



RES-SKILL

Umschulung von Beschäftigten der
Kohleindustrie für den Sektor der
erneuerbaren Energien

RES-SKILL SCHULUNGSMATERIAL
PV-Anwendungen/Konfigurationen

Kurs 2.1 Elektrische Wartung und Fehlersuche an PV-Anlagen

Kurs 2.2 Service und Reparaturen

Kurs 2.1 Elektrische Wartung und Fehlersuche an PV-Anlagen

www.renac.de

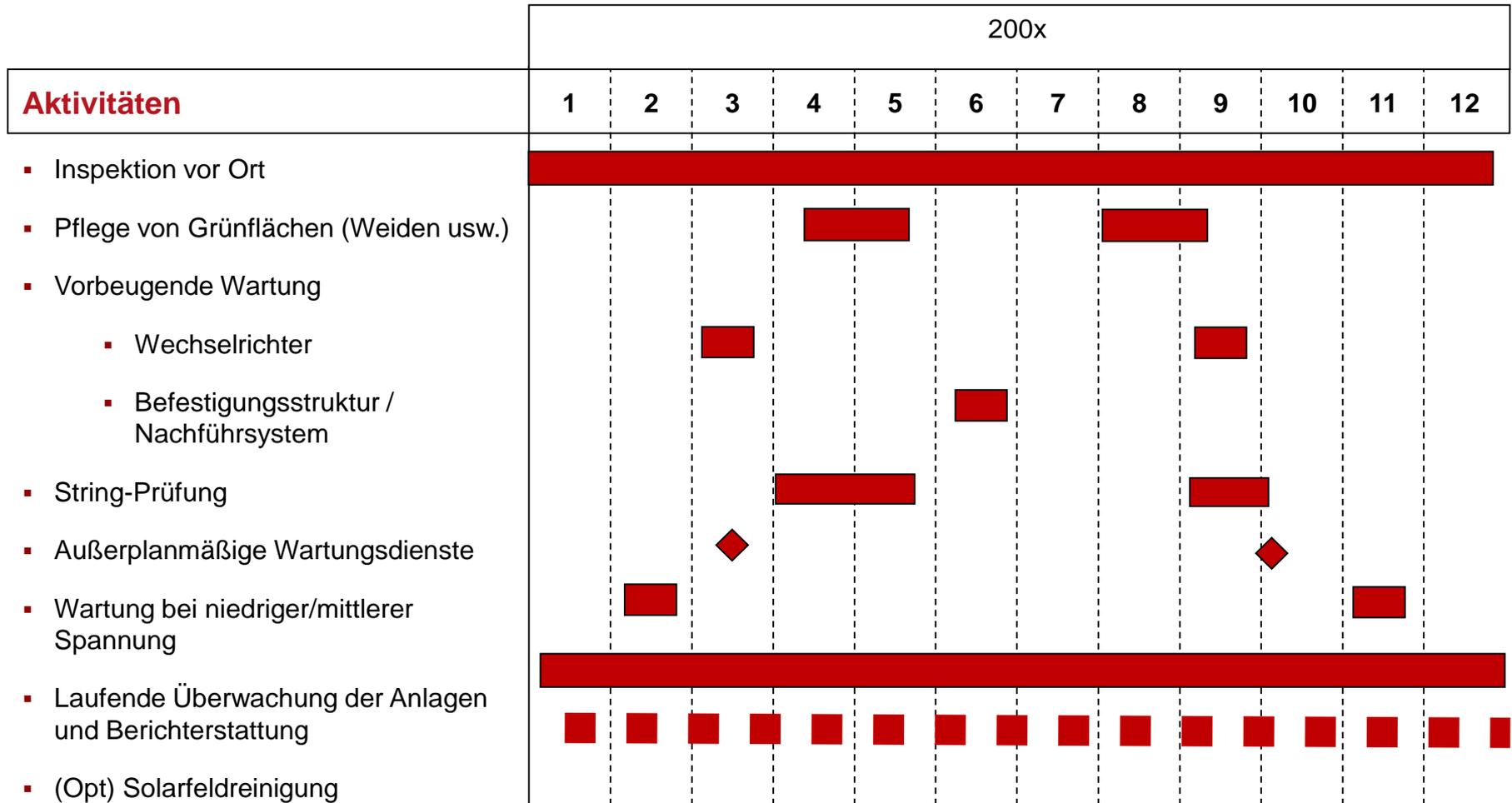
- Organisatorische Fragen & Instandhaltungsstrategien



Wichtigste technische O&M-Aufgaben

- Tägliche Anlagenüberwachung
- Vorbeugende und korrigierende Instandhaltung
- Instandhaltung, Reinigung und Sicherheit des Geländes
- Berichterstattung
- Verwaltung von Garantien und Unterauftragnehmern
- Verwaltung von Versicherungen
- Rückkopplungstechnik und Anlagenoptimierung

