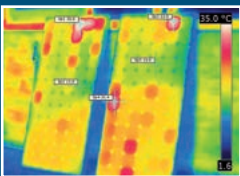


Wolfgang Schröder

Inspektion, Prüfung und Instandhaltung von Photovoltaik-Anlagen

Analyse • Bewertung • Instandsetzung



Fraunhofer IRB Verlag

Inspektion, Prüfung und Instandhaltung von Photovoltaikanlagen
Analyse · Bewertung · Instandsetzung

Wolfgang Schröder

Wolfgang Schröder

Inspektion, Prüfung und Instandhaltung von Photovoltaikanlagen

Analyse · Bewertung · Instandsetzung

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9264-2
ISBN (E-Book): 978-3-8167-9265-9

Redaktion: Nicole Herr
Herstellung/Layout: Gabriele Wicker
Umschlaggestaltung: Martin Kjer
Satz: Fotosatz Buck, Kumhausen
Druck: Offizin Scheufele Druck und Medien GmbH + Co. KG, Stuttgart

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2015
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-25 00
Telefax +49 711 970-25 08
irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

Inhalt

Vorwort	9	
1	Regelmäßige Anlagenprüfungen	11
1.1	Allgemeine Bedeutung von Prüfungen	11
1.2	Statistiken zur Schadenserhebung	14
1.3	Wartungsintervalle – Prüffristen	21
1.4	E-Check	25
2	Normen und Vorschriften	29
2.1	Norm als Maß aller Dinge?	29
2.2	Vorschriften und Richtlinien	31
2.3	Rechtliche Aspekte	35
3	Begriffsdefinition Wartung – Instandhaltung	37
3.1	Normative Definition	37
3.2	Wartung	38
3.3	Inspektion	38
3.4	Instandsetzung / Reparatur	39
3.5	Verbesserung	39
3.6	Instandhaltung	39
4	Rechtliche Rahmenbedingungen	41
4.1	Keine Leistung ohne Vertrag	41
4.2	Zeitliche Einordnungen	44
4.3	Rechte und Pflichten	44
4.3.1	Haupt und Nebenpflichten	44
4.3.2	Mitwirkungspflicht des Auftraggebers	46
4.4	VOB/B für Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten	46
4.5	Vertragsinhalte	47
4.5.1	Allgemeine Geschäftsbedingungen	47
4.5.2	Preisanpassungen	47
4.5.3	Laufzeitklauseln	47
4.5.4	Leistungsumfang der vertraglichen Verpflichtungen	48
4.5.5	Festlegung bezüglich Leistungshäufigkeit	48
4.5.6	Festlegung des Leistungsumfanges	49

4.5.7	Störungsdienst	52
4.5.8	Leistungsausschlüsse	52
4.5.9	Reparatur	52
4.5.10	Zusätzliche Leistungen	53
4.6	Abnahme	53
4.6.1	Formen der Abnahme	53
4.6.2	Rechtsfolgen der Abnahme	53
4.7	Vergütung	54
4.7.1	Grundvergütung	54
4.7.2	Preisanpassungen	56
4.8	Vertragslaufzeit	56
4.9	Haftung/Gewährleistung/Garantie	57
4.9.1	Garantie und Gewährleistung	57
4.9.2	Produkthaftung	60
4.9.3	Eigenschaft des Unternehmers/Verbraucher	60
4.10	Schlussbemerkung	61
5	Inspektion und Prüfung	63
5.1	Unfallverhütung	63
5.1.1	Gefahr des elektrischen Schlages	63
5.1.2	Gefahr des Absturzes	64
6	Anlagenbesichtigung – Inspektion	69
6.1	Grundlegendes	69
6.1.1	Besichtigung	69
6.1.2	Bauteilgruppen der Photovoltaikanlage	69
6.1.3	Fehlererkennung	70
6.2	Planung/Verschattung	71
6.3	Unterbau/Tragesystem	74
6.3.1	Tragsystem	75
6.3.2	Statik	76
6.3.3	Schrägdach	80
6.3.4	Flachdach	87
6.3.5	Konstruktive Anforderungen	90
6.4	Verkabelung Gleichstromseite (DC)	93
6.4.1	Kurzschlussichere Leitungsverlegung	95
6.4.2	Generatoranschlusskästen/Überspannungsschutzkästen	107
6.4.3	Steckverbindungen	110
6.5	Module	111
6.6	Wechselrichter	130
6.7	Verkabelung Wechselstromseite (AC)	134
6.8	Schutzeinrichtungen	140

