



Energy Research Programm, 1. Ausschreibung



INFINITY



Klimaabhängige Langzeitbeständigkeit von Photovoltaik-Anlagen

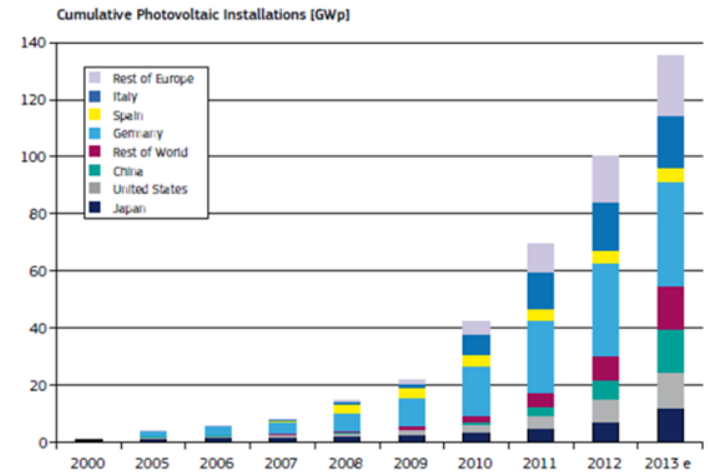


Allgemeine PV-Nachfrage ist steil ansteigend, speziell in zukünftigen Wachstumsmärkten außerhalb des gemäßigten Klimas, z.B. Wüsten, (Sub-)Tropen oder in den alpinen Regionen.

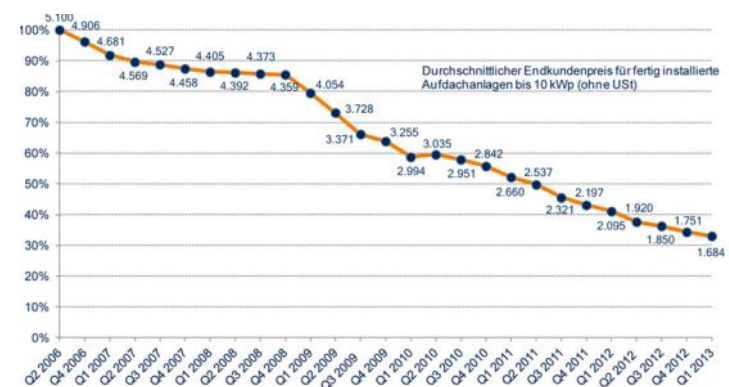
Extremer Kostendruck: Der Preis von PV-Systemen ist in den letzten 6 Jahren um 70% gefallen; infolgedessen haben innovative Materialien mit erhöhtem Nutzen aber auch einem höheren Preis nur wenige Möglichkeiten in den Markt einzusteigen.

Ein standardisiertes PV-System wird momentan für alle Klimazonen eingesetzt; anwendungsspezifische Varianten sind nicht erhältlich.

Kein durchgehend, zurückverfolgbares Gewährleistungssystem: die Modulhersteller tragen die Verantwortung für alle Fehler; ein teilweiser Übertrag der Verantwortung auf die Materialhersteller ist noch nicht möglich.



Kumulierte PV- Installationen 2000 - 2013



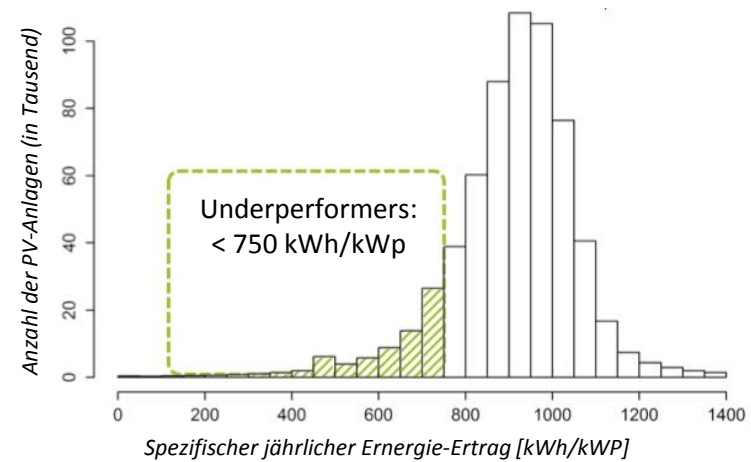
BSW-Solar PV- Preisindex 2013

PV Underperformance

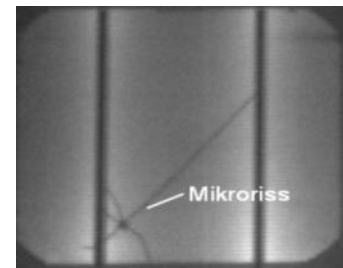
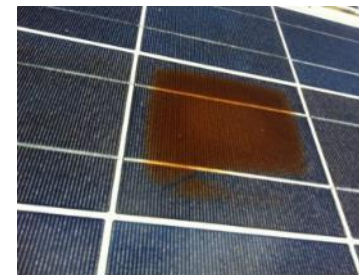
- Selbst in moderaten Klimazonen werde ~12% aller PV Anlagen als “serious underperformers” eingestuft (Smart Blue, 2011).
- ~80% aller großen PV-Anlagen in Deutschland produzieren deutlich weniger Energie als vorhergesagt (Meteocontrol, 2014).
- 30% aller vom TÜV Rheinland getesteten PV-Anlagen zeigen wesentliche Mängel (Qualitätsmonitor TÜV, 2013).
- Gründe für PV Minderleistungen sind
 - höchst differenziert
 - oft nur schlecht verstanden und
 - oft ausgelöst durch problematische Wechselwirkungen von verschiedenen Komponenten des PV-Systems.

Herausforderung

Es gibt keine stetigen F&E- oder Informationsverbindungen zwischen PV, O&M, Anlagenmonteuren, Modul- und Komponentenherstellern sowie Materialproduzenten.



Smart Blue Studie: Erträge pro kWp in Deutschland



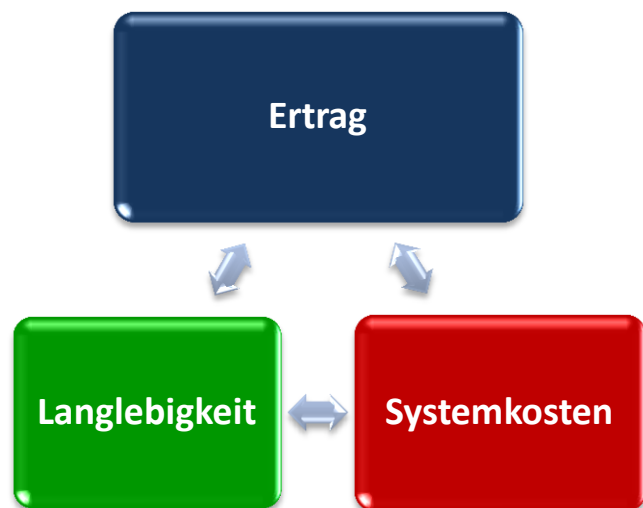
Beispiele für Modul- und Anlagenfehler

INFINITY wird...

- ... PV-Fehler in allen Bereichen (Material, Module, Inverter & System) nachweisen und zu klima- und anwendungsbasierten Belastungen zurückführen.
- ... wissenschaftsbasierte Alterungsmodelle entwickeln um ein besseres Verständnis und realistische Testszenarien zu ermöglichen.
- ... die wissenschaftliche Basis für neue PV-Komponenten und Materialien schaffen, um die Anforderungen, die von klima- und anwendungsbasierten Belastungen auferlegt werden, bestmöglich zu erfüllen.
- ... eine wissenschaftliche Analyse, die erstmals auch Wartung und Reparatur von PV-Systemen beinhalten, durchführen.
- ... Wissen für innovative Produktentwicklungen bereitstellen.

