



impulstec INDUSTRIAL SHOCK WAVE FRAGMENTATION TECHNOLOGY

Effizientes Recycling von Verbundwerkstoffen mittels Schockwellentechnologie





1. Funktionsweise des Schockwellentechnologie

2. Anwendungsgebiete des Schockwellenzerkleinerungsverfahrens

2. 1. Recycling von Elektroschrott

2. 2. Recycling von Lithium-Ionen Batterien

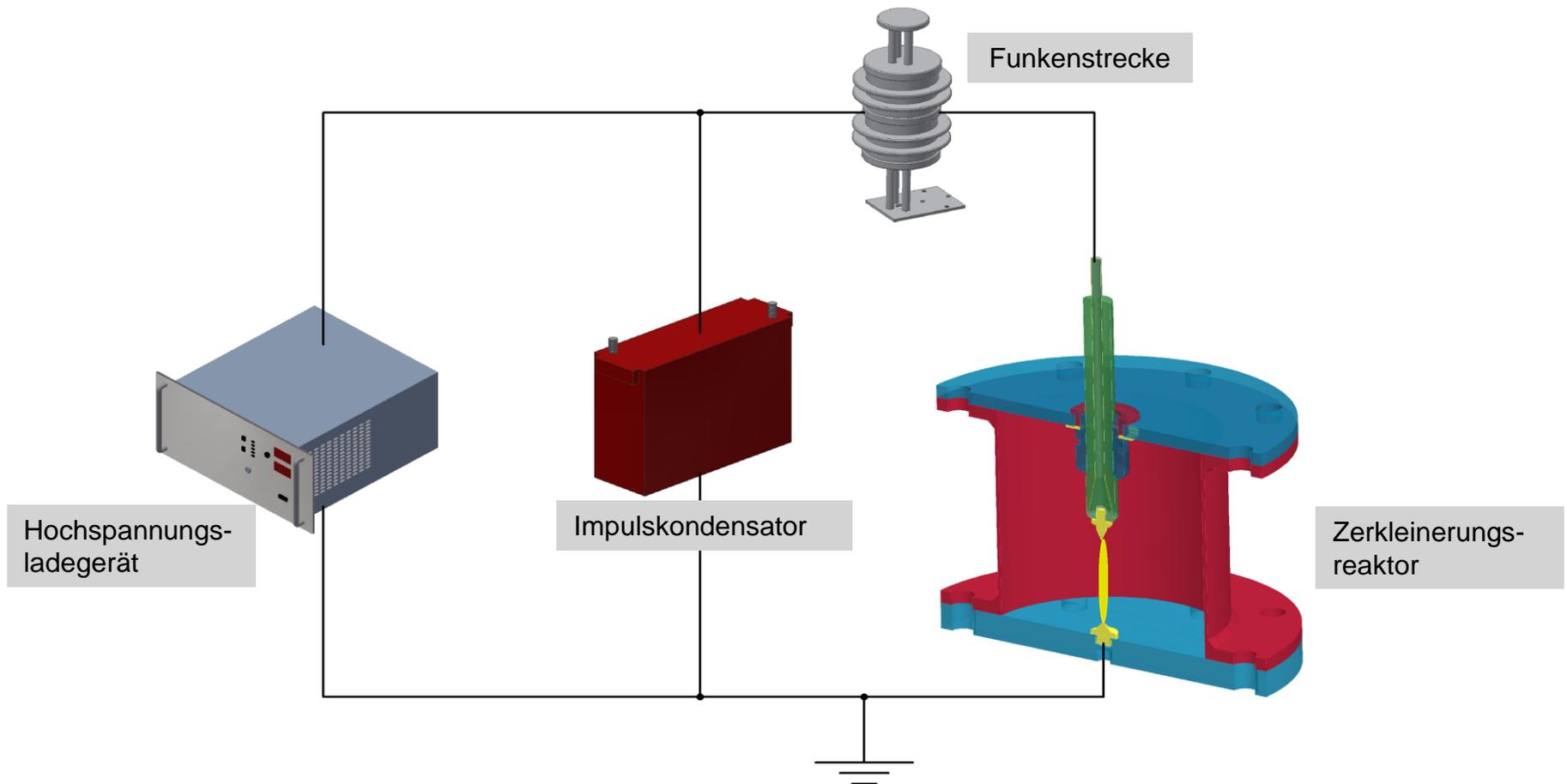
2. 3. Recycling von PV-Modulen

3. Anlagentechnik

1. Das elektrohydraulische Zerkleinerungsverfahren



Schema des Entladekreises



1. Trennmechanismen des Schockwellenverfahrens



Selektivität auf mechanische Eigenschaften

- homogene Einkopplung von Druckwellen in das Mahlgut
- Brüche vorzugsweise an mechanisch schwächster Stelle

Selektivität auf akustische Eigenschaften

- Materialien mit verschiedenen akustischen Eigenschaften
- Phaseninversion (Reflexion am festen Ende) oder
- Überlagerung mit einlaufender Welle (Reflexion am losen Ende)

