

Qualität von PV-Kraftwerken

- Felderfahrungen, Technische Risiken und Reduktionsmaßnahmen -

Willi Vaaßen

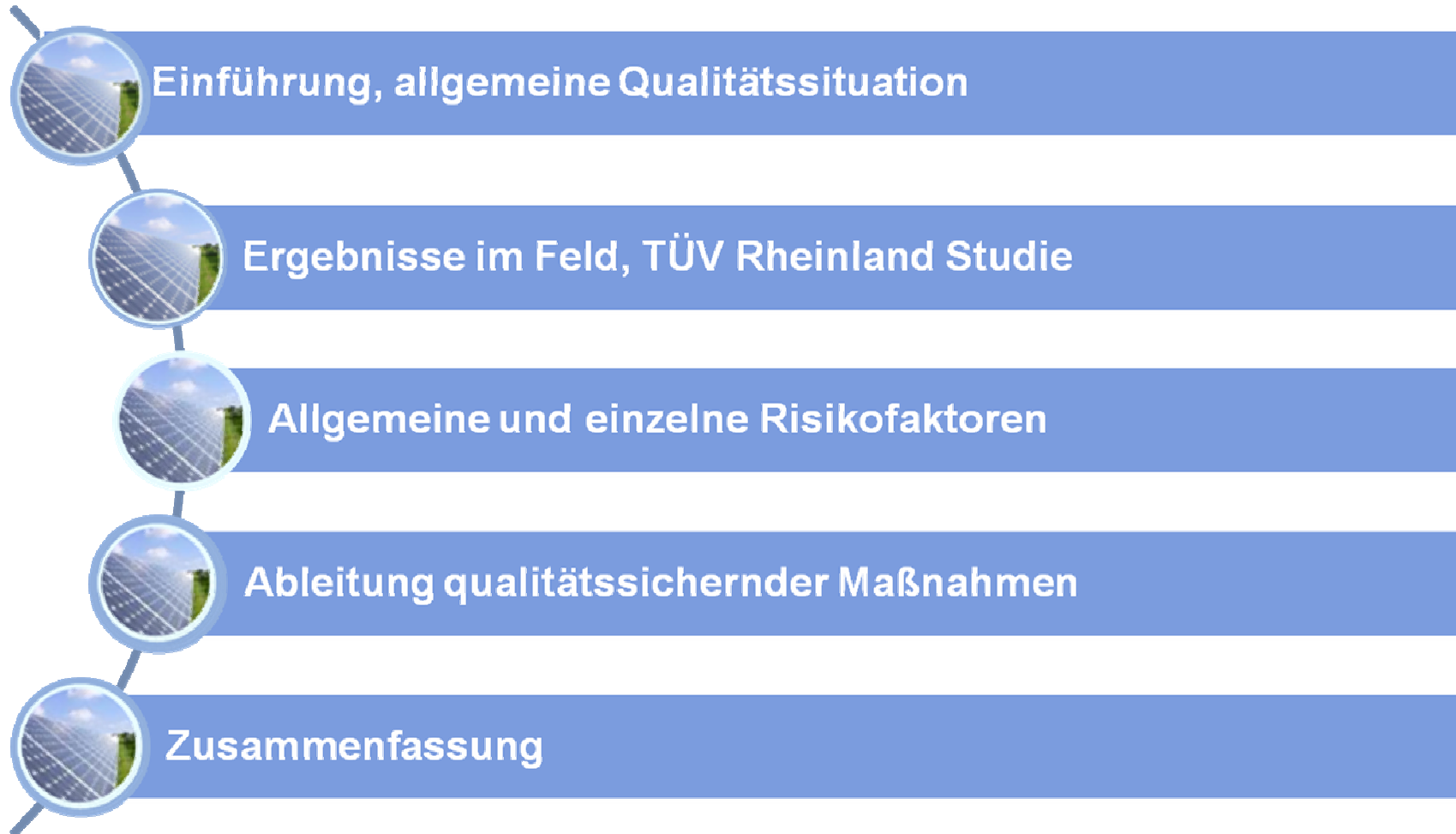
TÜV Rheinland Energy GmbH
Am Grauen Stein, 51105 Köln, Germany

vaassen@de.tuv.com

www.tuv.com/solarenergy

+49 221 806 5222

Inhalt



TÜV Rheinland, globaler Marktführer mit der Qualifizierung von PV-Anlagen und Zertifizierung von PV-Produkten

△ Mehr als 30 Jahre Erfahrung im Bereich der Photovoltaik am Hauptsitz in Köln

△ Globales Netzwerk mit 200 PV Experten Team von 60 Ingenieuren und Technikern in Köln

△ Mehr als 12 GW inspizierte PV-Anlagen (Europa, Nord Amerika, Süd- und Zentralamerika, Asien und Afrika)

△ Forschung und Entwicklung im Bereich der PV-Anlagenoptimierung und Modulqualifizierung

△ Aktive Teilnahme in den wichtigen Standardisierungsgremien

△ TÜV Rheinland betreibt sieben akkreditierte PV-Labore weltweit (Köln, Bangalore/Indien, Daya/Taiwan, Yokohama/Japan, Shanghai/P.R. China, Tempe/Arizona und Südkorea)




TÜV Rheinland Gesamtzahlen	2014
Umsatz in Mio. €	1,730
- davon Ausland in %	48,4
EBIT in %	7,3
Angestellte	19,300
- davon Ausland in %	59
Mehr als 500 Standorte in 66 Ländern	

Qualitätsbeschränkende Faktoren

Allgemeine

- Hoher Wettbewerb, Billigstpreise am Markt etabliert (Schwarze Schafe bestimmen Preisniveau), zunächst kein Raum für Qualitätssicherung
- Viele Firmen noch nicht in der Gewinnzone
- Geringe Margen, keine finanziellen Ressourcen
- Hohe Personalfuktuation, Know How Verlust, gelebte QS?
- Geringe Erfahrungen in neuen Märkten, kein Erfahrungsübertrag
- Auf den Baustellen Subunternehmer, Sub-Subs, keine QS
- Mängelnachweis schwierig (Verursacher / Stichprobe / Einzelnachweis)

PV- Modul /(fertigungs) spezifische

- Schnelles Wachstum im Gigawattbereich, verschiedene Fertigungsstätten mit unterschiedlichen Qualitäten, hohe Anzahl von Parallelprozessen
- Keine ganzheitliche Qualitätssicherung
- Komplexe Bill of Materials unter einer Typbezeichnung
-  Einsatz ungeeigneter, nicht ausreichend qualifizierter Materialien
- Test- und Zertifizierungsqualität höchst unterschiedlich, Herstellerlabors mit unterschiedlichen Überwachungsniveaus der Zertifizierer,
- Hersteller wählen oft anspruchlosesten Weg zum Markteintritt

TÜV Rheinland Studie an mehr als 100 PV-Großanlagen, Basis und Ergebnis

Basis der Studie:

- TÜV Rheinland hat mehr als 12 GW PV Anlagen weltweit inspiziert
- Basis der Studie sind > 100 Anlagen (100 kWp - 30 MWp)
(Schwerpunktländer : Deutschland, Europa, RoW)
- Zwei Perioden (2012 – 2013 / 2014 - Q1. 2015)

Kategorisierung:

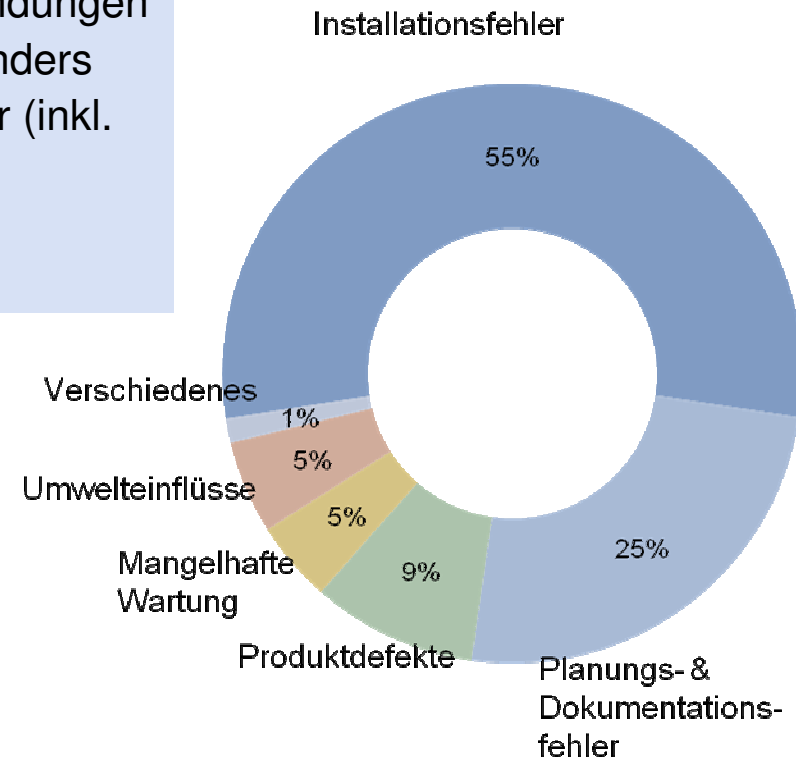
- **Besonders schwerwiegende Defekte**
Notwendigkeit von unmittelbaren Aktivitäten um die Anlagensicherheit herzustellen oder hohe Verluste zu verhindern
- **Schwerwiegende Defekte**
Anlagenbetrieb ist möglich. Defekte müssen repariert werden
- **Weniger schwerwiegende Defekte**
Keine direkte Notwendigkeit zu handeln, eine weitere Beobachtung ist anzuraten

Gründe der Defekte in PV Großanlagen – TÜV Rheinland Daten 2014/ Q1. 2015

Wichtige Ergebnisse:

- 70 % der Anlagen ohne wesentliche Beanstandungen
- 30 % der untersuchten Anlagen zeigten besonders schwerwiegende oder schwerwiegende Fehler (inkl. Sicherheitsproblematiken) oder eine extreme Fehlerhäufigkeit
- > 50 % der Fehler waren Installationsfehler

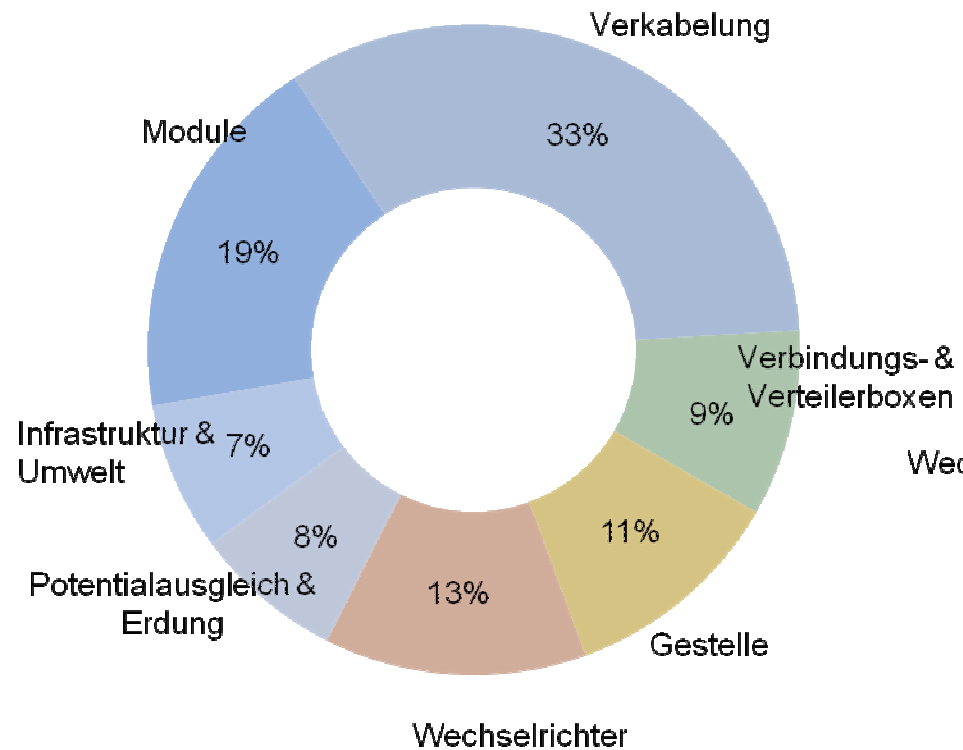
2014/ Q1.2015



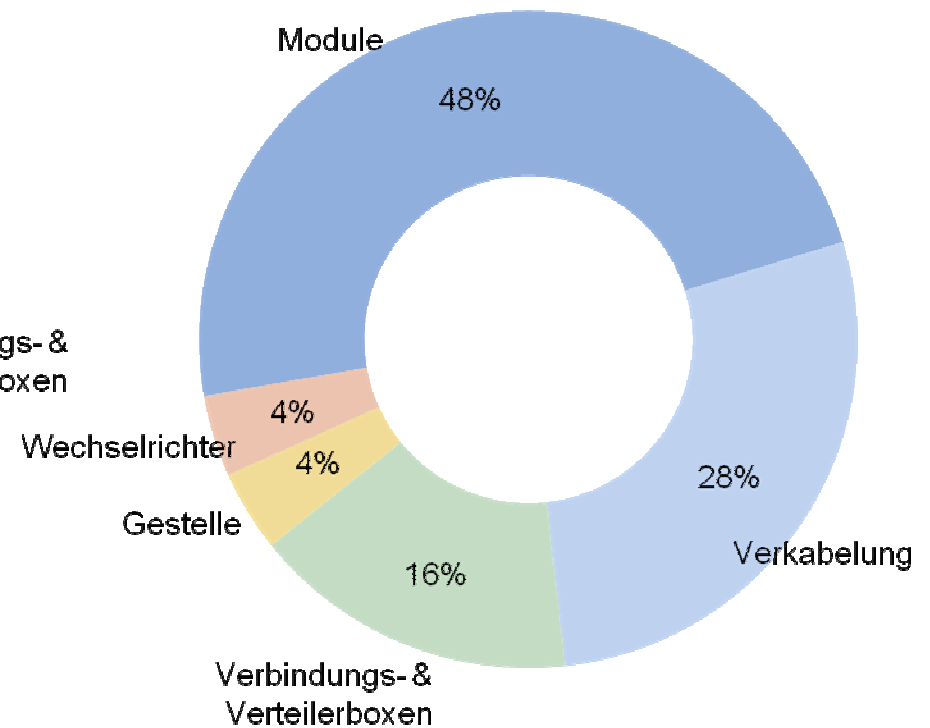
Besonders schwerwiegende Fehler in PV Großanlagen

Notwendigkeit von unmittelbaren Aktionen um die Anlagensicherheit herzustellen oder hohe Verluste zu verhindern