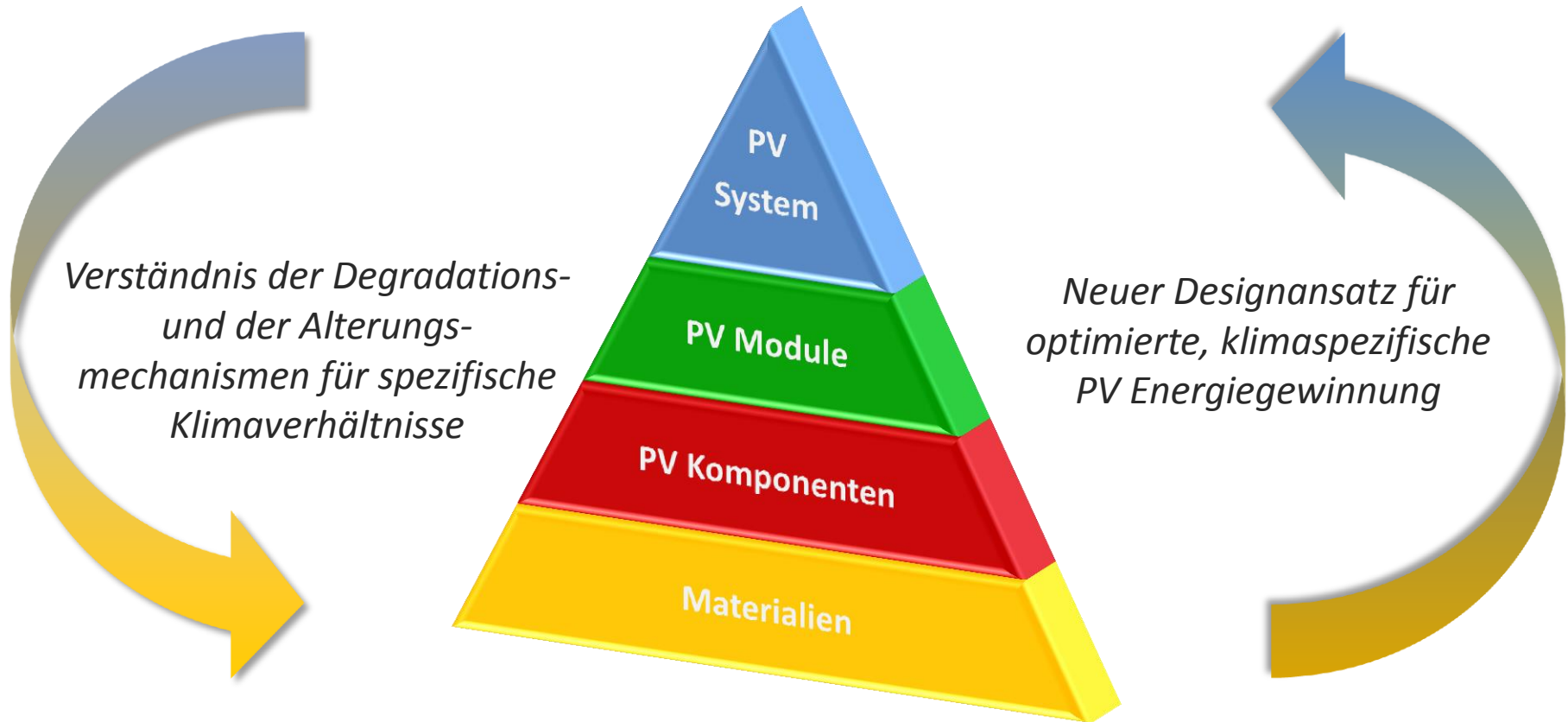


... die Grundlage für PV-Komponenten, Systeme und Prozesse der nächsten Generation legen



- **Identifikation der Defizite** der momentan produzierten, installierten und laufenden Standard-PV-Systeme und die Verknüpfung mit den zugrundeliegenden Ursachen.
- **Anpassung und Entwicklung von klimaspezifischen beschleunigten Alterungstests**, um anwendungsrelevante Produktentwicklung und Zuverlässigkeitstests zu ermöglichen.
- **F&E im Bereich von innovativen Mitteln und Methoden** zur umfassenden Kontrolle, Analyse und Regeneration von PV-Systemen.
- F&E im Bereich von **anwendungs-, klima- und lebensdaueroptimierte PV-Materialien**, Komponenten und Modulen.
- Entwicklung von wissenschaftlichen **Wartungs- und Instandhaltungsstrategien (O&M)**.

Kombinierter top-down / bottom-up Ansatz



Alle miteinander verbundenen Themen entlang der gesamten PV Wertschöpfungskette, von den PV Materialien und Komponenten über die Modulfertigung bis zur PV-Anlageninstallation und deren Wartung sind ergänzend in einem integrierten F&E Projekt kombiniert.

▪ 9 Industriepartner

- 8 österreichische | 1 deutsches Unternehmen | 4 KMUs | 6 große Unternehmen

▪ 5 österreichische wissenschaftliche Partner

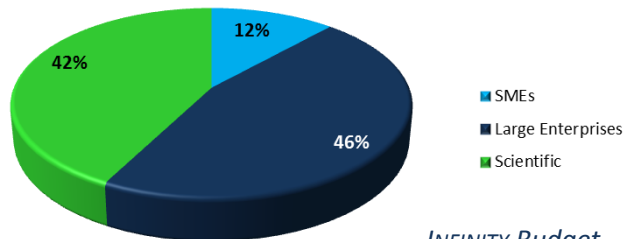
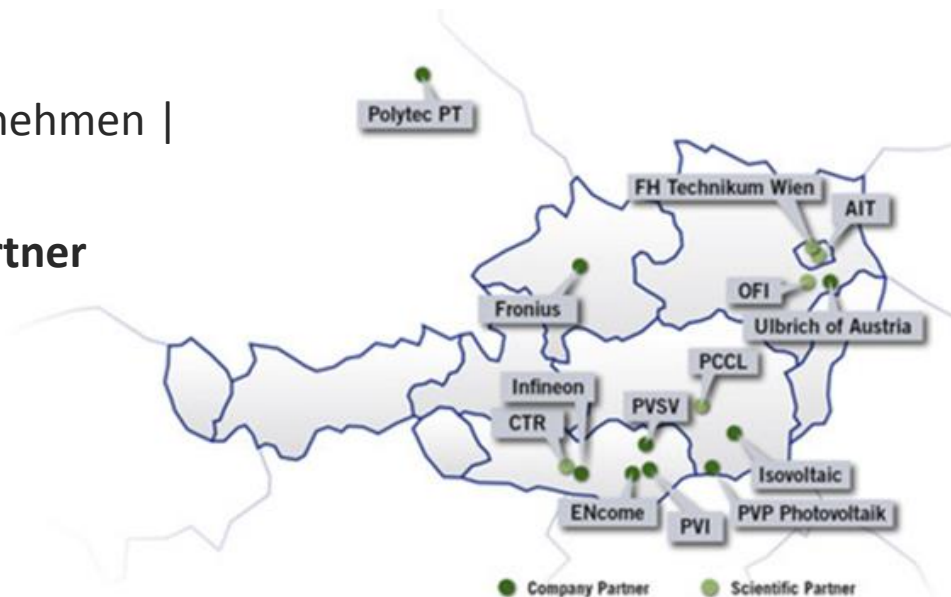
- Project Koordinator: CTR (K)
- Wissenschaftliche Leitung: AIT (W)

