



**Roadmap 2020+**  
**Ressourceneffiziente Photovoltaik**

**Dr. Siegfried Behrendt**  
**IZT Institut für Zukunftsstudien und  
Technologiebewertung**

Großkonferenz  
**Ressourceneffizienz**  
Motor für ein Grünes Wachstum

05.10.2010, Berlin



**Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

**mit 30 Partnern:**

BASF, Borderstep, CSCP, Daimler, demea - VDI / VDE-IT, ECN, EFA NRW, FhG IAO, FhG UMSICHT, FU Berlin, GoYa!, GWS, Hochschule Pforzheim, IFEU, Institut für Verbraucherjournalismus, IÖW, IZT, MediaCompany, Ökopol, RWTH Aachen, SRH Hochschule Calw, Stiftung Warentest, Thyssen Krupp, Trifolium, TU Berlin, TU Darmstadt, TU Dresden, Universität Kassel, Universität Lüneburg, ZEW



---

## Methode des Integrierten Roadmapping

---

## Ressourcenrelevanz von Photovoltaik

---

## Dialogprozess

---

## Ergebnisse

---

Großkonferenz  
**Ressourceneffizienz**  
Motor für ein Grünes Wachstum

05.10.2010, Berlin



**Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

**mit 30 Partnern:**

BASF, Borderstep, CSCP, Daimler, demea - VDI / VDE-IT, ECN, EFA NRW, FhG IAO, FhG UMSICHT, FU Berlin, GoYa!, GWS, Hochschule Pforzheim, IFEU, Institut für Verbraucherjournalismus, IÖW, IZT, MediaCompany, Ökopool, RWTH Aachen, SRH Hochschule Calw, Stiftung Warentest, Thyssen Krupp, Trifolium, TU Berlin, TU Darmstadt, TU Dresden, Universität Kassel, Universität Lüneburg, ZEW

# Was kann eine Technologie-Roadmap leisten?

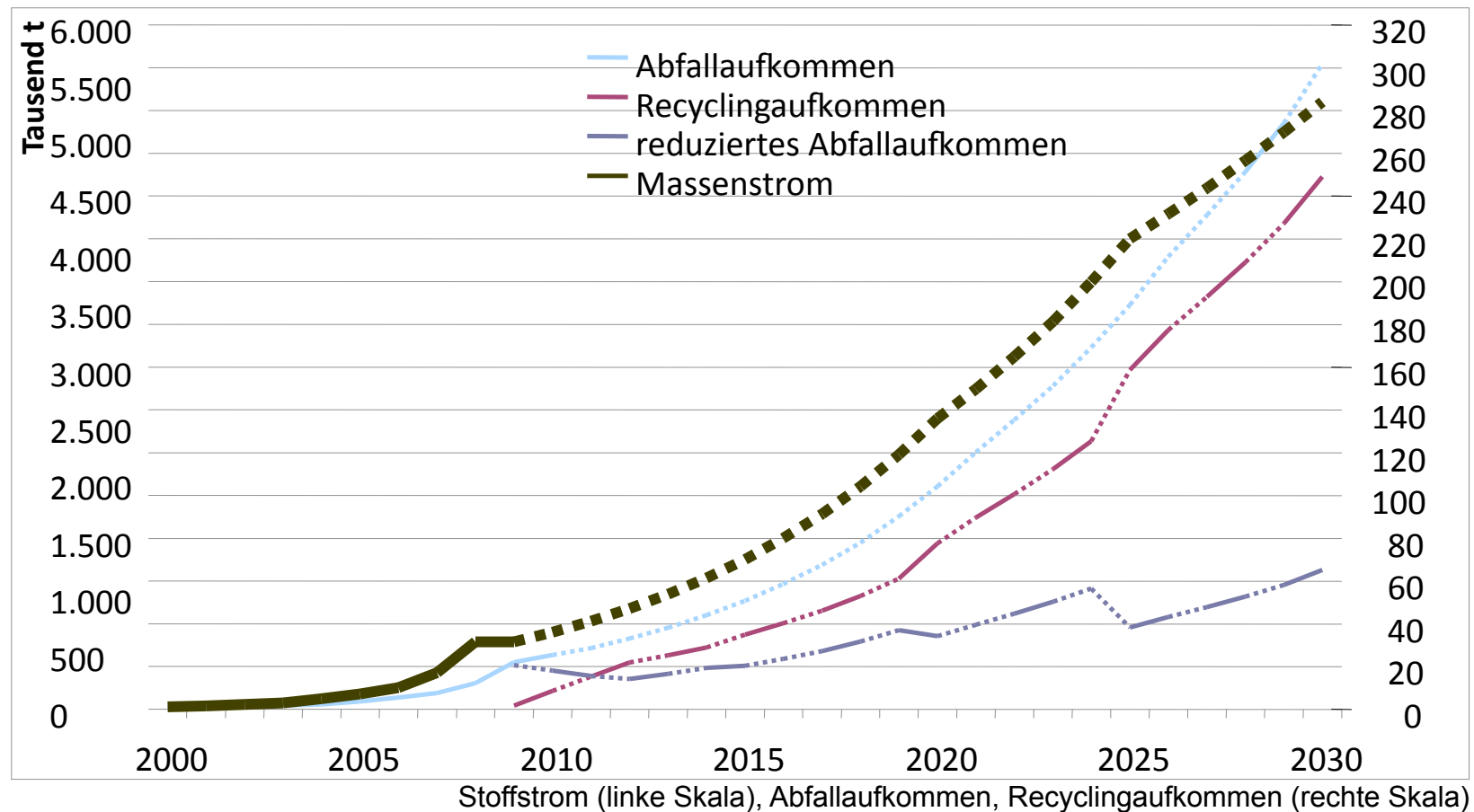
## Roadmapping:

