80 % nach 20 (25) Jahren beträgt, darf die Ertragsminderung also rechnerisch nicht über 1,0 % pro Jahr liegen. Nach den 5 Betriebsjahren muss hier also auf jeden Fall eine Wartung mit Leistungsmessung erfolgen. Aber schon nach dem 3-ten Jahr sind die Ertragsverluste so hoch, dass die Größe der Rendite erreicht ist. D. h. die Anlage wirft keinen Gewinn mehr ab, evtl. ist sogar die Zahlung des Kapitalsdienstes gefährdet. Welcher Anteil der Ertragsminderung auf die Degradation der Zellen und welcher auf die Verschmutzung entfällt ist aber erst nach der Reinigung feststellbar. Eine genaue Vorhersage des Reinigungseffektes ist praktisch nicht möglich. Gute Reinigungsunternehmen können jedoch anhand der optischen Kontrolle und der gemessenen Leistungskurve den Reinigungserfolg abschätzen.

Die Testreinigung eines von mehreren gleichen Strings, gleiche Module und Wechselrichter, bringt ebenfalls Gewissheit. Beim Vergleich des gereinigten mit den verschmutzten Strings bringen schon Tageswerte erste Ergebnisse, siehe Tabelle 2. Natürlich muss die Einstrahlung am Vergleichstag gut Werte erreichen.

**Tab. 2:** Stringvergleich Beispielanlage

Wechselrichter					
Datum	1	2	3	4	
14. Aug	128%	125%	119%	146%	ungereinigt
15. Aug	87%	85%	81%	98%	
16. Aug	69%	80%	65%	78%	gereinigt
17. Aug	126%	128%	122%	126%	
Abweichung zum Mittelwert					
Datum	1	2	3	4	
14. Aug	4%	1%	-5%	22%	
15. Aug	3%	1%	-3%	14%	
16. Aug	-2%	13%	-6%	11%	

Nach diesem einmaligen Vergleich ist der Erfolg der Reinigung eindeutig und die Gesamtreinigung kann erfolgen. Aber bitte nicht die Kontrolle nach einem vollen Monat/Jahr vergessen. Gleichzeitig offenbart die Kontrolle eventuelle Beschädigungen durch die Reinigung.

### 3. Erstreinigung

Die Reinigungsunternehmen berichten vielfach von Problemen bei der ersten Reinigung. Der Zeitpunkt wird oft zu spät gewählt. Verschmutzungen die bereits 3 – 5 Jahre auf den Modulen haften sind hartnäckig, verkrustet und von der Sonne eingebrannt. Es sind bereits Algen, Moose und Flechten gewachsen. Entsprechend schwierig gestaltet sich das Reinigen mit langer Einweichzeit und aggressiven Bürsten. Die Erstreinigung sollte also schon im 2-ten, spätestens im 3-ten, Jahr erfolgen.

#### 3.1 Der richtige Zeitpunkt

Mit dem ersten Reinigungsdurchgang und der Erfolgskontrolle kann der Betreiber nun den geeigneten Zeitabstand festlegen. Aber zu welcher Jahreszeit ist der günstigste Zeitpunkt für eine Reinigung? Vielfach wird die Meinung vertreten man solle in Frühjahr reinigen, um die guten Erträge des Sommer optimal einzufangen.

Dagegen spricht aber der Reinigungseffekt des Winters mit viel Regen und evtl. Schnee, leichte Verschmutzungen werden so abgespült.

Besser ist es die Verschmutzungsursachen zu betrachten. Ist die Anlage auf einem Stalldach montiert, sorgt die Abluft mit Staub, Ausdünstungen und Ammoniak ständig für neuen Schmutz. Sind Bäume und Getreidefelder in der Nähe, ist der größte Schmutzanfall in der Blütezeit. Eine Halle zur Getreidetrocknung/-lagerung verursacht in und nach der Ernte den meisten Staub. Ist eine Holzfeuerung in der Windrichtung kann der Schornstein im Winter für Rußablagerungen sorgen. Ich empfehle die Reinigung kurz nach der Ursache für die Hauptverschmutzung durchzuführen.