▪ 75,000 Personenstunden in INFINITY

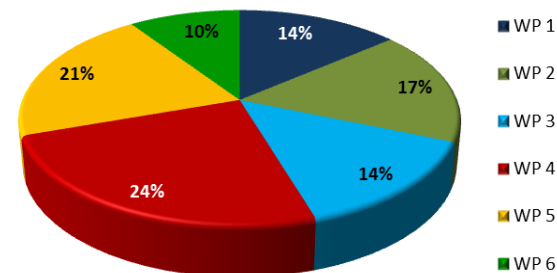
- 22.5% weiblich | 77.5% männlich
- 8 neue Arbeitsplätze werden im Projekt INFINITY geschaffen

▪ Budget

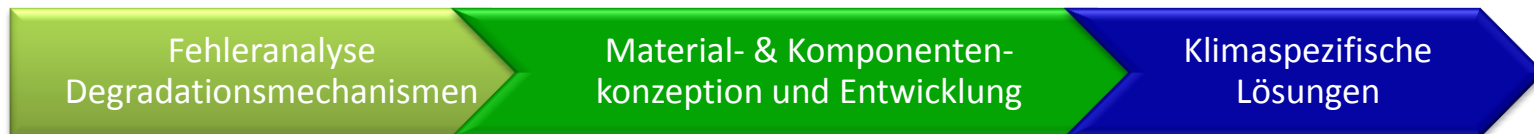
- Gesamtkosten: **5.266.941 €**
- Zugesagte Förderung: **3.710.400 € (70,4 %)**



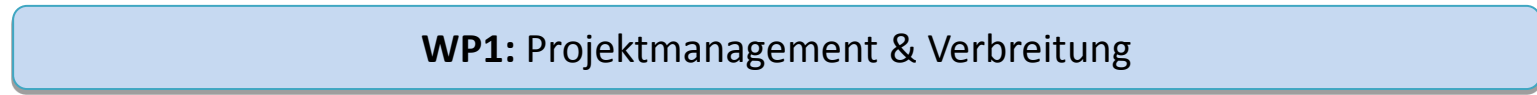
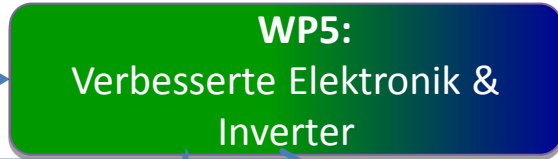
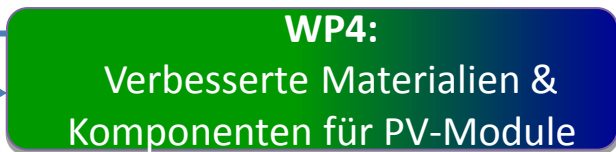
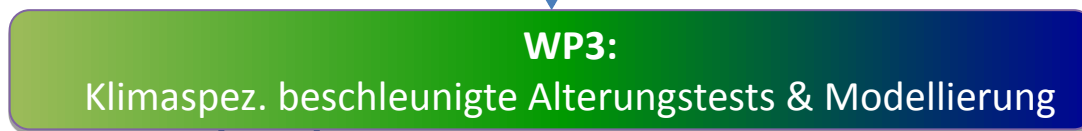
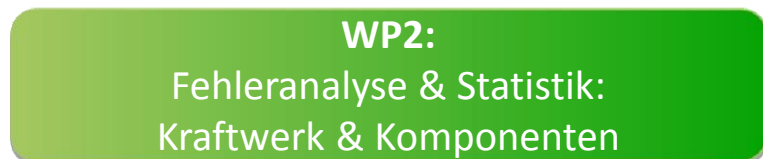
INFINITY Budget - Partner Allocation



INFINITY Budget – WP Zuordnung

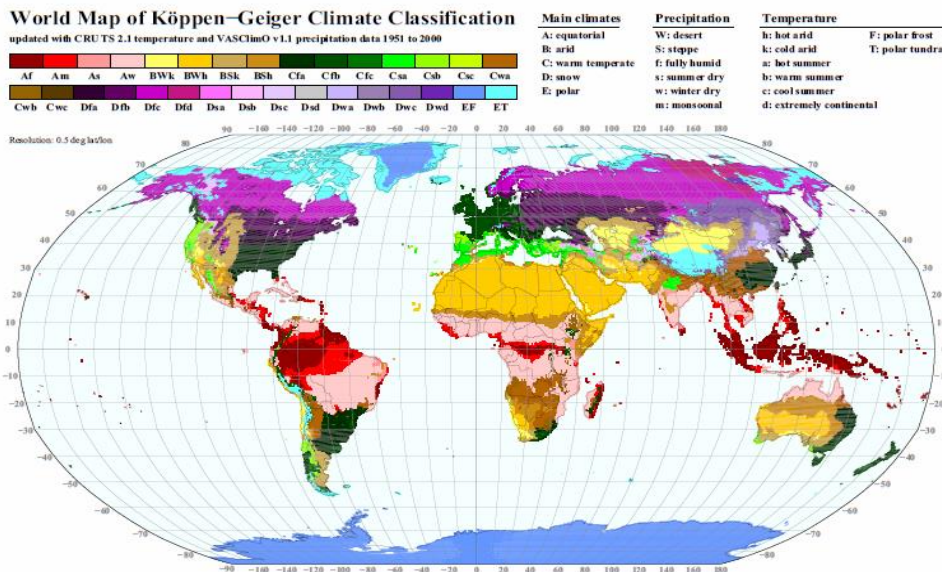


Schritte



Arbeitspakete

- Analyse der klimaabhängigen Fehler (Klimazonen nach Koeppen-Geiger) von PV Anlagen (Module, Inverter)
- Entwicklung einer Datenbank:
 - Struktur basiert auf dem **Failure survey sheet** von IEA PVPS Task 13 und Infinity
 - 354 Surveys von über 100 PV Anlagen ergeben gesamt 561 Fehler

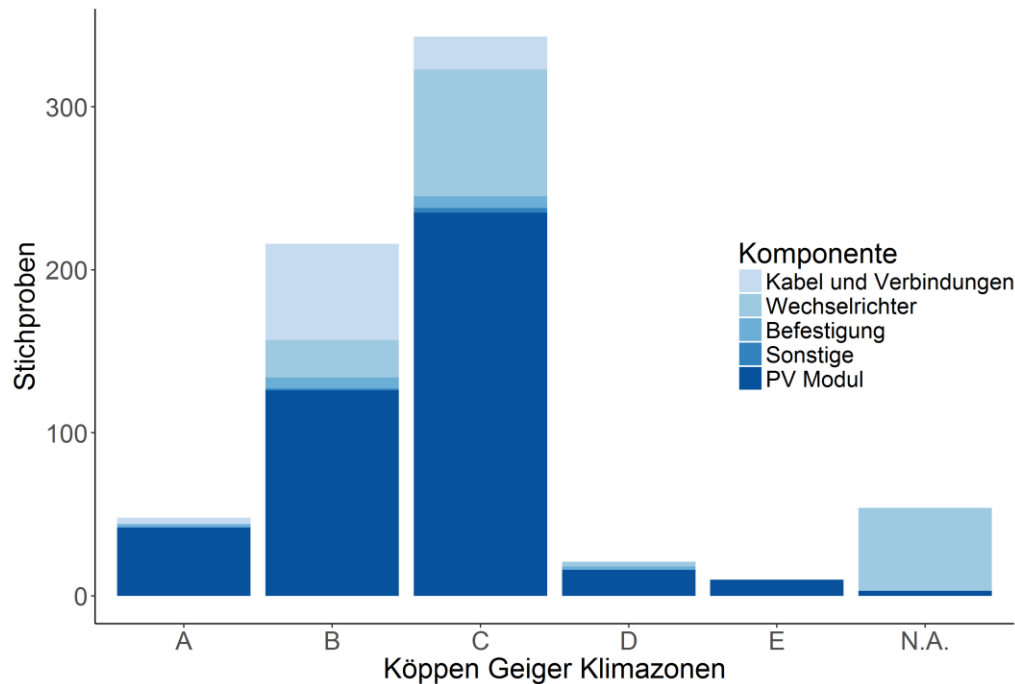


Köppen-Geiger Klassifizierung reduziert auf die **5 Hauptgruppen**:

- äquatoriales Klima (A)
- arides Klima (B),
- warmgemäßigtes Klima (C)
- Schneeklima (D)
- polares Klima (E)

World map of Koeppen-Geiger climate classification.
http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Paper_2006.pdf

- Analyse der klimaabhängigen Fehler (Klimazonen nach Koeppen-Geiger) von PV Anlagen (Module, Inverter)
- Entwicklung einer Datenbank:
 - Struktur basiert auf dem **Failure survey sheet** von IEA PVPS Task 13 und Infinity
 - 354 Surveys von über 100 PV Anlagen ergeben gesamt 561 Fehler



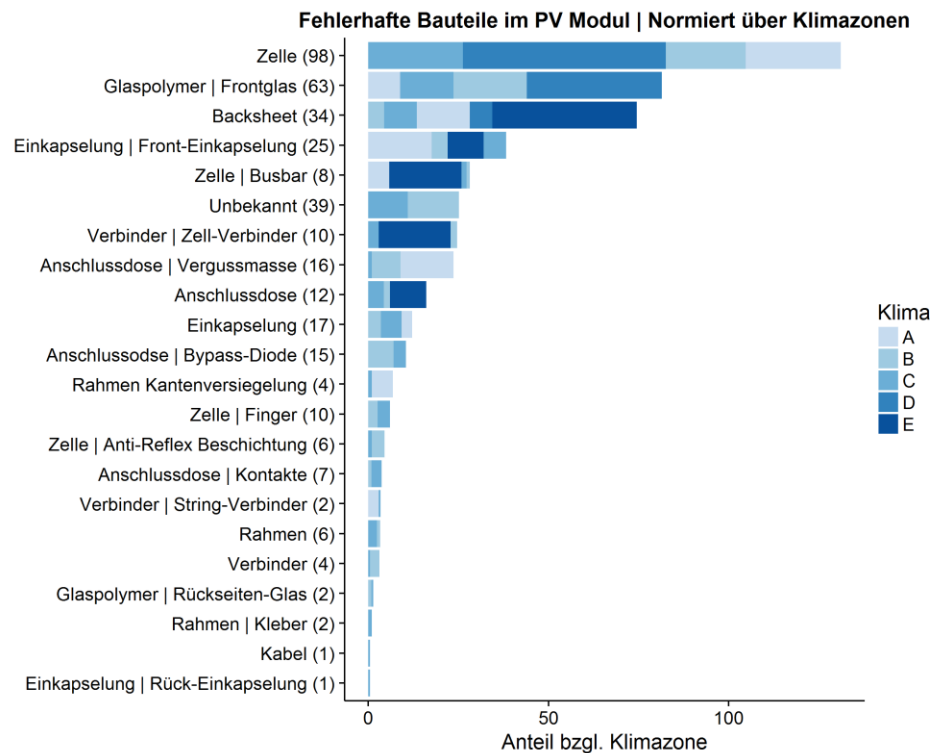
Köppen-Geiger Klassifizierung reduziert auf die **5 Hauptgruppen**:

- äquatoriales Klima (A)
- arides Klima (B),
- warmgemäßigtes Klima (C)
- Schneeklima (D)
- polares Klima (E)

PV Modul Fehler

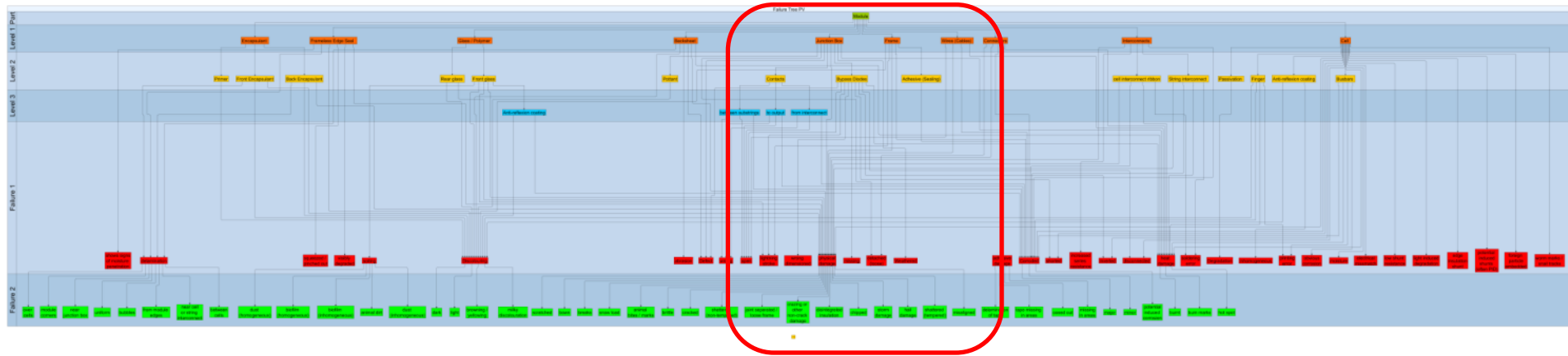
- 385 von den 561 Fehlern sind PV Modul Fehler
- Fehler können noch weiter aufgesplittet werden:
Hauptkomponente (PV Modul) – Bauteil – Fehlertyp