Strategischer Orientierungsprozess, Früherkennung und Langfristplanung, Fahrplan für die Zukunft (Roadmap)

- Systematische Bündelung von Entwicklungspfaden durch Abstimmung verschiedener Erwartungen
- Instrumentenmix: darunter Trendanalyse, Szenario-Technik, Delphi
- Plattform: Integration von Unternehmen, Verbänden, Anwendern und externen Experten
- Identifikation und Bewertung konkreter Handlungsoptionen
- Maßnahmen und Meilensteine („Fahrplan“)

# Roadmap: ressourceneffiziente Photovoltaik?

- **Stoffstrom: 2015: Faktor 2 → 2020: Faktor 4 → 2030: Faktor 8 (5,3 Mio.t)**
- **Material- und Ressourceneffizienz: ein wichtiger Wettbewerbsfaktor**
- **Herausforderung: Recycling**

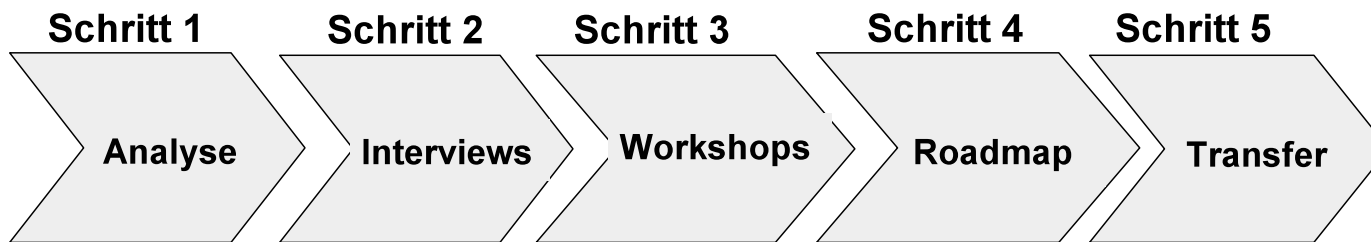


Quelle: IZT

# Dialogprozess

## Begleitgruppe

Solar World, Schott Solar, Solar valley, CiS, Siemens, Centrotherm, Heliotrop, VDMA, ZVEI, UMICORE, BVSE, UBA