Selektivität auf elektrische Eigenschaften

- vorrangige Energieeinkopplung in leitfähigen Komponenten



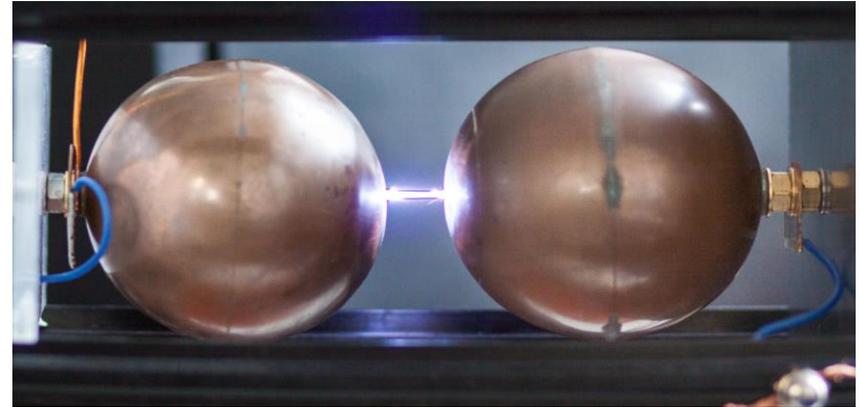
EHZ weist eine hohe Selektivität auf Materialgrenzflächen auf

1. Vorteile des Zerkleinerungsverfahrens



Technische Vorteile

- **Hohe Trennselektivität** besonders geeignet für Aufbereitung von Verbundwerkstoffen
- **Anreicherung von Wertstoffen** ermöglicht effizientere Verwertung
- Zerkleinerung von Materialien mit **hohen Reinheitsanforderungen**
- **Effiziente Aufbereitung** abrasiver Materialien
- durch hohen Automatisierungsgrad **keine Zusatzqualifikation** des Bedieners notwendig
- **Robuste, einfach skalierbare Technologie** für industriellen Einsatz ($U < 50 \text{ kV}$)



2.1 Recycling von Elektroschrott



Bild: Leiterplatte eines Handys nach der Schockwellenbehandlung

Ziele

- Zerlegung von Baugruppen in ihre Einzelkomponenten (Gehäuse, Leiterplatte)
- Anreicherung von Wertstoffen
- neue, effiziente Verwertungsstrategien für wertstoffhaltiger Komponenten
- Zerlegung von Elektronikgeräten mit fest integriertem Akku

Anwendungsbeispiele

- Handys
- Leiterplatten
- Laptops
- Festplatten

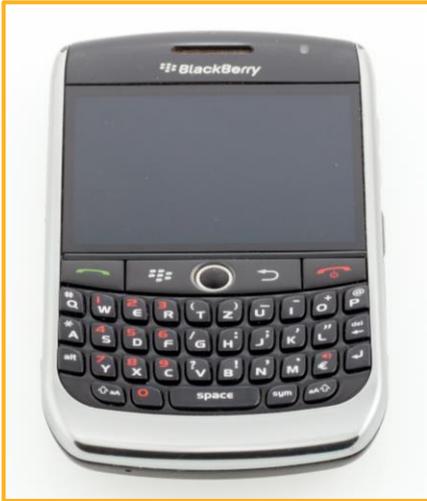
Handy nach 5 sec Schockwellenbehandlung



Selektive Zerlegung in Einzelkomponenten



Smartphone nach 20 sec Schockwellenbehandlung



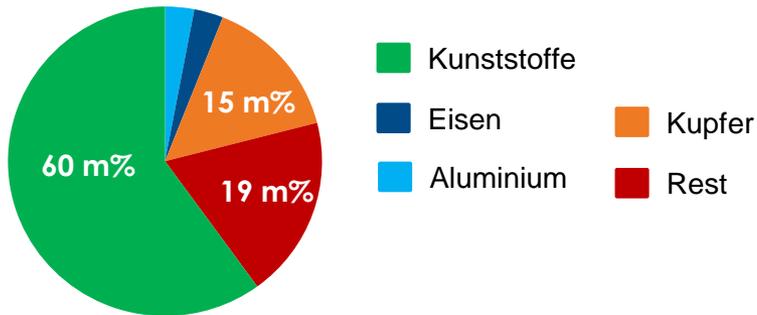
Zerlegung in Kunststoff, Metall und Leiterplatte