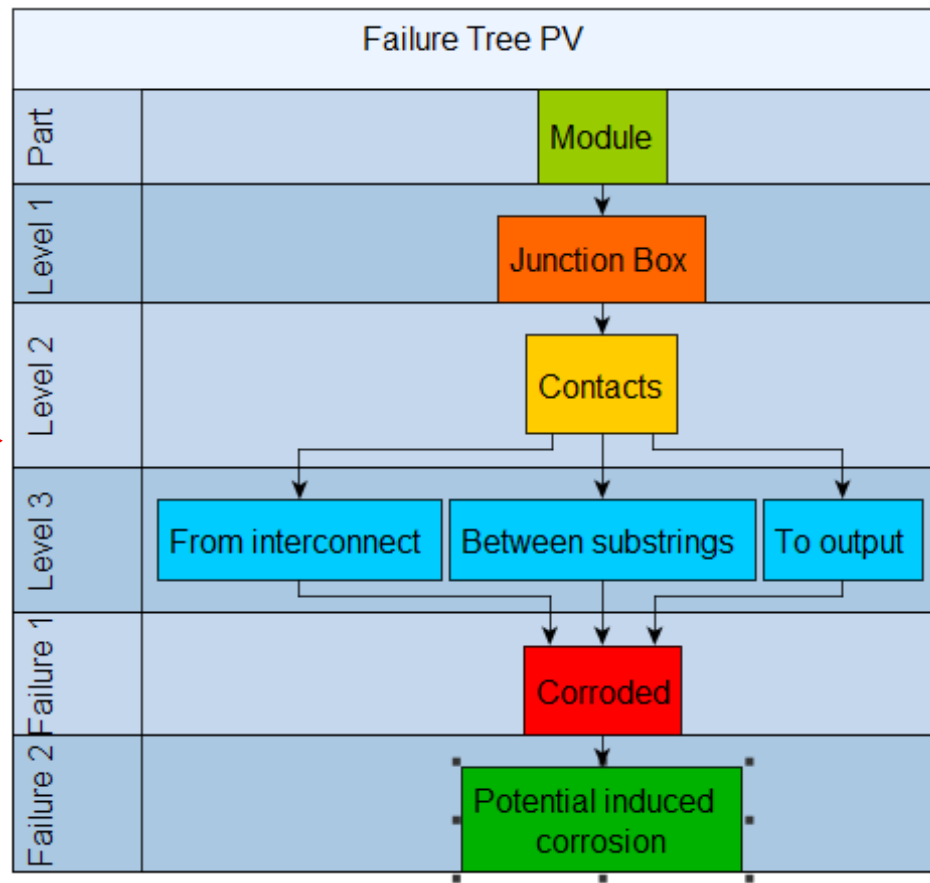
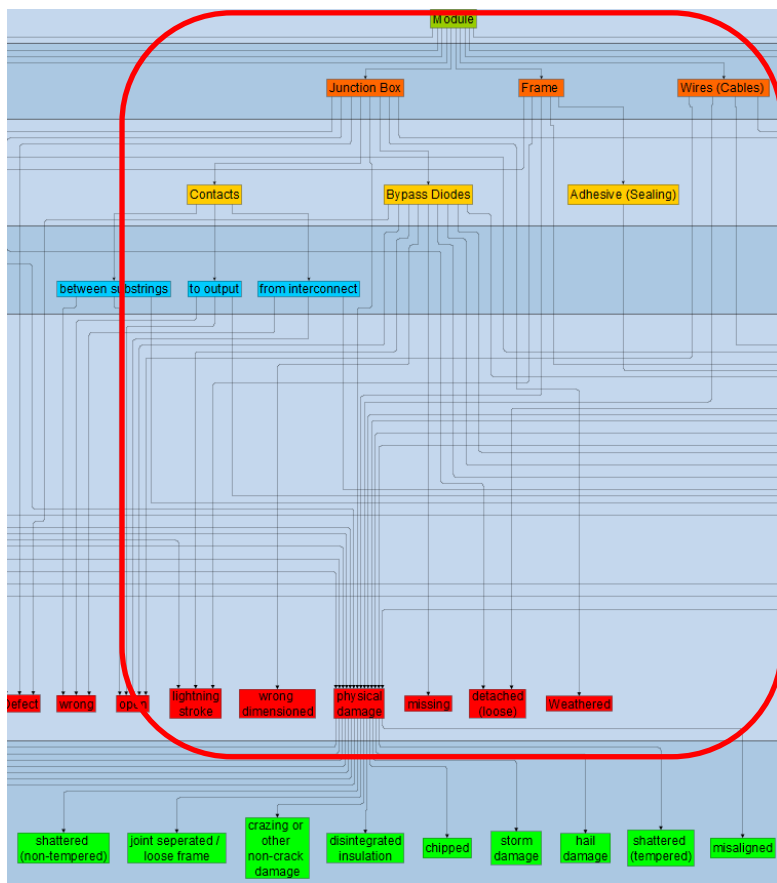
PV-module failures	Inverter failures	Climate zone
34	0	A
113	20	B
212	76	C
16	3	D
10	0	E
Sum: 385	Summe: 99	



Erstellung eines Fehlerbaumes welcher alle möglichen Fehler sowie deren Zusammenhänge darstellen sollte

- Grundstruktur für weiter Analysen
- Rückschluss auf klimarelevante Fehler





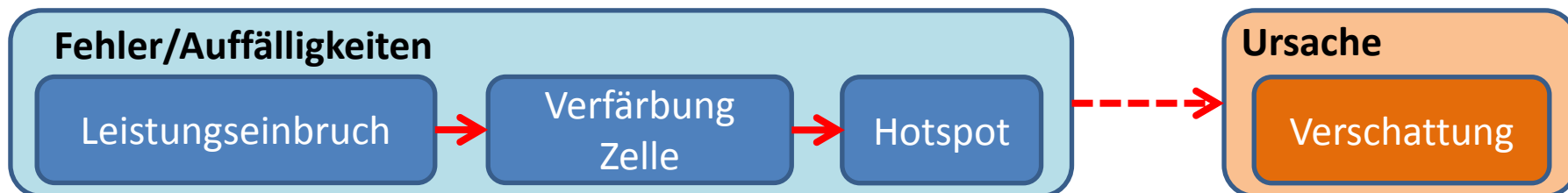
Beschreibung und experimentelle Erfassung von schadhaften Modulen anhand eines „Logbuchs“ und „Visual Inspection-Sheets“ (entwickelt im Task13) für gealterte Module

Erfassung der

- Modulkenndaten
- Klimabedingungen am Aufstellungsort
- visuelle Begutachtung und Leistungsmessung
- zerstörungsfreie und zerstörende Charakterisierungsschritte, die an diesem Modul durchgeführt werden/wurden, um die Fehlerursache aufklären zu können

PV system basics		Goal of this survey	How to start ?		
System ID:		PV module type			
Source of data		Inverter type			
Country		Mounting system type			
Climate zone		Grounding of substructure & module frames/conductor			
Special stress		Other system component			
Kind of system		Nominal system power	[kW]		
Orientation		Date of system start	[MM/YYYY]		
Inclination		Date of failure documented here	[MM/YYYY]		
Comment if a field is orange					
Integral data					
	Following failure specifications are based on investigated percentage of				
Total system power loss [%]	Inverter [%]	Cable and interconnector [%]	PV module [%]	Mounting [%]	Other [%]

