

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
21. März 2013 (21.03.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/037941 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
**G01R 31/40** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/068067
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
14. September 2012 (14.09.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2011 082 854.0  
16. September 2011 (16.09.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BISCHOFF, Martin** [DE/DE]; Gabelsberger Str. 22, 91052 Erlangen (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

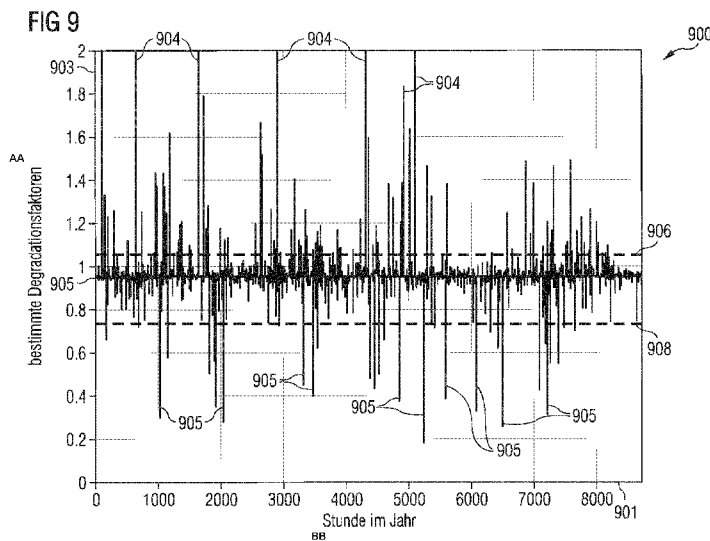
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE MODULE DEGRADATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN EINER MODULDEGRADATION EINER PHOTOVOLTAIKANLAGE



AA Defined degradation factors  
BB Hour in the year

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the performance (903) of a photovoltaic system (1030), comprising the following steps: accessing reference data (1031), which include reference condition data (103, 203) indicative of an operating condition of at least one component of the photovoltaic system during a reference time interval (105) and reference performance data (303) that are associated with the reference condition data and are indicative of an output of the component during the reference time interval; accessing actual data (1033), which comprise actual condition data (403, 503) indicative of an operating condition of the component during an actual time interval (405) and actual performance data (603) that are associated with the actual condition data and are indicative of an output of the component during the actual time interval (405); comparing the actual data (1033) with the reference data (1031) in order to obtain a comparison result; and determining the performance (903) of the photovoltaic system based on the result of the comparison.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/037941 A2



---

Es ist beschrieben ein Verfahren zum Bestimmen einer Performanz (903) einer Photovoltaikanlage (1030), aufweisend: Zugreifen auf Referenzdaten (1031), welche für eine Betriebsbedingung mindestens einer Komponente der Photovoltaikanlage während eines Referenzzeitintervalls (105) indikative Referenzbedingungsdaten (103, 203) und den Referenzbedingungsdaten assoziierte für eine Leistungsausgabe der Komponente während des Referenzzeitintervalls indikative Referenzleistungsdaten (303) umfassen; Zugreifen auf Istdaten (1033), welche für eine Betriebsbedingung der Komponente während eines Istzeitintervalls (405) indikative Istbedingungsdaten (403, 503) und den Istbedingungsdaten assoziierte für eine Leistungsausgabe der Komponente während des Istzeitintervalls (405) indikative Istleistungsdaten (603) umfassen; Vergleichen der Istdaten (1033) mit den Referenzdaten (1031), um ein Vergleichsergebnis zu erhalten; Bestimmen der Performanz (903) der Photovoltaikanlage basierend auf dem Vergleichsergebnis.

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen einer Moduldegradation einer Photovoltaikanlage

5

### Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Performanz bzw. Degradation einer Photovoltaikanlage, insbesondere einer Performanz bzw. Degradation einer Komponente einer Photovoltaikanlage.

10

### Hintergrund der Erfindung

15

Mitunter wird eine Photovoltaikanlage unter Abgabe einer Performanzgarantie veräußert. Damit wird von dem Verkäufer die Garantie gewährt, dass die veräußerte Photovoltaikanlage nicht unterhalb eines bestimmten Schwellwerts einer Performanz fällt. Dabei ist die Performanz einer Photovoltaikanlage aufgrund von verschiedenen Faktoren bestimmt, wie etwa Verluste aufgrund von Temperatureinwirkung, Abschattung, Ohmsche Verluste in Kabeln oder auch Effizienzverluste von Invertern oder Konvertern, welche einen von Photovoltaikzellen ausgegebenen Gleichstrom bzw. Gleichspannung in einen Wechselstrom bzw. eine Wechselspannung gewünschter Frequenz, wie etwa 50 Hz oder 60 Hz, konvertieren.

20

25

Es ist beobachtet worden, dass Photovoltaikmodule, welche aus einer Zusammenschaltung, insbesondere einer Serienschaltung, von einer Mehrzahl von Photovoltaikzellen aufgebaut sind, über ihre Betriebszeit hinweg einen Effizienzabfall erleiden, was herkömmlicherweise als eine Moduldegradation bezeichnet wird. Wenn die Performanz der gesamten Photovoltaikanlage, welche eine Vielzahl von Photovoltaikmodulen umfasst, evaluiert wird, hat der Effizienzabfall der Photovoltaikmodule einen großen Einfluss. Der Effizienzabfall der Photovoltaikmodule ist jedoch relativ schwierig zu bestimmen.

30

35

Herkömmlicherweise wird die Degradation basierend auf Referenzmodulen bestimmt, welche für diesen Zweck speziell entwickelt und kalibriert werden müssen. Um die Degradation zu be-  
5 rechnen, müssen diese Referenzmodule jedes Jahr durch neue ersetzt werden, was das herkömmliche Verfahren sehr kostspielig und aufwendig gestaltet. Durch Vergleichen der Performanz von in der Photovoltaikanlage installierten Modulen mit der  
10 eines speziell entwickelten Referenzmoduls kann ein Effizienzverlust im Vergleich zu dem vorigen Referenzmodul (das heißt dem vorigen Jahr) bestimmt werden. Dieser herkömmliche Zugang zum Bestimmen der Degradation erfordert, dass der Modulhersteller in der Lage sein muss, zuverlässige Referenzmodule bereitzustellen. Weiterhin ist eine zusätzliche Investi-  
15 tion und Installationsaufwand erforderlich. Weiterhin muss ein zusätzlicher Wartungsaufwand erbracht werden, um die Referenzmodule jedes Jahr auszutauschen. Performanzunterschiede zwischen verschiedenen Referenzmodulen haben weiterhin einen direkten Einfluss auf die Genauigkeit der bestimmten Degradation,  
20 was die Bestimmung der Degradation unzuverlässig machen kann. Weiterhin können Umweltbedingungen einen Einfluss auf die Effizienz des Moduls haben, welche in dem herkömmlichen Verfahren nicht berücksichtigt werden.

25 Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzuschlagen, welche erlauben, eine Degradation eines Photovoltaikmoduls oder einer beliebigen anderen Komponente einer Photovoltaikanlage zu bestimmen, wobei insbesondere auf Referenzmodule, wie sie herkömmlicherweise  
30 zur Bestimmung der Degradation verwendet werden, verzichtet werden kann.

#### Zusammenfassung der Erfindung

35

Gemäß Ausführungsformen der Erfindung wird eine Performanz bzw. eine Degradation einer Komponente einer Photovoltaikanlage durch einen Vergleich von Messdaten mit Referenzdaten

bestimmt. Dabei können herkömmlicherweise erforderliche Referenzmodule erübrigt werden.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist  
5 ein Verfahren zum Bestimmen (insbesondere aufweisend Berechnen, Abschätzen, Ausgeben und/oder Vorhersagen) einer Performanz (insbesondere umfassend Leistungsfähigkeit hinsichtlich einer Effizienz einer Leistungsausgabe, Wirkungsgrad, insbesondere aufweisend daraus abgeleitete Degradation oder Herabstufung) einer Photovoltaikanlage (welche insbesondere eine Mehrzahl von Photovoltaikzellen, welche in Modulen in einer Serienschaltung verschaltet sein können, aufweist und eine Mehrzahl von Konvertern zum Konvertieren der von den Photovoltaikzellen ausgegebenen Gleichspannung in eine Wechselspannung geeigneter Frequenz) bereitgestellt. Dabei weist das  
10 Verfahren auf, dass auf Referenzdaten (welche in irgendeiner Form bereitgestellt sein können, etwa als elektronische Daten gespeichert oder von einem oder mehreren Sensormodulen zugeführt, wobei die Referenzdaten insbesondere alphanumerische Zeichen umfassen können) zugegriffen wird (was beispielsweise auf elektronischem Wege erfolgen kann, beispielsweise mittels eines Computersystems, welches auf einen elektronischen Speicher zugreift). Dabei umfassen die Referenzdaten für eine Betriebsbedingung (insbesondere umfassend die Komponente beeinflussende Umweltbedingungen, wie etwa Stärke einer Sonneneinstrahlung, Temperatur der Komponente, Windstärke, Windrichtung, Umgebungstemperatur, etc.) mindestens einer Komponente (zum Beispiel eine Photovoltaikzelle, ein Modul von Photovoltaikzellen, ein Konverter) der Photovoltaikanlage während eines Referenzzeitintervalls (welches insbesondere in der Vergangenheit liegt, wobei das Referenzzeitintervall beispielsweise einen Monat, mehrere Monate, ein Jahr oder mehrere Jahre umfassen kann) indikative Referenzbedingungsdaten (welche insbesondere die Komponente beeinflussende Umweltbedingungen und/oder Betriebsbedingungen anzeigen können). Weiter umfassen die Referenzdaten den Referenzbedingungsdaten assoziierte (oder diese betreffende) für eine Leistungsausgabe (insbesondere eine Ausgabe elektrischer Leistung oder elektrischer  
15  
20  
25  
30  
35