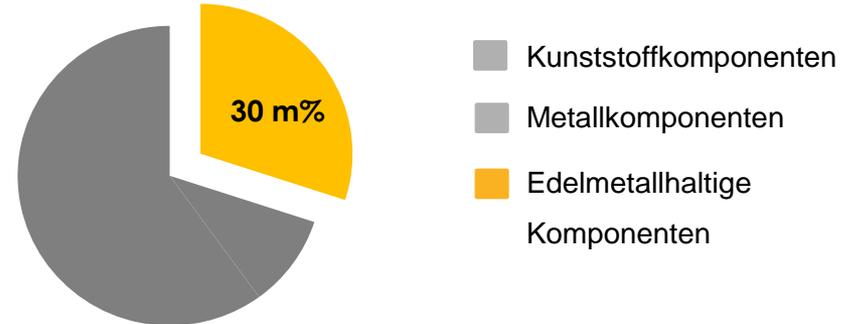
Verwertungsstrategie Mobiltelefon



Stoffliche Zusammensetzung 1 kg Handy



1 kg aufkonzentrierte Edelmetallfraktion

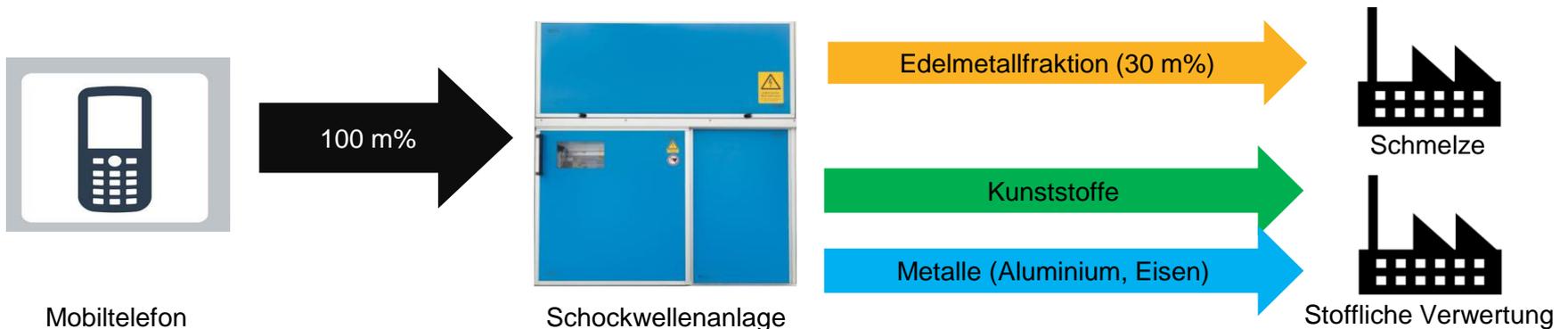


Ag (1600 mg) Au (240 mg) Pd (150 mg)

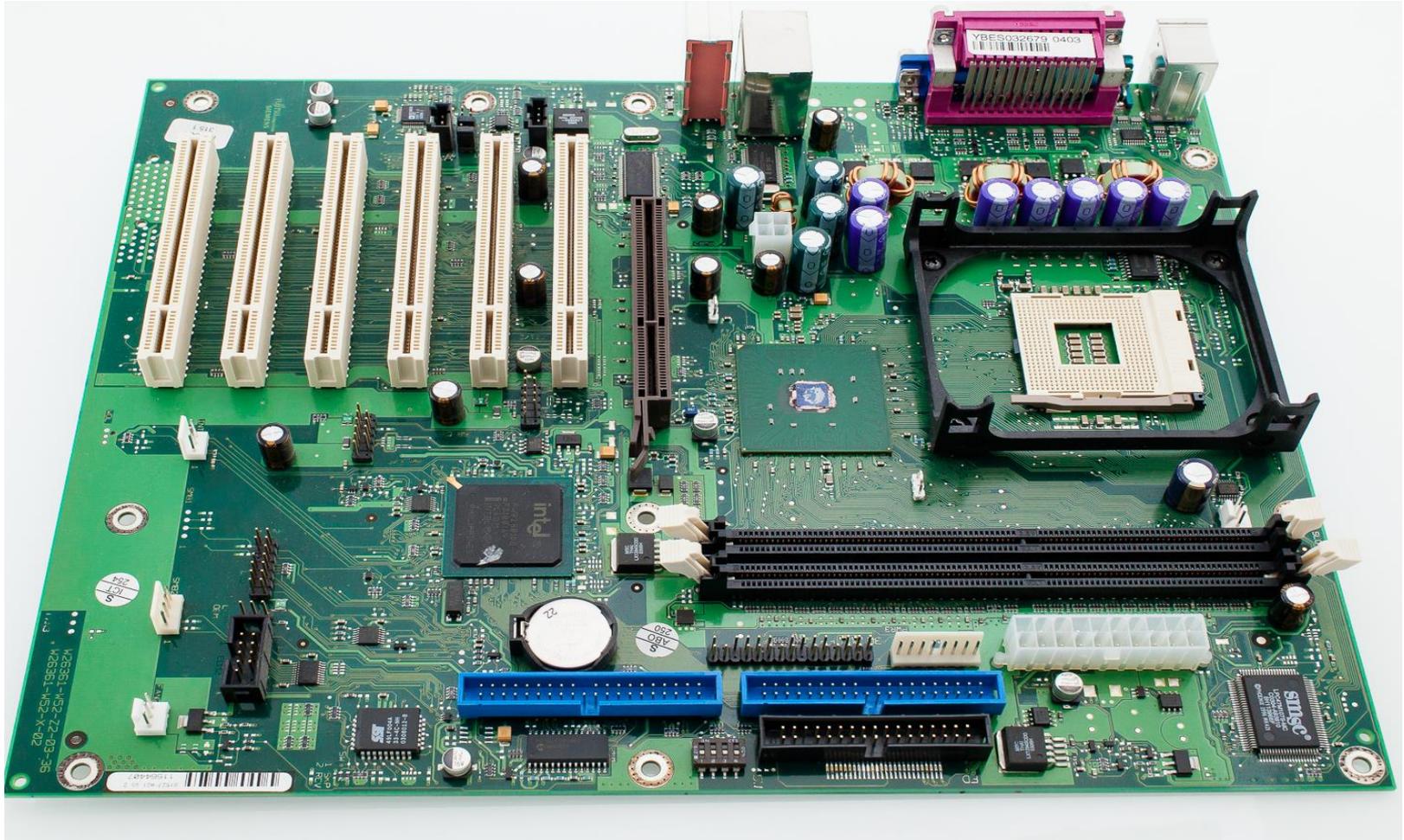
Ag (5330 mg) Au (790 mg) Pd (490 mg)