2012 / 2013



2014 / Q1. 2015



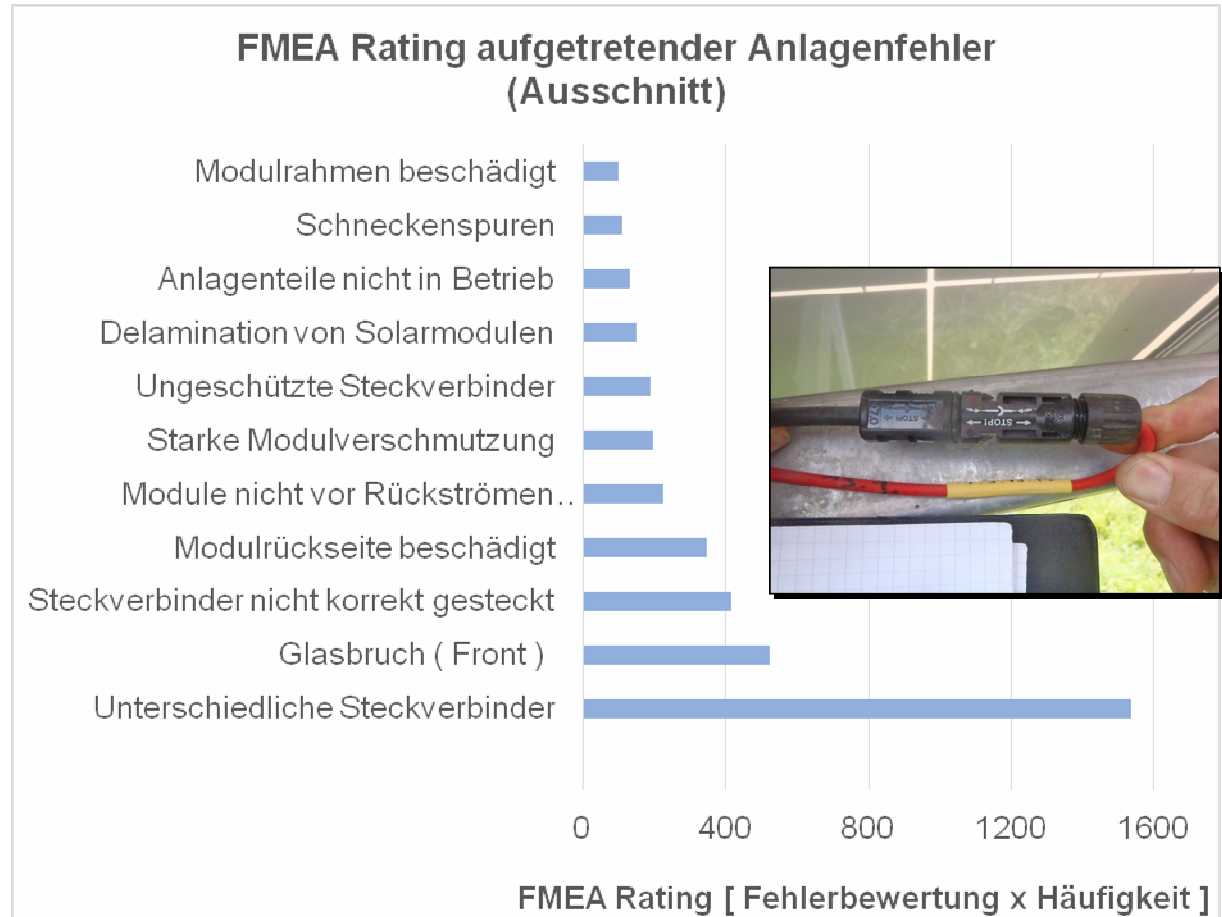
“FMEA Fehler-Rating” über alle ausgewerteten Anlagen (>100)

FMEA (Failure mode and effects analysis)

Fehler Rating = Fehlerbewertung x Fehlerhäufigkeit

Bewertung	Gewichtung
Feststellung	1
Einfach	3
Bedeutend	7
Schwerwiegend	10

Fehlerhäufigkeit	Gewichtung
Einzel	1
Sporadisch	3
Häufig	5
Generell	10



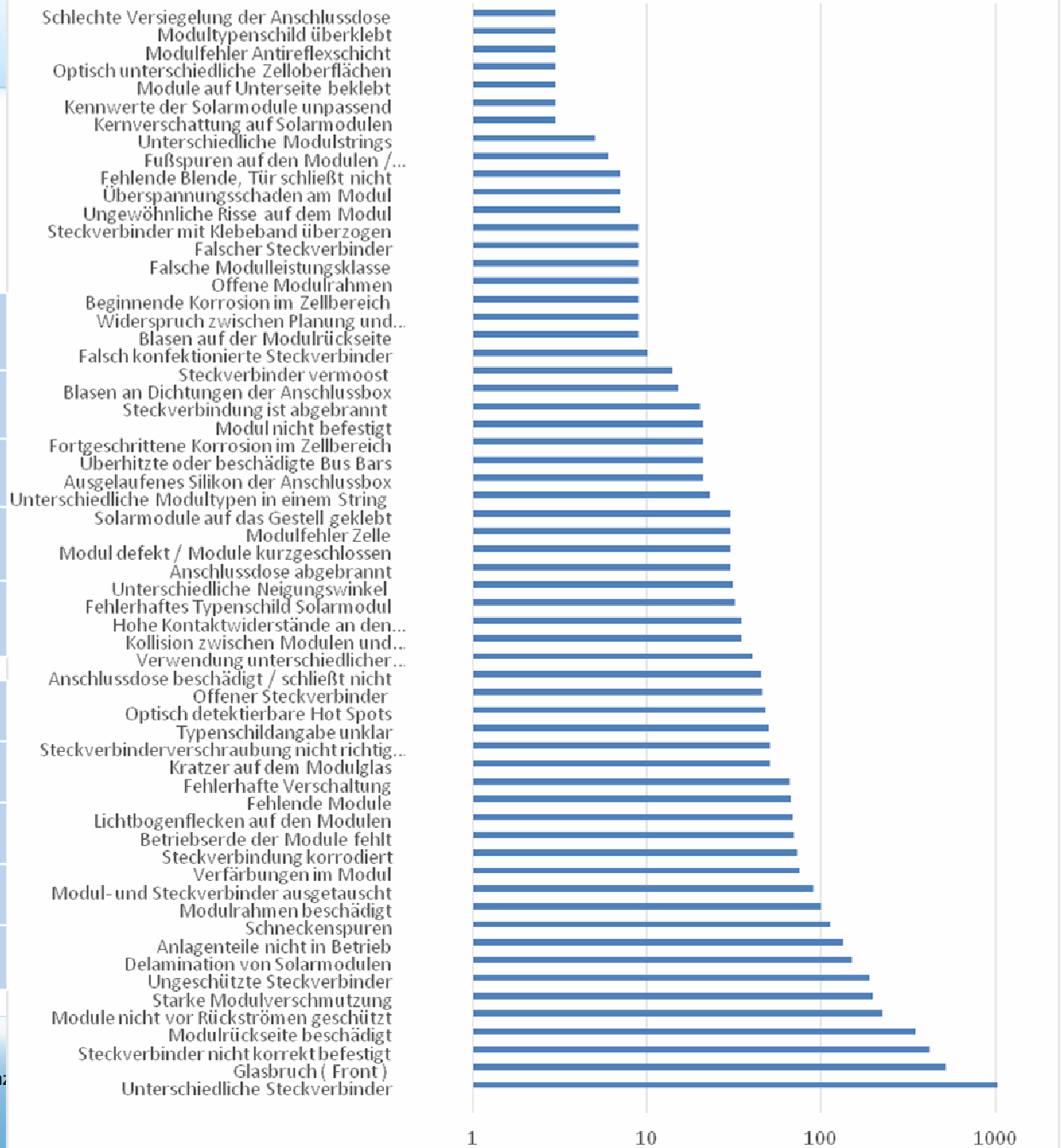
“FMEA Fehler-Rating”