→ **Erkennung möglicher Zusammenhänge zu anderen Fehlern/Ursachen, z.B.**



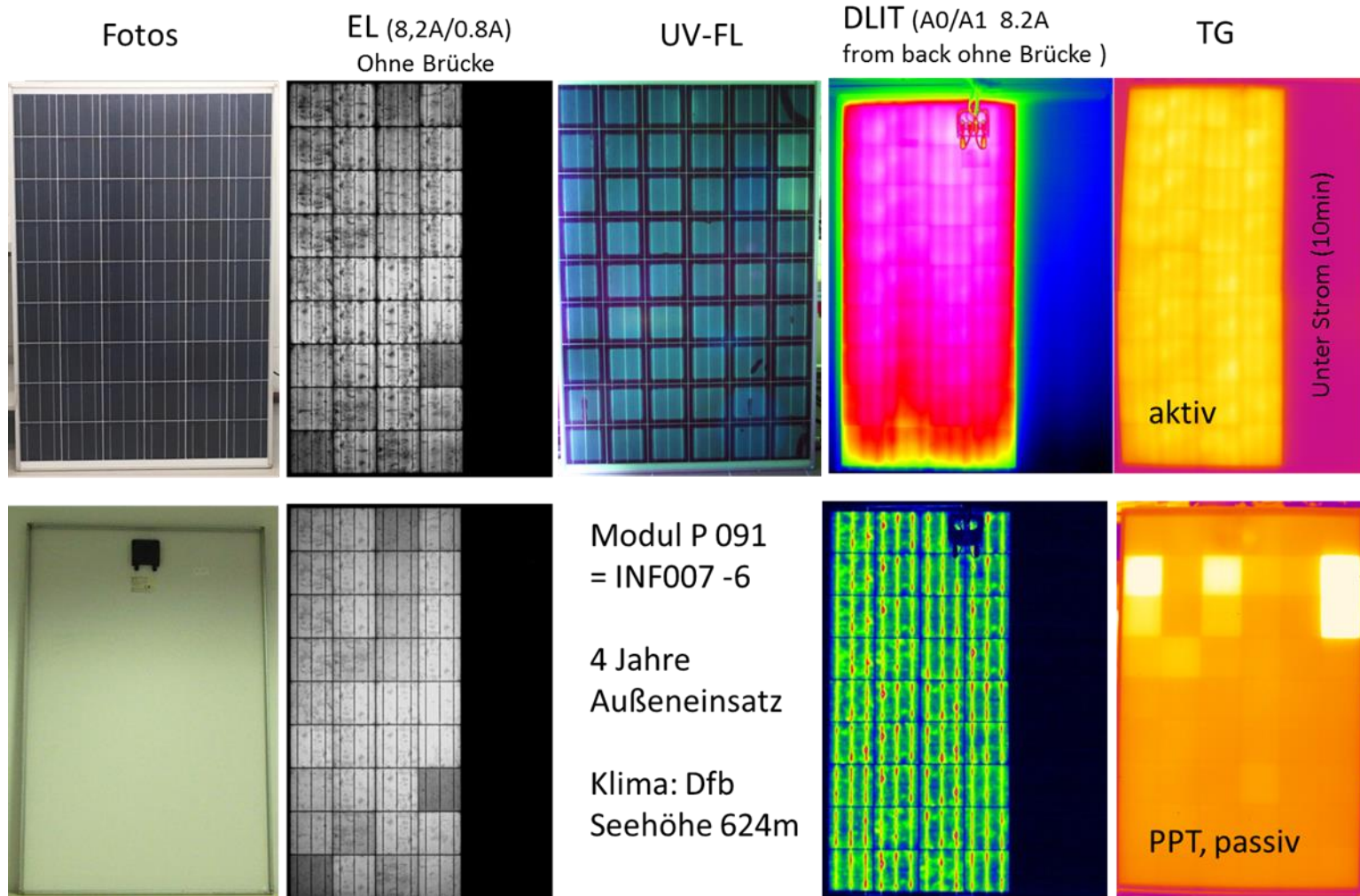
→ Hilfe zur Klärung der Zuständigkeit bei Fehlerfall (Garantie, Gewährleistung)

.....zahlreiche verfügbare Charakterisierungsmethoden für schadhafte Module im Konsortium verfügbar: **nicht zerstörende Methoden** an ganzem Modul möglich – in grün; **zerstörende Methoden** - also nur an isolierten Materialien möglich - in blau

Chemische und physikalisch Methoden	Mikroskopie
Soxhlet Extraktion	Lichtmikroskopie
Permeationsmessung	Rasterelektronenmikroskop (REM)- EDX
Chemilumineszenz Messung	Akustische Mikroskopie (SAM)
Spektroskopische Methoden	Thermographie
Infrarot Spektroskopie (IR)	Aktive Thermographie
UV/Vis/NIR Spektroskopie	Puls Phasen Thermographie (PPT)
Raman Spektroskopie	DIR Dark Infrared Thermographie
Fluoreszenz Spektroskopie	Lock-In Thermographie
Chromatographische Methoden	Elektrische Methoden
Gas Chromatographie (GC/MS)	Electrolumineszenz
Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HLPC)	U/I-Kennlinie; Leistungsmessung
Größenausschluss-Chromatographie (SEC)	Photolumineszenz
Thermische und thermo-mechanische Methoden	
Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC)	
Thermomechanische Analyse (TMA)	
Dynamisch-Mechanische Analyse (DMA)	
Thermogravimetrische Analyse (TGA)	

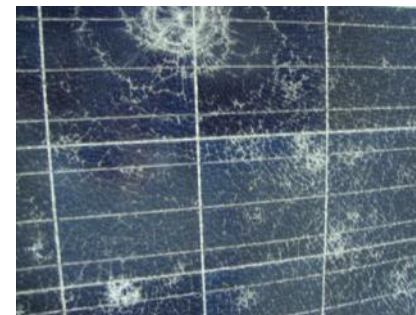
➤ **Auswahl der geeigneten Methoden je nach Schadensbild**

Zusammenstellung der Ergebnisse aus zerstörungsfreien Charakterisierungsmethoden an einem real gealterten Modul mit Minderertrag:



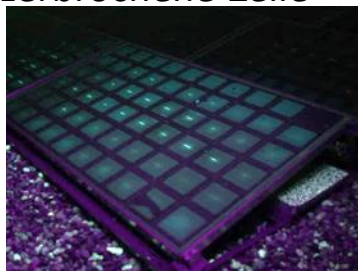
Mögliche Charakterisierungsmethoden eines Moduls verbaut in einer Anlage:

- visuelle Inspektion und Auswertung der Monitoring Daten
- Dämmerungs-Elektrolumineszenz
- Thermografie
- UV-Fluoreszenz
- Kennlinienmessung U/I (Einzelmodule, Strings)

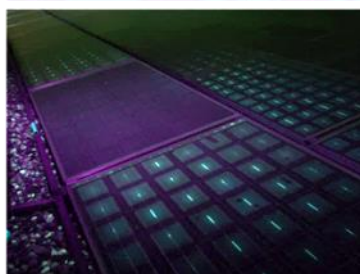
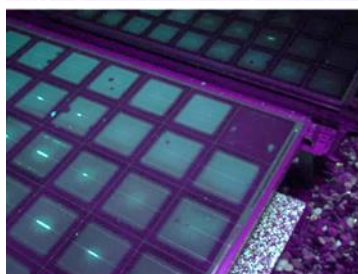


Anlage mit Hagelschaden:

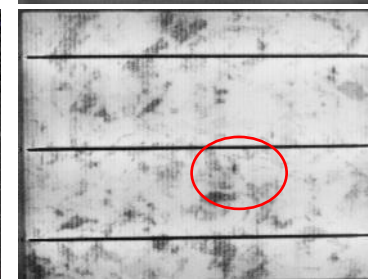
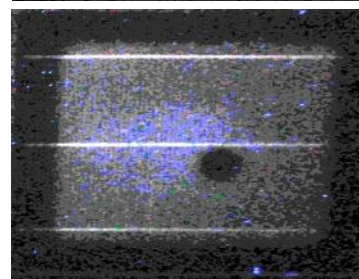
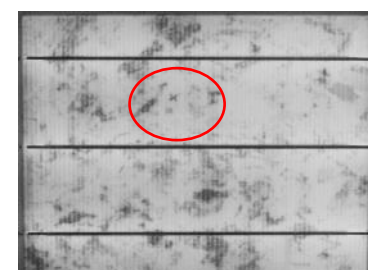
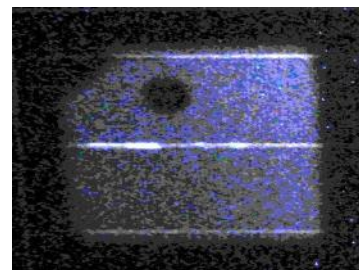
zerbrochene Zelle