Energie) der Komponente während des Referenzzeitintervalls  
indikative Referenzleistungsdaten (welche insbesondere Infor-  
mation über eine Ausgabe elektrischer Leistung während des  
Referenzzeitintervalls enthalten). Weiterhin weist das Ver-  
fahren Zugreifen auf Istdaten (welche beispielsweise in  
5 elektronischer Form vorliegen können, beispielsweise in einem  
Speicher eines Computersystems, oder welche von einem oder  
mehreren Sensoren zugeführt werden können) auf, wobei die  
Istdaten für eine Betriebsbedingung (insbesondere umfassend  
10 die Komponente beeinflussenden Umweltbedingungen und/oder Be-  
triebsbedingungen) der Komponente während eines Istzeitinter-  
valls (welches beispielsweise ein Monat, mehrere Monate, ein  
Jahr oder mehrere Jahre umfassen kann) indikative Istbedin-  
gungsdaten (welche somit die die Komponente beeinflussenden  
15 Umweltbedingungen und/oder Operationsbedingungen anzeigen)  
umfassen. Weiter umfassen die Istdaten den Istbedingungsdaten  
assoziierte (insbesondere diese betreffende) für eine Leis-  
tungsausgabe der Komponente während des Istzeitintervalls in-  
dikative Istleistungsdaten (welche somit insbesondere Infor-  
20 mation über eine während des Istzeitintervalls ausgegebene  
elektrische Leistung enthalten). Weiter weist das Verfahren  
Vergleichen der Istdaten mit den Referenzdaten auf (was ins-  
besondere ein Vergleichen einer Untermenge der Istdaten mit  
einer Untermenge der Referenzdaten umfassen kann), um ein  
25 Vergleichsergebnis (was beispielsweise eine Zuordnungsvor-  
schrift von Teilen der Istdaten mit Teilen der Referenzdaten  
umfassen kann) zu erhalten. Schließlich weist das Verfahren  
Bestimmen der Performanz (insbesondere der Effektivität hin-  
sichtlich einer Leistungsausgabe und/oder daraus abgeleitet  
30 einer Degradation) der Photovoltaikanlage (bzw. der Kompen-  
te der Photovoltaikanlage) basierend auf dem Vergleichsergeb-  
nis auf.

Zum Durchführen des Verfahrens kann auf ein Referenzmodul  
35 verzichtet werden, was das Verfahren somit vereinfacht und in  
den Kosten vermindert. Insbesondere kann eine herkömmliche  
Photovoltaikanlage die für die Durchführung des Verfahrens  
erforderlichen Referenzdaten und/oder Istdaten bereitstellen,

ohne zusätzliche Installationen oder Komponenten zu erfordern. Die Referenzdaten bzw. die Istdaten können von herkömmlichen Photovoltaikanlagen, die übliche Messeinrichtungen aufweisen, ohne zusätzlichen Aufwand bereitgestellt werden.

5

Das Verfahren kann auch weiter ein Identifizieren einer Komponente der Photovoltaikanlage umfassen, welche Komponente eine starke Degradation erlitten hat, weswegen diese Komponente ausgetauscht werden kann.

10

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Komponente eine Photovoltaikzelle (eine halbleiterbasierte Zelle oder ein halbleiterbasiertes Element, welches mittels des photoelektrischen Effektes und mittels des photovoltaischen Effektes aufgrund einer Einstrahlung elektromagnetischer Wellen, insbesondere Sonnenstrahlen, eine Gleichspannung erzeugt, welche über geeignete Anschlüsse abgeführt werden kann), ein Modul einer Mehrzahl verschalteter (insbesondere in Serie geschalteter) Photovoltaikzellen, einen Photovoltaikzellentisch oder einen Photovoltaikzellenstring einer Mehrzahl von Modulen, einen Konverter zum Konvertieren einer von einer Photovoltaikzelle ausgegebenen DC-Spannung in eine AC-Spannung und/oder die gesamte Photovoltaikanlage auf.

25

Damit kann das Verfahren auf irgendeine (einige oder alle) Komponente der Photovoltaikanlage angewendet werden, welche Komponente zur elektrischen Energieabgabe der gesamten Photovoltaikanlage beiträgt. Damit kann das Verfahren universal angewendet werden, ohne weitere Ausrüstung oder teure und wartungsintensive Referenzmodule zu erfordern.

30

35

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen die Referenzbedingungsdaten und/oder die Istbedingungsdaten für eine diffuse (indirekte, insbesondere in verschiedene Richtungen gerichtete) und/oder direkte Einstrahlungsleistung der (von der Sonne abgegebenen elektromagnetischen Strahlung der) Sonne indikative Daten und/oder für eine Temperatur der

Komponente indikative Daten und/oder für Windstärke, Windrichtung und/oder Umgebungstemperatur indikative Daten.

Insbesondere können die Bedingungsdaten sowohl der Referenzdaten als auch der Istdaten jegliche Daten umfassen, welche einen Einfluss auf die Effektivität bzw. Performanz der Komponente haben, insbesondere hinsichtlich einer Leistungsausgabe oder Energieausgabe. Weiter können die Referenzbedingungsdaten und/oder die Istbedingungsdaten gemessen werden, insbesondere unter Benutzung eines Pyranometers (eines Instruments zum Messen einer Einstrahlungsstärke von elektromagnetischen Strahlen, insbesondere elektromagnetischen Wellen des sichtbaren, infraroten oder ultravioletten Wellenlängenbereichs) und/oder unter Benutzung eines Temperatursensors (welcher insbesondere an der Komponente angebracht sein kann). Durch eine Berücksichtigung derartiger Bedingungsdaten kann das Vergleichen der Istdaten mit den Referenzdaten verbessert werden, um insbesondere eine Bestimmung der Performanz mit höherer Genauigkeit ausführen zu können. Insbesondere kann ein Berücksichtigen derartiger Bedingungsdaten eine genauere Zuordnung der Istdaten zu den Referenzdaten (als eine Basis des Vergleichens) ermöglichen.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen die Referenzdaten eine Mehrzahl von Referenzdatenelementen (welche wiederum aus verschiedenen Komponenten insbesondere Datenkomponenten, wie etwa Komponenten eines Datenvektors bestehen können) auf, welche verschiedene Zeitpunkte innerhalb des Referenzzeitintervalls betreffen (wobei etwa ein erstes Referenzdatenelement der Referenzdaten einen ersten Zeitpunkt innerhalb des Referenzzeitintervalls betrifft, ein zweites Referenzdatenelement einen zweiten Zeitpunkt innerhalb des Referenzzeitintervalls betrifft und ein N-tes Referenzdatenelement einen N-ten Zeitpunkt innerhalb des Referenzzeitintervalls betrifft, wobei N eine natürliche Zahl ist, die etwa der Zahl der Stunden im Jahr ist, insbesondere  $365 * 24$ , insbesondere zwischen 5000 und 20000), wobei die Istdaten eine Mehrzahl von Istdatenelementen umfassen, welche



verschiedene Zeitpunkte innerhalb des Istzeitintervalls betreffen.

Insbesondere können die Zeitpunkte innerhalb des Referenzzeitintervalls relativ zu Grenzen des Referenzzeitintervalls beschrieben werden. Gleiches gilt für die Zeitpunkte innerhalb des Istzeitintervalls. Wenn beispielsweise das Referenzzeitintervall und/oder das Istzeitintervall ein Jahr beträgt, kann ein Zeitpunkt innerhalb des Referenzzeitintervalls als der Zeitpunkt innerhalb des Referenzjahres beschrieben werden und der Zeitpunkt innerhalb des Istzeitintervalls kann als der Zeitpunkt (Tag und/oder Stunde) innerhalb des Istjahres beschrieben werden. Eine Beschreibung von verschiedenen Zeitpunkten innerhalb des Referenzzeitintervalls relativ zu Grenzen des Referenzzeitintervalls wird auch als ein relativer Zeitpunkt bzw. als relative Zeitpunkte bezeichnet.

Eine Berücksichtigung einer Mehrzahl von Referenzdatenelementen und einer Mehrzahl von Istdatenelementen kann einen Vergleich der Istdaten mit den Referenzdaten verbessern, um eine Genauigkeit der Bestimmung der Performanz zu erhöhen. Insbesondere kann durch Berücksichtigung einer großen Anzahl von Referenzdatenelementen und Istdatenelementen eine größere Robustheit der Auswertung gegenüber Messfehlern aufgrund verschiedener Faktoren erreicht werden.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Vergleichen ein Zuordnen (insbesondere ein Bilden von Paaren jeweils bestehend aus Referenzdatenelement und zugeordnetem Istdatenelement, wobei sich ein Paar auf gleiche oder zumindest ähnliche Einfluss nehmende Umweltbedingungen oder Betriebsbedingungen bezieht) mindestens eines Istdatenelements (insbesondere aller Istdatenelemente der Mehrzahl von Istdatenelementen) zu einem Referenzdatenelement der Mehrzahl von Referenzdatenelementen auf. Dabei basiert (oder hängt ab) das Zuordnen auf einem das mindestens eine Istdatenelement betreffenden Istbedingungsdatenelement und auf einem das Referenzdatenelement betreffenden Referenzbedingungsdatenele-

ment, insbesondere auf einem Vergleich des Istbedingungsdatenelements und des Referenzdatenelements. Durch das Zuordnen, insbesondere Bilden von Paaren, wobei jedes Paar ein Referenzdatenelement und ein zugeordnetes Istdatenelement aufweist, kann dem Istdatenelement ein solches Referenzdatenelement zugeordnet werden, welches ähnliche Betriebsbedingungen bzw. Umweltbedingungen betrifft. Damit kann ein Vergleich der Istdaten mit den Referenzdaten zum Erhöhen der Genauigkeit der Bestimmung der Performanz verbessert werden.

