



**Lichtinduzierte Anfangsdegradation lässt sich minimieren,  
wenn man bestimmte Dinge beachtet**

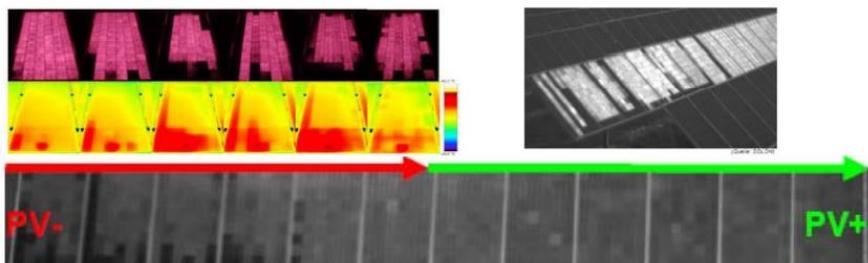
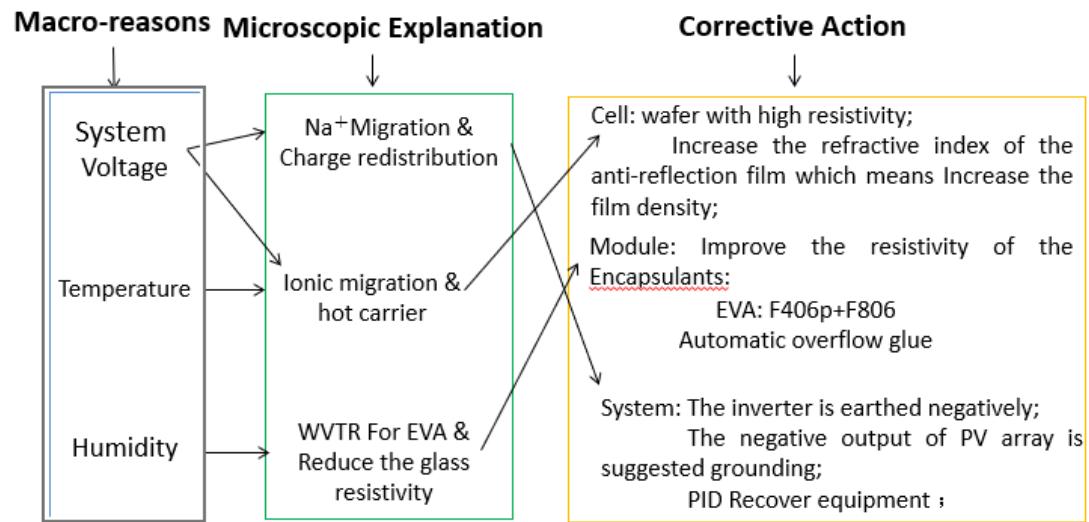
---

*Roman Giehl, Technical Business Development Manager DACH & NL,  
JinkoSolar EU*

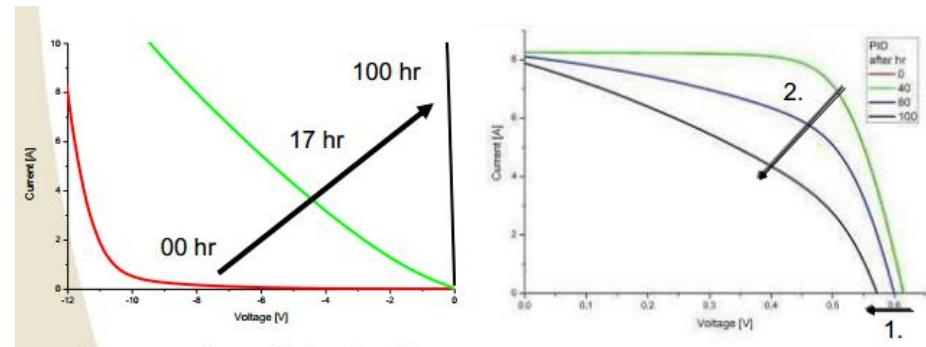
# Degradation: PID

## Ursachen:

- Zellen mit schlechtem Wirkungsgrad
- Zu geringer Abstand der Zelle zum Rahmen
- Glas als Ursache: Zufällige Verteilung des PID über den String