Quelle: Landesregierung Saarland (2013)

Optimierter Recyclingprozess



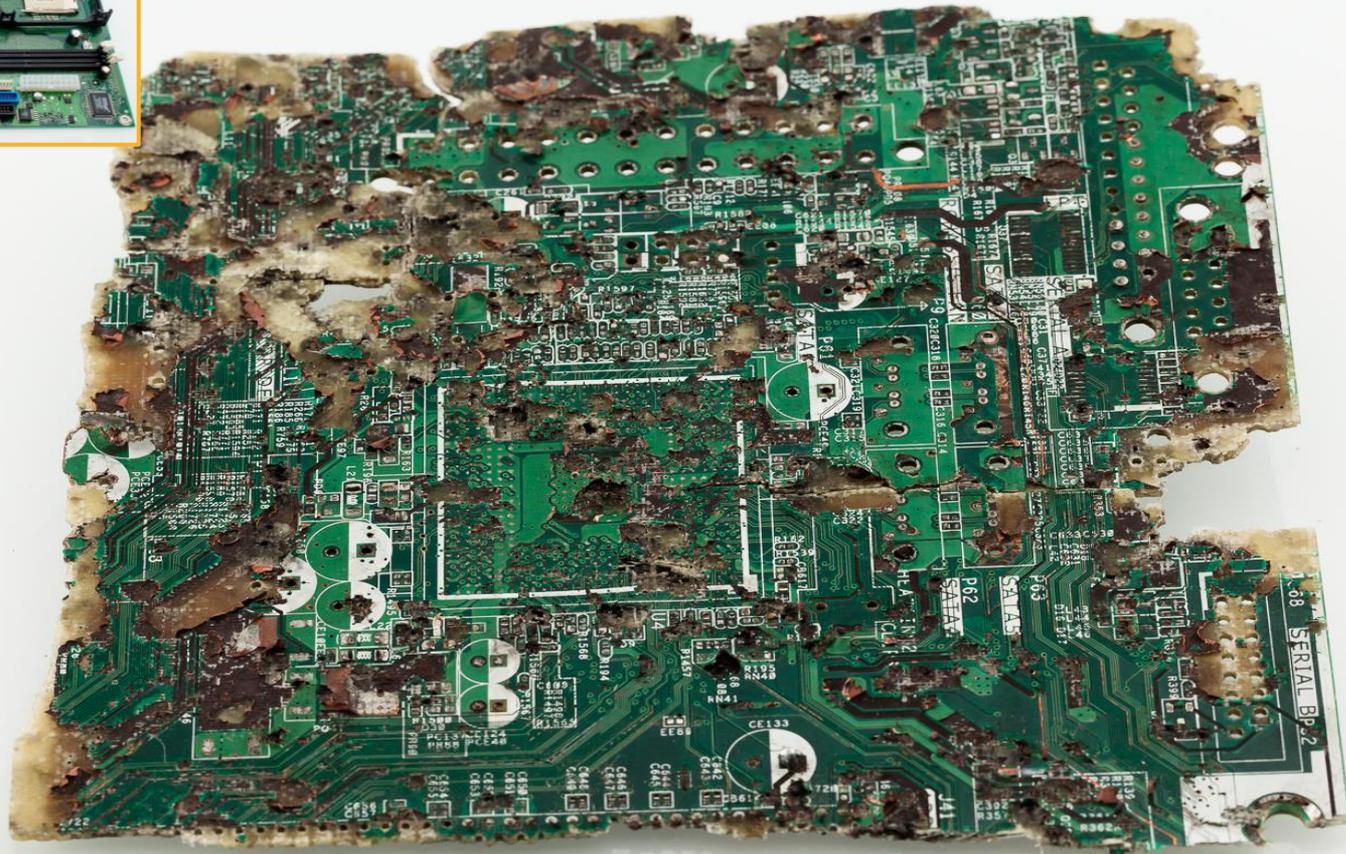
Leiterplatte vor der Schockwellenbehandlung