10

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Zuordnen (des Istdatenelements zu einem Referenzdatenelement) ein Bestimmen eines Abstands zwischen dem mindestens einen Istbedingungsdatenelement und dem Referenzbedingungsdatenelement auf (wobei der Abstand eine Abweichung der Betriebsbedingungen, welche das Istdatenelement betreffen, von Bedingungen, welche das Referenzdatenelement betreffen, anzeigen).

15

20

Eine Bestimmung des Abstands kann dabei eine Bestimmung eines Betrages, eines Unterschieds von Komponenten des Istbedingungsdatenelements und des Referenzbedingungsdatenelements umfassen. Insbesondere kann ein Istbedingungsdatenelement und ein Referenzbedingungsdatenelement jeweils als ein Skalar oder ein Vektor im reellen Vektorraum aufgefasst oder dargestellt werden. Ein Abstand kann dann als eine Norm in diesem Vektorraum einer Differenz zwischen dem Vektor des Istbedingungsdatenelements und dem Vektor des Referenzbedingungsdatenelements bestimmt werden.

25

30

Dabei kann das Zuordnen (des Istdatenelements zu dem Referenzdatenelement) insbesondere dann erfolgen, wenn der Abstand (insbesondere Abweichung, Unterschied, Verschiedenartigkeit) zwischen dem Istbedingungsdatenelement und dem Referenzbedingungsdatenelement nicht größer ist als ein Abstand zwischen dem Istbedingungsdatenelement und irgendeinem anderen Referenzbedingungsdatenelement der Mehrzahl von Referenz-

35

bedingungsdatenelementen (und wenn optional weitere Bedingungen erfüllt sind).

5 Damit kann sichergestellt werden, dass die durch die Zuordnung gebildeten Paare von Istdatenelement und Referenzdatenelement derart erfolgt, dass ein Istdatenelement einem derartigen Referenzdatenelement zugeordnet wird, welches ähnliche oder gleiche Betriebsbedingungen bzw. Umweltbedingungen der Komponente betrifft. Damit kann wiederum der Vergleich der  
10 Istdaten mit den Referenzdaten verbessert werden, um die Genauigkeit der Bestimmung der Performanz der Komponente zu erhöhen.

15 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erfolgt die Zuordnung (insbesondere der Mehrzahl von Istdatenelementen zu jeweiligen Referenzdatenelementen) derart, um ein Abstandsmaß einer Mehrzahl von Abständen zwischen Referenzbedingungsdatenelementen und zugeordneten Istbedingungsdatenelementen zu minimieren oder mindestens unterhalb einer bestimmten Grenze zu halten.  
20

Durch eine Minimierung einer Mehrzahl von Abständen (insbesondere aller Abstände zwischen Referenzbedingungsdatenelementen und zugeordneten sämtlichen Istbedingungsdatenelementen, welche optional weitere Kriterien erfüllen) kann das  
25 Verfahren weiter verbessert werden.

30 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Abstand ein relativer Abstand (wobei insbesondere eine Differenz von dem Istbedingungsdatenelement und dem Referenzbedingungsdatenelement durch einen Mittelwert aus Istbedingungsdatenelement und Referenzbedingungsdatenelement geteilt werden kann), insbesondere ein euklidischer (wobei komponentenweise Differenzen quadriert werden und die Summe der quadrierten Differenzen zur Wurzel genommen wird) relativer Abstand. Damit können herkömmliche mathematische Verfahren verwendet werden (welche insbesondere die Dreiecksungleichung  
35

erfüllen), um den Abstand zu bestimmen. Damit kann das Verfahren vereinfacht werden.

5 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Abstand zwischen einem Istbedingungsdatenelement und dem Referenzbedingungsdatenelement dadurch bestimmt, dass verschiedene Komponenten des Istbedingungsdatenelements und des Referenzbedingungsdatenelements basierend auf einem Einfluss der jeweiligen Komponenten auf die Performanz (und/oder Leistungsausgabe) verschieden gewichtet werden. Beispielsweise  
10 kann das Istbedingungsdatenelement und das Referenzbedingungsdatenelement als eine (Vektor-) Komponente eine Einstrahlungsleistung der Sonne umfassen. Eine weitere (Vektor-) Komponente des Istbedingungsdatenelements und des Referenzbedingungsdatenelements kann eine Temperatur der Komponente umfassen. Aufgrund des höheren Einflusses der Einstrahlungsstärke (insbesondere global horizontal irradiation) auf eine Performanz (und/oder Leistungsausgabe) der Komponente kann daher diejenige (Vektor-) Komponente, welche die Sonneneinstrahlungsleistung betrifft, höher gewichtet werden als diejenige (Vektor-) Komponente, welche die Temperatur der Komponente betrifft. Damit kann die Bestimmung der Performanz der Komponente weiter verbessert werden.

25 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das mindestens eine Istdatenelement demjenigen Referenzdatenelement zugeordnet, dessen betreffender Zeitpunkt relativ zu dem Referenzzeitintervall (das heißt relativer Zeitpunkt) sich nicht mehr als ein vorgegebener Schwellenzeitunterschied  
30 von dem das Istdatenelement betreffenden Zeitpunkt relativ zu dem Istzeitintervall (das heißt auch relativer Zeitpunkt) unterscheidet (und insbesondere weiterhin ein Kriterium, insbesondere hinsichtlich des Abstandes, wie oben erläutert, erfüllt).

35

Dabei kann der Schwellenzeitunterschied beispielsweise 5 Tage, 10 Tage, 14 Tage, 1 Monat sein. Die relativen Zeitpunkte können beispielsweise als ein bestimmter Tag oder eine be-

stimmte Stunde im Jahr angegeben sein. Zum Beispiel kann ein den 1. März betreffendes Istdatenelement (relativer Zeitpunkt des Istdatenelements entspricht 1. März) nur denjenigen Referenzdatenelementen zugeordnet werden, welche bis zu 14 Tage vor bzw. bis zu 14 Tage nach dem 1. März liegen (und insbesondere ein Abstandskriterium, wie etwa kleiner als eine Abstandsschwelle, erfüllen), falls der vorgegebene Schwellenzeitunterschied 14 Tage beträgt. Hierbei kann ausgenutzt werden, dass sich die Umweltbedingungen verschiedener Jahre, die zu ähnlichen Jahreszeiten betrachtet werden, gemäß der Jahreszeit ähnlich verhalten. Damit kann eine Zuordnung des Istdatenelements zu dem Referenzdatenelement zuverlässiger gestaltet werden, um die Bestimmung der Performanz weiter zu verbessern.

15

Gemäß Ausführungsform der Erfindung können eine Mehrzahl von Kriterien kombiniert werden, um die Zuordnung des Istdatenelements zu dem Referenzdatenelement durchzuführen.

20

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Bestimmen der Performanz ein Bestimmen mindestens eines Performanzelements (welches insbesondere aus einem Paar von einem Istdatenelement und einem zugeordneten Referenzdatenelement abgeleitet ist) aus einem Vergleich, insbesondere einem Verhältnis, zwischen einem dem Istbedingungsdatenelement assoziierten Istleistungsdatenelement und einem dem Referenzbedingungsdatenelement, welches dem Istbedingungsdatenelement zugeordnet ist, assoziierten Referenzleistungsdatenelement auf.

30

Dabei kann die Performanz aus einer Mehrzahl von derartig bestimmten Performanzelementen errechnet werden. Es kann ein Verhältnis aus einem Istleistungsdatenelement (oder aus daraus abgeleiteten Daten) und dem Referenzleistungsdatenelement (oder daraus abgeleiteten Daten) bestimmt werden, was einen Anteil der Leistungsausgabe der Komponente relativ zur Leistungsausgabe der Komponente während des Referenzzeitintervalls anzeigen kann. In der Regel wird dieses Verhältnis

35

kleiner als 1 sein, da die Performanz oder Leistungsfähigkeit der Komponente über die Zeit typischerweise abnimmt. Somit kann die Performanz durch eine einfache Algorithmik bestimmt werden, was das Verfahren vereinfacht.

5

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Bestimmen der Performanz (der Komponente) ein Mitteln des mindestens einen Performanzelements über zumindest einen Teil (oder ein Ganzes) des Istzeitintervalls auf. Damit kann eine  
10 Zuverlässigkeit der Bestimmung der Performanz gesteigert werden. Insbesondere kann ein Einfluss von Messfehlern dadurch vermindert werden.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist  
15 das Bestimmen der Performanz ein Filtern (insbesondere aufweisend Aussondern einer Menge von Performanzelementen aufgrund verschiedener Kriterien) des mindestens einen Performanzelements auf.

20 Dabei können insbesondere Performanzelemente, welche sich um mehr als eine vorgegebene Performanzdifferenzschwelle von einem Mittelwert der Performanzelemente unterscheiden, verworfen werden. Hierbei kann man sich die Annahme zunutze machen, dass sich die Performanz der Komponente nicht sprunghaft ändern kann, sondern vielmehr kontinuierlich während des  
25 Istzeitintervalls abnehmen wird oder konstant bleiben kann, jedoch typischerweise nicht zunehmen kann.