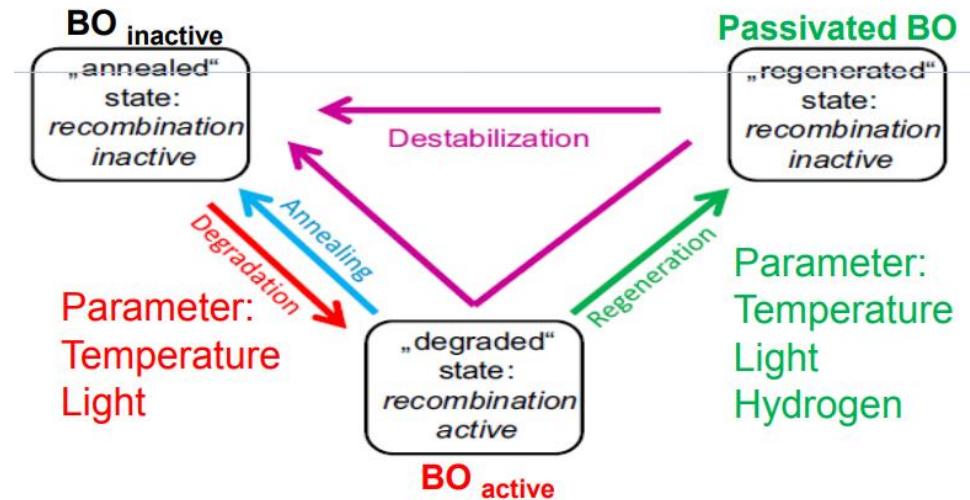
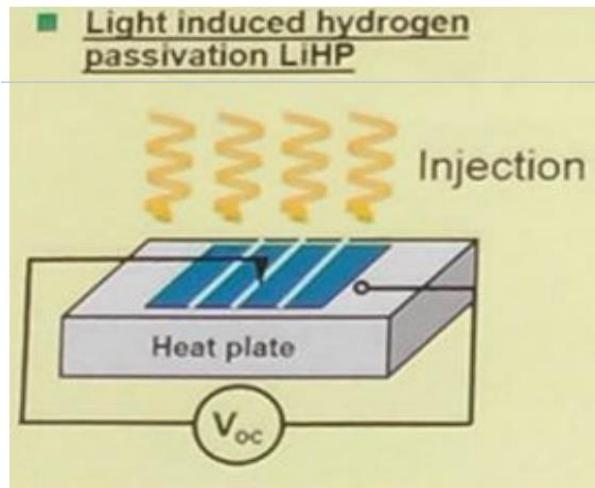
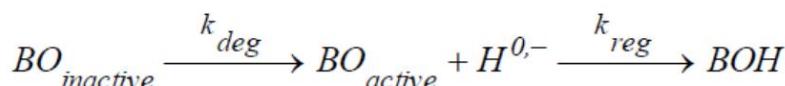
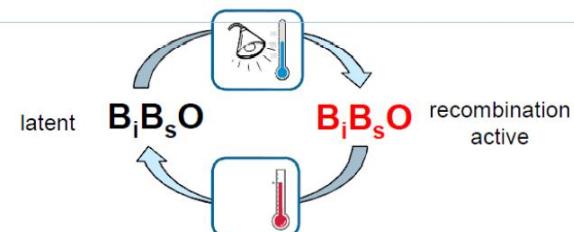
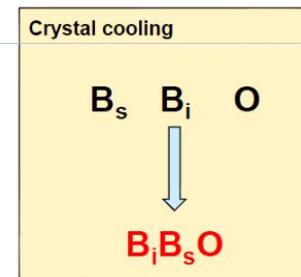


1. Berehnd PID and correlation with field experiences – Berlin PI- S Pinel. Potential induced degradation of solar cells and panels