Fehler Rating
= Fehlerbewertung x
Fehlerhäufigkeit

Bewertung	Gewichtung
Feststellung	1
Einfach	3
Bedeutend	7
Schwerwiegend	10

Fehlerhäufigkeit	Gewichtung
Einzel	1
Sporadisch	3
Häufig	5
Generell	10

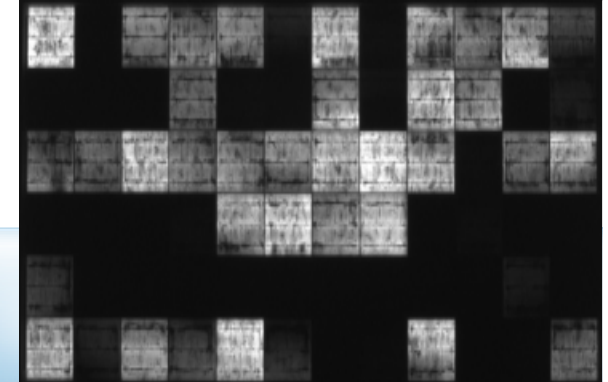
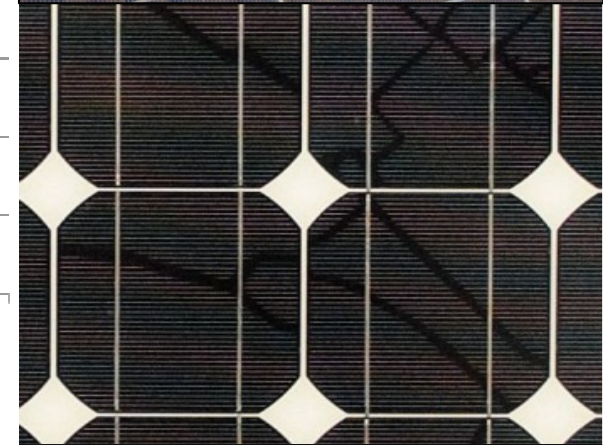
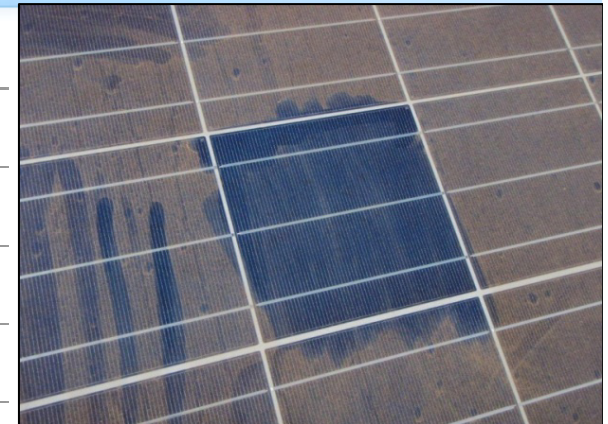
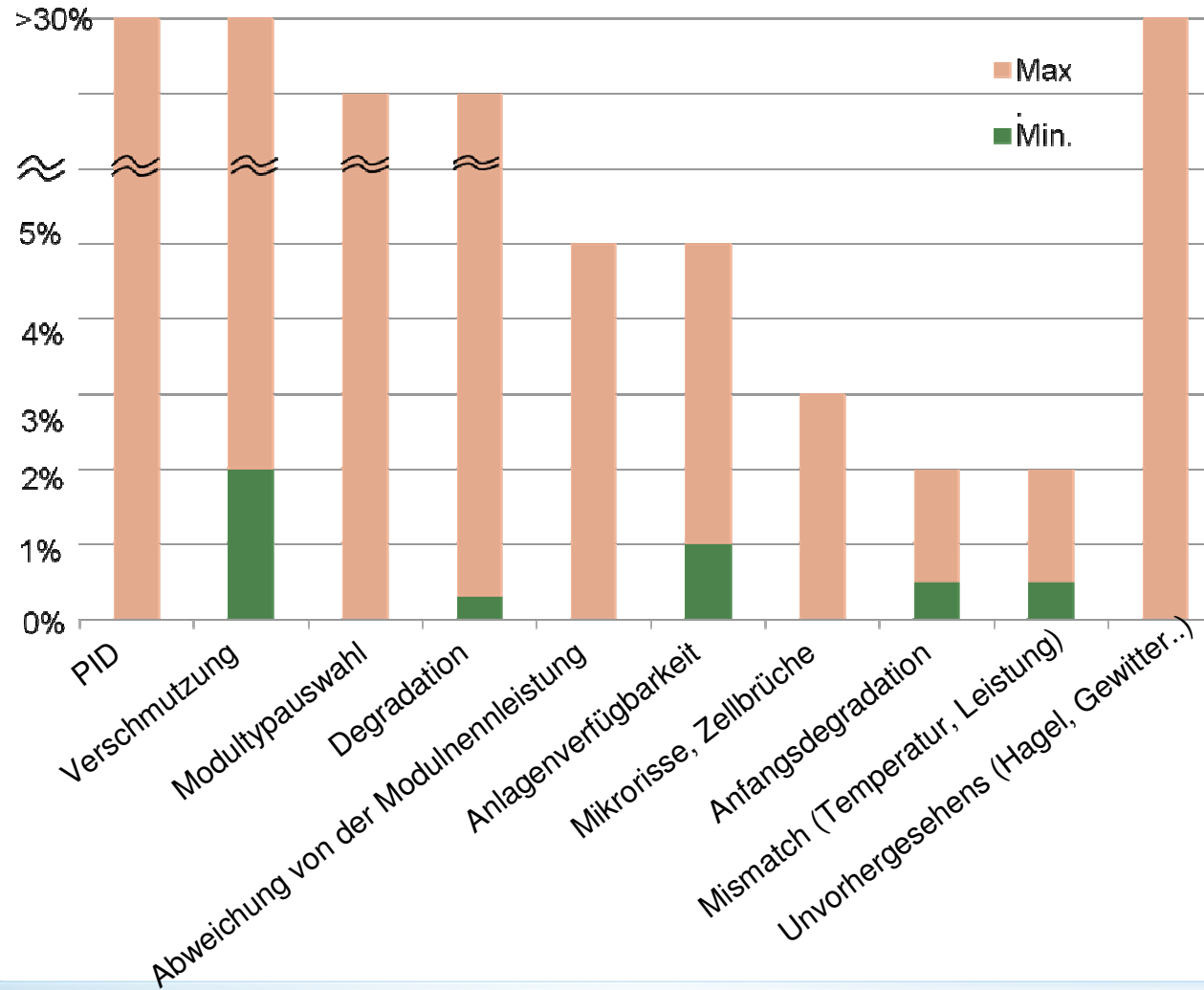
FMEA Rating der aufgetretenen Fehler (Bewertung x Häufigkeit)



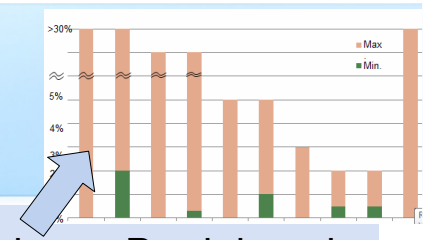
Verluste, ökonomische Risiken bei Investitionen in große PV-Anlagen

Beispiel:
1 % Leistungsabweichung bei
einer 100 MWp - PV Anlage
(Investition >100 Mill €) kann zu
einem Verlust von
3 Mill € während des 20-jährigen
Betriebes führen

Beispiele von Verlustfaktoren

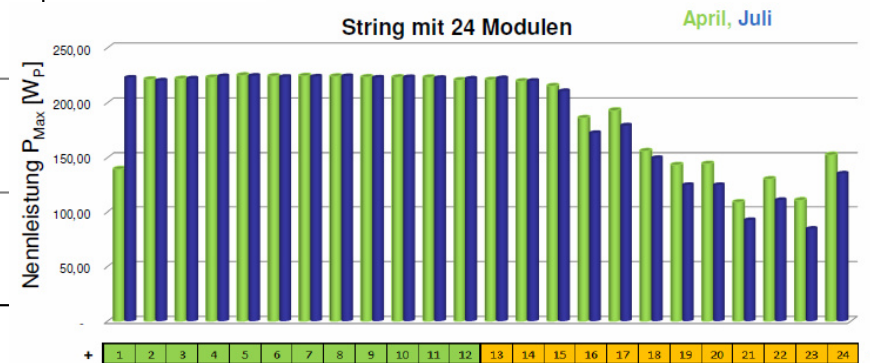
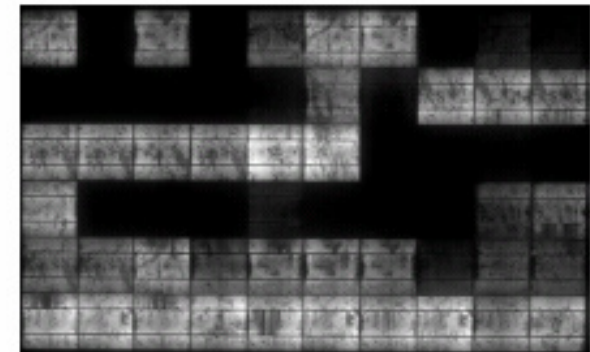
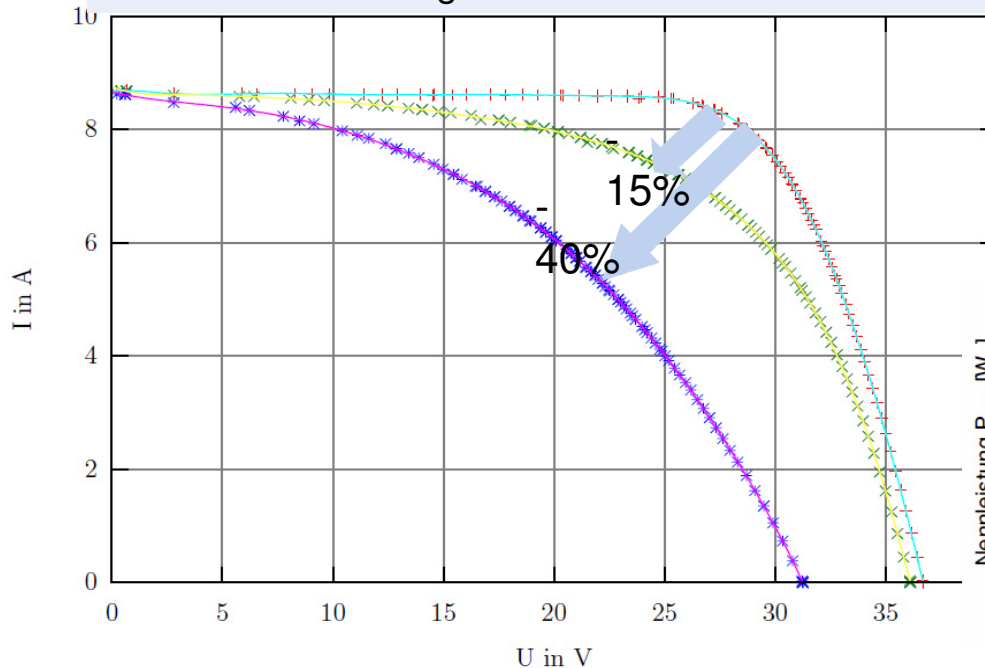


