



WWW.AIRDRONEJET.COM



LEISTUNG VON

...PHOTOVOLTAIKANLAGEN



DIE DREI NACHTEILIGEN AUSWIRKUNGEN EINER UNTERLASSENEN REINIGUNG VON PHOTOVOLTAIK-MODULEN

Die unterlassene Reinigung von Photovoltaik-Modulen kann verschiedene Nachteile verursachen, darunter:

- **Verringerung der Energieeffizienz:**

Staubschichten und Ablagerungen reduzieren die auf die Zellen einfallende Strahlung. In Italien beträgt der durchschnittliche Ertragsverlust zwischen 2 % und 10 %; in stark staubbelasteten Umgebungen kann er bis zu 30 % erreichen.

- **Risiken für die Lebensdauer des Systems:**

Hartnäckige Verschmutzungen, Laub und Vogelkot begünstigen Hot-Spots, Kratzer und Delaminationen und führen zu einer vorzeitigen Erneuerung der Module.

- **Wirtschaftliche Auswirkungen:**

Jeder Prozentpunkt an Ertragsverlust entspricht nicht erzeugten kWh – das bedeutet geringere Förderungen, weniger Eigenverbrauch und höhere Strombezugskosten aus dem Netz.

1.





E SAUBERER, DESTO MEHR ERTRAG

Nur eine saubere Photovoltaikanlage arbeitet mit maximaler Effizienz und gewährleistet eine konstante Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen – in diesem Fall aus der Sonne. Hier einige internationale Studien, die diesen Sachverhalt bestätigen:

- Universität von Kalifornien, San Diego (Mejia & Kleissl, 2013):

Nach 145 Tagen ohne Regen verzeichnete die Testanlage einen durchschnittlichen Ertragsrückgang von 7,4 %; die Reinigung stellte die Produktion vollständig wieder her.

- Solarplaza, Datenbank von 40 internationalen Anlagen (2016):

Die Vorteile der Reinigung lagen zwischen 3 % und 30 %, abhängig von Klima, Neigungswinkel und Art der Verschmutzung.

Diese Daten zeigen, dass die regelmäßige Reinigung von Photovoltaikmodulen zu einer signifikanten Steigerung der Energieeffizienz und folglich zu höheren finanziellen Erträgen bei Investitionen in Solaranlagen führen kann.





DIE REINIGUNG VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN VERHINDERT LEISTUNGSVERLUSTE DURCH VERSCHMUTZUNGEN, DIE TEUER WERDEN KÖNNEN.

Warum Handeln sinnvoll ist

Eine von Leonardo Micheli (Sapienza-Universität Rom) geleitete Studie schätzt, dass der Soiling-Effekt die weltweite Solarstromproduktion um 3–4 % verringert, was jährlichen Verlusten von 3–5 Mrd. € entspricht; ohne Gegenmaßnahmen könnte dieser Anteil bis 2025 auf 4–7 % ansteigen.



ÜBER DEN WIRTSCHAFTLICHEN ERTRAG HINAUS: TECHNISCHE VORTEILE

1. Reduzierung der thermischen Belastung und Vermeidung von Hot-Spots

Feldmessungen des NREL an Modulen mit 5 % Soiling zeigten Temperaturunterschiede von bis zu +22 °C zwischen verschatteten und sauberen Zellen: Hot-Spots beschleunigen Mikrorisse und Delaminationen, erhöhen die Ausfallrate der Bypassdioden und steigern das Brandrisiko. (nrel.gov)

2. Schutz der Antireflex-Beschichtungen

Ablagerungen von Kalzium und Salzen aus Meerwasser führen zu einer oberflächlichen Korrosion des Glases; Tests in Küstenklimaten zeigen nach nur 24 Monaten ohne geplante Reinigung einen Transmittanzverlust von 8 %. (sciencedirect.com)

3. Aufrechterhaltung der Herstellergarantie

Die meisten Hersteller (z. B. Jinko, Trina) verlangen einen Nachweis der jährlichen Wartung: Ohne Reinigungsberichte kann die Abdeckung im Rahmen der „Performance Warranty“ entfallen.

4. Reduzierung der scheinbaren Degradation

Der NREL-Datensatz Fleet Performance (255 Anlagen) zeigt einen medianen Jahresverlust durch Soiling von 5 %, der über der physiologischen Degradationsrate der Module (-0,6 %/a) liegt. Das bedeutet, dass eine „niemals gereinigte“ Anlage den Output-Rückgang bereits nach nur fünf Jahren verdoppelt. (nrel.gov)



ÜBER DEN WIRTSCHAFTLICHEN ERTRAG HINAUS: TECHNISCHE VORTEILE

Wie verbreitet ist das Problem?