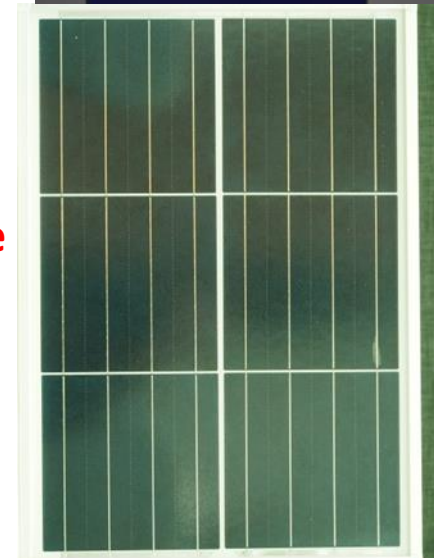
Hagelschaden



neu getauschtes Modul



1. Analyse der **Fehler / Schäden von im Feld (real) gealterten PV-Modulen**/Komponenten/Materialien aus verschiedenen Klimazonen.
2. Herstellung von **Mustermodulen** (1-Zellen, 6-Zellen-Module) und Durchführung von **beschleunigten Alterungstests** im Labor unter verschiedenen Stressbedingungen , um die Schädigungen unter bestimmten Klimaverhältnissen nachstellen zu können.
3. **Charakterisierung des Degradationsverhaltens** der künstlich gealterten Module/Komponenten/Materialien und Korrelation mit Art und Intensität der eingesetzten Stressfaktoren.
4. Entwicklung eines **Modells zur Beschreibung der Alterungsvorgänge** bestimmter Modultypen und Materialien in Abhängigkeit des Stresseintrags (Klimazone) und der Betriebsdauer.



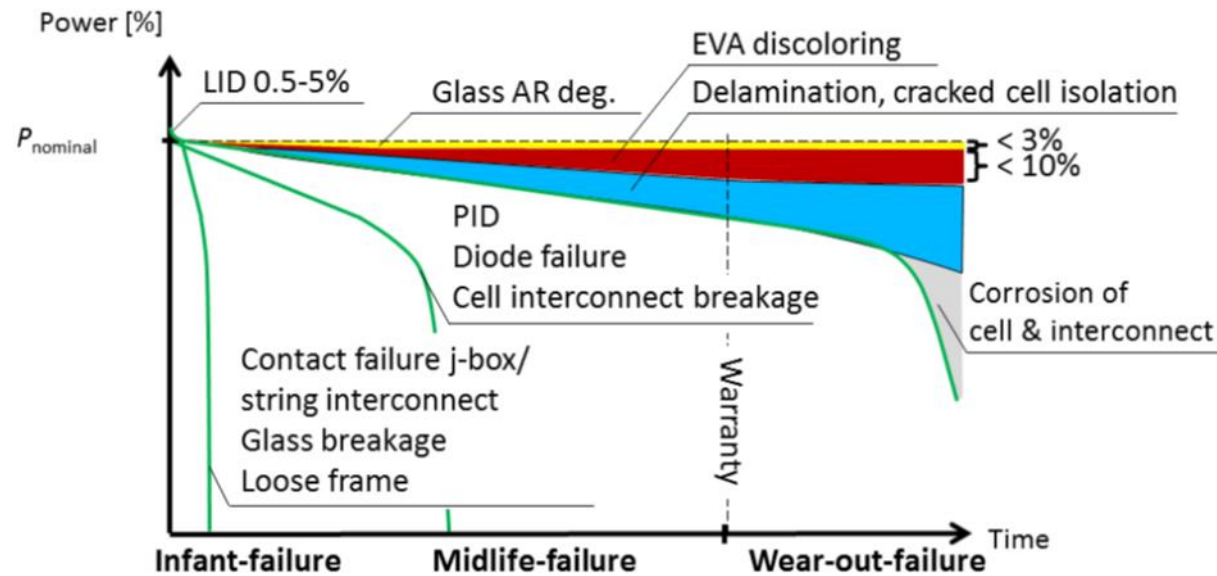
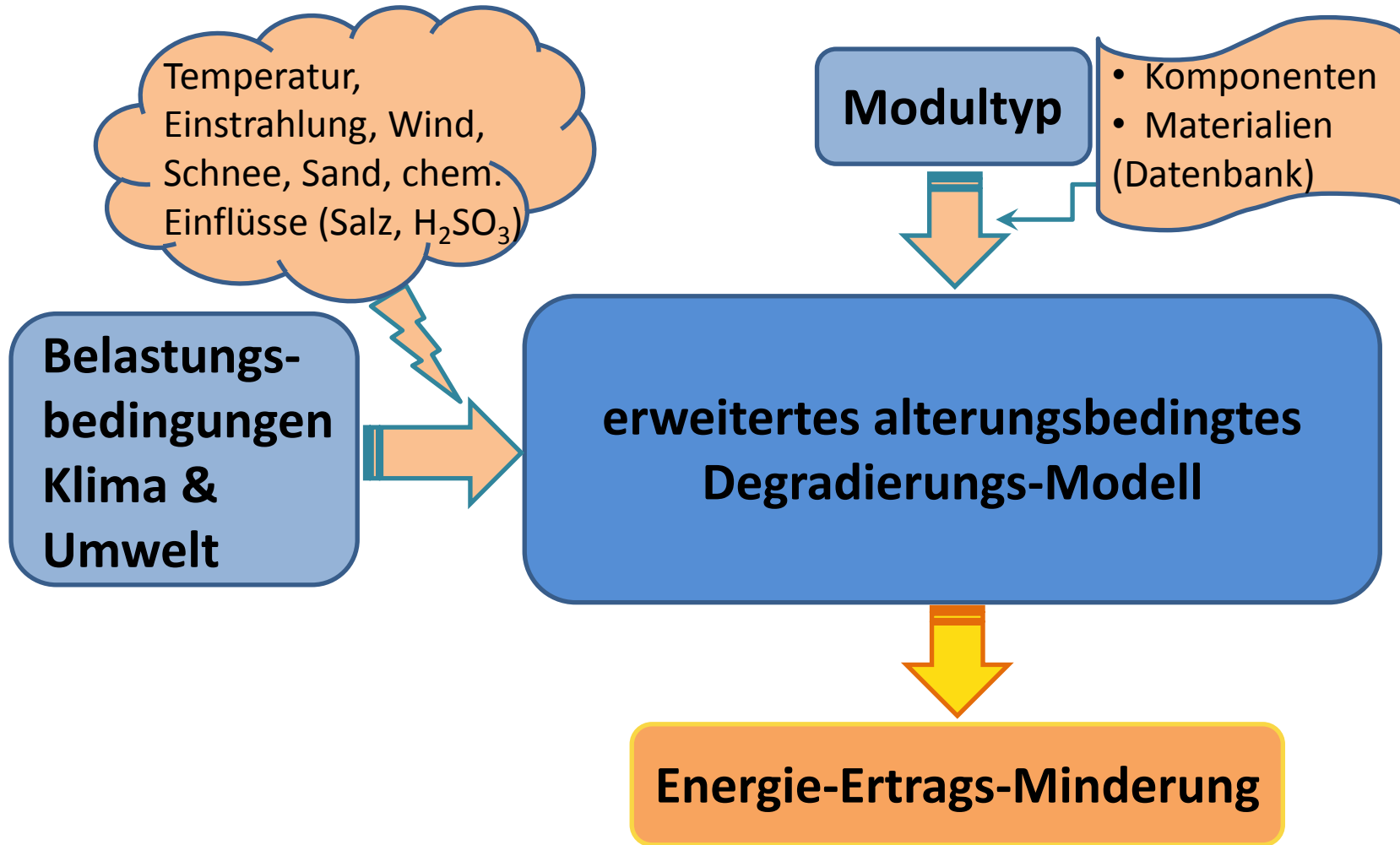