# Degradation: LID

- Tritt auf bei P – Type mono und poly Zellen beruht auf der Bildung von Bor – Sauerstoff Komplexen lässt sich durch die Reduktion des Sauerstoffanteils im Si reduzieren/verhindern
- Durch gezielten H Eintrag und Temperatur lässt sich die aktive Form der BO Komplexe in die inaktive Form überführen



# Degradation: LeTID

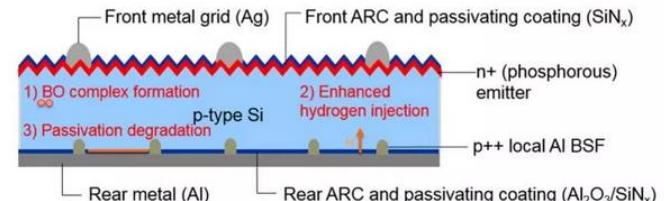
## LeTID--- [Light and elevated Temperature Induced Degradation]



It was observed in first time from Poly PERC Module with over 10% power degradation in special region with 70+°C.

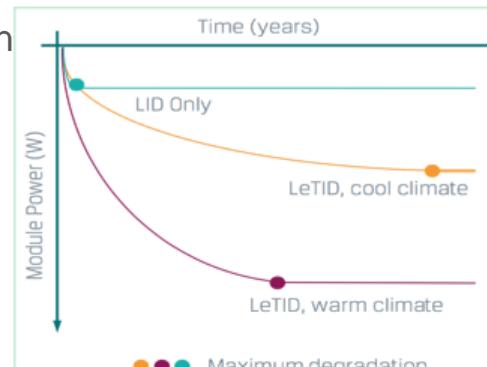
### Light and elevated Temperature Induced Degradation (LeTID)

- 1) LID
- 2) HID
- 3) depassivation

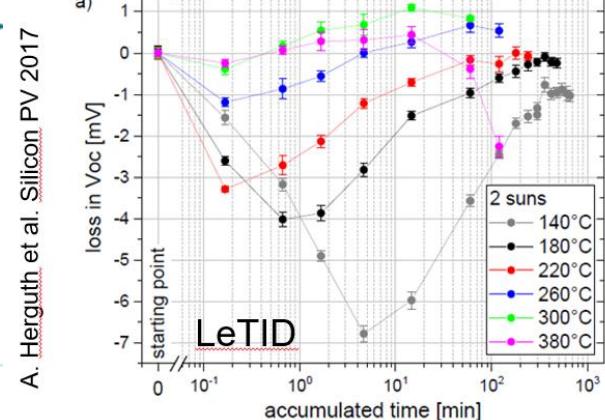


major degradation mechanisms in PERC during LeTID: 1) LID, 2) HID and 3) depassivation of rear dielectrics.  
age: ISC Konstanz

- Tritt auf bei Mono- und Poly PERC Zellen
- Abhängig von Einstrahlung
- Abhängig von der Temperatur
- Regenerationsverhalten anders als LID
- Auch das ist Temp und Einstrahlungs-abhängig
- Regeneration von Poly PERC und Mono PERC ist unterschiedlich