Weiter können insbesondere Performanzelemente, die eine Be-  
30 dingung betreffen, in der eine Sonneneinstrahlung geringer als eine Einstrahlungsschwelle ist, verworfen werden, da derartige Performanzelemente stark fehlerbehaftet sein können.

Ferner können insbesondere Performanzelemente, die Istbedin-  
35 gungsdatenelemente betreffen, deren Abstand zu dem zugeordneten Referenzbedingungsdatenelement größer als ein Schwellenabstand ist, verworfen werden. Damit kann gewährleistet werden, dass nur solche Istleistungsdatenelemente mit Referenz-

leistungsdatenelementen verglichen werden, welche sich auf ähnliche oder sogar gleiche Betriebsbedingungen oder Umweltbedingungen beziehen. Damit kann eine Zuverlässigkeit der Bestimmung der Performanz weiter erhöht werden.

5

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Verfahren ferner ein Bestimmen einer Degradation der Komponente basierend auf der Performanz auf. Damit kann eine Degradation der Komponente ohne ein Erfordernis von Referenzmodulen bestimmt werden.

10

Es sollte verstanden werden, dass Merkmale, welche (individuell oder in irgendeiner Kombination) in Bezug auf eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Bestimmen einer Performanz einer Photovoltaikanlage offenbart, beschrieben, erläutert, erwähnt oder eingesetzt wurden, auch (individuell oder in irgendeiner Kombination) auf eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Performanz einer Photovoltaikanlage angewendet oder eingesetzt werden können gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, oder umgekehrt.

15

20

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist bereitgestellt eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Performanz einer Photovoltaikanlage, aufweisend: ein Datenzugriffsmodul, wobei das Datenzugriffsmodul zum Zugreifen auf Referenzdaten ausgebildet ist, welche für eine Betriebsbedingung mindestens einer Komponente der Photovoltaikanlage während eines Referenzzeitintervalls indikative Referenzbedingungsdaten und den Referenzbedingungsdaten assoziierte für eine Leistungsausgabe der Komponente während des Referenzzeitintervalls indikative Referenzleistungsdaten umfassen; wobei das Datenzugriffsmodul zum Zugreifen auf Istdaten ausgebildet, welche für eine Betriebsbedingung der Komponente während eines Istzeitintervalls indikative Istbedingungsdaten und den Istbedingungsdaten assoziierte für eine Leistungsausgabe der Komponente während des Istzeitintervalls indikative Istleistungsdaten umfassen; und einen Prozessor, welcher ausgebildet ist, die Istdaten mit den Referenzdaten zu verglei-

30

35

chen, um ein Vergleichsergebnis zu erhalten, und die Performanz der Photovoltaikanlage basierend auf dem Vergleichsergebnis zu bestimmen.

5 Insbesondere kann die Vorrichtung eine offline-betriebene Vorrichtung sein, welche von einem Betrieb der Photovoltaikanlage unabhängig sein kann. Alternativ kann die Vorrichtung bei Betrieb der Photovoltaikanlage die Bestimmung der Performanz vornehmen, wobei der Vorrichtung insbesondere Messdaten  
10 online zum Bestimmen der Performanz zugeführt werden können.

Das Datenzugriffsmodul kann dabei insbesondere einen elektronischen Speicher aufweisen, um sowohl die Referenzdaten als auch die Istdaten zu speichern. Insbesondere kann das Datenzugriffsmodul eine Datenbank bereitstellen, um die Referenzdaten und/oder die Istdaten geeignet strukturieren und zugreifbar halten zu können. Beispielsweise können die Referenzdaten als eine Menge von Vektordaten organisiert sein oder in irgendeiner anderen geeigneten Datenstruktur, wie etwa ein Datenobjekt oder eine Datenbanktabelle oder mehrere miteinander verknüpfte Datenbanktabellen oder Datenobjekte.  
15  
20

Der Prozessor kann als ein elektronisches Verarbeitungsmodul konfiguriert sein, etwa in einem Computersystem. Die Vorrichtung kann weiter eine Eingabeeinrichtung zur Bedienung der Vorrichtung und eine Ausgabevorrichtung, wie etwa einen Computerschirm, umfassen. Auf der Ausgabevorrichtung kann eine Information, welche die Performanz der Photoanlage betrifft, ausgegeben werden.  
25  
30

Insbesondere kann die Vorrichtung eine Signaleingabemöglichkeit aufweisen, um der Vorrichtung von einem Messsystem ermittelte Istdaten oder zumindest einen Teil der Istdaten zuzuführen.  
35

Ausführungsformen der Erfindung werden nun mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen erläutert. Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen oder illustrierten Ausführungsformen



beschränkt. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als einschränkend auszulegen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

5

Fig. 1 bis 3 illustrieren Säulendiagramme bzw. Graphen von beispielhaften Referenzdaten, welche gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden könnten.

10

Fig. 4 bis 6 illustrieren Säulendiagramme bzw. Graphen von beispielhaften Istdaten, welche gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden könnten.

15

Fig. 7 illustriert die beispielhafte Zuordnung (zur Erläuterung einer Ausführungsform der Erfindung) von Istdatenelementen zu Referenzdatenelementen gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei die Referenzdaten aus Fig. 1 bis 3 und die Istdaten aus Fig. 4 bis 6 verwendet wurden.

20

Fig. 8 illustriert einen Graphen von Abständen, welche aus der in Fig. 7 illustrierten Zuordnung gewonnen wurden.

25

Fig. 9 illustriert einen beispielhaften Graphen einer Degradation einer beispielhaften Komponente einer Photovoltaikanlage, wobei zur Bestimmung der Degradation die in Fig. 1 bis 6 illustrierten Daten verwendet wurden.

30

Fig. 10 illustriert eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Performanz bzw. einer Degradation einer Komponente einer Photovoltaikanlage gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

#### Detaillierte Beschreibung von Ausführungsformen

35

Fig. 1 bis 3 illustrieren Säulendiagramme bzw. Graphen von beispielhaften Referenzdaten, welche gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden könnten.

Fig. 1 illustriert ein Säulendiagramm 100, wobei auf einer Abszisse 101 die Stunde des Jahres aufgetragen ist und auf einer Abszisse 103 die globale horizontale Einstrahlung (*global horizontal irradiance*) aufgrund der sich über das Jahr schwankenden Sonneneinstrahlung aufgetragen ist. Wie aus dem Graphen 100 der Fig. 1 ersichtlich ist, verhält sich die Sonneneinstrahlung etwa gemäß einer Gaußkurve, wobei ein Maximalwert der Sonneneinstrahlung etwa Mitte des Jahres erreicht wird, wobei am Anfang des Jahres und am Ende des Jahres eine niedrigere Einstrahlung beobachtet werden kann. Die Einstrahlungsdaten des Graphs 100 der Fig. 1 wurden in einem ersten Betriebsjahr einer beispielhaften Photovoltaikanlage mittels eines Pyranometers gemessen und aufgezeichnet.

Fig. 2 illustriert einen Graphen 200, wobei auf einer Abszisse 201 die Stunde des Jahres aufgetragen ist und auf einer Abszisse 203 die Temperatur eines Photovoltaikmoduls, welches eine Mehrzahl von Photovoltaikzellen umfasst, aufgetragen ist. Wie aus dem Graphen 200 der Fig. 2 ersichtlich ist, hat die Temperatur des Photovoltaikmoduls etwa einen Gaußförmigen Verlauf, wobei ein Maximum gegenüber einem Maximum der Sonneneinstrahlung zum Ende des Jahres hin verschoben ist. Die Daten des Graphen 200 wurden ebenfalls in dem ersten Betriebsjahr der Photovoltaikanlage aufgenommen, indem ein Temperatursensor an dem Photovoltaikmodul angebracht war, welcher in gutem Wärmekontakt mit dem Photovoltaikmodul angebracht war.

Fig. 3 illustriert einen Graphen 300, wobei auf einer Abszisse 301 die Stunde des Jahres aufgetragen ist und auf einer Ordinate 303 die von dem Photovoltaikmodul der Photovoltaikanlage abgegebene elektrische Leistung aufgetragen ist. Wie aus dem Graphen der Fig. 3 ersichtlich ist, hat die elektrische Energieabgabe des Photovoltaikmoduls etwa einen Gaußförmigen Verlauf, wobei ein Maximum etwa in der Mitte des Jahres liegt, wo ebenfalls die Sonneneinstrahlung gemäß dem Graphen 100 der Fig. 1 ein Maximum aufweist. Die Daten des Graphen 300 der Fig. 3 wurden ebenfalls im ersten Betriebs-

jahr des Photovoltaikmoduls der Photovoltaikanlage aufgenommen.

Fig. 4, 5 und 6 illustrieren Graphen 400, 500 und 600, welche die Sonneneinstrahlung, die Temperatur des Photovoltaikmoduls bzw. die elektrische Leistung des Photovoltaikmoduls in einem späteren Betriebsjahr illustrieren und somit Istdaten repräsentieren, welche gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit den in Fig. 1 bis 3 illustrierten Referenzdaten verglichen werden.

Die in Fig. 1 und 2 illustrierten Referenzbedingungsdaten sind mit den in Fig. 3 illustrierten Referenzleistungsdaten über die jeweilige Stunde im Jahr assoziiert. Weiter sind die in Fig. 4 und 5 illustrierten Istbedingungsdaten ebenfalls mit den in Fig. 6 illustrierten Istleistungsdaten über die jeweilige Stunde im Jahr assoziiert.