- Organisatorische Fragen & Instandhaltungsstrategien

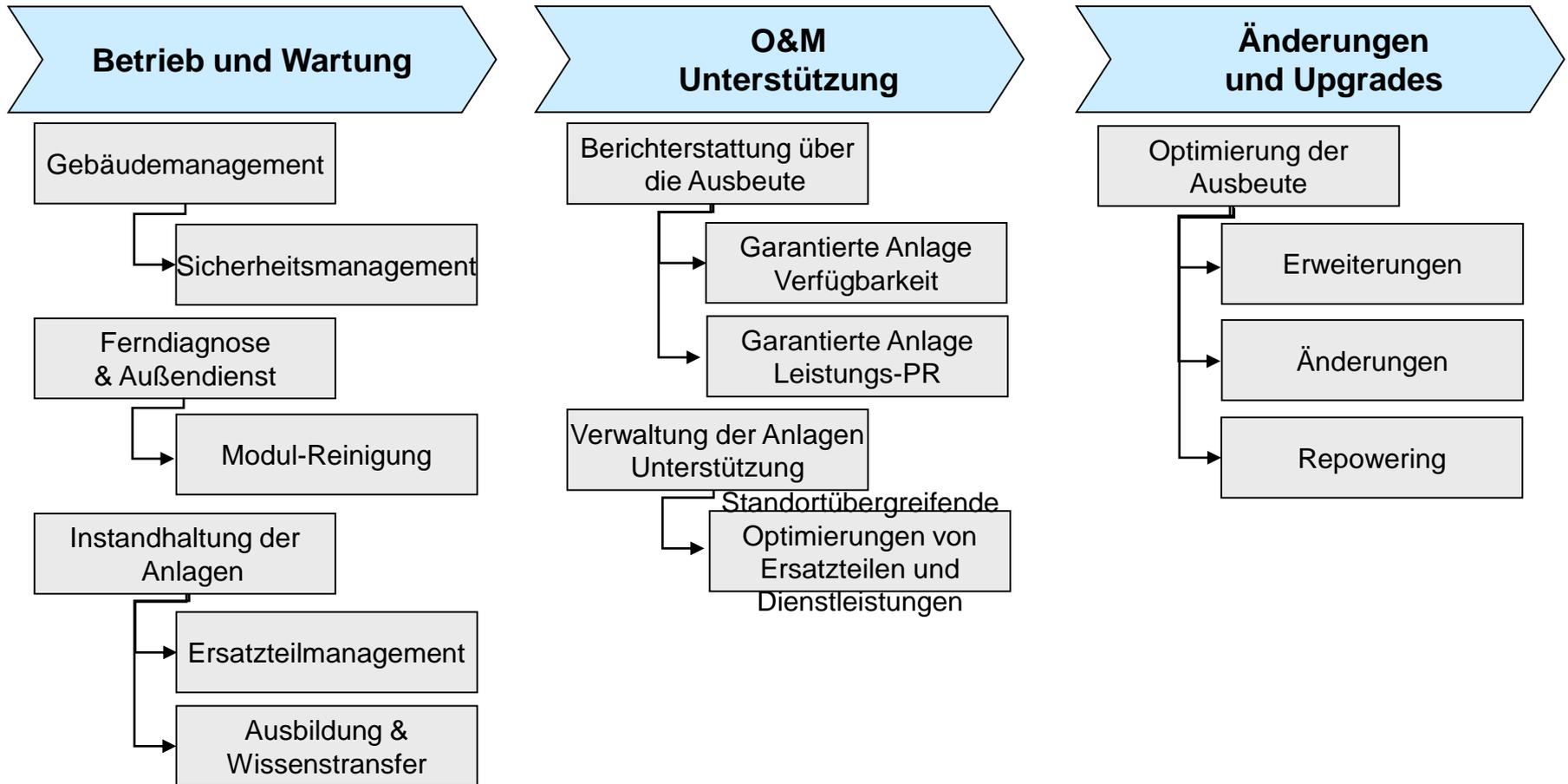


Dienstleister und Verträge

www.renac.de

O&M Dienstleistungsverträge

- Wesentlich für die Gewährleistung einer langen Lebensdauer, der Verfügbarkeit der Anlage und der korrekten Leistung
- Abhängig von der Größe, dem Standort und der Bereitschaft des Investors, den Betrieb auszulagern oder selbst durchzuführen (Reinigung, Überwachung, Ersatzteilmanagement, ...)
- Vorhersehbare Kosten können in den Geschäftsplan aufgenommen werden
- Garantie des Leistungsverhältnisses



Typische Dienstleistungsverträge

	PR-Überwachung und vorbeugende Wartung	Vollständiger Service	Vollständige O&M
Leistungsüberwachung	✓	✓	✓
Ferndiagnose	✓	✓	✓
Reaktion auf das Versagen	✓	✓	✓
Berichterstattung	✓	✓	✓
Vorbeugende Wartung	✓	✓	✓
Ersatzteile		✓	✓
Reparaturdienste		✓	✓
PR-Garantie		✓	✓
Gebäudemanagement			✓
Reinigung der Module			✓
Sicherheitsmanagement			✓

Betrieb und Wartung (O&M)

Arbeitskräfte

- Personal vor Ort
 - Betrieb und Wartung (technisch)
 - Sicherheit
- Personal außerhalb des Standorts
 - Verwaltung
 - Experten
 - Verwaltung
 - IT
 - Planmäßige Wartung

Wartungsteile

- Erstausrüstung mit Ersatzteilen für den regulären Betrieb der Anlage
- Redundante Teile für kritische Artikel
- Für die planmäßige Wartung benötigte Teile

Sonstiges

- Management von Unterauftragnehmern
- Definition des O&M-Prozesses
- Ertragsanalyse und Berichterstattung
- Transport, z. B. Gabelstapler,
- Zusätzliche Werkzeuge, z.B. I-V-Kurvenmessungen

O&M-Vertrag - wichtigste Überlegungen

- **Umfang der vorbeugenden Instandhaltung**
 - z. B. Modulreinigung (in Umgebungen, in denen dies erforderlich ist)
- **Korrigierende Instandhaltung**
 - Reaktionszeiten
 - Ersatzteilmanagement
- **Verfügbarkeit und Leistungsgarantie**
- **Gewährleistungsmanagement**
- **Berichterstattung**

- **Technisch**

- Anlagenüberwachung, Monitoring: Datenüberwachung, Zählerstände, etc.
- Vorbeugende Wartung, Inspektionen: Visuelle Inspektionen, Reinigung, Bodenpflege, etc.
- Korrektive Wartung, Reparaturen: Arbeit, Komponenten

- **Versicherungen, Baustellensicherheit**

- **Mietzahlungen**

- **Kommerziell/Verwaltung**

- Rechnungsstellung, Buchhaltung, Steuererklärungen
- Kosten für die Messung

OPEX - Kennwerte

Während die Investitionskosten sinken, haben die OPEX einen immer größeren Einfluss!