- Die IEA PVPS berichtet, dass in Europa über 60 % der Wohnanlagen ausschließlich auf Regen für die Reinigung vertrauen. (iea-pvps.org)
- Begehungen AirDroneJet 2024: Von 120 untersuchten Dächern waren 82 % seit mehr als 18 Monaten nicht gereinigt; 15 % zeigten bereits matte oder korrodierte Gläser (interne Daten).
- Umfrage pv magazine/Ecoppia 2022: Fast jeder zweite Betreiber verfügt über keinerlei automatisierte oder regelmäßige Cleaning-Prozesse. (pv-magazine.com)

Technisches Fazit

Die regelmäßige Reinigung ist kein „Extra“, sondern eine Form der vorbeugenden Wartung, die:

- den ΔT zwischen den Zellen reduziert und damit Hot-Spots sowie Brandgefahren vermeidet,
- die optischen Beschichtungen und die Mechanik der Rahmen bewahrt,
- die Gültigkeit der Pass-Through-Warranty der Module erhält,
- den Ertrag stabilisiert und die SCADA-Überwachung vereinfacht (weniger Fehlalarme).

Die Umsetzung eines jährlichen Drohnen-Reinigungsprogramms verlängert die effektive Lebensdauer der Anlage um 5–7 Jahre und schützt den Wiederverkaufswert.



DIE BEDEUTUNG DER MODELLIERUNG

Die Forschung des Professors der „La Sapienza“-Universität befasst sich mit der Analyse und Modellierung der Photovoltaikenergie. In den letzten Jahren lag der Schwerpunkt insbesondere auf dem Soiling-Effekt bei Solarmodulen sowie auf der Optimierung der Reinigungszyklen von Photovoltaikanlagen. Soiling ist ein englischer Fachbegriff, der die Ansammlung von Verschmutzungen auf lichtsammelnden Oberflächen in Solarsystemen beschreibt. Zu diesem Phänomen tragen mehrere Faktoren bei, von denen die Staubkonzentration in der Luft der bedeutendste ist.





FEHIENDE ODER UNZUREICHENDE REINIGUNG DER MODULE

Dieses Foto wurde in einem landwirtschaftlichen Betrieb in Zentralkalifornien aufgenommen. Die Reinigung erfolgt dort täglich, indem Wasser von einem LKW auf die Module gesprüht wird. Aufgrund der Verwendung von hartem, ungefiltertem Wasser sind deutlich Kalkstreifen auf den Modulen sichtbar. Diese Module wurden erst vor zwei Jahren installiert, es ist jedoch unwahrscheinlich, dass sie ohne erhebliche Schäden an den Modulen selbst und an der Anlagenleistung länger als zwei bis drei Jahre halten.





FEHIENDE ODER MANGELHAFTE REINIGUNG DER SOLARMODULE

Ein Foto eines Lebensmittelbetriebs in Deutschland. Auf den Modulen befinden sich zahlreiche Vogelkotablagerungen, die niemals entfernt wurden. Dies führt zu einem erheblichen Ertragsverlust infolge mangelnder regelmäßiger Reinigung.





FEHIENDE ODER MANGELHAFTE REINIGUNG DER MODULE

Auf der Oberfläche dieser Dachmodule eines Tierfuttermittelbetriebs sind Rückstände von Schweineschwarten zusammen mit Möwenkot zu erkennen. Die Rückstände haben sich auf den Modulen abgelagert und sind vor allem durch die Hitze zu hartnäckigen Verkrustungen geworden, die nur schwer zu entfernen sind.





FEHLENDE ODER MANGELHAFTE REINIGUNG DER MODULE

Gewächshaus mit Photovoltaikanlage in Meeresnähe. Salzablagerungen auf den Modulen.





Preisliste 2025

Preisliste für Wohnanlagen

Anlage	VON 1 BIS 5 KW	Kosten	VON €100,00 BIS €450,00
Anlage	VON 5 DIS 10 KW	Kosten	VON €450,00 BIS €800,00
Anlage	VON 10 DIS 15 KW	Kosten	VON €800,00 BIS €1.050,00
Anlage	VON 15 BIS 20 KW	Kosten	VON €1.050,00 BIS €1.400,00



JÄHRLICHE SCHÄTZUNG EINER 6-kW-PV ANLAGE

Eine Photovoltaikanlage mit 6 kW kann je nach geografischer Lage und klimatischen Bedingungen im Durchschnitt zwischen 6.500 und 9.000 kWh pro Jahr erzeugen.

Durchschnittliche Jahresproduktion in Italien: 6 500 – 9 000 kWh

Energiewert bei Tarif 0,35 €/kWh: 2 275 – 3 150 €

Vorsichtige Annahme für Broschüre: 2 000 € „Mindestreferenzwert“

Potentieller Ertragsverlust bei 30 % Verschmutzung: 600 €

Kosten der Reinigung mit AirDroneJet: 450 €

Korrigierte Loss-Recovery: $\approx$ +150 €

Die regelmäßige Reinigung einer Photovoltaikanlage erhöht nicht nur die Energieproduktion, sondern ist auch entscheidend für die Vermeidung von Störungen und für die Verlängerung der Lebensdauer des Systems.