Potenzial induzierte Degradation kommt häufiger vor als öffentlich bekannt ist



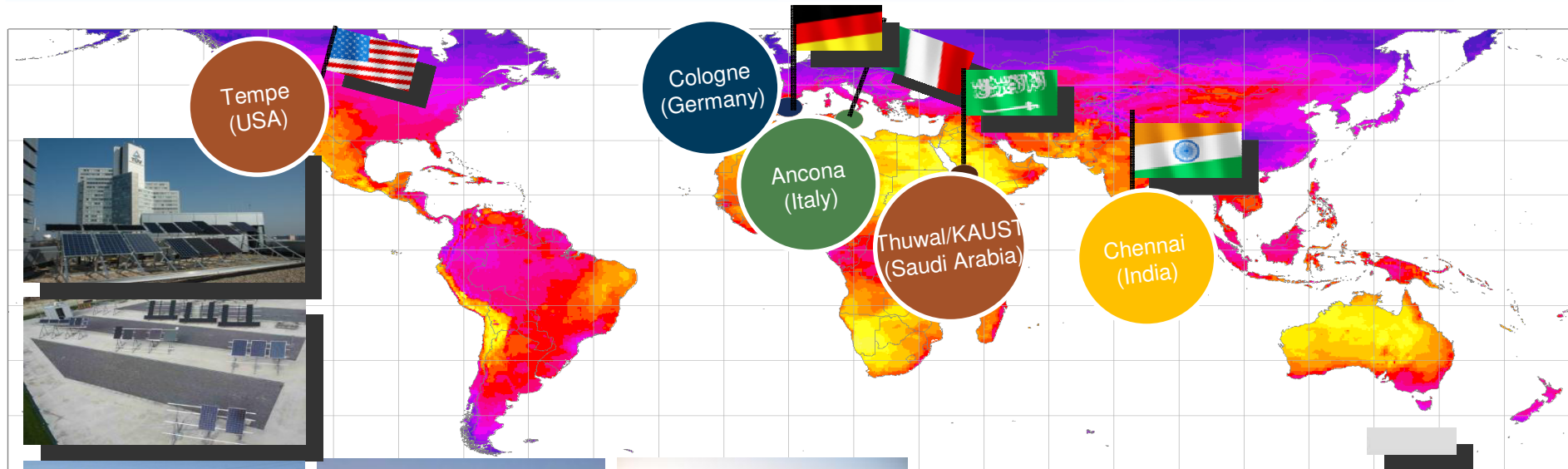
(Geheimhaltungsvereinbarungen der Beteiligten, tritt erst nach einer gewissen Betriebszeit auf, Nachweis nimmt Zeit - langwierige Prozesse, bilaterale Lösungen)


Flasher STC Messungen an PID sensiblem PV Modul




Alle angewendeten Materialkombinationen (BoM's) eines Moduls müssen betrachtet werden, um es als PID-resistent zu deklarieren


Die richtige Modulwahl maximiert den Ertrag



 Moderat

 Tropisch, feucht

 Mild, mediterran

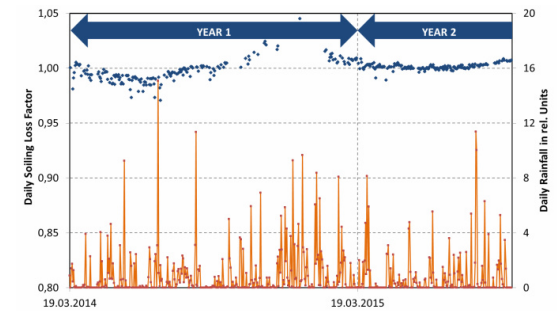
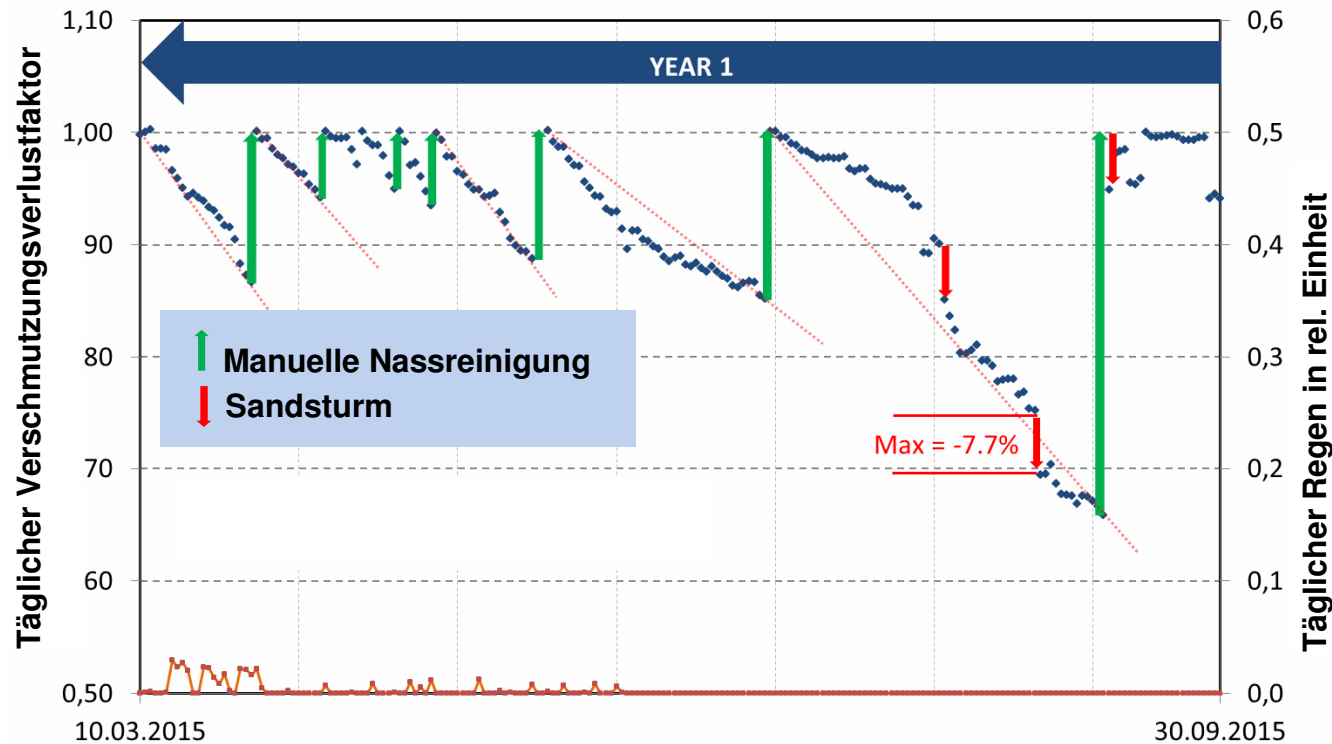
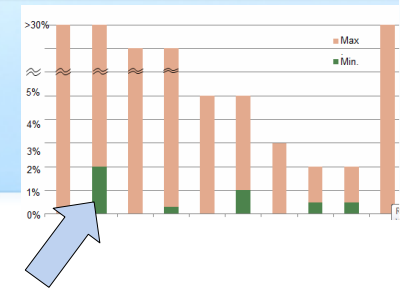
 Heiß, Wüste