#### 4. Reinigungsverfahren

Am häufigsten sind die Systeme aus der Branche der Fensterreinigung anzutreffen. Hier arbeiten die Profis mit Teleskopstangen aus Kohlefaser, die sind sehr leicht und bis zu 8 m Länge noch gut handhabbar. Mit der Teleskopstange wird ein dünner Wasserschlauch geführt. Am Ende können verschiedene Reinigungseinrichtungen, mit festen oder rotierenden Bürsten und Sprühdüsen aufgesteckt werden (Abb. 1).



**Abb. 1:** Teleskopstange mit rotierender Bürste und Sprühdüsen (Foto: Lehmann KG)

Beim Einsatz von Bürsten besteht grundsätzlich die Gefahr, dass kleine Sandkörner zu Kratzern führen. Gründliches Einweichen, Vorspülen und eine weiche Bürste sind hier wichtig. Des Weiteren besteht bei jeder Belastung und Erschütterung der Module, z. B. Vibrationen durch rotierende Bürsten, die Gefahr dass ein Zellkurzschluss entsteht.

Normalerweise werden keine Reinigungsmittel eingesetzt, sie würden für Rückstände auf der Oberfläche sorgen und könnten z. B. die Dichtungen angreifen. Schon die Inhaltsstoffe des normalen Leitungswassers, wie gelöste Salze und Kalk, würden nach dem Trocknen Streifen und Flecken auf den Modulen hinterlassen. Daher speist eine Wasseraufbereitung das System mit entmineralisiertem Wasser. Außerdem hat es ein besseres Auflösungsvermögen. Das Bestreben wieder Mineralien aufzunehmen sorgt dafür, dass es sich mit den auf der Oberfläche liegenden Schmutzpartikeln verbindet und besser abfließt. Gleichzeitig wird aber auch die Oberflächenspannung des Wassers reduziert. Es fließt auch in und durch kleinste Öffnungen, Risse und zwischen nicht 100-prozentig anliegende Dichtungen. In wieweit dieses weiche Wasser der PV-Anlage wirklich schadet, ist jedoch noch nicht geklärt.



**Abb. 2:** Mobile Wasseraufbereitung mit Mischbettharz und Teleskopstange.  
(Foto: Lehmann KG)

Die Entmineralisierung erfolgt mit einem Mischbettharz, Ionenaustauscher oder im Umkehrosmoseverfahren. Im einfachsten Fall fließt das Leitungswasser durch eine mobile GfK-Druckflasche (GfK = Glasfaser verstärkter Kunststoff) mit dem Harz (Abb. 2).

Es werden auch ökologische Reinigungsmittel angeboten, die zusätzlich den Kalk binden. Eine Wasseraufbereitung ist dann nicht erforderlich.

Ein weiteres Verfahren ohne Bürsten ist das berührungslose System TSC (Touchless-Solar-Cleaning) das die Firma CleanUp exklusiv vertreibt. Entweder wird ein kleiner Düsenbalken auf Rädern an einer Teleskopstange geführt (TSC 1, Abbildung 3) oder ein Schienensystem ober- und unterhalb der Module führt einen langen Düsenbalken der über mehrere Modulreihen reicht (TSC 2, Abbildung 4). Auch die Montage an einem Fahrzeugausleger (Unimog) für die Reinigung von Freiflächenanlagen ist als Sonderlösung verfügbar. Das System verspricht eine sehr schonende Reinigung, da keine Kratzer durch Bürsten entstehen können. Bei starker Verschmutzung wird die Oberfläche im ersten Arbeitsschritt mit dem zertifizierten Reinigungszusatz SolarClean eingeweicht. Das schwach schäumende Mittel bindet zusätzlich den gelösten Kalk im Wasser und ist ökologisch unbedenklich. Weitere berührungslose Systeme gibt es von Heliotex und Snow and Spray away. Das fest installierte System von Sunbrush arbeitet mit einer Walzenbürste. Es ist an Schienen geführt aber nicht berührungslos.



**Abb. 3:** Berührungsloses System TSC 1 (Foto: CleanUp-Solar)



**Abb. 4:** Berührungsloses System TSC 2 (Foto: CleanUp-Solar)

Die Reinigungsgeräte benötigen in der Regel einen 230 V Stromanschluss und einen ½“-Wasseranschluss.