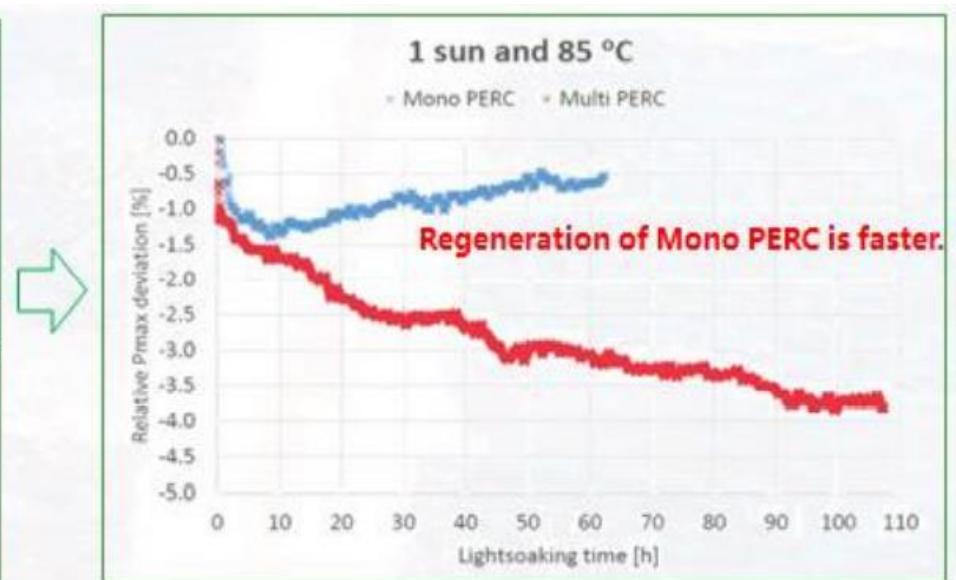
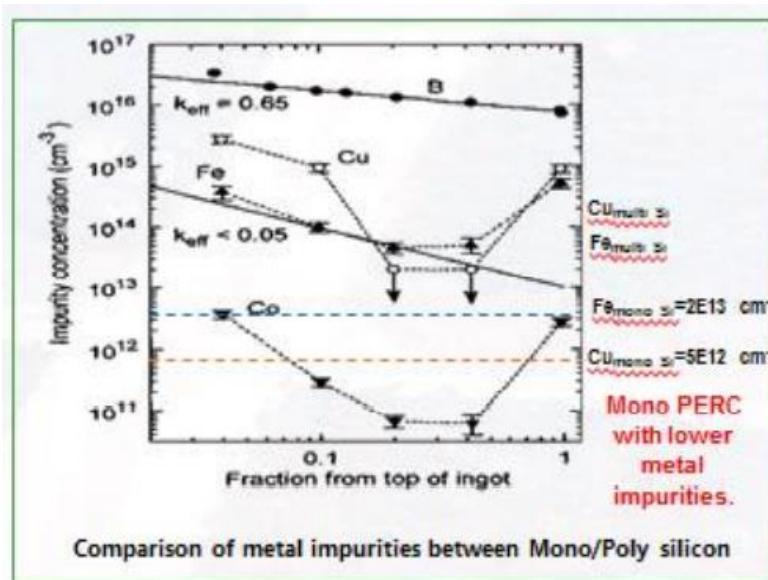


©Dan Chawla and Todd Tolliver, ICF



# Verschiedene Formen der Degradation: MID

- Verunreinigungen durch Metallatome (Cu, Fe, Al..) bilden Korngrenzen im Siliziumgefüge und führen zu Carrier Induced Degradation, also zu Regenerationszentren
- Dadurch werden Bereiche der Zelle inaktiv (Bildung stabiler Defekte)