6.8.1	Wechselrichter	140
6.8.2	Überstromschutzeinrichtungen	141
6.8.3	Fehlerstromschutzschalter	142
6.8.4	Hauptschalter	142
6.8.5	Jederzeit zugängliche Freischaltstelle/NA-Schutz	142
6.9	Blitz- und Überspannungsschutz	142
6.9.1	Grundlagen	142
6.9.2	Prüfung vor Ort	146
6.10	Feuergefährdete Betriebsstätten	147
6.11	Baulicher Brandschutz	149
6.12	Anlagenkennzeichnung	154
6.13	Notausschalter/Feuerwehrscharter	158
6.14	Dachanlagen	158
6.14.1	Eignung der Dächer für Photovoltaikanlagen	159
6.14.2	Flachdach	159
6.14.3	Dachflächen mit Bitumenbahneindeckungen	166
6.14.4	Befestigungen der Photovoltaikanlage	167
6.15	Fassadenanlagen	170
6.16	Freifeldanlagen	171
6.16.1	Überwachungs- und Prüfungskonzept	172
6.16.2	Konzeptionelle Empfehlung von Messperioden	173
6.17	Batterieanlagen	175
6.17.1	Allgemeine Hinweise	175
6.17.2	Sichtprüfung	179
6.17.3	Messungen	180
6.17.4	Batterieräume	180
7	Erprobung	183
8	Messungen	185
8.1	Messungen nach VDE	185
8.1.1	Durchgängigkeit der Leiter	186
8.1.2	Isolationswiderstand	186
8.1.3	Auslösestrom/Auslösezeit des Fehlerstromschutzschalters	187
8.1.4	Schleifenimpedanz und Kurzschlussstrom	188
8.1.5	Messung des Spannungsfalls	188
8.1.6	Erdungsmessung	189
8.2	Sondermessungen	189
8.2.1	Thermografie	189
8.2.2	Kennlinienmessung	197
8.2.3	Leistungsmessung	200
8.2.4	Elektrolumineszenzaufnahme	200

9	Dokumentation	205
9.1	Normative Anforderung	205
9.2	Inhalt	206
9.3	Dokumentation der Inspektion, Prüfung und Instandsetzung	209
9.3.1	Prüfbericht	209
9.3.2	Messprotokolle	210
9.3.3	Inspektion- und Prüfbericht	210
10	Monitoring	211
11	Instandsetzung	215
11.1	Reparatur	215
11.2	Bestandsschutz	215
11.2.1	Definition	215
11.2.2	Anpassen/Änderungen elektrischer Anlagen	217
11.3	Modultausch – Risiko bei der EEG-Vergütung	217
11.4	Hochwasser	220
12	Anlagenoptimierung – Verbesserungen – Modulreinigung	223
13	Schneeräumung	229
	Anhänge	231
	Anhang 1: Beispiel Überwachungs-, Inspektions- und Prüfungsvertrag	231
	Anhang 2: Checkliste Fehlersuche	237
	Anhang 3: Muster Prüfprotokoll	238
	Gesetze/Normverweise/Richtlinien/Literaturverzeichnis	247
	Gesetze/Verordnungen	247
	VDE Normen	249
	VDE Anwendungsregeln	253
	Weitere Normen	253
	VdS-Richtlinien	254
	Weitere Regelwerke und Richtlinien	255
	Literaturquellen	255

Vorwort

Innerhalb der letzten 10 Jahre gewinnen immer mehr solare Energieerzeuger in der Energiewirtschaft an Bedeutung. Gerade netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen haben bedingt durch das vor mehr als 10 Jahren eingeführte Marktanzreizprogramm unter dem Erneuerbaren Energiegesetz (EEG) rasant an Zubauraten gewonnen. Alleine in den Jahren 2010 bis 2012 gab es trotz – oder gerade wegen – der von der Politik bereits außerplanmäßig vorgenommenen Kürzungen der Einspeisevergütung in Deutschland einen Zubau von insgesamt ca. 22,5 Gigawatt an Anlagenleistung. In der Summe ergaben sich in Deutschland bis Anfang 2014 rd. 1,4 Mio. installierte Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von rd. 26 GW.

