

Reparatur und Recycling von Solarwechselrichtern

Erfolgreiche Kreislaufwirtschaft durch evidenzbasierte Nachhaltigkeit entlang des Produktzyklus

David Schönmayr PhD
Teamleitung Product Sustainability / RnD Corporate / Fronius International GmbH



Familiengeführtes Technologieunternehmen



1.604

Patente

7.000

Mitarbeiter

1,6 Mrd €

Umsatz

85 %

Export Rate

> 60

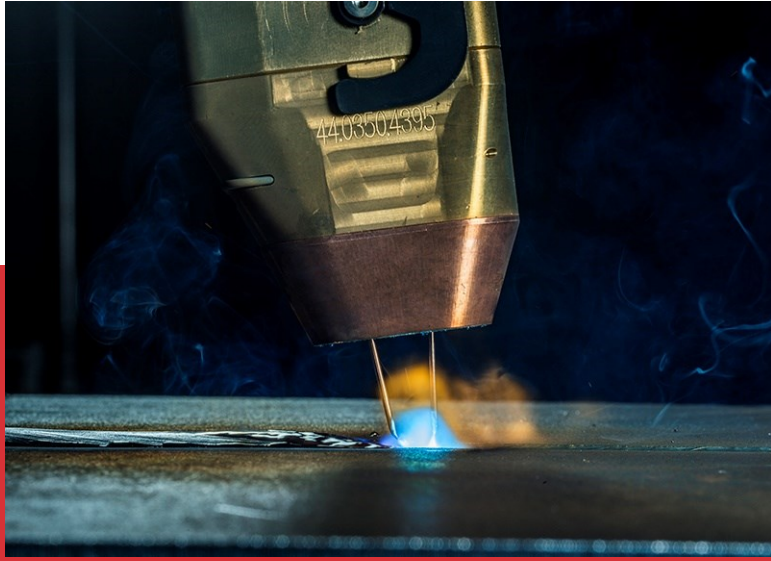
Länder mit Vertriebspartnern
oder Repräsentanten