Es ist hilfreich, die OPEX anhand der folgenden spezifischen Werte zu analysieren:

- Absolute Kosten (insgesamt \$/a)
- % der Gesamtinvestitionen (%)
- % der Jahreseinnahmen (%)
- Jährliche spezifische Kosten (\$/kWp/a)

Kurs 2.2 Service und Reparaturen

www.renac.de

Warum eine PV-Anlage überwachen?

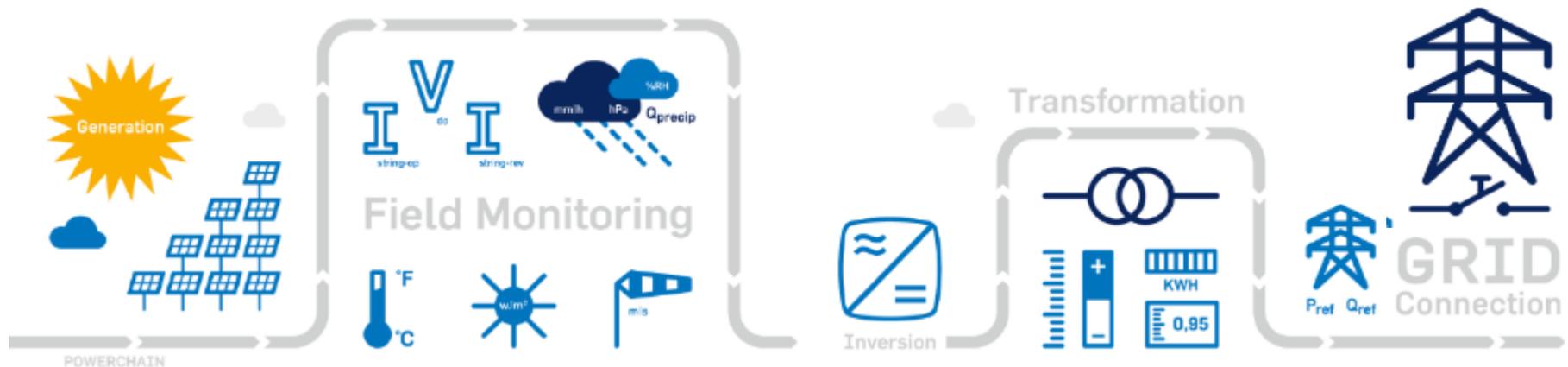
- Die Leistungsüberwachung hilft ...
 - Überprüfung des Energieertrags der PV-Anlage
 - Überprüfung der Betriebsbedingungen von Modulen und Wechselrichtern
 - Kontrolle der Einstrahlung und weiterer meteorologischer Parameter
 - Überprüfung des PV-Standorts mit einer Videokamera
 - Erkennen von Fehlern (z. B. gebrochene Module, defekte Kabel, Diebstahl)
- => **Maximierung der Energieausbeute (wichtiger Qualitätsaspekt)**

Effiziente Überwachung einer Fotovoltaikanlage

- Um eine hohe Rentabilität der Investition zu gewährleisten, ist es wichtig, dass die Photovoltaikanlage ohne Unterbrechung arbeitet. Die Anlagenüberwachung soll sicherstellen, dass Störungen frühzeitig erkannt werden können, um Verluste bei der Energieerzeugung zu minimieren.
- Der Überwachungsvertrag basiert auf einer schnellen Reaktionszeit im Falle einer Störung der Photovoltaikanlage.
- Heutige Überwachungssysteme bieten nicht nur Überwachungs- und Alarmfunktionen, sondern ermöglichen auch die Optimierung der Anlagenauslegung und der Wartungsintervalle.
- Langfristige Überwachung ermöglicht auch die Überprüfung von Garantiezusagen

Kategorien der Überwachung

- Ablesen der Wechselrichterwerte auf dem Display vor Ort
- Online-Überwachung der Wechselrichterparameter (P, V, I)
- Überwachung von Umweltdaten (Strahlung, Temperatur, Wind)
- Online-Überwachung von Wechselrichtern, Strings, Wetter und Energiezählern.
- Kontrolle des Netzes



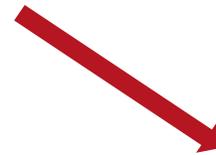
Überwachung

Quelle: skytron-energy

Anforderungen an das Überwachungssystem

- Verdrahtung der Felddaten
- Datenlogger
- Datenübertragungssystem (DSL, GSM...)
- Datenbank-Server
- Überwachungssoftware
- Sonneneinstrahlungssensoren
- Modul-Temperatursensoren
- Temperatur in der Umgebung
- Windsensor

- IV-Kurven-Analysen der einzelnen Strings
- HT-Instrumente: I-V 400
- TRITEC: TRI-KA, TRI-SEN