Die in Fig. 4 bis 6 illustrierten Istdaten, welche die Istbedingungsdaten (Fig. 4 und 5) und die Istleistungsdaten (Fig. 6) umfassen, werden gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung den in Fig. 1 bis 3 illustrierten Referenzdaten zugeordnet.

Dazu werden die im Graphen 100 und 200 illustrierten Referenzbedingungsdaten mit den in Graphen 400 und 500 illustrierten Istbedingungsdaten verglichen, um eine Zuordnung derart zu erstellen, dass ein Abstand von einem Referenzbedingungsdatenelement zu einem zuzuordnenden Istbedingungsdatenelement klein ist bzw. minimiert wird. Damit kann sichergestellt werden, dass das Istdatenelement demjenigen Referenzdatenelement zugeordnet wird, welches ähnlichen oder sogar gleichen Umweltbedingungen bzw. Betriebsbedingungen entspricht.

35

Fig. 7 illustriert einen Graphen 700, wobei auf einer Abszisse 701 die globale horizontale Einstrahlung der Sonne aufgetragen ist und auf einer Ordinate 703 die Temperatur des zu

untersuchenden Photovoltaikmoduls aufgetragen ist. Die beiden Achsen repräsentieren daher Betriebsbedingungen.

Mit einem Quadrat 707 ist jeweils ein Datenpunkt eines Elements der Referenzbedingungsdaten (illustriert in Graphen 100 und 200 der Fig. 1 und 2) aufgetragen und als Kreis 708 ist jeweils ein Element der Istbedingungsdaten (Graphen 400 und 500 der Fig. 4 und 5) aufgetragen, wobei die Zuordnung zwischen den Istbedingungsdaten und den Referenzbedingungsdaten durch eine verbindende Linie angezeigt ist.

Dabei wird die Zuordnung derart durchgeführt, um möglichst viele Abstände klein zu halten bzw. einen globalen Abstand zu minimieren. Der Abstand wurde hierbei insbesondere als der euklidische Abstand berechnet, wobei die Quadratwurzel aus der Summe der quadrierten Differenzen der Komponenten eines Elements der Istbedingungsdaten und eines Elements der Referenzbedingungsdaten bestimmt wurde.

Fig. 8 illustriert einen Graphen 800, wobei auf einer Abszisse 801 die Stunde des Jahres aufgetragen ist und auf einer Ordinate 803 der Abstand zwischen einem Element der Referenzbedingungsdaten und dem zugeordneten Element der Istbedingungsdaten aufgetragen ist. Bei einer idealen Zuordnung sollten die Abstände der zugeordneten Istdaten und Referenzdaten möglichst klein, idealerweise bei null liegen.

Zuordnungspaare, welche einen relativ großen Abstand aufweisen, können dadurch herausgefiltert werden, dass diejenigen Zuordnungspaare verworfen werden, deren jeweiliger Abstand größer als ein Schwellwert, wie etwa 805, ist. Damit kann eine Genauigkeit der Zuordnung und damit eine Genauigkeit der Bestimmung der Degradation der Photovoltaikkomponente oder des Photovoltaikmoduls verbessert werden.

35

**Fig. 9** illustriert einen Graphen 900, wobei auf einer Abszisse 901 die Stunde des Jahres aufgetragen ist und auf einer Ordinate 903 die Degradation des Photovoltaikmoduls aufgetra-

gen ist, welche gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bestimmt wurde.

Hierbei wurde nach Zuordnung eines Istdatenelements zu einem Referenzdatenelement das Verhältnis der in dem Graphen 600 der Fig. 6 illustrierten ausgegebenen elektrischen Leistung des Photovoltaikmoduls und der in dem Graphen 300 der Fig. 3 illustrierten ausgegebenen elektrischen Leistung im ersten Betriebsjahr bestimmt. Wie aus dem Graphen 900 der Fig. 9 ersichtlich ist, liegt im Mittelwert das Verhältnis zwischen der ausgegebenen elektrischen Leistung im zu untersuchenden Betriebsjahr und der ausgegebenen elektrischen Leistung im ersten Betriebsjahr bei etwa 0,95 (Bezugszeichen 905), wobei jedoch Ausreißer 904 beobachtet werden, welche ein Verhältnis über 1 anzeigen. Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden diese Ausreißer 904 bei der Bestimmung der Degradation mittels eines Filterungsprozesses verworfen.

Weiterhin ist aus dem Graphen 900 der Fig. 9 ersichtlich, dass es auch Ausreißer 905 gibt, welche wesentlich unterhalb des Mittelwerts des Verhältnisses (0,95) liegen. Auch diese Ausreißer 905 können gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unberücksichtigt bleiben, um schließlich die Degradation des Photovoltaikmoduls zu bestimmen.

Die in Fig. 1 bis 3 illustrierten Referenzdaten und auch die in Fig. 4 bis 6 illustrierten Istdaten können dabei gemessene Daten darstellen, wobei

- Zeit und Datum der Messung;
- globale Einstrahlung auf der Moduloberfläche (z.B. in Wh/m<sup>2</sup>),
- die Modultemperatur (z.B. in °C) und
- die Gleichstromausgangsleistung (z. B. in Watt)

gemessen werden.

Dabei können die Daten zum Beispiel als gemittelte stündliche Werte ermittelt werden, welche zum Beispiel ein komplettes Referenzjahr, insbesondere das erste Betriebsjahr, umfassen bzw. ein späteres Betriebsjahr für die Istdaten.

5

Dann wird gemäß des Zuordnungsgraphen 700 der Fig. 7 jeder Istdatenpunkt oder jedes Istdatenelement mit einem Referenzdatenpunkt bzw. Referenzdatenelement verknüpft, wobei eine beste Passung gemäß bestimmten Entscheidungsregeln aufgefunden werden kann. Dabei ist eine mögliche Entscheidungsregel, den euklidischen Abstand zwischen den Referenzdatenelementen und den damit zugeordneten Istbedingungselementen (global oder über einen Teil der Paare) zu minimieren. Für jedes durch die Zuordnung gebildete Paar kann dann ein stündlicher Degradationsfaktor durch ein Verhältnis der ausgegebenen Gleichstromenergie im Istzeitintervall bzw. im Referenzzeitintervall (in Graphen 100 bis 600 der Fign. 1 bis 6 als Zeiträume 105 bzw. 405 angezeigt) bestimmt werden.

Wie aus dem Graphen 900 der Fig. 9 ersichtlich ist, haben die derartig bestimmten Degradationsfaktoren typischerweise eine große Streuung aufgrund von verschiedenen Störungen, wie etwa Messfehler, Sensorausfälle oder andere Einflüsse, welche nicht in den verfügbaren Datensätzen registriert sind. Durch Filtern (wie etwa Aussondern von Daten oberhalb der Schwelle 906 oder unterhalb der Schwelle 908) und/oder Mitteln der approximierten Degradationsfaktoren, welche zum Beispiel über ein ganzes Jahr als Istzeitintervall bzw. Referenzzeitintervall bestimmt werden können, kann jedoch ein sehr zuverlässiger Moduldegradationswert erhalten werden.

Fig. 10 illustriert eine Vorrichtung 1000 zum Bestimmen einer Performanz bzw. einer Degradation einer Komponente einer Photovoltaikanlage gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 1000 umfasst ein Datenzugriffsmodul 1020, welches zum Zugreifen auf Referenzdaten, wie sie in den Graphen 100, 200 und 300 der Fign. 1 bis 3 dargestellt sind, ausgebildet ist. Ferner ist das Datenzugriffsmodul 1020

zum Zugreifen auf Istdaten ausgebildet, wie sie etwa in den Graphen 400, 500 und 600 der Fig. 4 bis 6 illustriert sind.

5 Dazu kann das Datenzugriffsmodul beispielsweise einen elektronischen Speicher, eine Datenbank oder ähnliches umfassen, um die Referenzdaten und/oder die Istdaten zu speichern. Ferner kann das Datenzugriffsmodul über eine Signalleitung 1021 mit der Photovoltaikanlage 1030 verbunden sein, welche als eine Komponente das zu untersuchende Photovoltaikmodul um-  
10 fasst. Insbesondere können eine Vielzahl von Komponenten der Photovoltaikanlage 1030 hinsichtlich ihres Degradationsverhaltens gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung untersucht werden, wobei das Datenzugriffsmodul jeweils ausgebildet sein kann, auf jeweilige Referenzdaten und Istdaten  
15 dieser Vielzahl von Komponenten der Photovoltaikanlage 1030 zuzugreifen.

Die Vorrichtung 1000 umfasst weiterhin einen Prozessor 1040, welcher ausgebildet ist, die Istdaten (angezeigt durch Daten-  
20 pfeil 1033) und auch die Referenzdaten (angezeigt durch Datenpfeil 1031) zu vergleichen, etwa umfassend eine Zuordnung, wie sie im Graphen 700 der Fig. 7 dargestellt ist. Nach der erfolgten Zuordnung der Istdaten zu den Referenzdaten kann der Prozessor 1040 ausgebildet sein, Degradationsfaktoren,  
25 wie sie etwa in dem Graphen 900 der Fig. 9 dargestellt sind, zu bestimmen. Die bestimmten Degradationsfaktoren (angezeigt durch Datenpfeil 1041) können einer Anzeigevorrichtung 1042 zugeführt werden, um die Degradationsfaktoren oder die daraus bestimmte Gesamtdegradation darzustellen oder auszugeben.  
30 Ferner ist eine Eingabevorrichtung 1043 zum Steuern des Prozessors 1040 und auch des Datenzugriffsmoduls 1020 vorgesehen.

Gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können  
35 über die in Fig. 1 bis 6 illustrierten Daten hinaus andere Messdaten verwendet werden, um die Degradation zu berechnen. Insbesondere kann die Ausgangsleistung eines ganzen Tisches von Photovoltaikmodulen oder die Ausgangsleistung eines ein-

zelnen Moduls verwendet werden. Auch kann die Ausgangsleistung eines Konverters oder sogar die gesamte Wechselstromausgangsleistung der gesamten Photovoltaikanlage 1030 (am Wechselstromausgang 1035 abgreifbar) zur Bestimmung der Degradation verwendet werden. Auch kann anstatt der globalen horizontalen Einstrahlung die globale Einstrahlung auf der Moduloberfläche oder sogar die direkte und diffuse Einstrahlung gemessen werden. Weiter können andere Messdaten, wie etwa historische Temperaturwerte, Bewölkung, Windstärke, Windrichtung usw. aufgenommen werden oder sogar andere Umwelteinflüsse oder Faktoren, welche die Leistungsfähigkeit einer Komponente einer Photovoltaikanlage beeinflussen können. Die Messdaten können irgendeine Auflösung aufweisen, beispielsweise Sekunde, Minute, Stunde, Woche, Monat. Das Referenzzeitintervall und/oder das Istzeitintervall kann beispielsweise 1 Monat, mehrere Monate, 1 Jahr, mehrere Jahre oder zum Beispiel 10 Jahre betragen. Anstatt den euklidischen Abstand zu verwenden, können andere Abstandsfunktionen definiert werden. Verschiedene Filter können angewendet werden, bevor die Mittelung der abgeschätzten stündlichen Degradationswerte bestimmt wird. Zum Beispiel können untere und obere Grenzen spezifiziert werden und Ausreißer können vor der Mittelung der Degradationswerte eliminiert werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf unterschiedliche Erfindungsgegenstände beschrieben wurden. Insbesondere sind einige Ausführungsformen der Erfindung mit Vorrichtungsansprüchen und andere Ausführungsformen der Erfindung mit Verfahrensansprüchen beschrieben. Dem Fachmann wird jedoch bei der Lektüre dieser Anmeldung sofort klar werden, dass, sofern nicht explizit anders angegeben, zusätzlich zu einer Kombination von Merkmalen, die zu einem Typ von Erfindungsgegenstand gehören, auch eine beliebige Kombination von Merkmalen möglich ist, die zu unterschiedlichen Typen von Erfindungsgegenständen gehören.



## Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen einer Performanz (903) einer Photovoltaikanlage (1030), aufweisend:

- 5     - Zugreifen auf Referenzdaten (1031), welche
- o für eine Betriebsbedingung mindestens einer Komponente der Photovoltaikanlage während eines Referenzzeitintervalls (105) indikative Referenzbedingungsdaten (103, 203) und
  - 10     o den Referenzbedingungsdaten assoziierte für eine Leistungsausgabe der Komponente während des Referenzzeitintervalls indikative Referenzleistungsdaten (303) umfassen;
- Zugreifen auf Istdaten (1033), welche
- 15     o für eine Betriebsbedingung der Komponente während eines Istzeitintervalls (405) indikative Istbedingungsdaten (403, 503) und
- o den Istbedingungsdaten assoziierte für eine Leistungsausgabe der Komponente während des Istzeitintervalls (405) indikative Istleistungsdaten (603)
  - 20     umfassen;
- Vergleichen der Istdaten (1033) mit den Referenzdaten (1031), um ein Vergleichsergebnis zu erhalten;
- Bestimmen der Performanz (903) der Photovoltaikanlage
- 25     basierend auf dem Vergleichsergebnis.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die Komponente eine Photovoltaikzelle, ein Modul eine Mehrzahl verschalteter Photovoltaikzellen, einen Photovoltaikzellentisch oder Photovoltaikzellenstring einer Mehrzahl von Modulen, einen Konverter zum Konvertieren einer von einer Photovoltaikzelle ausgegebenen DC-Spannung in eine AC-Spannung und/oder die gesamte Photovoltaikanlage aufweist.

35 3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Referenzbedingungsdaten (103, 203) und/oder die Istbedingungsdaten (403, 503) für eine diffuse und/oder direkte Einstrahlungsleistung der Sonne indikative Daten und/oder für eine Tempe-

ratur der Komponente indikative Daten und/oder für Windstärke, Windrichtung, und/oder Umgebungstemperatur indikative Daten umfassen,

wobei die Referenzbedingungsdaten und/oder die Istbedingungsdaten insbesondere gemessen werden, weiter insbesondere unter  
5 Benutzung eines Pyranometers und/oder eines Temperatursensors.

4. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,  
10 wobei die Referenzdaten (1031) eine Mehrzahl von Referenzdatenelementen (707) umfassen, welche verschiedene Zeitpunkte innerhalb des Referenzzeitintervalls betreffen,  
wobei die Istdaten eine Mehrzahl von Istdatenelementen (708) umfassen, welche verschiedene Zeitpunkte innerhalb des  
15 Istzeitintervalls betreffen.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei das Vergleichen ein Zuordnen mindestens eines Istdatenelements (708) zu einem Referenzdatenelement (707) der Mehrzahl von Referenzdatenelementen umfasst, wobei das Zuordnen auf einem das mindestens eine  
20 Istdatenelement betreffenden mindestens einen Istbedingungsdatenelement und auf einem das Referenzdatenelement betreffenden Referenzbedingungsdatenelement, insbesondere auf einem Vergleich des Istbedingungsdatenelements und des Referenzdatenelements, basiert.  
25

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei das Zuordnen ein Bestimmen eines Abstandes (803) zwischen dem mindestens einen  
Istbedingungsdatenelement und dem Referenzbedingungsdatenelement aufweist, wobei das Zuordnen insbesondere dann erfolgt,  
30 wenn der Abstand zwischen dem Istbedingungsdatenelement und dem Referenzbedingungsdatenelement nicht größer ist als ein Abstand zwischen dem Istbedingungsdatenelement und irgendeinem anderen Referenzbedingungsdatenelement der Mehrzahl von  
35 Referenzbedingungsdatenelementen.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, wobei die Zuordnung derart erfolgt, um ein Abstandsmaß einer Mehrzahl von Abständen zwi-

schen Istbedingungsdatenelementen und Referenzbedingungsdatenelementen zu minimieren.

8. Verfahren gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei der Abstand ein  
5 relativer Abstand, insbesondere ein euklidischer relativer Abstand, ist.

9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei der Abstand verschiedene Komponenten des Istbedingungsdatenelements und des Referenzbedingungsdatenelements basierend auf einem  
10 Einfluss der Komponenten auf die Performanz verschieden gewichtet.

10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei das  
15 mindestens eine Istdatenelement demjenigen Referenzdatenelement zugeordnet wird, dessen betreffender Zeitpunkt relativ zu dem Referenzzeitintervall sich nicht mehr als ein vorgegebener Schwellenzeitunterschied (805) von dem das Istdatenelement betreffenden Zeitpunkt relativ zu dem Istzeitintervall  
20 unterscheidet.

11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 10, wobei das Bestimmen der Performanz (903) ein Bestimmen mindestens eines Performanzelements aus einem Vergleich, insbesondere einem  
25 Verhältnis, zwischen einem dem Istbedingungsdatenelement assoziierten Istleistungsdatenelement und einem dem Referenzbedingungsdatenelement, welches dem Istbedingungsdatenelement zugeordnet ist, assoziierten Referenzleistungsdatenelement aufweist.  
30

12. Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei das Bestimmen der Performanz (903) ein Mitteln des mindestens einen Performanzelements über zumindest einen Teil des Istzeitintervalls (405)  
35 aufweist.

13. Verfahren gemäß Anspruch 11 oder 12, wobei das Bestimmen der Performanz ein Filtern des mindestens einen Performanzelements aufweist,

wobei insbesondere Performanzelemente, welche sich um mehr  
5 als eine vorgegebene Performanzdifferenzschwelle (906, 908) von einem Mittelwert (905) der Performanzelemente unterscheiden, verwendet werden,

wobei insbesondere Performanzelemente, die eine Bedingung betreffen, in der eine Sonneneinstrahlung geringer als eine  
10 Einstrahlungsschwelle ist, verwendet werden,

wobei insbesondere Performanzelemente, die Istbedingungsdatenelemente betreffen, deren Abstand zu dem zugeordneten Referenzbedingungsdatenelement größer als ein Schwellenabstand ist, verwendet werden.

15

14. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend Bestimmen einer Degradation der Komponente basierend auf der Performanz.

20

15. Vorrichtung (1000) zum Bestimmen einer Performanz einer Photovoltaikanlage (1030), aufweisend:

- ein Datenzugriffsmodul (1020),

wobei das Datenzugriffsmodul zum Zugreifen auf Referenzdaten (1031) ausgebildet, welche

25

o für eine Betriebsbedingung mindestens einer Komponente der Photovoltaikanlage während eines Referenzzeitintervalls indikative Referenzbedingungsdaten und

30

o den Referenzbedingungsdaten assoziierte für eine Leistungsausgabe der Komponente während des Referenzzeitintervalls indikative Referenzleistungsdaten umfassen;

wobei das Datenzugriffsmodul zum Zugreifen auf Istdaten (1033) ausgebildet, welche

35

o für eine Betriebsbedingung der Komponente während eines Istzeitintervalls indikative Istbedingungsdaten und

- o den Istbedingungsdaten assoziierte für eine Leistungsausgabe der Komponente während des Istzeitintervalls indikative Istleistungsdaten umfassen; und
- einen Prozessor (1040), welcher ausgebildet ist, die Istdaten (1033) mit den Referenzdaten (1031) zu vergleichen, um ein Vergleichsergebnis zu erhalten, und die Performanz (903) der Photovoltaikanlage (1030) basierend auf dem Vergleichsergebnis zu bestimmen.