38

Internationale Fronius
Gesellschaften

Datenstand:
31.12.2023

Business Units



Perfect Welding

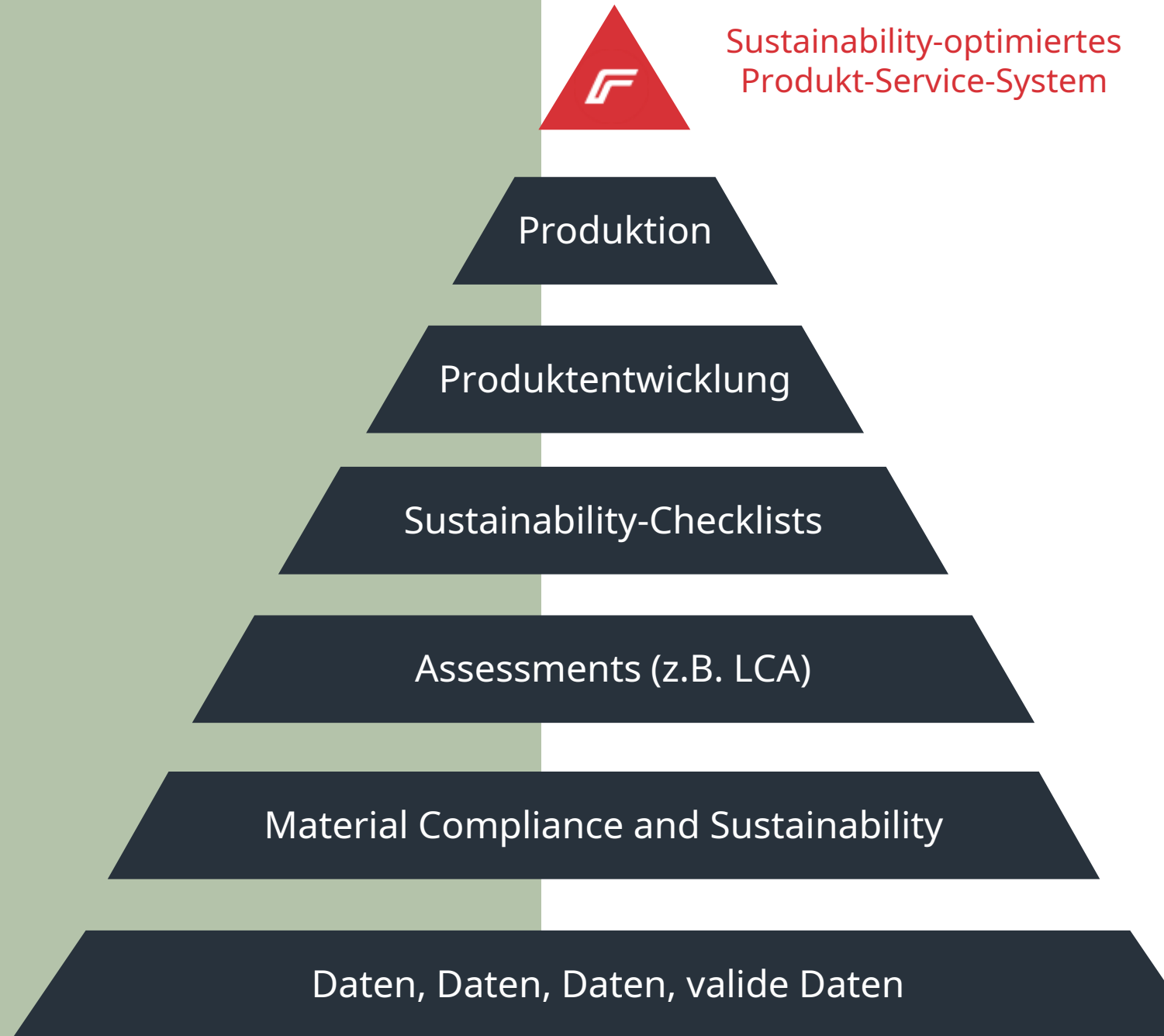
Solar Energy

Perfect Charging

Wie?

Evidenzbasierte Produktnachhaltigkeit für wirtschaftlich systemischen Erfolg

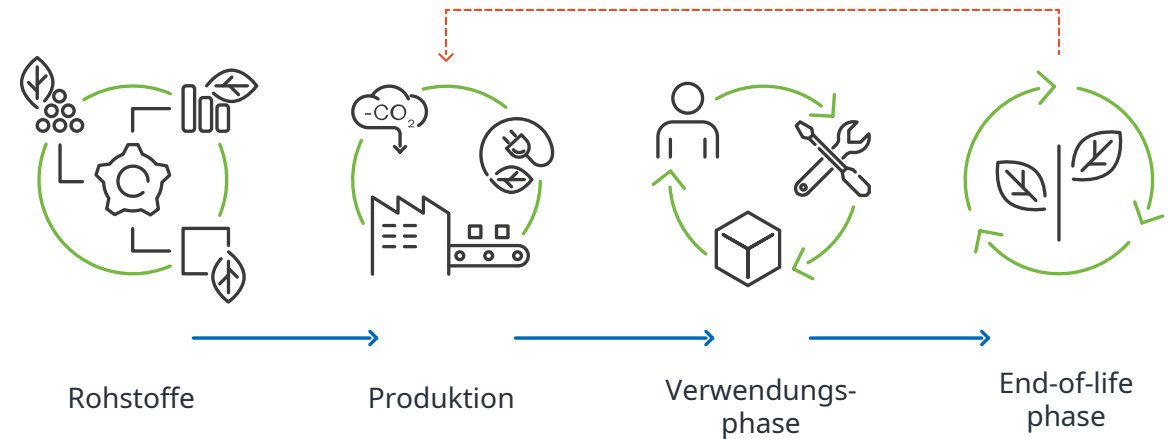
- ✓ mehrfach auditiert gem.
 - ONR 192500 (Nachhaltigkeit)
 - ISO 14001 (Umwelt)
 - ISO 9001 (Qualität)



Fronius LCAs

Life-Cycle-Assessment

= Nachhaltigkeitsbewertung der ökologischen Dimensionen



2020



LCA GEN24 Plus

- Primo 3.0, 6.0
- Symo 5.0, 10.0

2022



LCA Tauro

- ECO-100-D
- ECO-100-P

2023



LCA GEN24 Plus Update

- Primo 3.0, 6.0
- Symo 5.0, 10.0

2024



LCA TPSi Roboterschweißen

- Konfiguration OEM
- Konfiguration Tier1

Wir beabsichtigen in der Zukunft für alle Solar Energy Hardwareprodukte LCAs durchzuführen, und selektiv für die Perfect Welding

Projektteam LCA GEN24 Plus



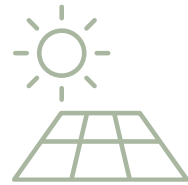
LCA GEN24 Plus Szenarien



Auswahl des Standorts

1

- Österreich
- Deutschland
- Polen
- Ungarn
- Brasilien
- Australien
- USA NY
- USA LA



Auswahl PV-System

2

- Konventionell
- Nachhaltigere PV-Module



Auswahl Fronius Wechselrichter

3

- Primo GEN24 3.0
- Primo GEN24 6.0
- Symo GEN24 5.0
- Symo GEN24 10.0



Auswahl Abfallverwertung

4

- Deponierung
- Müllverbrennung
- Metallrecycling mit nachgelagerter Müllverbrennung
- Recycling ohne Demontage
- Recycling mit Demontage