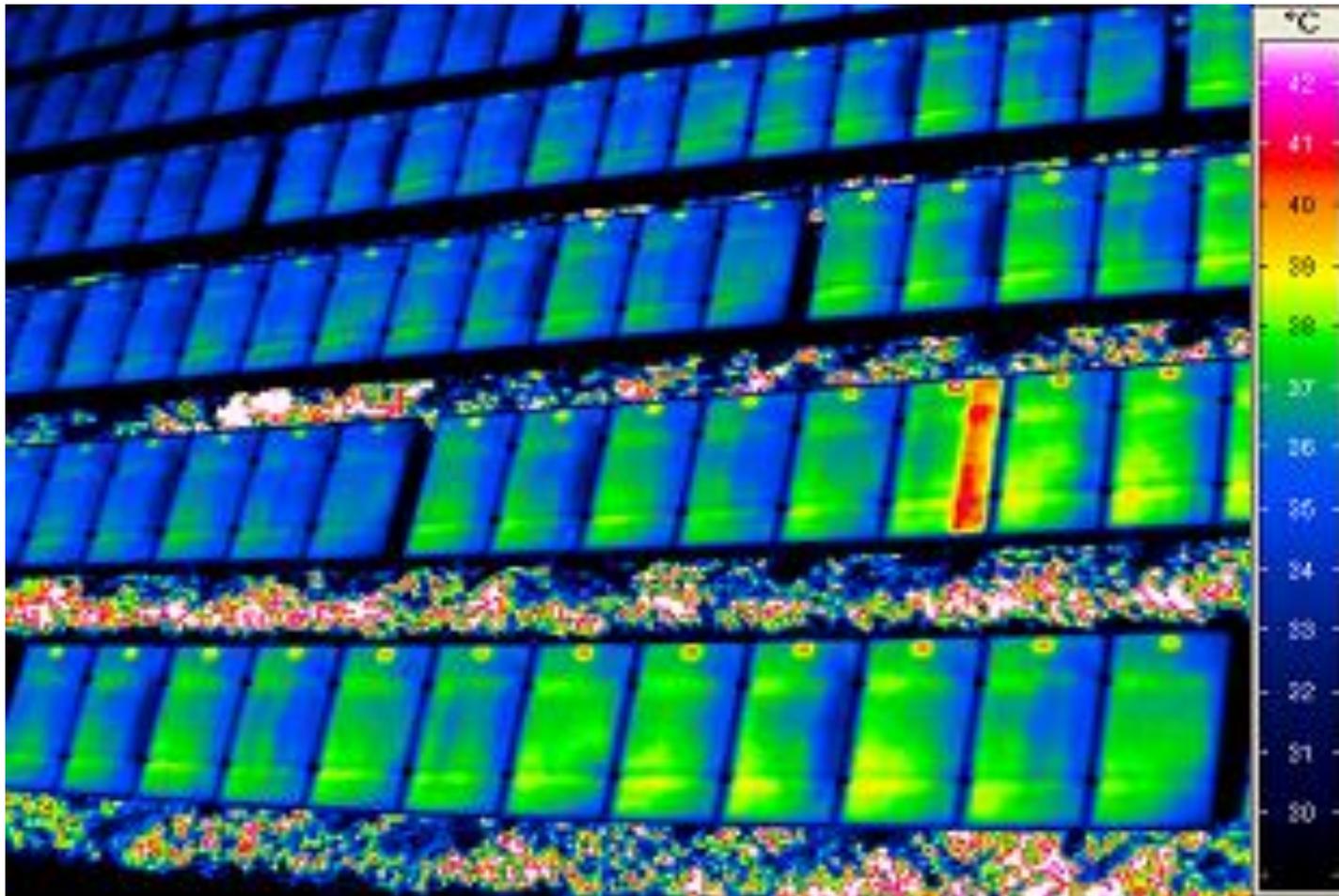
Überwachung

Quelle: www.trika.com



Quelle: RENAC, Ausbildung

Thermografische Bilder



Quelle: www.solarschmiede.de

Bestrahlungsstärkesensoren - Pyranometer

- Pyranometer absorbiert alles Licht zwischen 310nm und 2800nm (CMP 3, Kipp & Zonen) und wandelt es in Wärme um, die gemessen wird. Damit wird die globale Bestrahlungsstärke gemessen.
- 180° Sichtfeld
- Sie müssen die Norm ISO 9060 erfüllen.
- Zur Messung der diffusen Bestrahlungsstärke ist ein zusätzliches Schatten Ringwerkzeug erforderlich
- Pyranometer sind langsam, aber sehr genau (ca. +/- 0,8 %)



Strahlungsmessung - Silizium-Strahlungssensor

- Erzeugt eine bestimmte Spannung bei bestimmten Strahlungswerten, Datenlogger zeichnet die Spannung auf
- sollte aus dem gleichen Zellmaterial wie der PV-Generator bestehen (spektrale Empfindlichkeit) und für zuverlässige Messungen kalibriert sein
- Referenzzellen in derselben Ausrichtung und Neigung wie die Module montieren

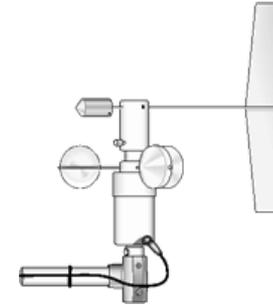


Quelle: www.iks-photovoltaik.de

Temperatursensoren

- PT 1000/ PT 100 Platin-Widerstandssensoren haben einen spezifischen temperaturabhängigen Widerstand:
 - PT1000, 1 k Ω bei 0°C
 - PT100, 100 Ω bei 0°C
- Der Widerstand wird gemessen und die Temperatur wird bestimmt
- Vierdrahttechnik für präzise Messungen wird verwendet
- Messung der Umgebungs- und Modultemperatur

- 3-Tassen-Anemometer



Quelle: www.campbellsci.com

- Windmühlenartige Anemometer



Quelle: www.campbellsci.com

- Ultraschall-Anemometer (ISO 16622)