Die Firma Schletter hat mit dem PVSpin eine Neuentwicklung auf dem Markt gebracht. Hier laufen zwei liegende Bürstenteller, wie eine Bohnermaschine, über die Module. Eine Teleskopstange oder Führungsschiene ist nicht erforderlich, da die Bürsten sich am Modulrahmen selber führen. Der Reinigungskopf wird nur am Wasserschlauch vom First herunter gelassen. Zwei seitliche Wasserdüsen weichen die Module vor dem Reinigen ein bzw. spülen die gereinigte Fläche nach (Abb. 5). Dieses Gerät benötigt einen ½“-Wasserschluss mit hohem Druck oder einen vorgeschalteten Hochdruckreiniger mit 130 bar, also auch einen Kraftstromanschluss (400 V).



**Abb. 5:** PVSpin von Schletter (Foto: Eggersglüß)



**Abb.6:** PVSpin von Schletter (Foto: Eggersglüß)

Die technisch wohl aufwendigsten Systeme sind die Reinigungsroboter. Der robowash ist ein ferngesteuerter Roboter der sich auf Saugnäpfen bewegt und mit einer rotierenden Walzenbürste arbeitet. Das System der Serbat AG namens Gekko funktioniert ähnlich. Vorteil, es muss keine Person direkt aufs Dach, freie Sicht auf die Dachfläche reicht.

Bisher gibt es nur wenige Erfahrungen mit den verschiedenen Systemen. Die Auswahl des Reinigungsverfahrens sollte ohnehin nach anderen Gesichtspunkten erfolgen.

Das sind:

1. Bauart der Anlage, dachparallel oder aufgeständert, Freiflächenanlage
2. Erreichbarkeit, Höhe, Neigung, Wartungsgänge
3. Verschmutzungsgrad

Sind die Module stark verschmutzt (Erstreinigung), muss oftmals ein Verfahren mit Bürsten oder ein Reinigungsmittel zum Einsatz kommen. Bei leichter Verschmutzung, z. B. jährlicher saisonbedingter Staub, reicht evtl. ein Düsensystem (TSC) ohne Reinigungsmittel (SolarClean).

Begehbare Dächer mit aufgeständerten Anlagen und Freiflächenanlagen sind mit kurzen Werkzeugstilen erreichbar, eine feste Bürste ist ausreichend. Bei wenigen Modulreihen und Freiflächenanlagen ist das schienengeführte System TSC 2 einsetzbar.

Für große dachparallele Anlagen sind lange Arbeitsstile und Steiger/Teleskoplader mit Arbeitsbühne/-korb erforderlich. Hier spielt der robowash den Vorteil der Fernsteuerung aus. Aber auch der PVSpin muss nur vom First heruntergelassen werden. Er ist technisch das einfachste System und könnte sich über den Preis durchsetzen.

Das gängigste System ist z. Zt. auf jeden Fall die feste oder rotierende Bürste am Teleskopstil. Es ist universell einsetzbar und kostengünstig.

## **5. Eignung der Reinigungsverfahren**

### **5.1 Bürste mit Teleskopstange**

Am häufigsten sind die Systeme aus der Branche der Fensterreinigung anzutreffen. Hier arbeiten die Profis mit Teleskopstangen aus Kohlefaser, die sind sehr leicht und universell einsetzbar. Ausziehbare Teleskopstangen sind dabei leichter und schneller zu bedienen als geschraubte Systeme. Zum Verlängern und Kürzen muss

hier die Reinigung unterbrochen, ein Element an-/abgeschraubt, Kabel und Schlauch wieder befestigt werden. Es dann geht es mit dem Reinigen weiter. Bei ausziehbaren Teleskopstangen wird nur eine Klammer gelöst, die Stange ein- oder ausgeschoben und es geht weiter. Dabei ist es Wichtig, das die maximale Arbeitslänge zur Reinigungsfläche passt. Am besten, sichersten und schnellsten funktioniert dieses Verfahren in Verbindung mit einem Hubsteiger, siehe Abb. 7.