Bei einer korrekt angegebenen Nominalleistung wird der Energieertrag im Wesentlichen beeinflusst durch:

- Temperaturverhalten
- Verhalten bei geringer Einstrahlung
- Spektrale Abhängigkeit
- Metastabilität
- Standortfaktoren (Einstrahlung, Verschmutzung)

Verschmutzungsprofil Thuwal/Saudi-Arabia

Apr 2015 – Sep 2015,

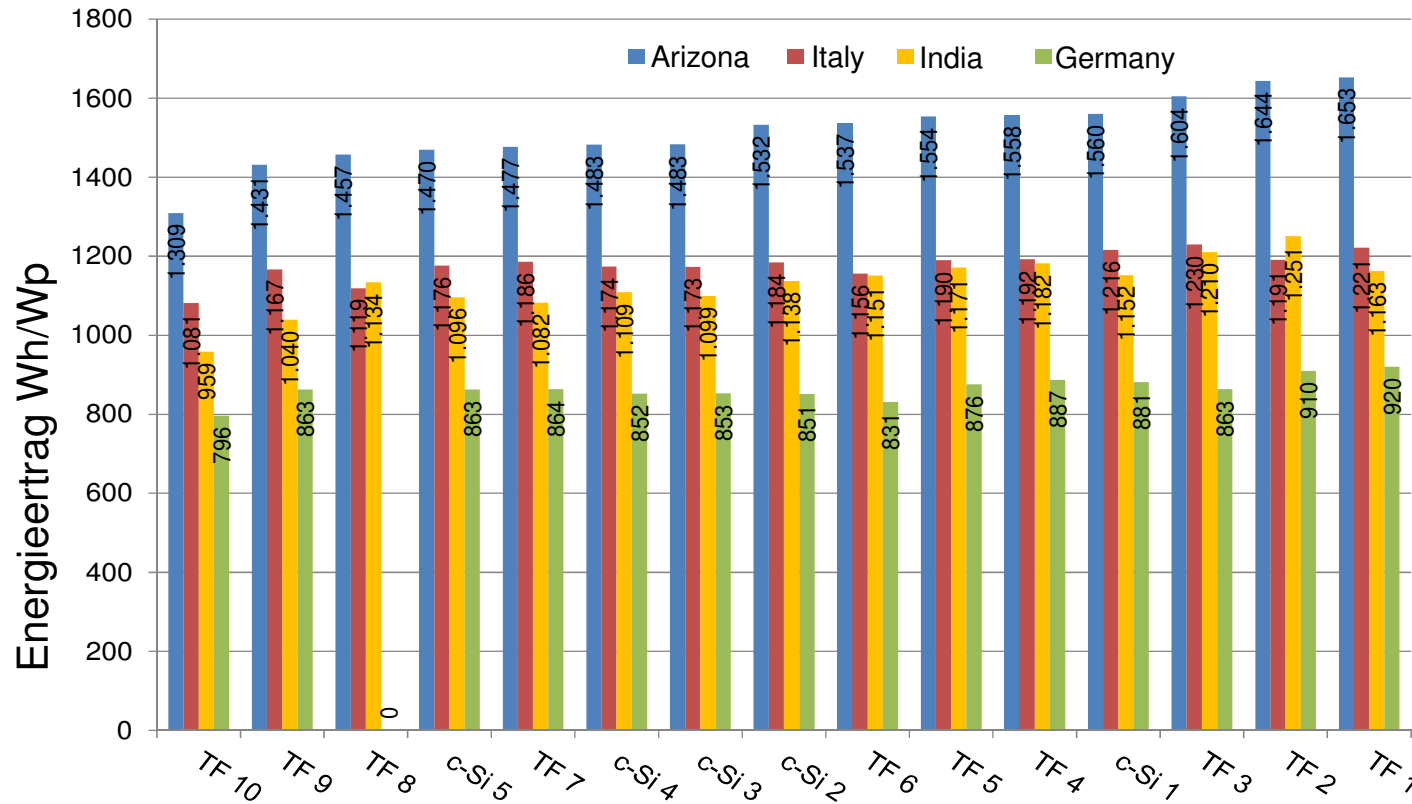
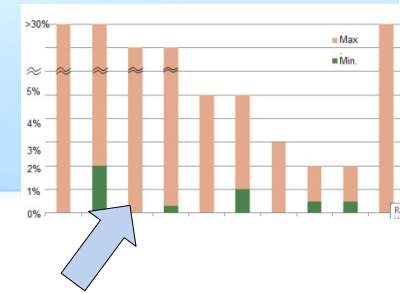


Zum Vergleich Köln



Hohe Verschmutzungskonzentration \Rightarrow Mittlerer täglicher Verschmutzungs-
faktor (SLF) beträgt = -0.5%, bei Sandsturm max = -7.7% am Tag

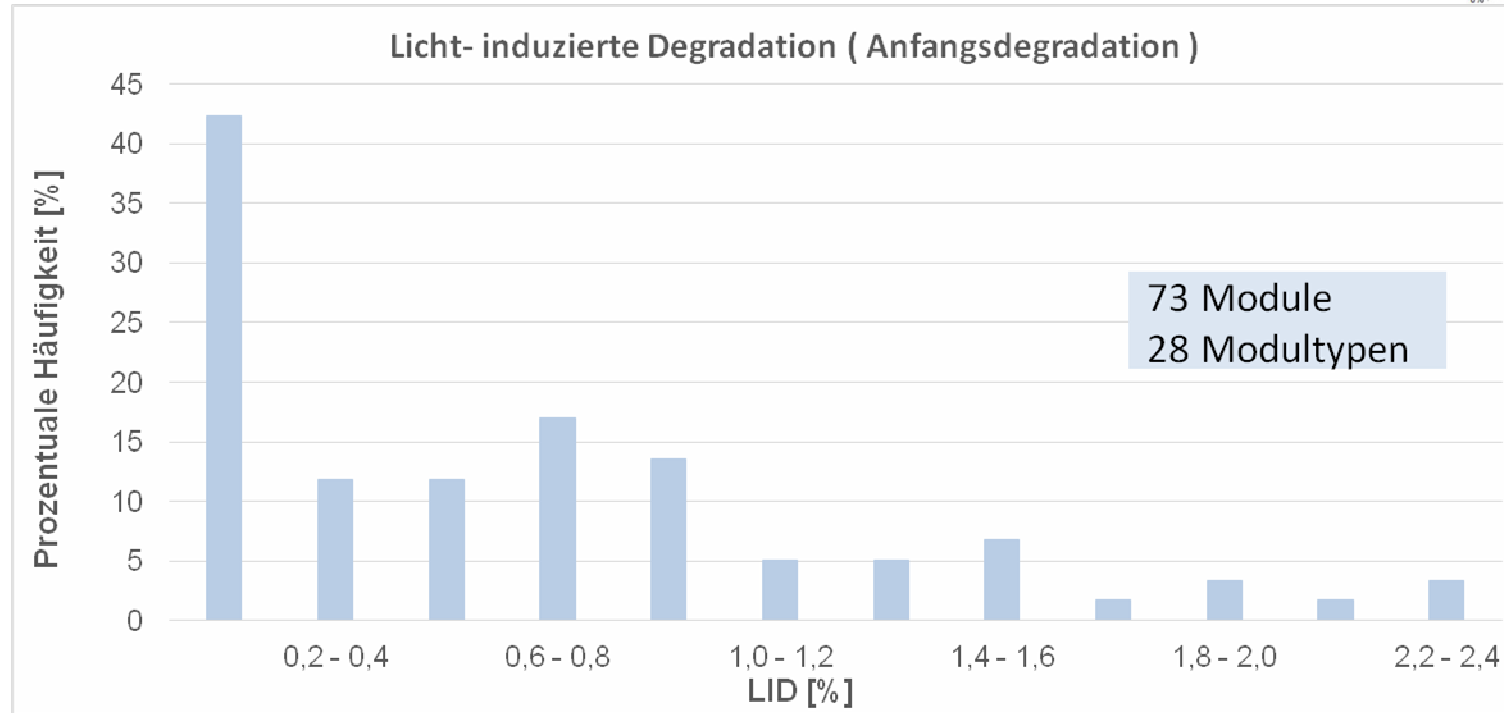
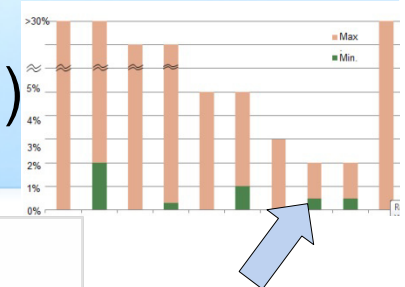
Die richtige Modulwahl maximiert den Ertrag