Quelle: www.campbellsci.com

- Verbindung über RS 232, RS 485, CAN oder Powerline zum Wechselrichter
- Analog-Digital-Wandler für verschiedene Eingangssignale:
 - Bestrahlungsstärke, Temperatur, Windgeschwindigkeit
- Speicherung von Parametern (Daten) mit Zeitstempeln (Logging)
- Lagerzeit ca. 1 Jahr
- Übertragung an den Datenspeicher-Server über LAN, GSM oder Satellit (SPYCE Satellite Photovoltaic Yield Control & Evaluation)

- Interner Datenlogger:
 - interner Wechselrichter
 - speichert elektrische Parameter
- Externer Datenlogger:
 - eigenständiges Gerät
 - speichert elektrische Parameter
 - und Sensordaten

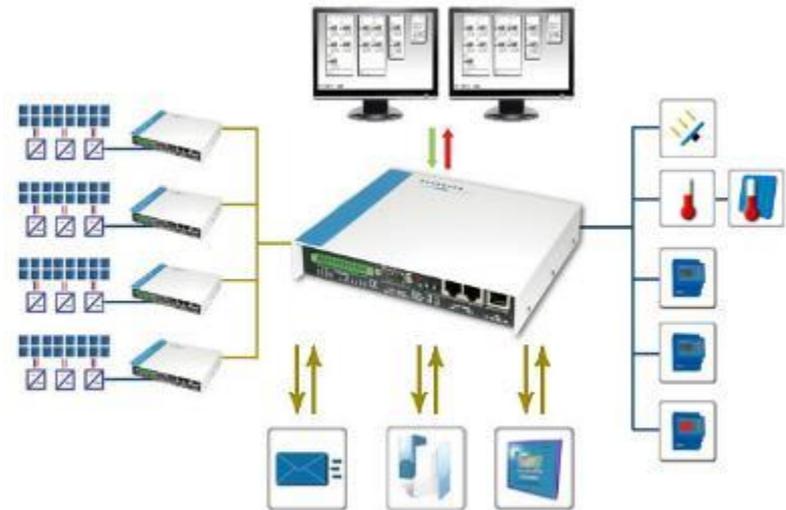


Quelle: www.fronius.de



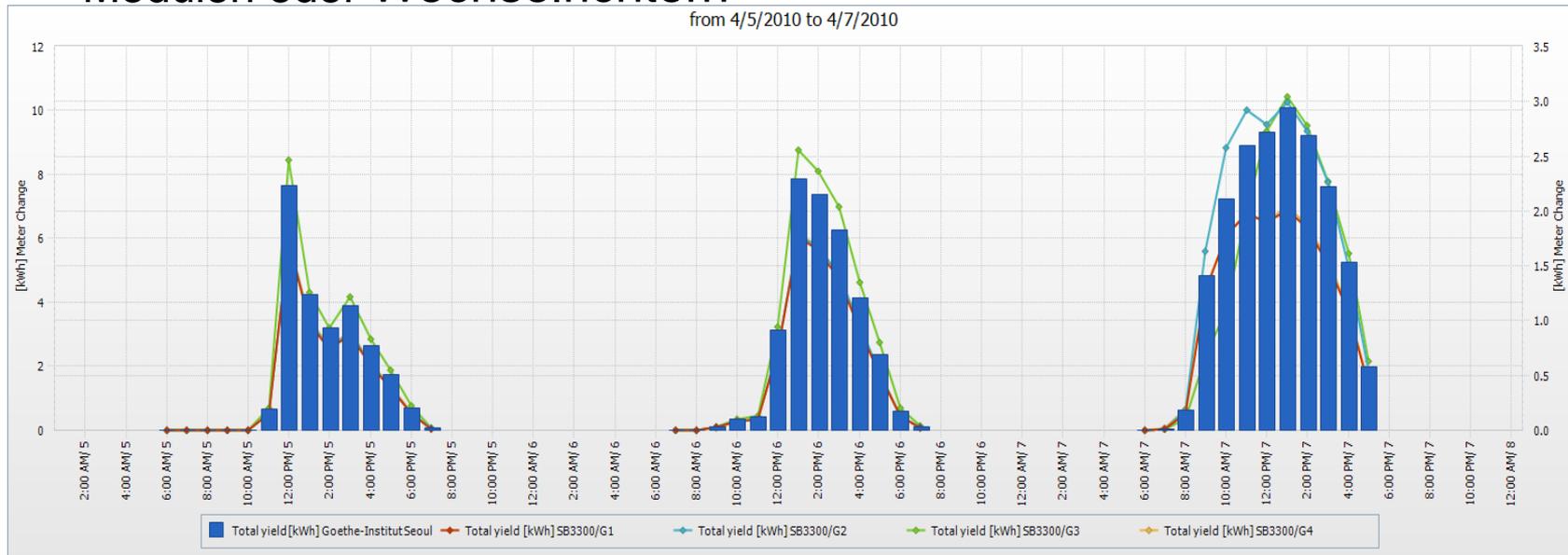
Quelle: www.sma.de

- Webbasierte Dienste
- Übermittlung der Daten an den zentralen Server
- Wird von Wechselrichterherstellern angeboten (z.B. www.sunnyportal.com)
- Oder unabhängige Organisationen, z.B. SPYSE (www.spyce.ch, satellitengestützte Bestrahlungsstärkemessung)
- Eigenständige Software
- Server zur Datenspeicherung
- Web-Client für die Visualisierung
- Überwachung von PV-Großanlagen



Quelle: www.papendorf-se.de

- Berichte und Diagramme über die Leistung der PV-Anlage mit Tages-, Monats-, Jahres- und Laufzeitübersichten
- Wechselrichtererträge
- Automatische Benachrichtigung per E-Mail oder SMS bei Ausfall von Modulen oder Wechselrichtern