FIG 1

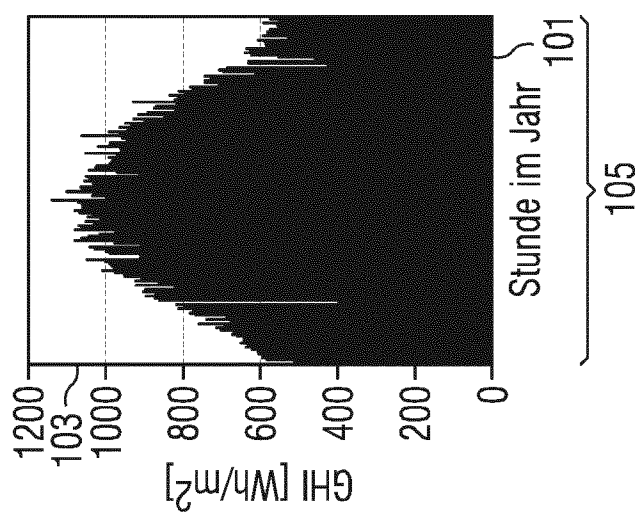


FIG 2

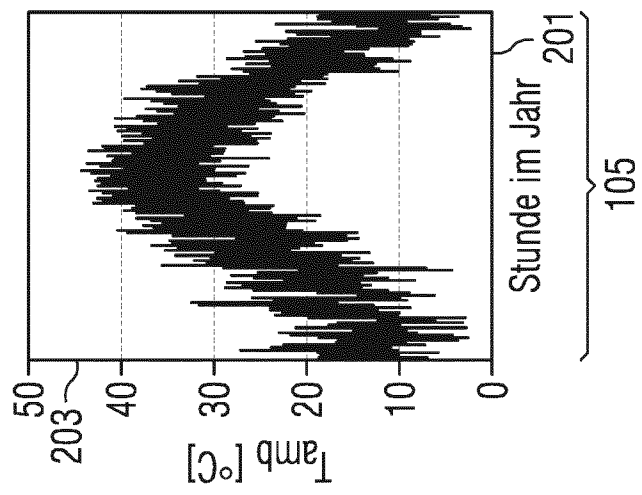
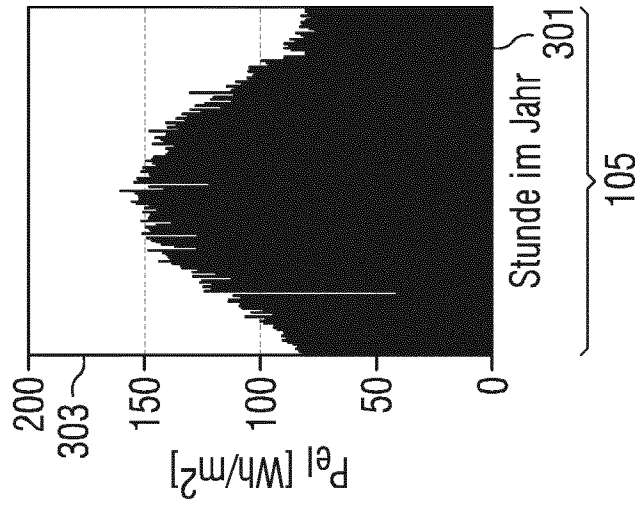
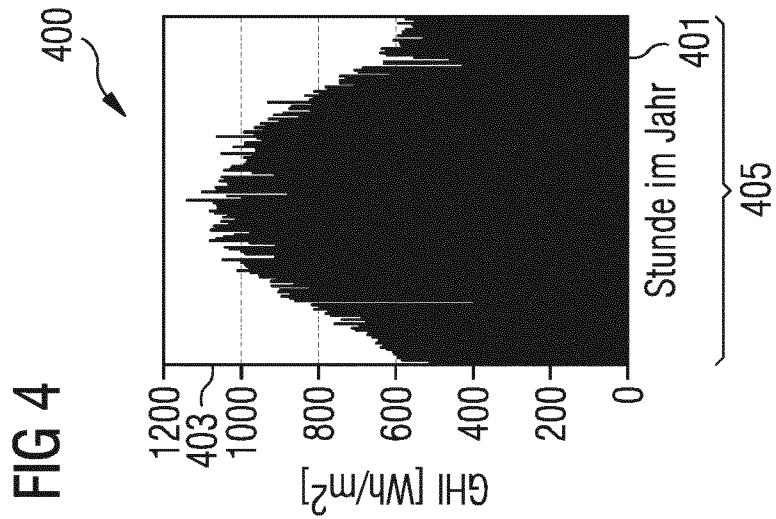
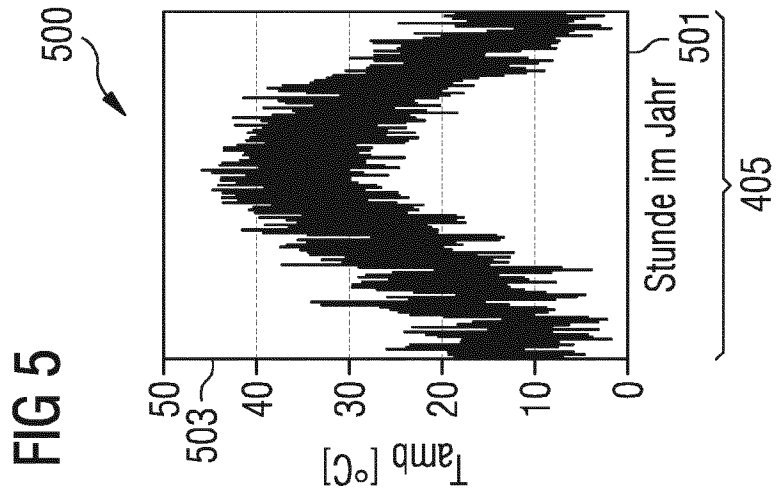
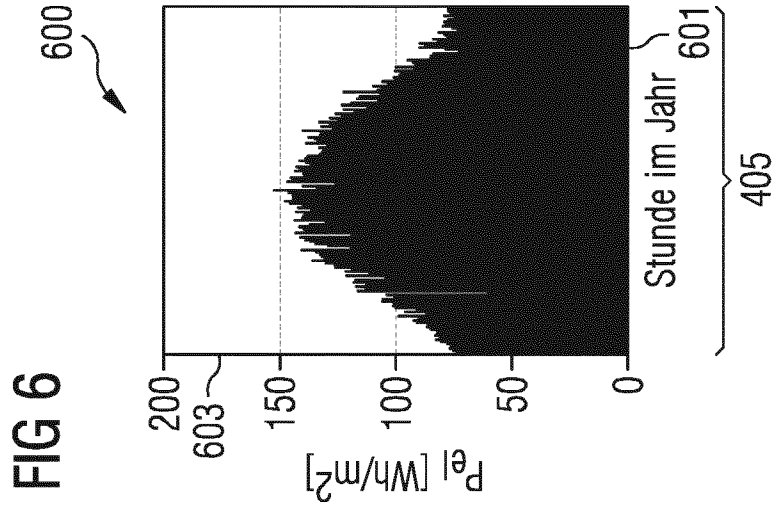
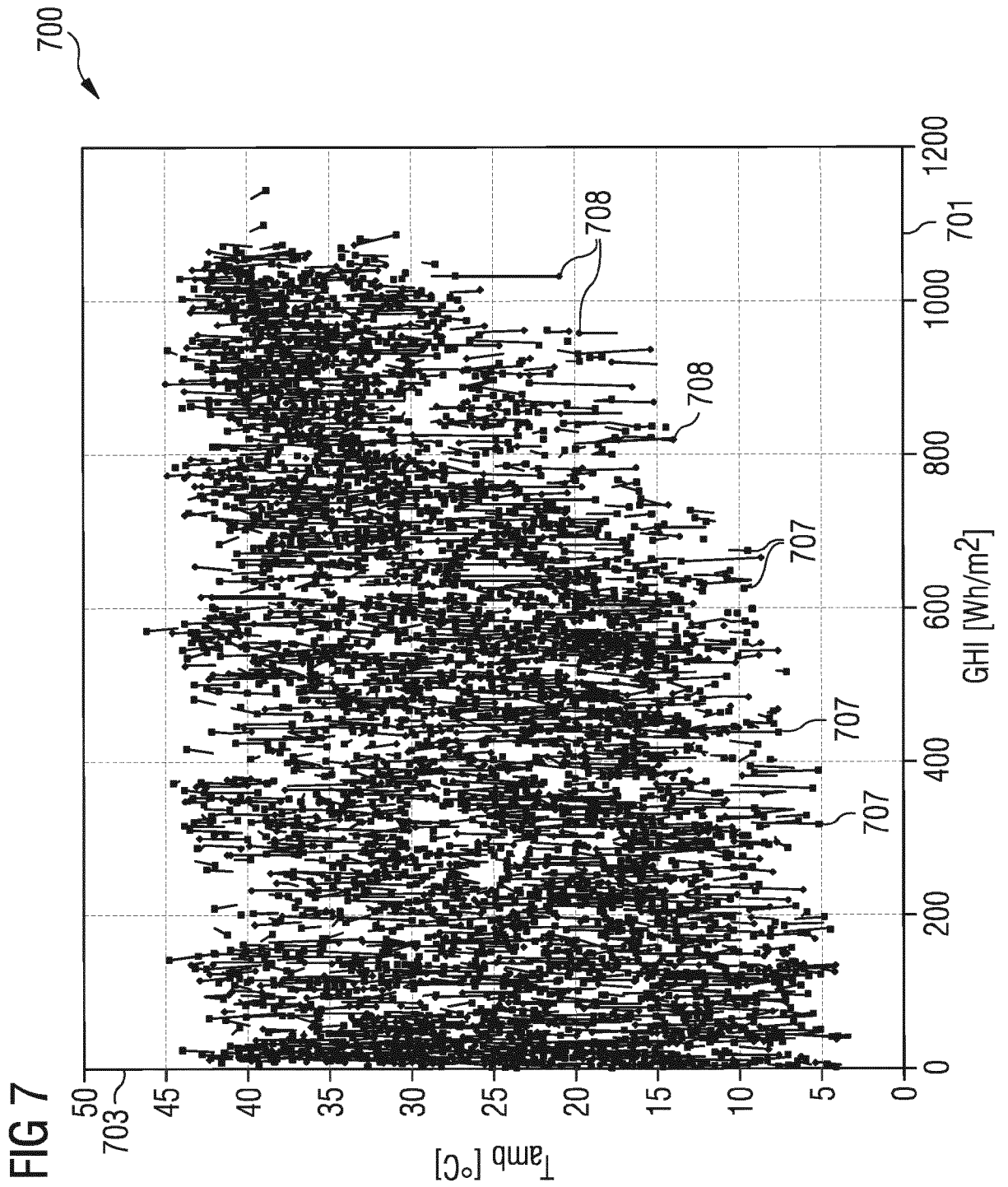