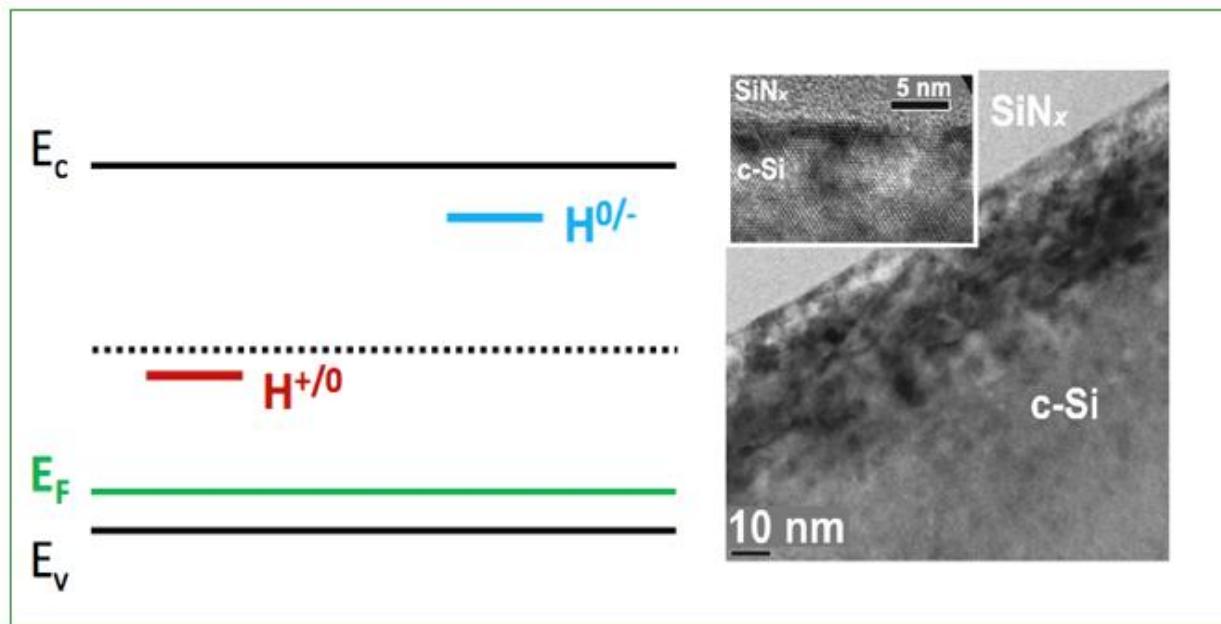


Source: Daniel Macdonald, AIST, JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 97, 033523 2005

Source: E. Garcia Goma, Eternal Sun Group and UNSW, 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Brussels, Belgium 2018

# Verschiedene Formen der Degradation: HID

- Wasserstoff, bei der Erzeugung der Passivierungsschicht in das Si Gefüge eingebracht bildet mit den Defektelektronen (Löcher) Rekombinationszentren ( $H^{+/0}$ ) auf niedrigerem Energieniveau mit großen Radien



Source: Alison Ciesla née Wenham, Hydrogen-Induced Degradation, UNSW, 7th world conference on photovoltaic energy conversion, P1-8, 2018.