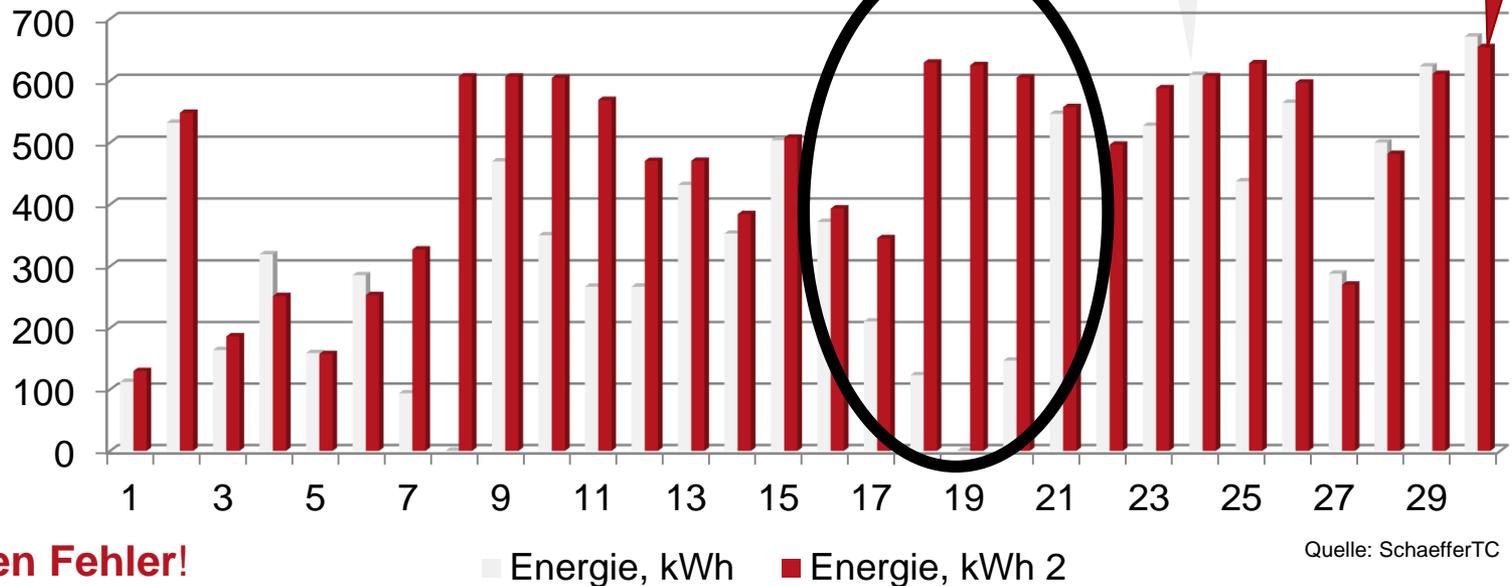


Fehlersuche

- Zwei Möglichkeiten:
 - a) Abschaltung des/der Wechselrichter(s)
 - b) Störungsüberwachung
- Die Überwachung muss mindestens zwei gleiche Teile der PV-Anlage (mindestens zwei Wechselrichter oder zwei Strings) vergleichen!!!

Grau: Überwachungs-system

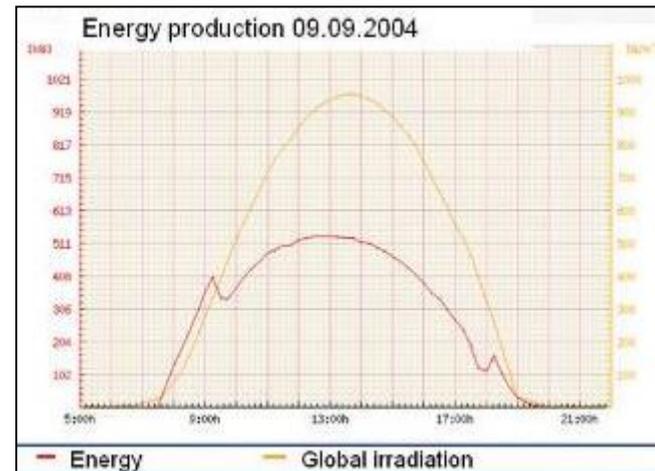
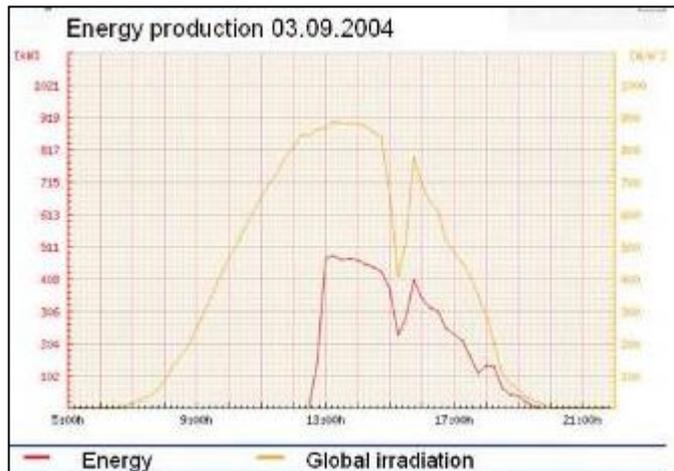
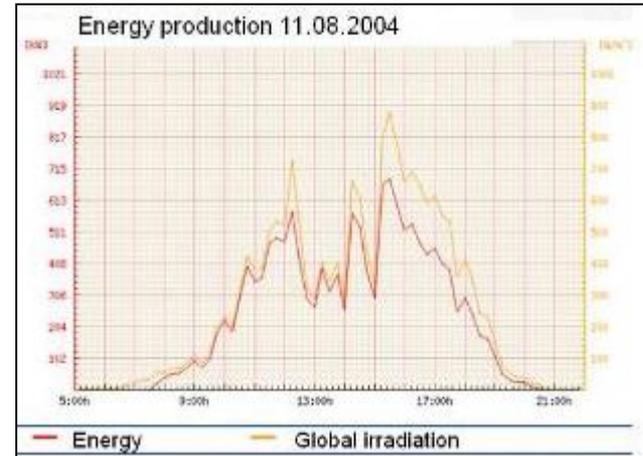
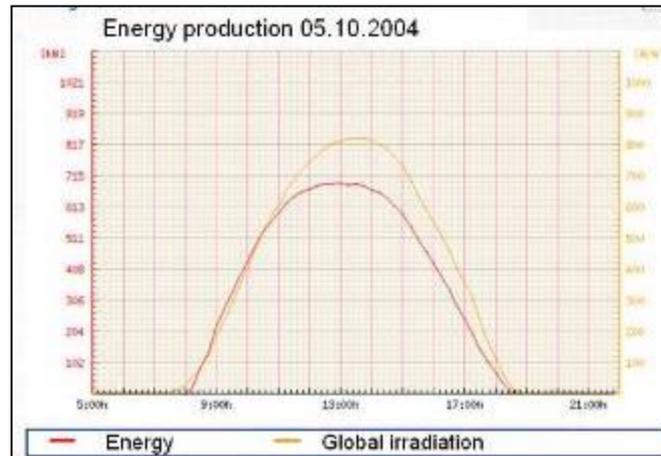
Rot: Energie-erzeugung