Strom von der Sonne, ohne permanenten Einsatz von Rohstoffen, eine einmalige Investition gepaart mit einer festen Einspeisevergütung – ein System, das alleine läuft und dazu noch weit über 20 Jahre Herstellergarantien bietet. So denken viele. Leider, denn Photovoltaikanlagen werden oder wurden oft mit dem Argument verkauft, sie seien »wartungsfrei«. Obgleich sich bei Photovoltaikanlagen nichts bewegt oder dreht, was geschmiert werden muss, gibt es jedoch hier keine sogenannte »Wartungsfreiheit«.

Sowohl die Pionierzeiten als auch die Zeiten mit hohen Zubauraten zeigen derzeit Wirkung in Form von zahlreichen mangelhaft errichteten Anlagen. Plötzlich auftretende Schäden, Mindererträge, Defekte an Modulen und Wechselrichtern sind nur einige Merkmale hiervon, bei denen manch einer an dem doch so sicher geglaubten System plötzlich Zweifel hegt. Zudem lässt der politische Druck auf die Photovoltaikbranche in Verbindung mit der permanenten Diskussionen bezüglich Umlagekosten und Netzausbaukosten oft kein gutes Haar an der PV-Branche. Passend hierzu schocken immer mehr Insolvenzen großer Systemanbieter die Branche. Viele Installateure haben das Geschäft bereits aufgegeben oder wurden, wie auch einige große Hersteller und Systemanbieter, vom Markt gefegt. Auseinandersetzungen wegen Garantie, Gewährleistung und fehlender Verfügbarkeit von Komponenten insolvent gegangener Hersteller bestimmen viele Fachdiskussionen.

Die große Anzahl an installierten Photovoltaikanlagen muss aber in Funktion gehalten werden. An Service, Wartung und Instandsetzung werden deshalb zukünftig hohe Anforderungen zu stellen sein, um den langfristigen Betrieb an der Menge der installierten Anlagen zu sichern. Denn für einen nachhaltigen Umbau der Energieversorgung werden diese Anlagen auch in Zukunft gebraucht – auch nach Ablauf der gesetzlichen Einspeise-

vergütung. GTM Research prognostiziert in einem Bericht Ende 2013¹, dass das Marktvolumen für Operations-and-Maintenance-Leistungen (O&M-Leistungen) für Solarkraftwerke sich bis zum Jahr 2017 verdreifachen wird.

Die harte Konsolidierung der ansonsten in den letzten Jahren so aufstrebenden Erfolgsgeschichte erfordert eine Neustrukturierung und Neuausrichtung der Solarbetriebe. Die Wartung/Instandsetzung wird eine Möglichkeit sein, die der Branche eine neue Chance gibt, den Gedanken der Nachhaltigkeit trotz der vielen Fehler der Vergangenheit aufzugreifen und fortzuführen.

Dieses Fachbuch soll der für die Wartung und Instandhaltung verantwortlichen Fachkraft bzw. dem Installateur entsprechende Hinweise zur Fehlererkennung und fachgerechten Inspektion, Prüfung und Instandsetzung geben. Darüber hinaus wird auch versucht, dem verantwortlichen Betreiber einer Photovoltaikanlage als technischem Laien den Sinn und Zweck von regelmäßigen Prüfungen der Anlage verständlich zu machen. Hierbei bekommt dieser auch so verständlich wie möglich Einblicke in die technischen und normativen Zusammenhänge. Auch der Betreiber kann durch Mitwirkung zur Dauerhaftigkeit seiner Anlage beitragen. Es müssen aber auch ganz klare Abgrenzungen zu Arbeiten gezogen werden, welche ausschließlich einer Elektrofachkraft vorbehalten sind.

Das Fachbuch versteht sich auch als Hilfe für die rechtlichen Rahmenbedingungen von Instandhaltungs- und Instandsetzungsaufträgen, deren Inhalte und der praktischen Durchführung. Anders als in anderen Fachbüchern soll es keine planerischen Grundlagen für die richtige Installation einer Photovoltaikanlage bzw. elektrischen Anlage vermitteln. Dennoch sollen diese nicht gänzlich ausgeblendet bleiben, insbesondere dann nicht, wenn auf in der Praxis typische Fehlerquellen hingewiesen wird. Insbesondere einige Einblicke in die Bautechnik und den baulichen Brandschutz sollen sowohl dem Prüfungsverantwortlichen als auch dem Anlagenbetreiber den Blick weg von der rein elektrischen Anlage öffnen.

Giebelstadt, im August 2014

Wolfgang Schröder

1 »Megawatt-Scale PV Plant Operations and Maintenance: Services, Markets and Competitors 2013–2017«