# Lösungen von Jinko: PID/LID



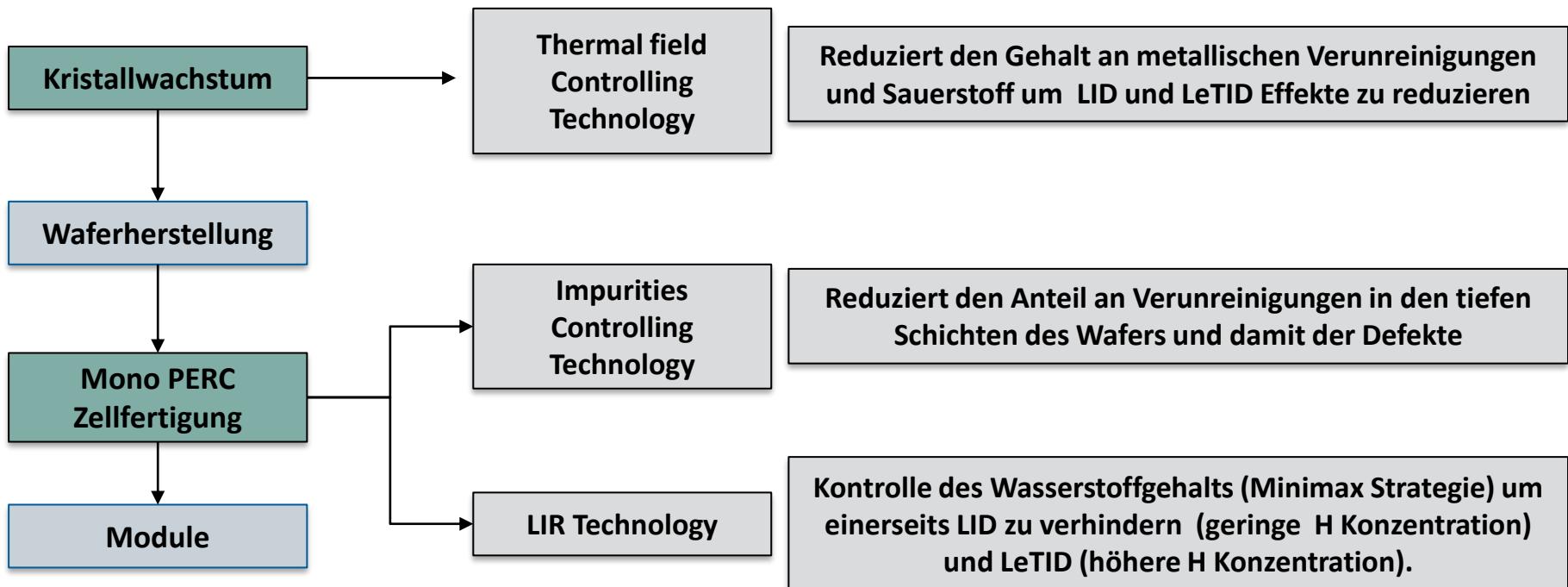
PID: - Zellen mit hohem Wirkungsgrad		Jinko Tiger N-type Module
unpolare ARC Coating Beschichtung der Zelloberfläche	Low PID Risk	Very low PID Risk
angepasstes EVA/POE Encapsulant, Materialdicke, Polarität		
Abstände Rahmen – Zelle einhalten		
LID: - N Type Zellen		Jinko Tiger N-type Module
Ga Dotierte Zellen (P Type), oder andere Atome aus der Gruppe III statt Bor(Al, In)	No LID	No LID
Senken der O Konzentration durch Light Induced Hydrogen Passivation (LIOH), verhindert B – O Komplexbildung		
-Carrier Injection, Wasserstoff Diffusion		