**~ 50 Experten/  
-innen...**

- PV-Industrie
- Forschung
- Verbände
- UBA

**~ 30 Interviews**

### Erwartete Zukunftstrends

- Roadmaps
- Fachstudien

### Qualitative Befragung

- Potenziale
- Treiber
- Hemmnisse
- Herausforderungen

### Workshops mit

- Experten
- Herstellern
- Anwendern
- Stakeholdern

### Basisstudien

### Roadmap:

- Rohstoffbedarfe
- Potenziale
- Aktivitäten
- Empfehlungen

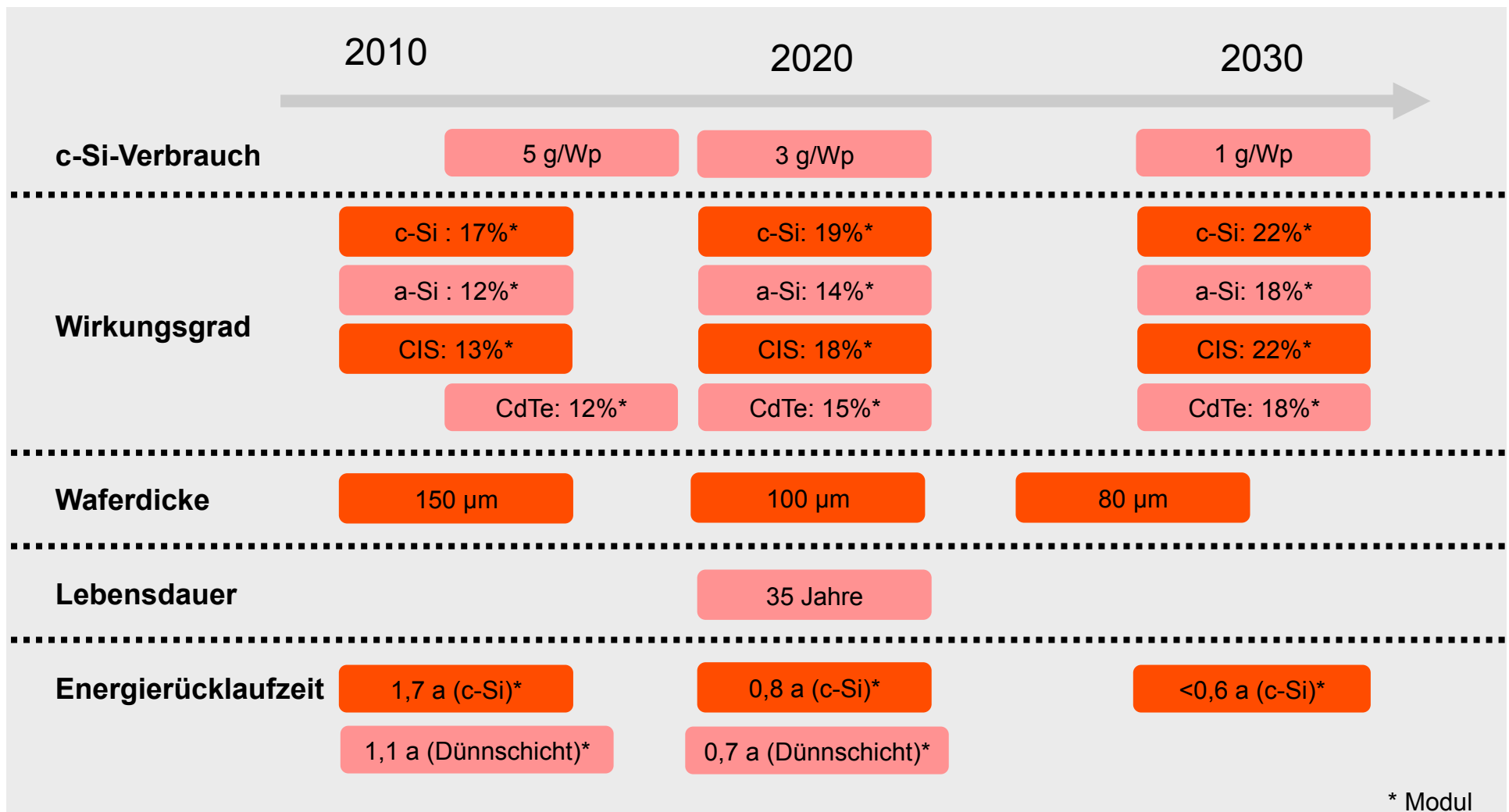
- Netzwerk
- Fachforum
- Publikation

# Versorgungsengpässe

Technologielinien	Begrenzende Materialien	Forschungsbedarfe
<b>Silizium -PV</b> (c-Si, Poly -Si)	Ag (n -Elektrode) ←	Alternative Elektroden
	In (TCO)	Vermeidung von ITO
<b>Dünnschicht - PV</b>		
CdTe	Te (Zellmaterial) ←	-
CIGS	In (Zellmaterial) ←	-
Farbstoff	In (TCO)	Alternative Kontakte
	Sn, Pt (TCO)	Effizienz erhöhen
<b>III -V PV</b> (Heteroübergang)		
MJC III -V	Ge (Substrat)	Alternative Substrate
	Ga (GaAs Substrat)	Lift -off, III -V/Si
MJC III -V, lift -off	In ( Zellmaterial)	In -free Heteroübergangszellen
	Au (Elektrode)	Alternative Elektroden