Finde den Fehler!

■ Energie, kWh ■ Energie, kWh 2

Quelle: SchaefferTC



Quelle: Siemens

Erkennung von Fehlern

- Versagen
 - Abtrennung vom Netz?
 - Abschaltung des Wechselrichters?
 - Keine Datenübertragung?
 - Defektes Gerät?
 - andere?
- Lösung
 - Fehlermeldung?
 - Inspektion am PV-Standort

Erkennung von Fehlern

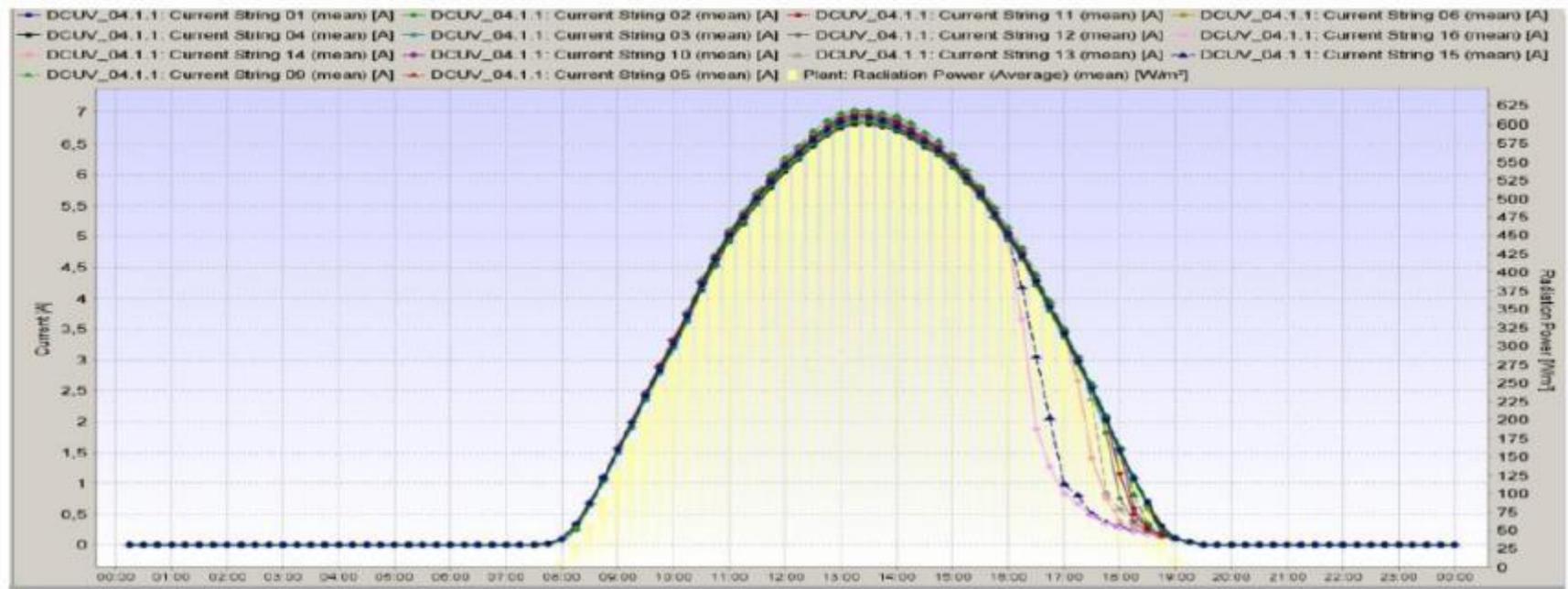


Quelle: Ökogeno

Wechselrichter ausgeschaltet



Quelle: Skytron-Energie



Quelle: Skytron-Energie

- Übung: Berechnen wir die Kosten eines unentdeckten Modulausfalls

Zusammenfassung der Fehlererkennung

- Vergleich der Referenzwerte der letzten 30 Tage mit dem, was die PV-Anlage hätte produzieren sollen
- Abweichungen werden mit typischen Fehlermustern verglichen, die durch Faktoren wie Beschattung, Degradation, Verschmutzung, Schneebedeckung oder Ausfall von Systemkomponenten verursacht werden.
- Größe, Dauer und Entwicklung der Unterschiede sowie die Korrelation mit Strahlung, Temperatur und Tageszeit werden berücksichtigt, um die Art der Störung zu bestimmen