# Lösungen von Jinko: LeTID

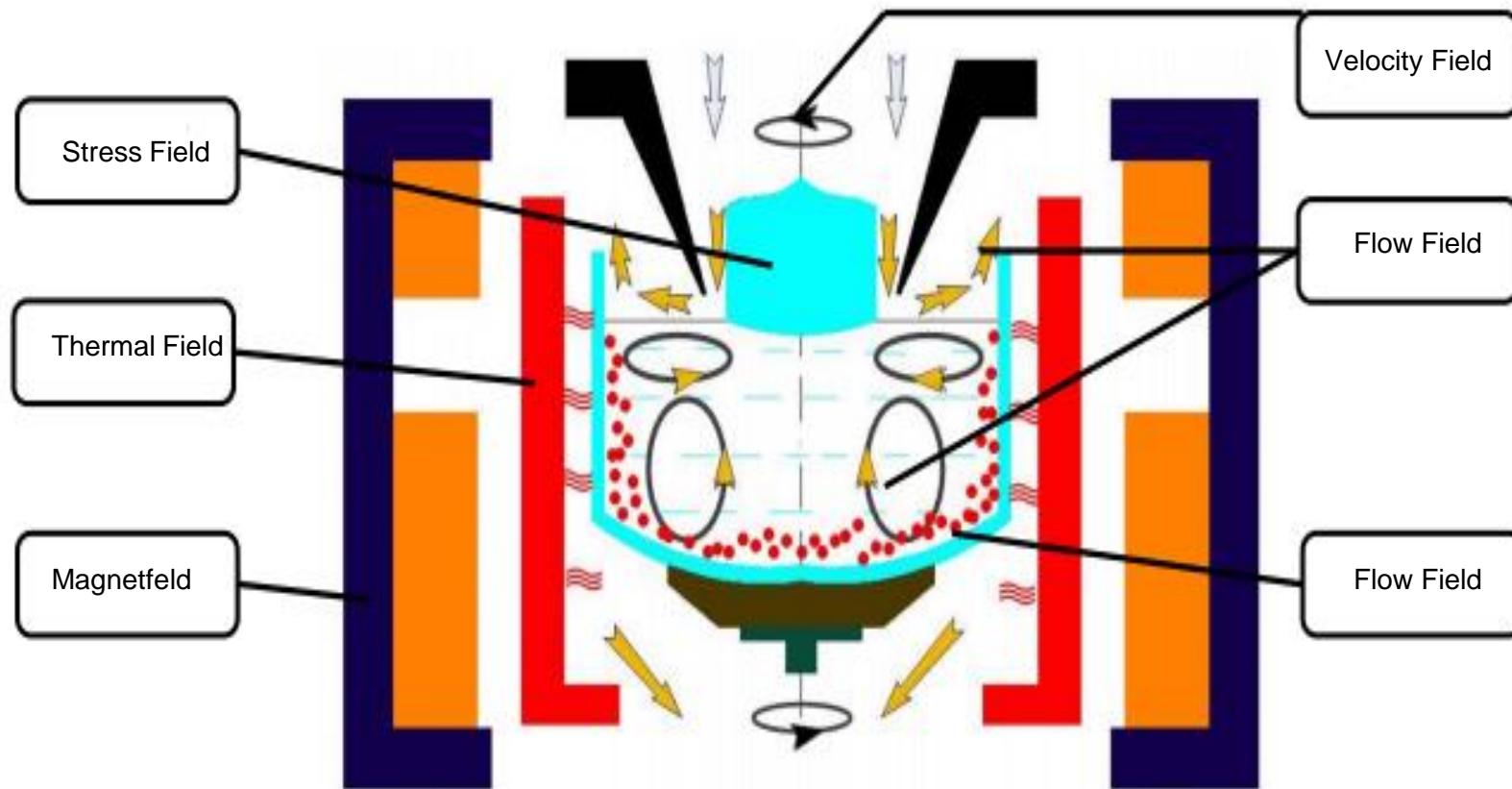


<b>PID: - Zellen mit hohem Wirkungsgrad</b>		<b>Jinko Tiger N-type Module</b>
<b>unpolare ARC Coating Beschichtung der Zelloberfläche</b>	<b>Low PID Risk</b>	<b>Very low PID Risk</b>
<b>angepasstes EVA/POE Encapsulant, Materialdicke, Polarität</b>		
<b>Abstände Rahmen – Zelle einhalten</b>		

# Lösungen von Jinko: LeTID



**Thermal Field Controlling Technology:** Die Herstellung von CZ Si von JKS patentiert entfernt Metall- verunreinigungen und Sauerstoffatome