Abbildung 2: Performance and Reliability of Photovoltaic Systems ; Subtask 3.2: Review of Failures of Photovoltaic Modules (Köntges et al. 2014)

Schädigungen werden nach Abbildung 1: Fehlerrate im Laufe der Gebrauchsdauer (Köhl 2011) klassifiziert in:

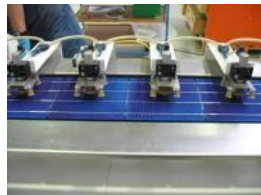
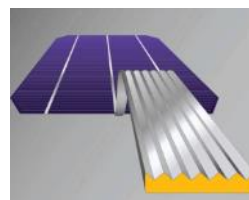
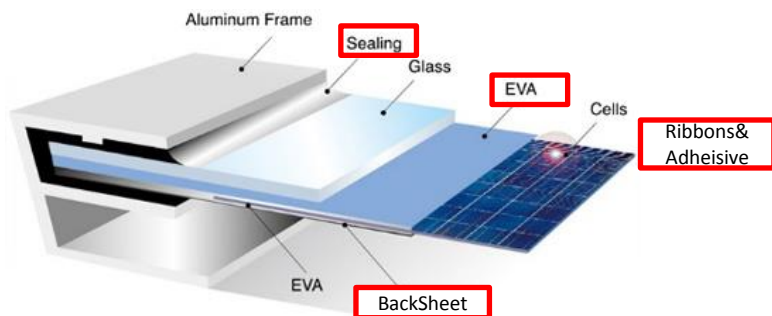
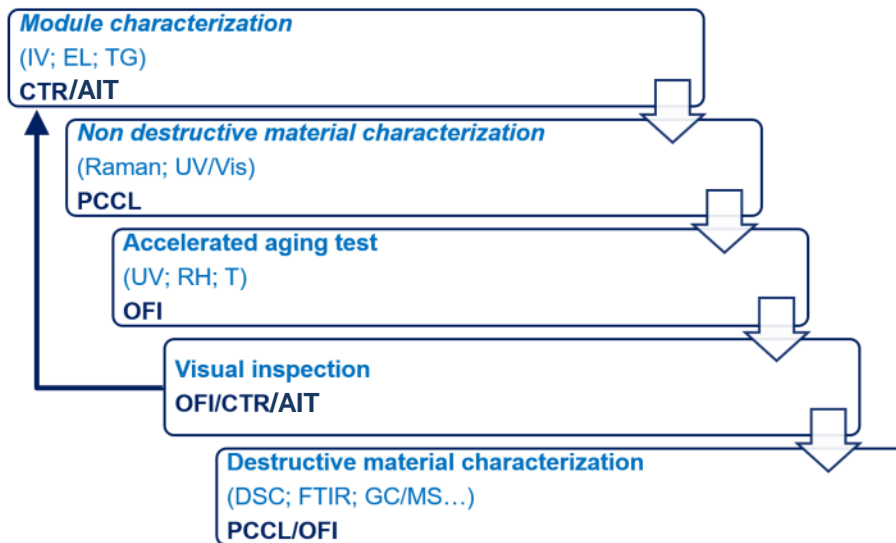
- Anfangsausfälle bei Produktion, Transport oder Installation
- katastrophale Fehler durch externe Einwirkung wie Hagel, Blitzschlag, einzelne Hot-Spots
- Degradation, die kontinuierliche Schädigung

durch Betriebsstress und Bewitterung soll im Alterungsmodell behandelt werden.



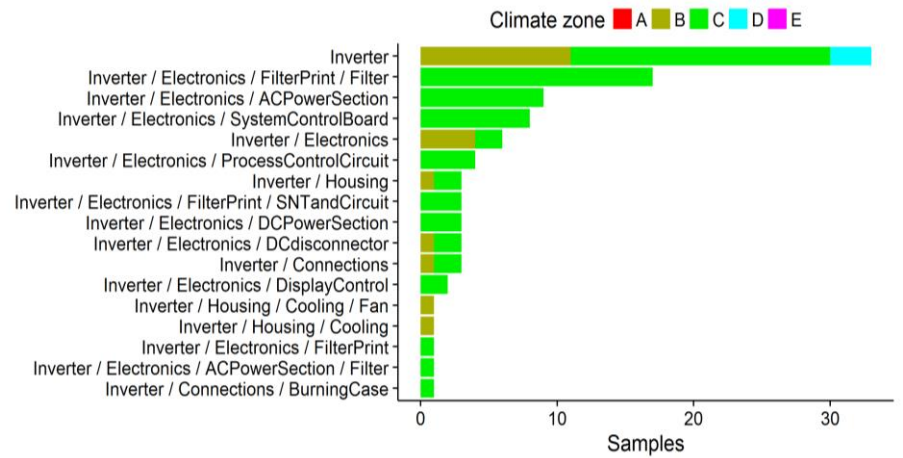
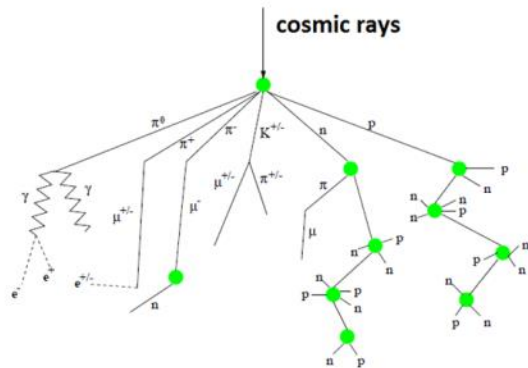
Optimierung der Materialien aufgrund Belastungen in unterschiedlichen Klima Zonen:

- 3 Einbettungsmaterialien
- 2 verschieden Rückseitenfolien
- 7 different PV Bänder
- 3 unterschiedliche Klebeformulierungen



Bilder aus der Mustermodulfertigung und von den Partnern Ulbrich und Polytec PT

- Evaluierung mögliche Gegenmaßnahmen am Wechselrichter zur Reduktion der Potential Induzierten Degeneration.
- Verbesserung von polymeren Materialien in Wechselrichtern für nicht gemäßigte Klimazonen.
- Analyse von Sandeinfluss bei Wechselrichtern.
- Effekt von Kondenswasserbildung in Wechselrichtern.
- Fehlerabsicherung bei der Wechselrichterinstallation.
- Modellbildung und Untersuchung des Einflusses von Höhenstrahlung auf die Leistungselektronik so wie Evaluation von Verbesserungsmaßnahmen.
- Burn-in Modelle für Wechselrichter zur Fertigungsoptimierung.



- **Analyse der Schadensbilder von PV Anlagen** im Feld und dadurch Optimierung der Materialien um Schäden zu vermeiden.
- **Statistische Auswertung** der Fehler von PV Anlagen in unterschiedlichen Klimazonen um die Hauptentwicklungsaufgaben zu identifizieren.
- **Anwendungs-, klima- und lebensdaueroptimierte Komponenten** und Materialien für PV- Systeme und deren Komponenten-zusammenspiel.
- **Entwicklung innovative Methoden und Werkzeuge** für PV Installationsanalysen, Überwachung und Kontrolle.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



und vielen Dank auch an das INFINITY Konsortium

Dank auch an den Klima- und Energiefonds & das „Energieforschung“ Programm ebenso wie an die die FFG für die große Unterstützung.