	Variation von verschiedenen Technologien und Produkten
Italien	12 %
Deutschland	13 %
Indien	23 %
Arizona	21 %
Saudi Arabien	Noch nicht verfügbar

! Erhebliche Unterschiede beim Energieertrag während einer Messperiode von einem Jahr

Licht-induzierte Degradation (Anfangsdegradation)

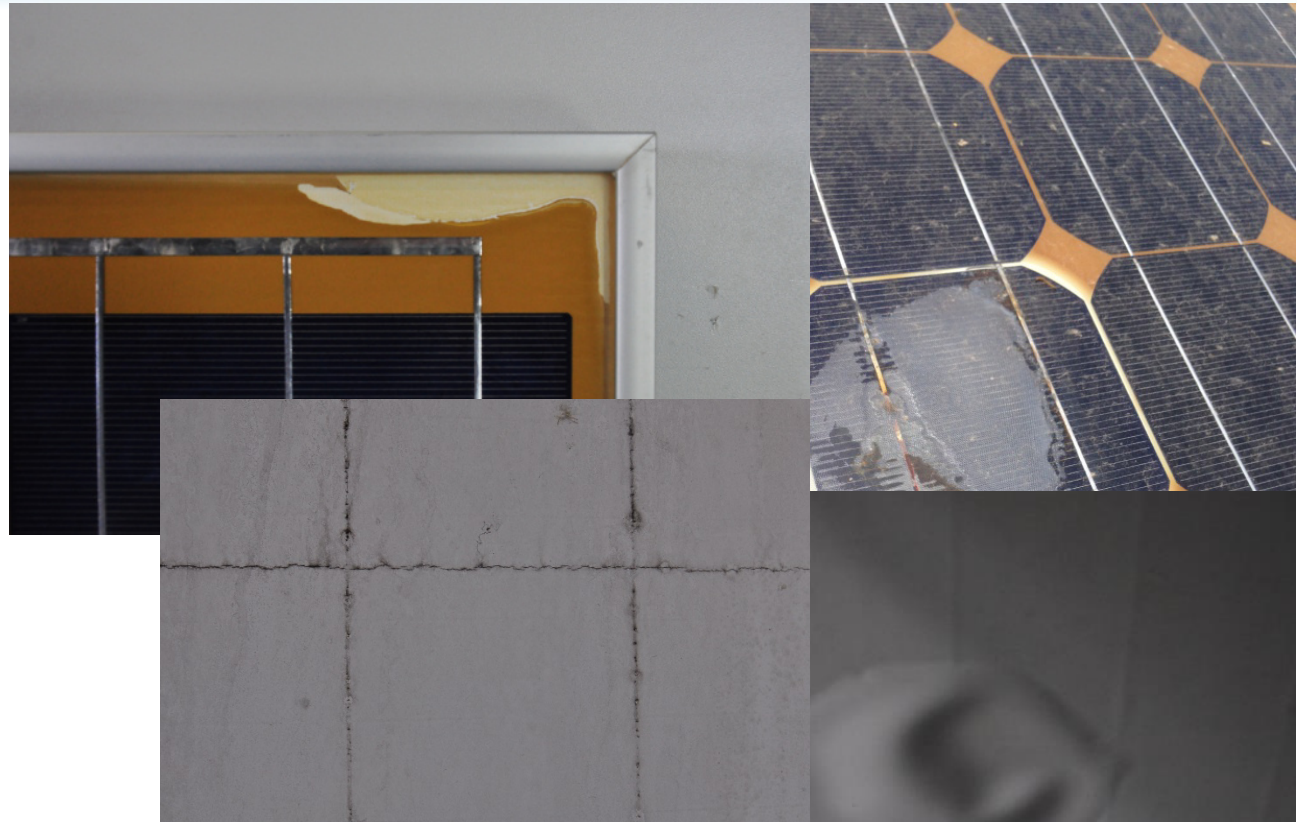
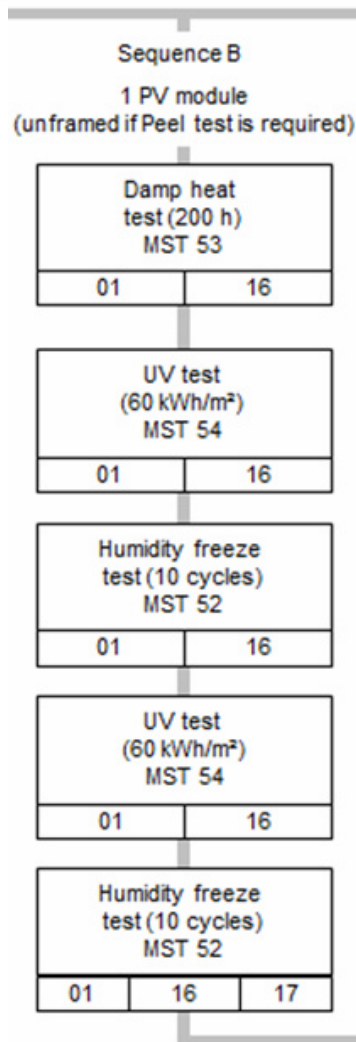


- ! Entsprechend EN 50380 muss die Anfangsdegradation (nach 20kWh/m²) bei der Angabe der Nennleistung berücksichtigt sein
- Flasherlisten, die oft als Nachweis der Modulleistung verwendet werden, beinhalten keine Anfangsdegradation (d.h. tatsächliche Leistung im Feld ist um LID-% geringer als der Flashwert (sofern dieser präzise ermittelt wurde))

Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei großen PV- Investitionen

1. Erstellung qualifizierter Ertragsprognosen mit Erhöhung der Genauigkeit durch genauere Eingangsdaten (z.B. PAN files, gemessen durch qualifiziertes Labor)
2. Feststellung der generellen Qualität der PV-Module durch ein „Quality und Bankability Audit“ als Vorprüfung zu Lieferungsvereinbarungen (Flag Report) Audit-begleitende Laborprüfungen als Vorprüfung.
3. Fertigungslos-begleitende Audits, Pre- Shipment Inspections
4. Technische Begleitung bei der Anlagenplanung, Installation und Inbetriebnahme bis zur Abnahme (Technical Advisory). Stichprobenlaborprüfungen.
5. Für Kleinanlagen Qualifizierung (und Zertifizierung) von Installations- und Wartungsbetrieben

Zu 2: Auditierung der generellen Produktqualität, Auditbegleitende Laborprüfungen als Vorprüfung



! Auf Zertifizierungen ist leider nicht immer Verlass! Vor einer großen Investition sind Fertigungsinspektionen und wesentliche Alterungsprüfungen sinnvoll (z.B. 1,5-2*IEC: 1500h/ 2000h DH oder/und den Zyklus der neuen IEC 61730 auf 500 -1000 Stunden DH verlängern)

Zu 4: Stichprobenmessungen von PV-Modulen eines Fertigungsloses für eine konkrete PV-Anlage im Labor