Leiterplatte nach 160 sec der Schockwellenbehandlung



Entstückung der Leiterplatte



2.3 Recycling von Li-Ionen Batterien

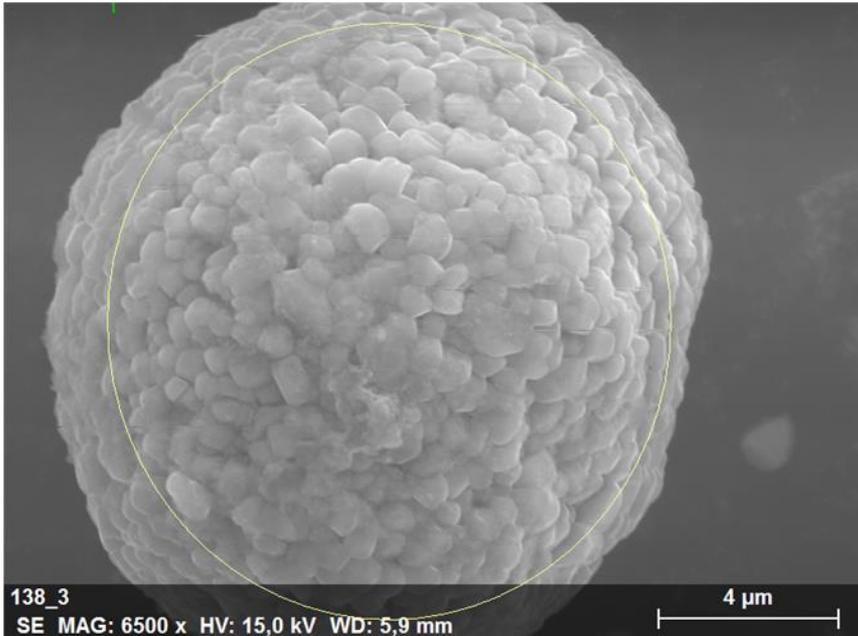


Bild: Aktivmaterialpartikel aus der Zellfertigung

Ziele

- Produktionsabfälle aus der Zellfertigung (v.a. Kathodenmaterial)
- Rückgewinnung von hochwertigen Batteriematerialien (In-Line Recycling)
- Recycling von EOL-Zellen
- sicheres Öffnen der Zellen durch Gefahrstoffpassivierung im Prozessmedium
- Zerlegung in Gehäusekomponenten, Stromleiterfolien und Batteriematerialien

Anwendungsbeispiele

- Li-Ionen Batterien
- NiMH Batterien
- Geräteakkus

Li-Ionen Batterie nach 10 sec Schockwellenbehandlung



Öffnen der Batteriezelle



Li-Ionen Batterie nach 50 sec Schockwellenbehandlung



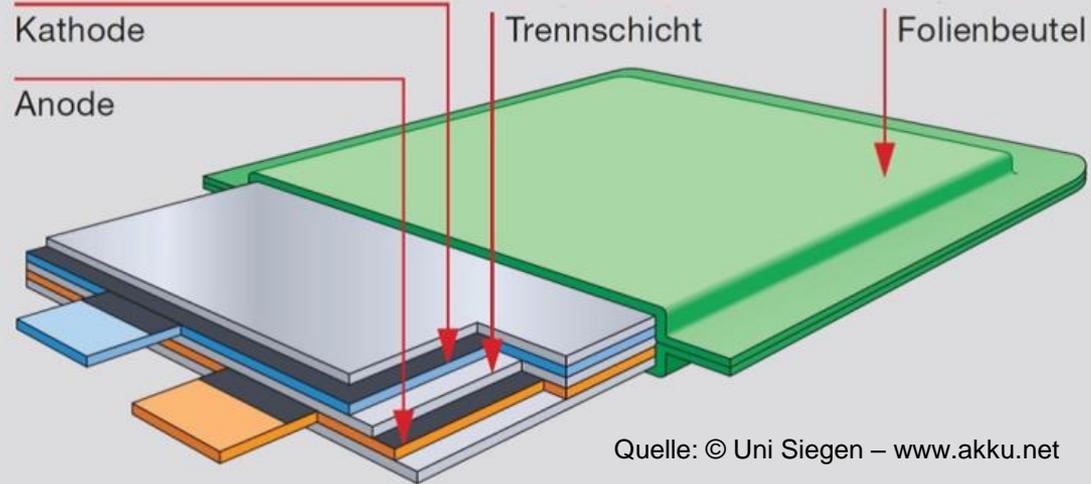
Zerlegung der Batteriezelle in Einzelkomponenten