Zusammenfassende Überwachung

- Bestimmung des Energieertrags (kWh/kWp) durch Vergleich der Bestrahlungsstärke mit der Anlagenleistung
- Analysieren Sie mehrere Strings und Installationen
- Überprüfung auf leistungsschwache Module, Strings und Wechselrichter
- Kontrolle auf Schattenbildung, Verschmutzung, Schnee
- Maximierung der Leistung von PV-Systemen durch Reinigung der Moduloberfläche, Neuordnung/Austausch von Modulen

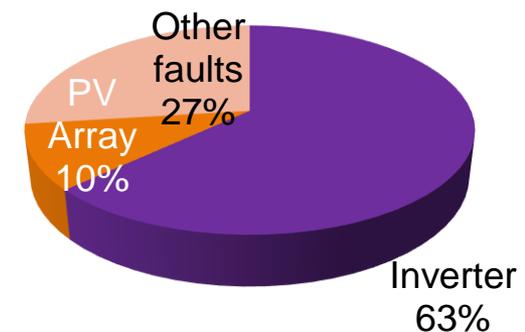
Fehlersuche



Typische Fehler in der Vergangenheit

- Die zuverlässigsten Komponenten waren: Module, DC-Verkabelung und Verteilerkästen
- Die meisten Fehler im PV-Generator entstehen durch Bypass- oder String-Dioden
- Montage: Windlasten wurden nicht berücksichtigt und falsche Materialwahl führte zu Korrosion: Messingschrauben dürfen nicht in verzinkten Konstruktionen verwendet werden!
- Die meisten Fehler treten im Wechselrichter auf, bedingt durch falsche Dimensionierung, Kabelgrößen und falsche Spannungsanpassung zwischen Wechselrichter und PV-Anlage

Aufschlüsselung der Fehler



Quelle: Basierend auf Untersuchungen im Rahmen des deutschen 100 000-Dächer-Programms des Fraunhofer-Instituts ISE (1997)

Bodenbewegungen (z. B. aufgrund von starkem Regen)



www.solarpraos.de / Quednow

Schäden durch Wind - unzureichende Fixierung



Quelle: Mannheimer AG

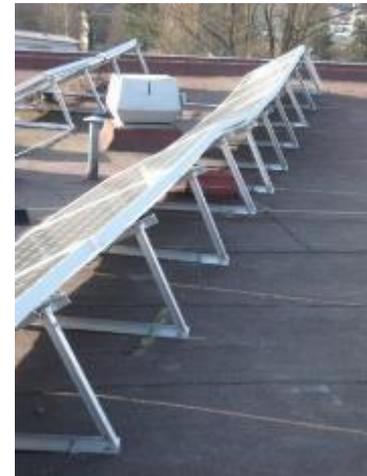
Unzureichende Verkabelung



Eva Schubert, Solarpraxis AG



www. Solarpraxis.de



www.solarpraxis.de / Schubert

Verschmutzung der Module durch Verunreinigung (Standort!)



Quelle: Schaeffer TC für RENAC



Verbrannte
Verteilerdose



Lichtbögen aufgrund
schlechter
Lötverbindungen
können zu Schäden an
Modulen oder sogar zu
Bränden führen.



Unterbrochene
Zelle, ähnliches
Verhalten wie bei
einer schattierten
Zelle



Fehler in der DC-Verkabelung

- Alle DC-Komponenten (wie Sicherungen und Sicherungshalter) müssen für PV geeignet sein.
- Alle DC-Verbindungen müssen sehr präzise ausgeführt werden.



Degradierung von Solarmodulen

- Es kann keine allgemeine Regel aufgestellt werden, einige Studien zeigen eine erhebliche Verschlechterung, andere Studien zeigen eine sehr stabile Leistung im Laufe der Zeit.
- Die Degradation kann durch das Eindringen von Feuchtigkeit in die Zellen oder durch chemische Reaktionen im Verkapselungsmaterial (EVA Browning) sowie durch Risse in den Zellen oder heiße Stellen verursacht werden.
- Unabhängige Expertenstudien gehen in der Regel von 0,25 - 0,5 % p.a. für c-Si-Module und 0,5 % - 0,8 %/a für Dünnschichtmodule aus.
- Konservative Schätzung auf der Grundlage der Garantie des Modulherstellers:
0,7% p.a. (80% nach 25 Jahren)

- PV-Anlagen sind wartungsarm, jedoch können regelmäßige Inspektionsroutinen Ausfallzeiten vermeiden und somit den Ertrag der Anlage verbessern

Wartung - Checkliste

Monatlich	Ausbeute	Überwachungssystem: Datenanalyse
	PV-Reihe	Beseitigen Sie Verschmutzungen: Reinigen Sie die Module mit Wasser und einem Schwamm - ohne Reinigungsmittel! Prüfen Sie, ob die Module alle gut befestigt sind
Alle 6 Monate	Kombinierkästen	Ist die Luftfeuchtigkeit im Haus hoch? Gibt es Insekten im Haus? Sicherungen, Überspannungsableiter, Befestigungspunkte und Kabel prüfen
Alle 3-4 Jahre	Maßnahmen	Alle bei der Inbetriebnahme des Systems durchgeführten Messungen müssen erneut überprüft werden.

Reinigungsintervalle der Module

- Die Reinigungsintervalle sind durch Vergleichsmessungen zu ermitteln:
- verstaubter Sensor - sauberer Sensor > 3% => Reinigung notwendig



www.pvtest.ch



Quelle: Schletter GmbH

Betriebs- und Wartungsverträge von Unternehmen, die diese Dienstleistungen anbieten, können sehr nützlich sein