**Abb. 7:** Reinigung vom Hubsteiger aus (Foto: Eggersglüß)

## 5.2 Ökologische Solarreinigung

Das Reinigungsgerät entspricht dem Verfahren „Bürste mit Teleskopstange“. Aber es erfolgt zunächst eine Vorreinigung, dann kommt das Reinigungsmittel zum Einsatz und schließlich das gründliche Waschen. Dieses System soll sehr gute Ergebnisse bringen und die Module schonen. Es ist jedoch auch erheblich aufwendiger und kostet viel Zeit.

## 5.3 Berührungslose Systeme

Da auf Bürsten jeglicher Art verzichtet wird, ist es ein sehr schonendes Verfahren. Aber hartnäckige Verschmutzungen können nur in Verbindung mit dem

Reinigungszusatz SolarClean beseitigt werden. Damit gleicht dieses Verfahren der ökologischen Solarreinigung, jedoch ohne Bürsten. Mit einem fest installierten System kann die Reinigung häufiger erfolgen und dadurch sicher gute Ergebnisse erreicht. Die Anschaffungskosten dürften aber erheblich höher sein. Konkrete Zahlen liegen bisher nicht vor.

#### 5.4 PVSpin von Schletter

Das Gerät mit zwei liegenden Bürstentellern ist gut einen Meter breit und wiegt 25 kg. Damit ist die Handhabung nicht einfach. Der Bediener muss auf dem Gebäudefirst einen guten Stand haben um das Gerät sicher von Reihe zu Reihe um zu setzen. Bei großen durchgehenden Flächen ist die Flächenleistung sehr hoch. Gibt es aber waagerechte Reinigungsgänge zwischen den Modulflächen, muss von jedem Reinigungsgang aus nach unten gearbeitet werden. Das Gerät würde sonst in den Reinigungsgang rutschen und läuft nicht weiter. Kann aber auch nicht wieder nach oben gezogen werden. Auch die Giebelseiten bereiten Probleme wenn die Module bis an den Rand verlegt sind. Der Bediener muss das Gerät genau am Rand entlang führen, hat aber keine seitliche Standfläche mehr – Absturzgefahr.

#### 5.5 Reinigungsroboter

Mit den Reinigungsrobotern verhält es sich ähnlich wie mit dem PVSpin. Reinigungsgänge reduzieren die Flächenleistung. Das Umsetzen kostet relativ viel Zeit in der andere Systeme weiter arbeiten können.

### 6. Wer kann/darf die Reinigung durchführen

Bisher gibt es keine Zulassung oder Ähnliches für die Reinigung von Photovoltaikanlagen. Weder Behörden noch Hersteller stellen Anforderungen an Reinigungsunternehmen. Nur die Sicherheitsvorschriften für Dacharbeiten der Berufsgenossenschaft sind einzuhalten. Aber gerade hier mangelt es stark bei der **Einhaltung der Absturzsicherung**, was immer wieder zu **schweren Unfällen, teilweise mit Todesfolge**, führt. An dieser Stelle sein eindringlich vor der Leichtfertigkeit beim Thema Sicherheit gewarnt. Die meisten Dacheindeckungen, gerade freigelassene Lichtplatten, sind nicht durchtrittssicher und die Oberfläche ist beim Reinigen nass und rutschig. Die Folgen eines Absturzes stehen dabei in keinem Verhältnis zum Mehrertrag. Also halten Sie bitte ein Mindestmaß an Sicherheit ein. Dazu gehört die sogenannte „persönliche Sicherheitsausrüstung“. Das

ist ein Sicherheitsgurtsystem mit Sicherheitsleine. Und die Wartungsgänge müssen bei Dachflächen die nicht Durchtrittsicher sind (z. B. Faserzementplatten) mit Laufbrettern aufgelegt sein.

### **Hinweis**

**Arbeitet eine Person ohne ausreichende Sicherung auf dem Dach, müssen Sie als Auftraggeber das unterbinden, sonst droht eine Mithaftung. Auch wenn Sie ein Fachunternehmen, incl. Sicherungsmaßnahmen, beauftragt haben.**

## **7. Reinigungsfirma finden**

Leider gibt es mangels Zulassung noch keine echten Fachunternehmen. Aber folgende Punkt sollte eine gute Reinigungsfirma Ihnen anbieten können:

1. Beratung zu Reinigungsverfahren und –zeitpunkt.
2. Anlagencheck um Defekte auszuschließen, vorher/nachher.
3. Beachtung der Wartungs- und Garantiebedingungen des Modulherstellers.
4. Fachgerechte Reinigung mit Garantie.
5. Beachtung der Sicherheitsvorschriften, Gerüstkosten u. ä. enthalten.
6. Ausreichende Versicherung für Schäden, Personen, Gebäude, PV-Anlage.