Li-Ionen Zelle vor der Schockwellenbehandlung



Aufbau der Pouchzelle



Quelle: © Uni Siegen – www.aku.net

- Gehäuse: Aluminiumfolie mit Kunststoffbeschichtung
- Kathode: Aluminiumfolie, Aktivmaterial-Beschichtung (z.B. $\text{Li}(\text{Ni}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33})\text{O}_2$, Binder, Ruß)
- Anode: Kupferfolie, Beschichtung Graphit
- Kunststoffseparator mit keramischer Beschichtung
- Elektrolyt: org. Lösungsmittel, Leitsalz (LiPF₆)

Li-Ionen Zelle nach 25 sec Schockwellenbehandlung



geöffnete Pouchzelle im Reaktor



Li-Ionen Zelle nach 25 sec Schockwellenbehandlung



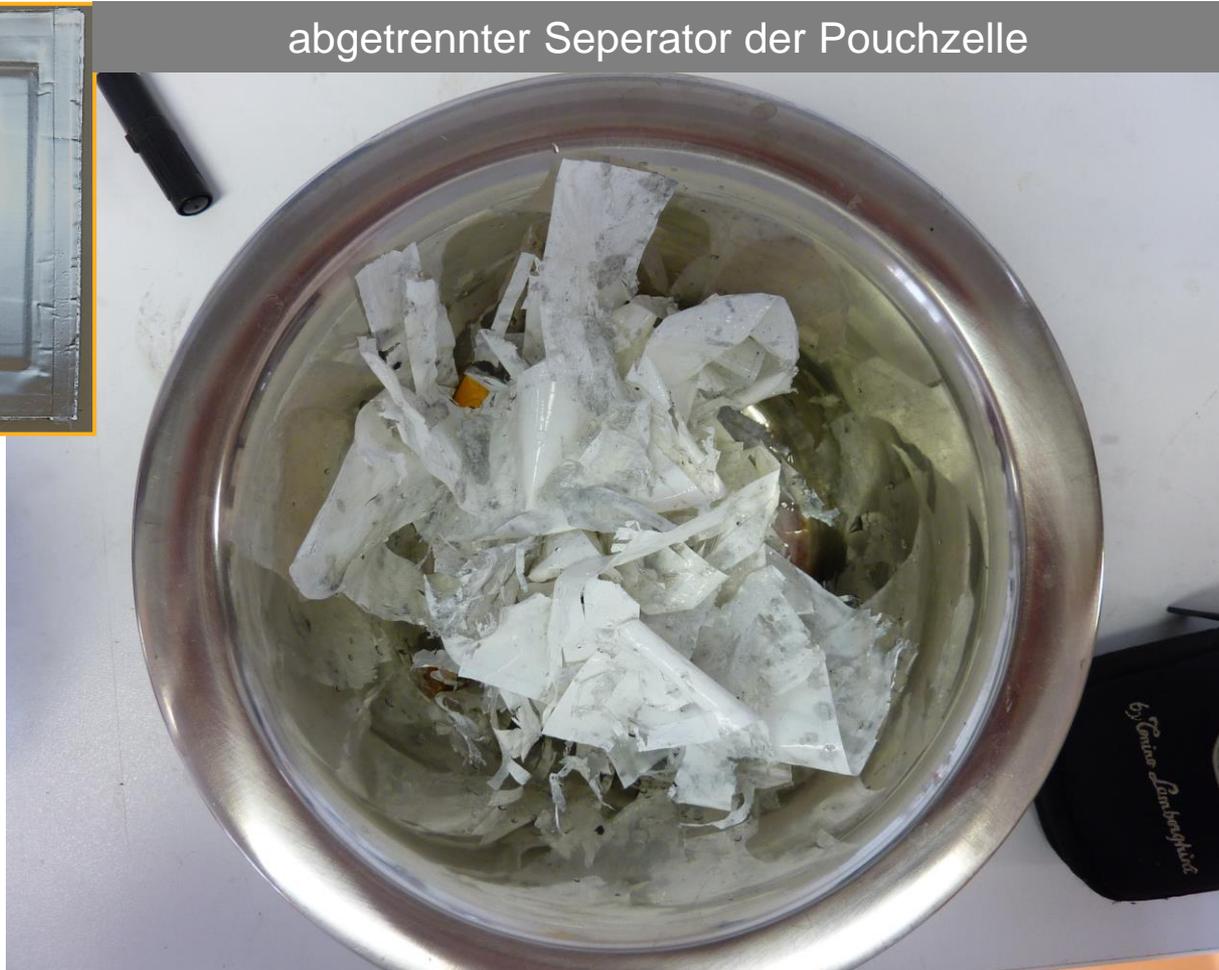
abgetrenntes Gehäuse der Pouchzelle



Li-Ionen Zelle nach 25 sec Schockwellenbehandlung



abgetrennter Separator der Pouchzelle



Li-Ionen Zelle nach 25 sec Schockwellenbehandlung



abgetrennte Anodenfolie (Kupfer) der Pouchzelle



Li-Ionen Zelle nach 25 sec Schockwellenbehandlung



abgetrennte Kathodenfolie der Pouchzelle



Kathodenmaterial nach 100 sec Behandlung



weiterbehandeltes Kathodenmaterial