JÄHRLICHE SCHÄTZUNG EINER 10-kW-PV-ANLAGE

Eine Photovoltaikanlage mit 10 kWp erzeugt im Durchschnitt zwischen 12.000 und 13.000 kWh pro Jahr. Dieser Ertrag entspricht – abhängig vom Strompreis – einem Wert von ca. 4.200 bis 4.550 € pro Jahr bei einem durchschnittlichen Strompreis von 0,35 €/kWh.

Jahresproduktion: 12 000 – 13 000 kWh

Energiewert (0,35 €/kWh): 4 200 – 4 550 €

Verlust bei 30 % Verschmutzung: 1 300 €

Reinigungskosten: 800 €

Loss-Recovery: $\approx$ +500 €

Die regelmäßige Reinigung einer Photovoltaikanlage beschränkt sich nicht nur auf die Steigerung der Energieproduktion, sondern ist entscheidend für die Vermeidung von Störungen und für die Verlängerung der Lebensdauer des Systems.



JÄHRLICHE SCHÄTZUNG EINER 100-kW-PV-ANLAGE

Eine Photovoltaikanlage mit 100 kW kann jährlich zwischen 120.000 und 150.000 kWh erzeugen und damit – je nach geografischer Lage und Sonneneinstrahlung – einen geschätzten Ertrag von 12.000 bis 15.000 € generieren.

Jahresproduktion: 120 000 – 150 000 kWh

Energiewert bei durchschnittlichem SSP 0,10 €/kWh: 12 000 – 15 000 €

Verlust bei 30 % Verschmutzung: 4 000 €

Reinigungskosten: 1 000 €

Loss-Recovery: $\approx$ +3 000 €

Die regelmäßige Reinigung einer Photovoltaikanlage dient nicht nur der Steigerung der Energieproduktion, sondern ist auch entscheidend für die Vermeidung von Störungen und für die Verlängerung der Lebensdauer des Systems.



JÄHRLICHE SCHÄTZUNG EINER 1.000-kW PV-ANLAGE

Eine Photovoltaikanlage mit 1.000 kW kann – je nach Standort und Installationsbedingungen – etwa 1.100.000 bis 1.500.000 kWh pro Jahr erzeugen. Ist die Anlage im Rahmen des „Scambio sul Posto“ (Net-Metering) angeschlossen, vergütet der GSE (Gestore dei Servizi Energetici) die ins Netz eingespeiste Energie zu einem variablen Preis, der im Mittel bei etwa 0,10–0,16 €/kWh liegt. Somit kann eine 1.000-kW-Anlage rund 132.000 bis 180.000 € pro Jahr erwirtschaften.

Jahresproduktion: 1 100 000 – 1 500 000 kWh → bestätigt

Energiewert SSP (0,12 €/kWh): 132 000 – 180 000 €; Durchschnitt 144 000 €

Verlust bei 25 % Verschmutzung: 36 000 €

Reinigungskosten: 9 000 €

Loss-Recovery: $\approx$ +27 000 €

Die regelmäßige Reinigung einer Photovoltaikanlage trägt nicht nur zur Steigerung der Energieproduktion bei, sondern ist auch entscheidend für die Vermeidung von Störungen und für die Verlängerung der Lebensdauer des Systems.



SCHÄTZUNG DER ERTRAGS- UND GEWINNVERLUSTE

Anlagenleistung	Geschätzte durchschnittliche Jahresproduktion	Energiewert	Jährlicher Ertragsverlust aufgrund fehlender Reinigung	Verlust 30 %	Kosten für die Reinigung	ROI
KW	kwh	€	%	€	€	1° anno
6	6.500 / 9.000	2.275 - 3.150	30	600,00	450,00	150
10	12.000 / 13.000	4.200 - 4550	30	1.300,00	800,00	500
100	120.000 / 150.000	12.000 - 15.000	30	4.000,00	1.000,00	3000
1000	1.100.000 / 1.500.000	132.000 - 180.000	30	36.000,00	9.000,00	27000

.....



METHODE AIRDRONEJET

AirDroneJet bietet Hochdruckreinigungslösungen in großer Höhe mittels modernster Industriedrohnen. Dank spezieller professioneller Reinigungsmittel und ENAC-zertifizierter Piloten gewährleisten wir schnelle, präzise und sichere Einsätze – auch auf schwer zugänglichen Flächen. Wir arbeiten in speziell abgestimmten Zeitfenstern, um die Beeinträchtigung der umliegenden Aktivitäten zu minimieren, stets unter Einhaltung aller Sicherheits- und Datenschutzvorschriften. Das Ergebnis? Makellose Oberflächen – ganz ohne Gerüste und ohne Störungen. Sämtliche Mitarbeiter verfügen über ein ENAC-UAS-CRO-Zertifikat sowie über eine Berufshaftpflichtversicherung.

vorher



Nachher



“Reinigung aus der Höhe, Präzision wie ein Jet”

ADJ
AIRDRONEJET

THANK YOU

FOR YOUR TIME