Die Rahmenbedingungen der Reinigung sollten in einem **Werkvertrag** schriftlich fixiert werden. Damit gelten automatisch die gesetzlichen Bedingungen für Werkverträge und die Reinigungsfirma ist vertraglich in die Haftung genommen.

## **8. Garantiebedingung der Modulhersteller**

Leider schließen viele Modulhersteller eine Reinigung per Garantiebedingung quasi aus. Garantienausschlüsse wie „unsachgemäße Behandlung; Beeinträchtigungen aufgrund von ...Wasser..., Salz,...und andere Ereignisse“ lassen praktisch keine Reinigung zu. Wenn in der Wartungs- und Bedienungsanleitung nicht auch eine Anweisung zu Reinigung enthalten ist.

Andererseits geben die Hersteller eine Leistungsgarantie von meisten 90 % nach 10 Jahren und 80 % nach 20 (25) Jahren. Untersagt der Hersteller nun die Reinigung bzw. macht diese mit den Garantiebedingungen unmöglich, so entsteht eine Haftungsfalles für den Hersteller. Entweder er lässt die Reinigung zu oder die

Leistungsgarantie greift. Das haben bereits einige Hersteller erkannt und arbeiten z. Zt. Reinigungskonzepte aus. Wann hier weiteres bekannt wird ist aber noch offen.

## 9. Was kostet die Reinigung

Die Reinigungskosten richten sich nach dem Verschmutzungsgrad, der Zugänglichkeit und der Anlagengröße. Eine Erstreinigung mit starker Verschmutzung kann bis zu 2,50 € pro Quadratmeter kosten. Für eine Folgereinigung mit geringer Verschmutzung und guter Zugänglichkeit wird mind. 1,00 €/m<sup>2</sup> verlangt. Bei aufgeständerten Anlagen kann es auch teurer werden. Bei den Kosten spielen auch die Sicherungsmaßnahmen eine Rolle.

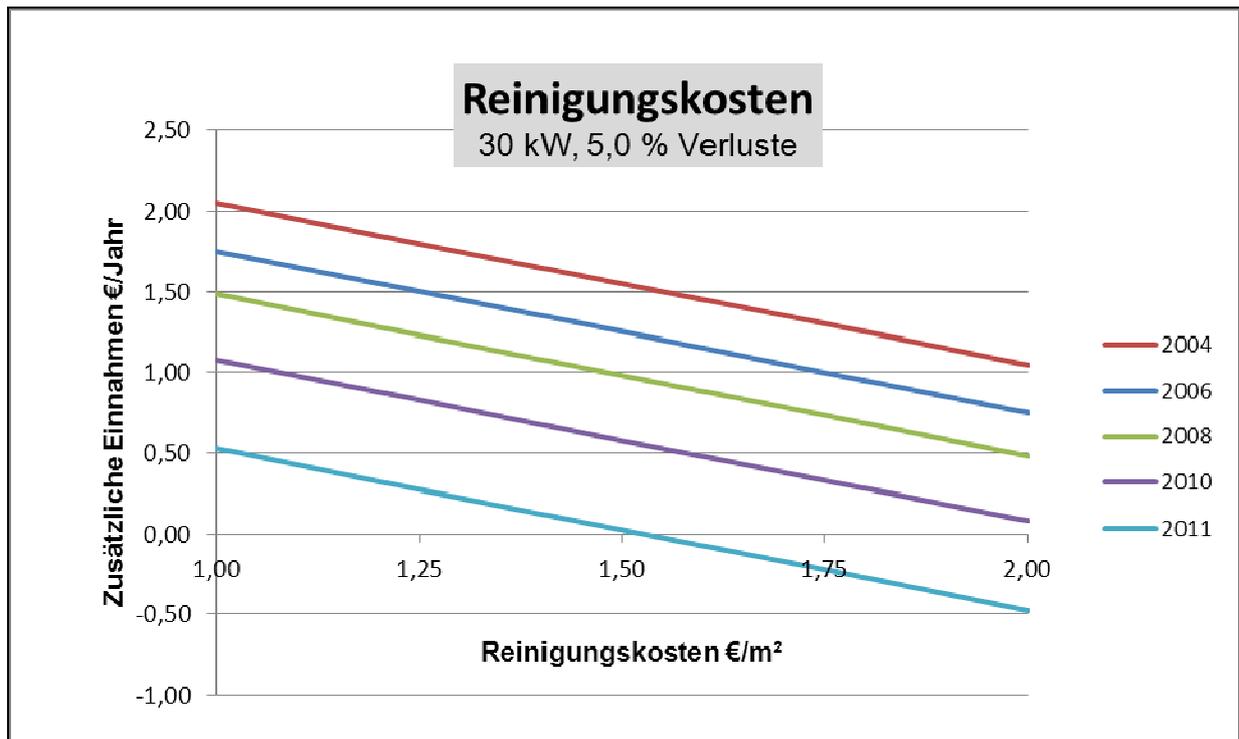
**Aber Vorsicht**, wenn Sie als Auftraggeber, aus Kostengründen, auf die Sicherung durch die Reinigungsfirma verzichten, sind Sie für die ordnungsgemäße Sicherung zuständig und haftbar. Tritt ein Unfall ein wird der Geschädigte **Sie in Haftung** nehmen – das kann bei bleibenden Gesundheitsschäden sehr teuer werden.