links: saubere Aluminiumfolie, rechts: abgelöstes, kobalthaltiges Aktivmaterial

2.3 Recycling von Solarmodulen



Bild: polykristallines Siliziummodul vor der Schockwellenbehandlung

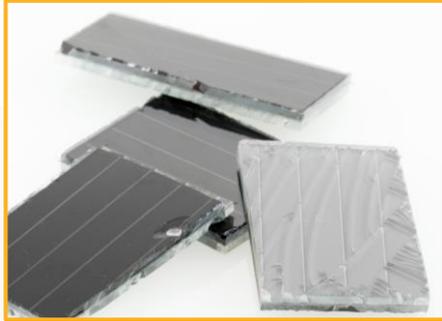
Ziele

- gezielte Auftrennung an Grenzfläche Glas-Halbleiter-Polymerfolie
- Freilegung des Halbleitermaterials
- Abtrennung des Halbleitermaterials vom Glas (Aufkonzentration)

Anwendungsbeispiele

- Dünnschichtmodule (CdTe, CIS, CIGS)
- Siliziummodule

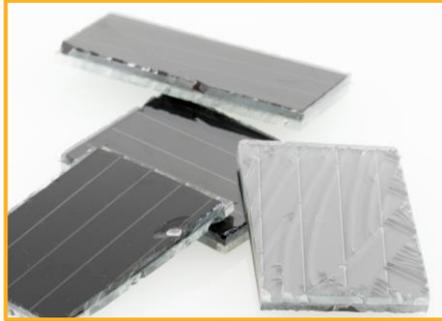
Solarmodule nach 5 sec Schockwellenbehandlung



Freilegung der Halbleiterschicht



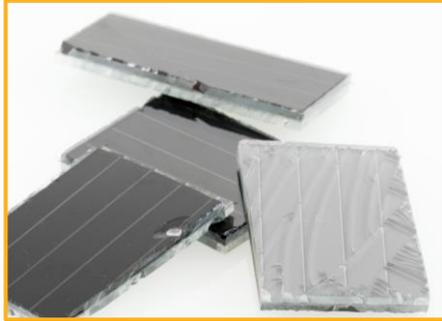
Solarmodule nach 10 sec Schockwellenbehandlung



teilweise abgetrennte Halbleiterschicht



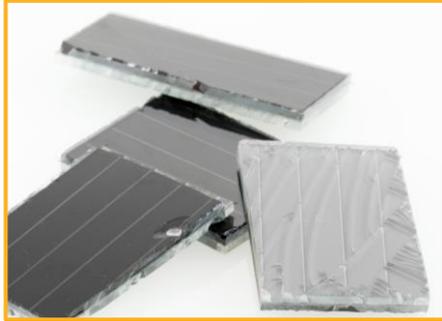
Solarmodule nach 50 sec Schockwellenbehandlung



vollständig abgetrennte Halbleiterschicht (sauberes Glas)



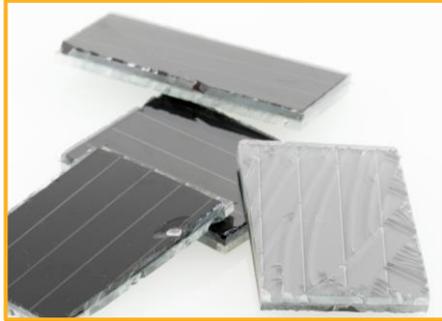
Solarmodule nach 50 sec Schockwellenbehandlung



Anreicherung des Halbleitermaterials in Feinfraktion



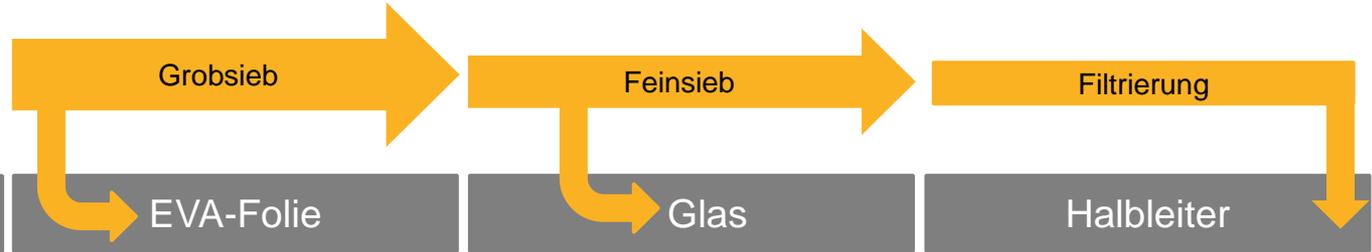
Solarmodule nach 50 sec Schockwellenbehandlung