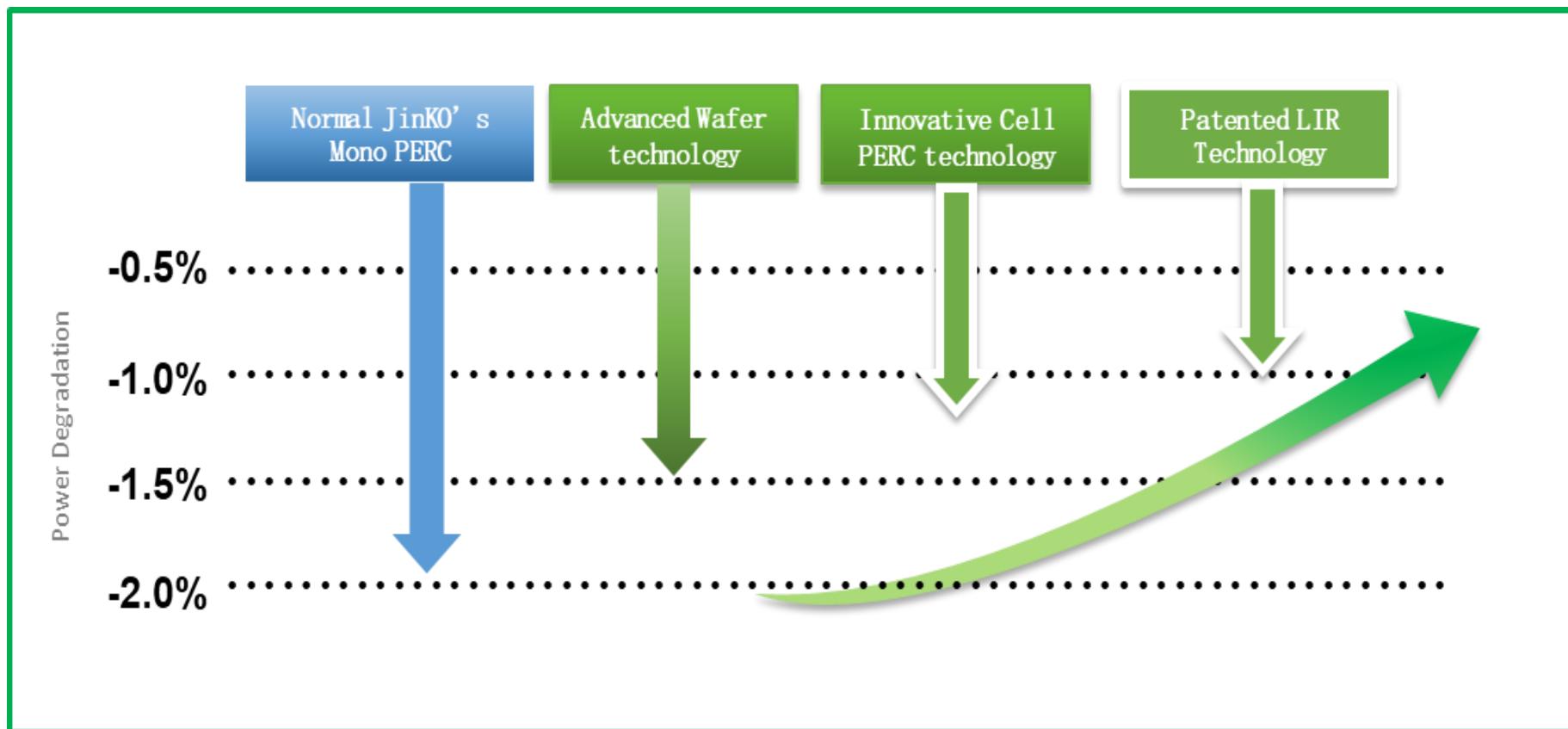


## Prozessführung: Designspezifische Parameter wurden entwickelt:

- Effektive Entfernung aller Verunreinigungen von der Zelloberfläche
- Die Diffusion von Metallverunreinigung während der Zellproduktion wird verhindert
- Damit wird die Bildung stabiler Defektzentren verhindert
- Optimierung der Wasserstoffkonzentration während der Prozessführung:
  - zu viel Wasserstoff führt zu LeTID
  - zu wenig Wasserstoff führt zu LID (B- O Komplexe)
- Stabilisierung der Zellen durch **L ight I nduced R egeneration** (es ist effektiver die Zellen vor der Modulfertigung zu stabilisieren als hinterher das ganze Modul (

# Lösungen von Jinko: LeTID

Nach der Analyse der maßgeblichen Prozesse bei Mono PERC LeTID, Hat Jinko mit eigenen Patenten den Fertigungsprozess dahingehend verändert, dass die Degradationseffekte effektiv verminder werden.



# Zusammenfassung

Der Vorteil der vertikalen Integration über die gesamte Wertschöpfungskette

- Der Hersteller ist in der Lage, den L (eT)ID durch seine Produktionsprozesse zu kontrollieren und damit die Investitionsrisiken für den Kunden zu minimieren
- Die noch in der Entwicklung stehende IEC Norm wird helfen, das LeTID Phänomen besser zu verstehen und zu bewerten
- Die Reinheit des Siliziums beim Ingot/Zelle, Waferverarbeitung und Zellstabilisierung sind der Schlüssel zur Kontrolle des L (eT) ID-Effekts in der Massenproduktion
- High silicon quality and optimized manufacturing lead to reliable PV modules

## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

15 Year Product Warranty    30 Year Linear Power Warranty  
0.4% Annual Degradation Over 30 years



- ✓ **30-year Leistungsgarantie** bringt zusätzlich 5 Jahre mehr Ertrag
- ✓ **-1.00% im 1. Jahr, - 0.4% Degradation p A**

# Vielen Dank!



[roman.giehl@jinkosolar.com](mailto:roman.giehl@jinkosolar.com)  
[www.jinkosolar.eu](http://www.jinkosolar.eu)