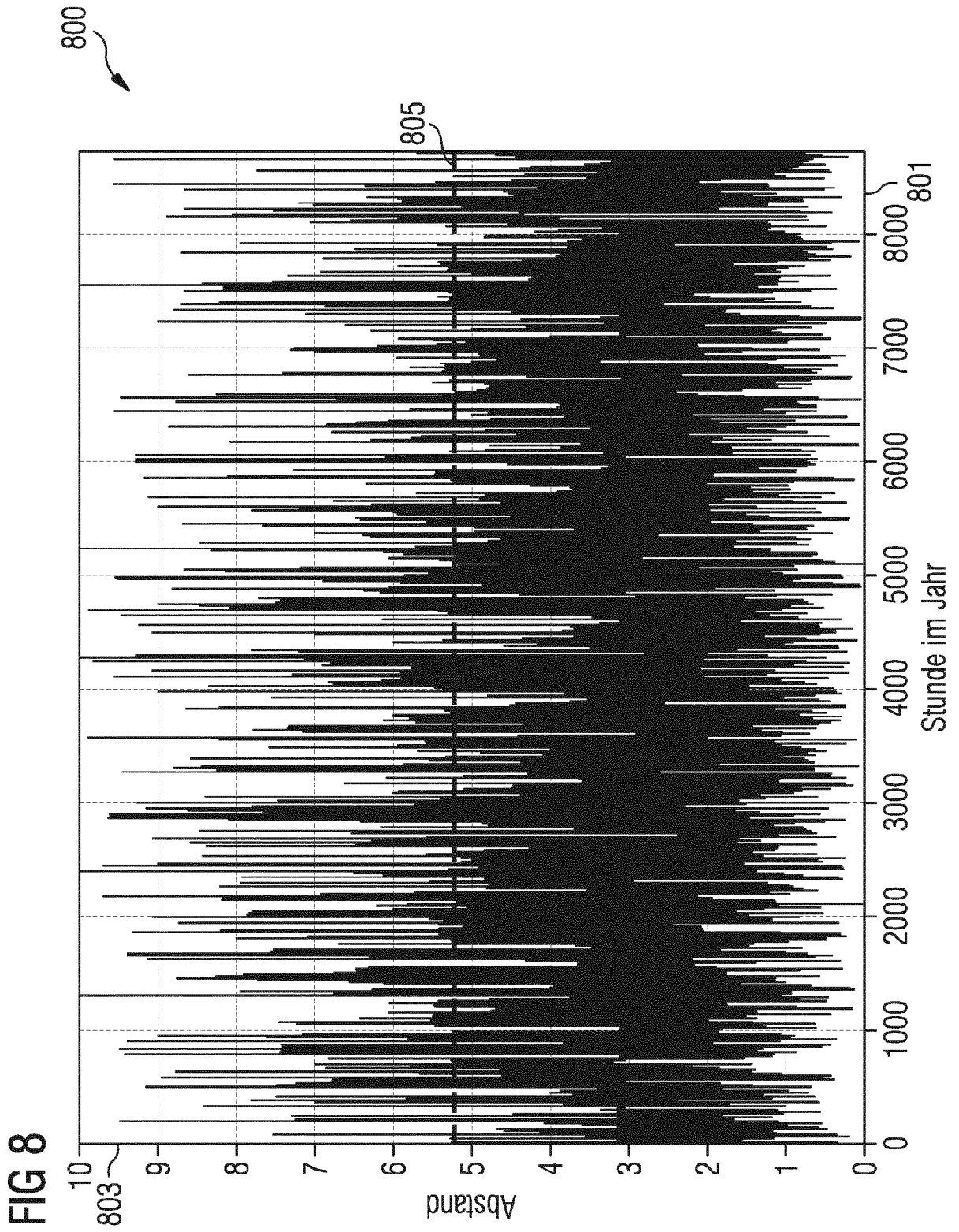
FIG 3











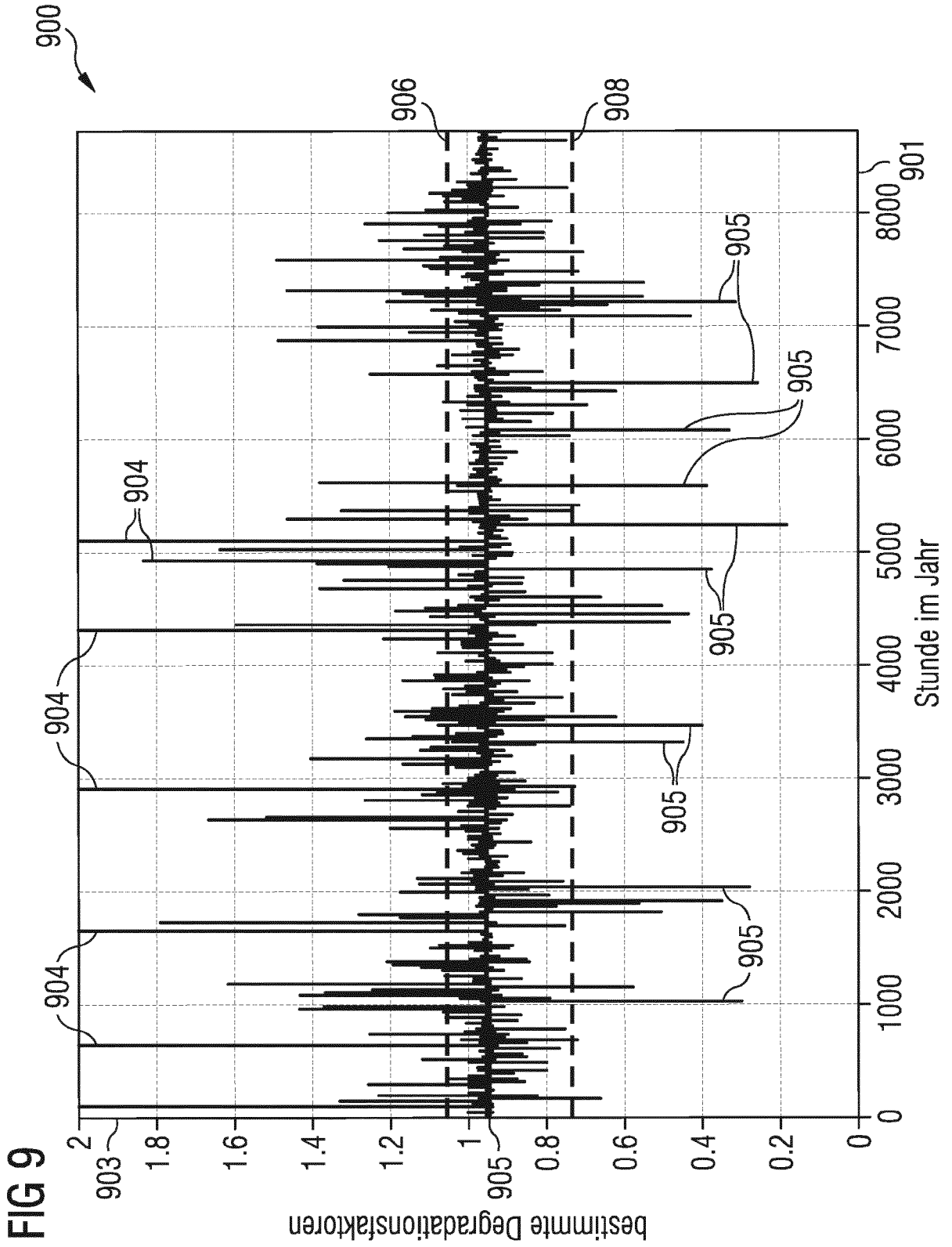


FIG 10