Quelle: IZT 2009

# Langfristige Entwicklungsziele

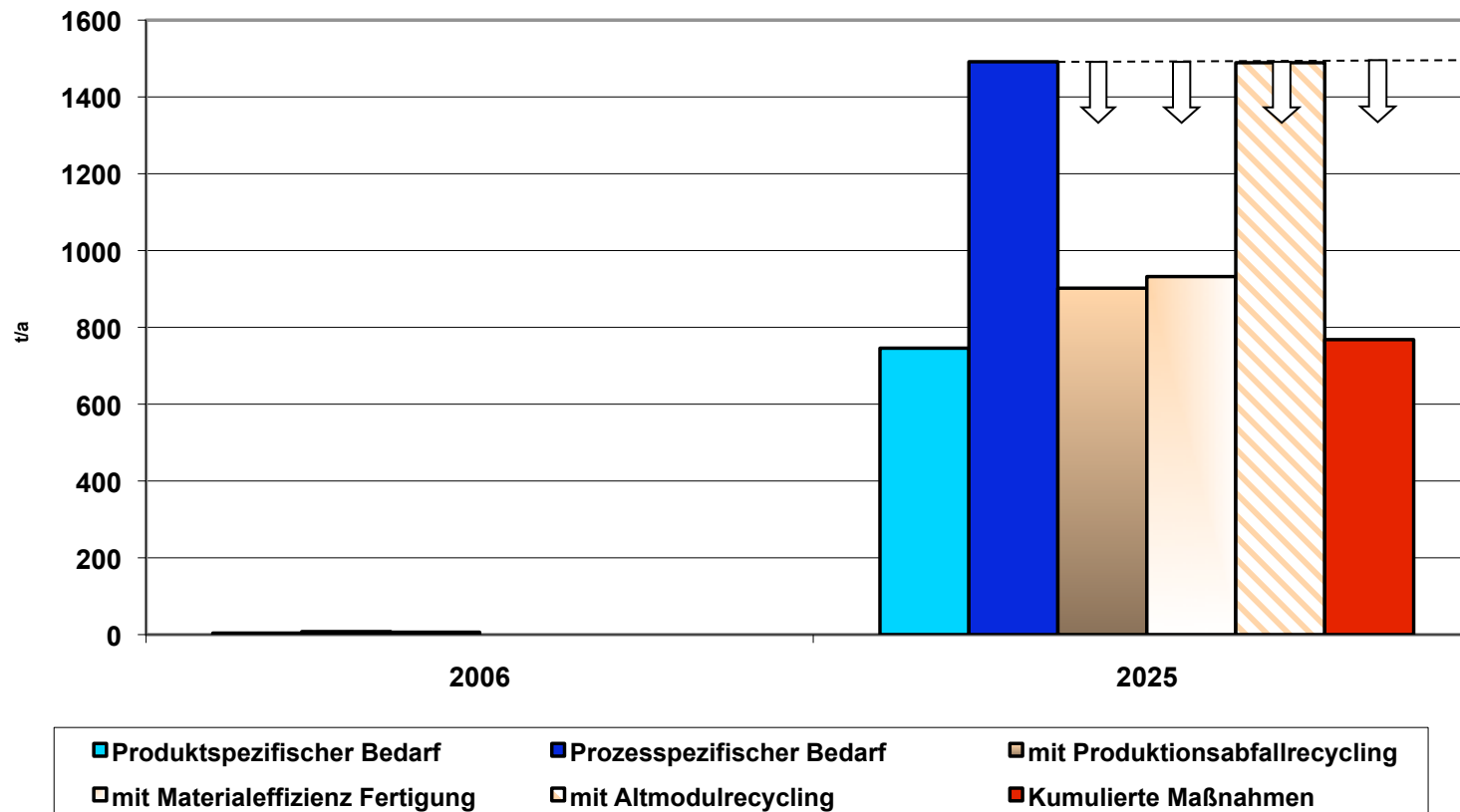


# Maßnahmen: Reduzierung des Materialeinsatzes in der Fertigung

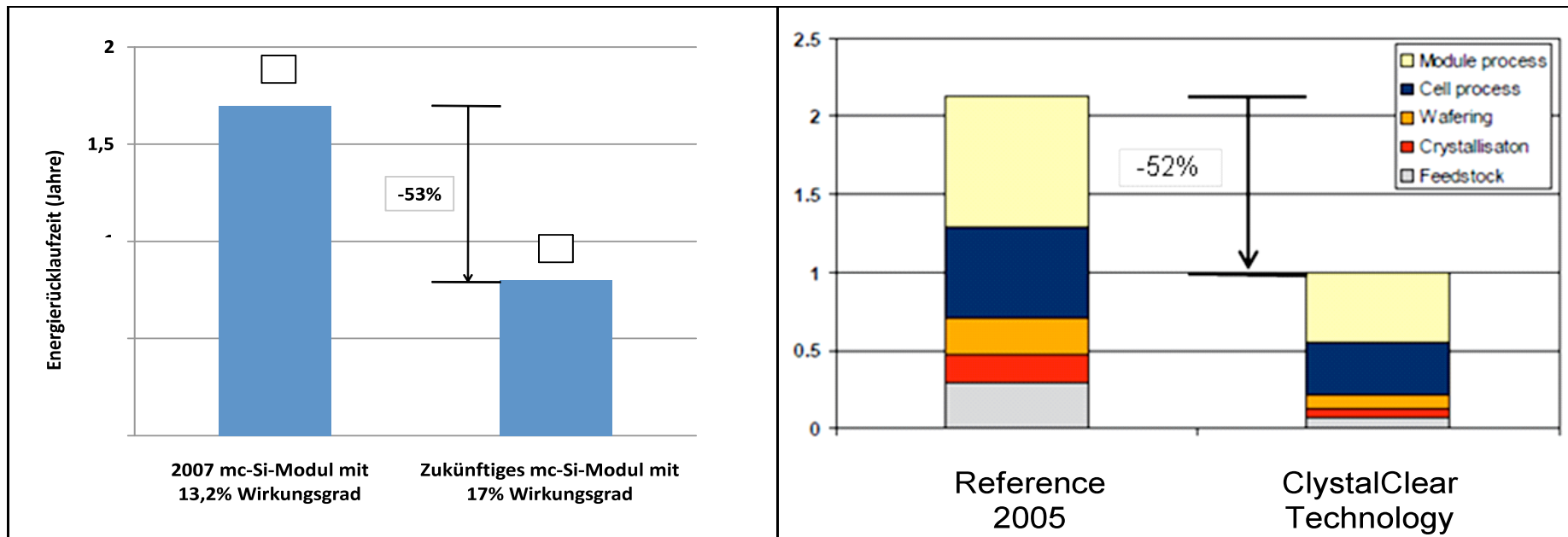
Maßnahme	Reduktions- potenzial	Bedeutung			Hindernisse
		Niedrig	Mittel	Hoch	
Neue Prozesse zur Kontaktierung der Frontseite	Si: -21% (c-Si)				Geringerer Durchsatz, zusätzlicher Prozessschritt
Rückkontaktierung	Höherer Zellwirkungsgrad (17,3-20,4%)				Zusätzliche Fertigungsschritte, höhere Herstellungskosten, Investitionsrisiko
Reduzierung der Glasdicke	Mit Walzglas: -50%				Fehlender Fokus
Ersatz des Silbers (durch Kupfer)	-				F+E notwendig, Oxidation des Cu, Zellwirkungsgrad
Rahmenloses Moduldesign	Energierücklaufzeit: -1,2 Monate				Stabilität der Module, Lebensdauer
CIS: Dicke der Absorberschicht	Dicke: -50%				Höherer Produktionsaufwand
Leitfähigere TCO	-				F+E notwendig
Ersatz des Cd in der Bufferschicht	-				neue Verfahren erforderlich Investitionszyklen