Anlagengröße in MWp	1	3	5	10
Prüfungen	Anzahl Module			
Visuelle Inspektion	10	20	30	50
STC Leistungsvermessung	10	20	30	50
Elektrolumineszenzaufnahmen	10	10	15	25
Isolationsmessung unter Benässung	5	5	7	12
Vernetzungsgradbestimmung der EVA Folie	2	3	4	6
Rückseitenfolienhaftkraft	2	3	4	6
Best. der lichtinduz. Anfangsdegradation n. 20 kWh (LID)	2	2	2	3
PID Test	1	1	2	3
Schwachlichtmessung (200,400,600,800 W/m ²)	1	1	2	2

Zusammenfassung

- Es sind qualitativ hochwertige PV-Anlagen in Betrieb, allerdings existieren substantielle Risiken bei PV-Installationen (Produkt-, Planungs-, Installationsschwächen)
- Ganzheitliche Qualitätssicherungssysteme (Materialzulieferung, Produktfabrikation, Transport, Planung, Installation, Inbetriebnahme und Betrieb sind (noch) nicht existent)
- Qualitätssicherung wird nicht über das Risikobewusstsein der Hersteller und EPC's initiiert, sondern muss zurzeit über die Investoren /Banken etabliert werden
➡ Dazu muss Risikobewusstsein vorhanden sein
- Institutionen und ökonomisch vertretbare Werkzeuge und Prozeduren zur Qualitätssicherung (Technische Begleitung, Fertigungsaudits, Stichprobenlaborprüfungen) sind vorhanden und sollten genutzt werden

Fehlerbilder von PV Anlagen



Hinweis:
13. PV Modulworkshop TÜV Rheinland
am 28. /29.11. 2016 in Köln

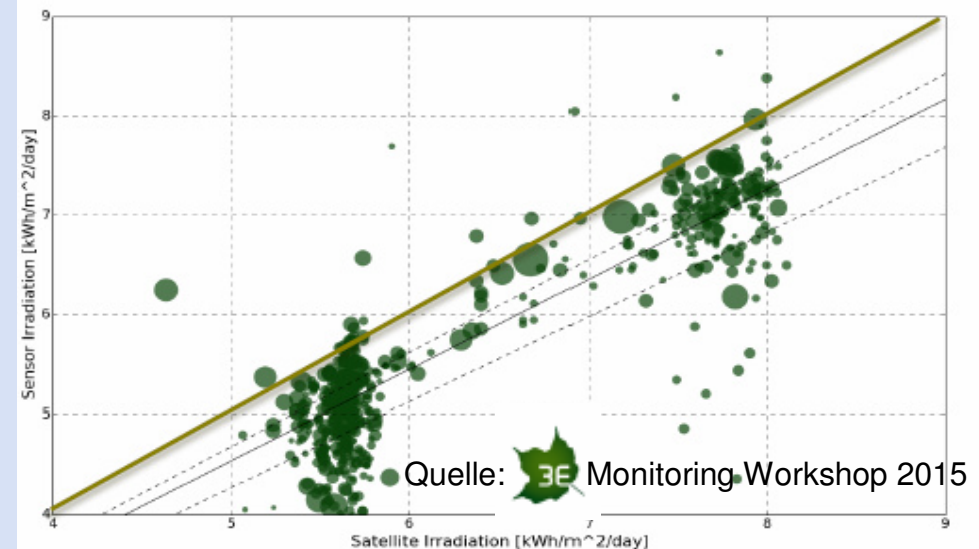
Vielen Dank für Ihr Interesse!

Anhang: Warum liegt eine allgemein hohe Zufriedenheit bezgl. der Anlagenperformance vor?

Gründe

- Anlagenerträge sind tatsächlich hoch
- Hohe Sonneneinstrahlung in den letzten 5 Jahren im Vergleich zum langjährigen Mittel schönt die Anlagenerträge (Beispiele: Lübeck +5%, Bayreuth +6%, Cottbus +8,5%)
- Einstrahlungsmesswerte bei den Anlagen oft zu gering (Verschmutzung, Fehlende Kalibrierung, ungenaue Orientierung, Verfügbarkeit, Degradation, Abschattung, Manipulation)
- Bestandsanlagen mit hoher Rendite lassen eine gewisse Toleranz beim Energieertrag zu

Einstrahlungsmesswerte in Anlagen im Vergleich zu Satellitendaten



Mittlere gemessene Tageseinstrahlung an 28 Sommertagen bei ca. 600 Anlagen in Europa (Belgien, Italien, andere)

Anhang: Leistungsmessungen zur Verifikation von PV-Modul Leistungsangaben und erzielbare Messunsicherheiten

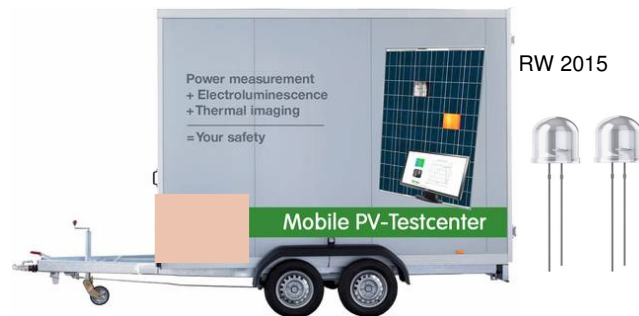
- Laborsystem (Xenon-flasher)



- Konstantlicht- Sonnensimulator



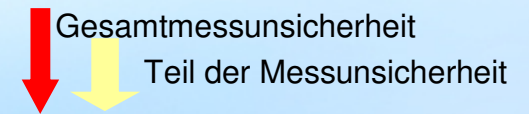
- Mobile Systeme (LED oder Xenon basiert)



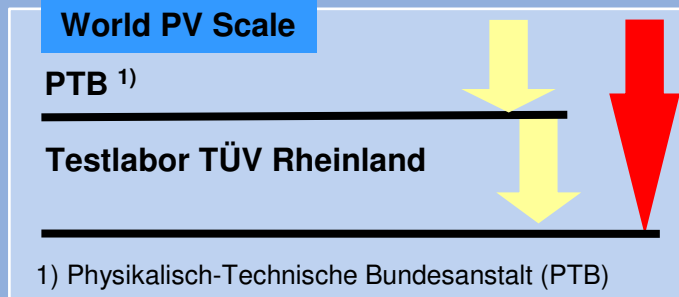
- Messungen unter Sonnenlicht
 - Labor (Einzelmodule)
 - Feldmessungen (Strings)



Anhang: Messunsicherheit und Rückführbarkeit von Leistungsmessungen an PV-Modulen

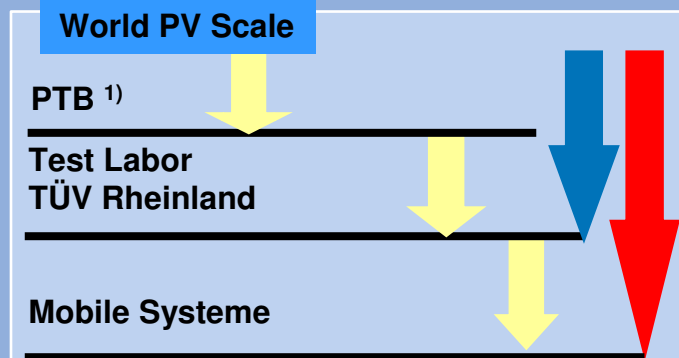


▪ Labormessungen



	Gesamtmessunsicherheit
Primär kalibrierte Referenzzelle	± 0,5 %
Kalibrierung oder Messung von PV-Modulen im TÜV Rh Labor	± 1,8-2,5%

▪ LED basierte mobile Systeme/ Xenon - Flasher in der Fertigung



	Gesamtmessunsicherheit
Kalibrierung/ Messung von Referenzmodulen	± 1.8 - 2.5%
Bei Nutzung der Referenzmodule zur Flasherjustierung	± 4,0 -5,0%

▪ Außenmessungen (Sonnenlicht)

Bei Nutzung von sekundär kalibrierten Referenzzellen	± 5,0 -7,0%
--	--------------------