Polymerfolie



Aufbereitungsprozess Solarmodule



zerkleinerte CdTe Zelle

EVA-Folie

Glas

Halbleiter



Ausgangsfraction

Grobfraction

Feinfraction

Feinstfraction

100 m%
Cd = 100% Te = 100%

8 m%
Cd = 4,1% Te = 2,4%

82 m%
Cd = 0,0% Te = 0,0%

6 m%
Cd = 90,6% Te = 78,3%

Solarmodule nach 70 sec Schockwellenbehandlung



Recycling eines polykristallinen Siliziummoduls

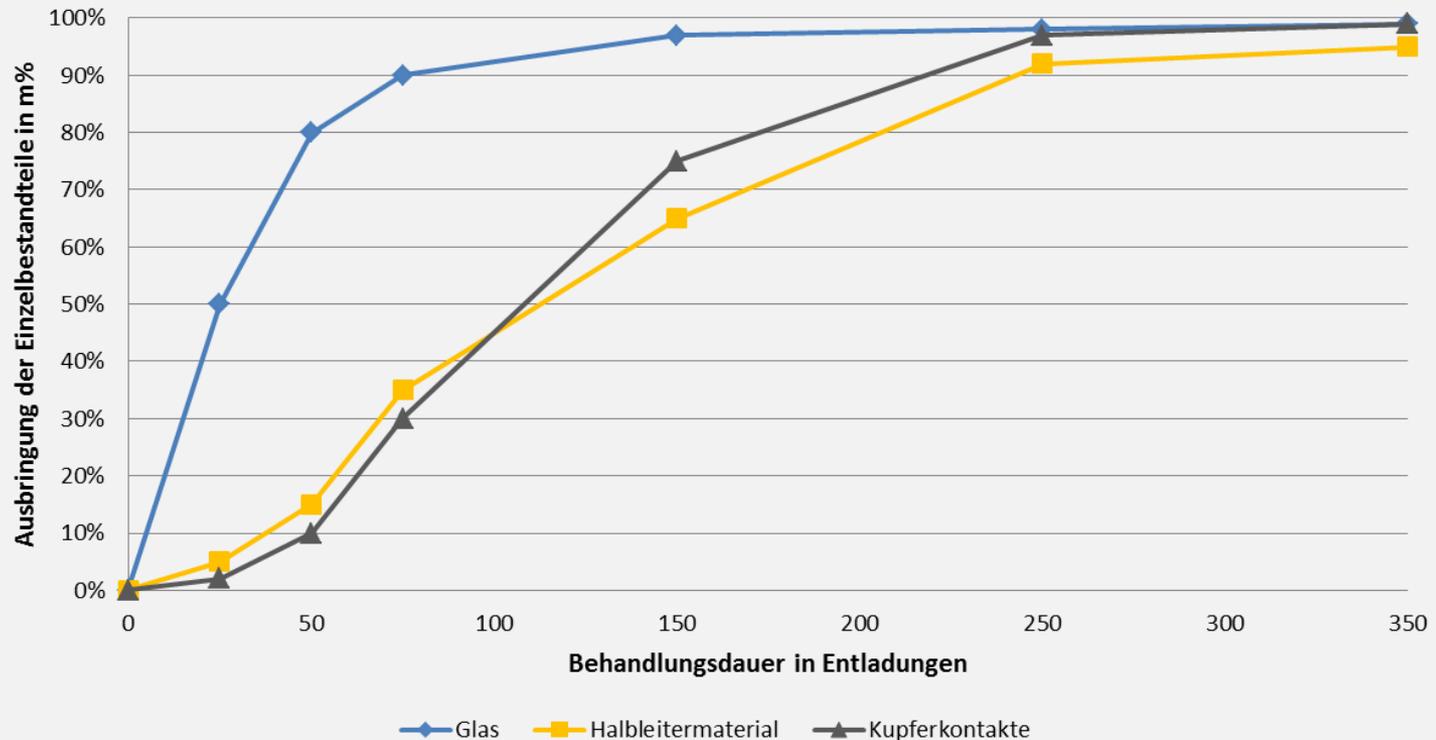


Solarmodule nach 70 sec Schockwellenbehandlung



Intervallbehandlung polykristallines Siliziummodule

Recycling von Siliziummodulen mittels Schockwellentechnologie - Materialausbringung in Abhängigkeit der Behandlungsdauer -



3. Anlagentechnik



Technische Kenndaten

- Arbeitsspannung 30-50 kV
- automatisches Spann- und Hubsystem
- Mehrelektrodensystem
- hoher Automatisierungsgrad

Anlagenportfolio

- Kleine Ausbaustufe (Labor)
- Mittlere Ausbaustufe (Technikum)
- Großtechnische Ausbaustufe
(kundenspezifische Applikation)
- Batch-/quasi-kontinuierlicher Betrieb





impulstec

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

IFAT

30. Mai – 3. Juni 2016
MESSE MÜNCHEN

**Besuchen Sie uns:
Halle B1, Stand 141/240**