# Tellur-Bedarf 2025

$$R_M = \sum_i A_i \times \frac{m_{P,0}}{\gamma_F} - \sum_i A_i \times m_{A,i} \times \alpha_{A,i} \times \gamma_{R,i} - \sum_i \bar{A}_i \times \bar{m}_{P,i} \times \beta_{P,i} \times \gamma_{R,i}$$



# Energierücklaufzeit und Herstellungskosten für ein ressourcenoptimiertes Multi-Si-Modul



# Meilensteine für Rücknahmesysteme und Recycling

2010

2015

2020+

Umweltpolitisches  
Abkommen zwischen EU  
und PV Cycle

Start operative Phase

Monitoring, Auditing  
(periodisch)

Bestimmung realer  
Logistikkosten

Rücknahmekonzept  
private Kleinanlagen

Rücknahmekonzept  
Industrielle Anlagen

10 Sammelstellen in  
Deutschland

60 – 70 europäische  
Sammelstellen

200 europäische  
Sammelstellen

Rücknahme- und  
Logistiksystem  
kostendeckend

# Nächste Schritte: Aktivitäten und Empfehlungen

- I. Daten- und Informationsbedarfe
- II. Versorgungssicherheit erfordert ein Ressourcenmanagement der PV-Industrie
- III. Benchmarking für Material- und Energieeffizienz
- IV. F+E: Erforderliche technologische Weiterentwicklung
- V. Recyclingstrategien zur Rückgewinnung von Solarmaterialien und photovoltaischen Produkten
- VI. Leuchtturmprojekte initiieren: Smart Integrated Manufacturing
- VII. Neue institutionelle Strukturen für Innovation in den Wirtschaftsverbänden entwickeln



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**

**Mehr Informationen unter:**

[www.ressourcen.wupperinst.org](http://www.ressourcen.wupperinst.org)

[www.NeRess.de/to\\_join/maress\\_grosskonferenz](http://www.NeRess.de/to_join/maress_grosskonferenz)



Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung  
Institute for Futures Studies and Technology Assessment

Großkonferenz

**Ressourceneffizienz**

Motor für ein Grünes Wachstum

**05.10.2010, Berlin**



**Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

**mit 30 Partnern:**

BASF, Borderstep, CSCP, Daimler, demea - VDI / VDE-IT, ECN, EFA NRW, FhG IAO, FhG UMSICHT, FU Berlin, GoYa!, GWS, Hochschule Pforzheim, IFEU, Institut für Verbraucherjournalismus, IÖW, IZT, MediaCompany, Ökopol, RWTH Aachen, SRH Hochschule Calw, Stiftung Warentest, Thyssen Krupp, Trifolium, TU Berlin, TU Darmstadt, TU Dresden, Universität Kassel, Universität Lüneburg, ZEW