Zur Frage der Reinigungskosten gehört auch der Mehrertrag den die Reinigung einbringt. Je nach Vergütungshöhe (57,40 bis 25,86 ct/kWh), Inbetriebnahmejahr (2004 – 2011) und Anlagengröße, bringt 1% Mehrertrag bei 850 kWh/kWp und 8 m<sup>2</sup>/kWp zwischen 0,61 und 0,27 €/m<sup>2</sup> \* Jahr. D. h. 5%-Mehrertrag bringen ca. 1,50 bis 3,00 €/m<sup>2</sup> \* Jahr.

So wird gerechnet:

Einnahme Strom	= Vergütungssatz x spez. Ertrag / Fläche / kWp
	= 0,4301 €/kWh x 850 kWh/kWp / 8 m <sup>2</sup> /kWp
	= 45,70 €/Jahr pro m <sup>2</sup>
Minderertrag	= 5 %
Ertragsverlust	= 45,70 * 5 %
	= 2,29 €/Jahr und m <sup>2</sup>

Es ist immer mit dem kumulierten Minderertrag zu rechnen. D. h. erfolgt die erste Reinigung nach 3 Jahren, sind die Mindererträge aller 3 Jahre zusammen zu rechnen. Oder ist ein zweijähriger Reinigungsintervall geplant, ist der Ertragsverlust beider Jahre zu berücksichtigen. Die Grafik „Reinigungskosten“ ist mit diesen Werten berechnet. Sie kann Ihnen als Anhaltspunkt dienen.



**Abb. 7:** Reinigungskosten bei 5 % Ertragsverlust für eine 30 kW-Anlage.

Sobald die Ertragsverluste, nach Abzug der Degradation, höher sind als die Reinigungskosten ist eine Reinigung wirtschaftlich interessant.

## 10. Zusammenfassung

Die Reinigung von Photovoltaikanlagen ist noch ein sehr jungfräuliches Betätigungsfeld. Die von den Herstellern bisher propagierte Selbstreinigung der Module reicht offensichtlich nicht aus, um die Erträge stabil auf hohem Niveau zu halten. Aber die Garantie- und Wartungsvorschriften lassen meist keine effektive Reinigung zu. Obwohl bei den Reinigungsverfahren, wie bei der Fensterreinigung, kaum gravierende Schäden zu erwarten sind. Der Reinigungserfolg ist bei fachkundigen Firmen in der Regel gut. Aber die Kosten müssen über den Mehrertrag wieder reinkommen. Ein Reinigungsvertrag als langfristiger Werkvertrag sichert dem Betreiber eine fachgerechte Leistung und eventuelle Schadenersatzansprüche.