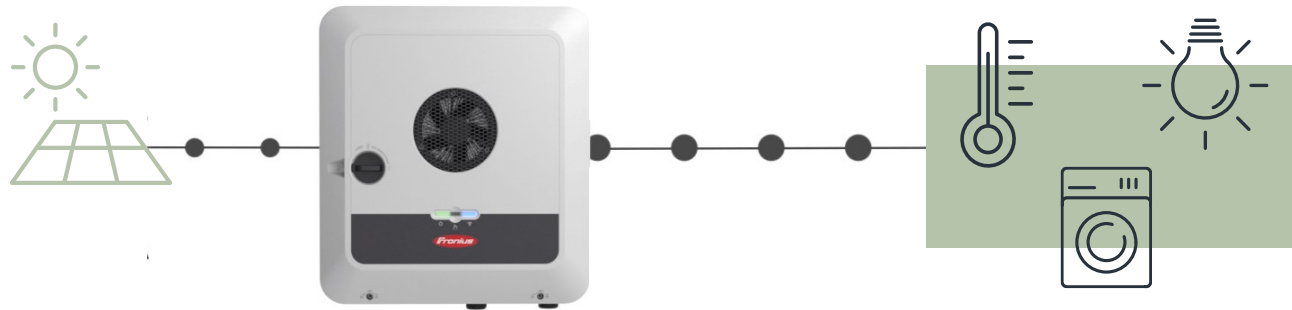


Zusätzliche Parameter

5

- Lebensdauer
- Verschiedene Reparaturprozesse
- Herkunft des Stroms für den Nachtverbrauch
- ...

Selektiertes Szenario



Symo GEN24 Plus 5.0

20 Jahre Betrieb in Deutschland

Konventionelle Module

**Metallrecycling
mit nachgelagerter Müllverbrennung**

LCA Methode

Datenquellen: Primärdaten + Sekundärdaten aus Ecoinvent-Datenbank

Methode: Wirkungskategorien nach ILCD (2018); Cradle-to-grave-Ansatz;
LCA ist ausgerichtet auf EU Product Environmental Footprint (PEF)

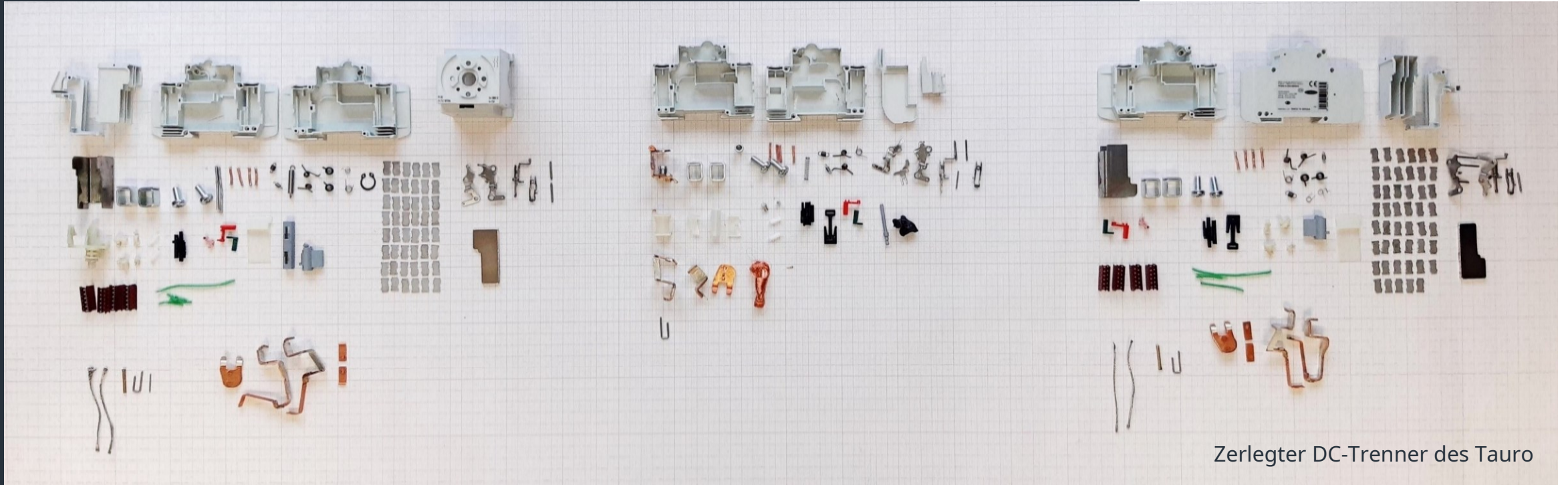
Standards: ISO 14040 & ISO 14044 überprüft durch Fraunhofer IZM



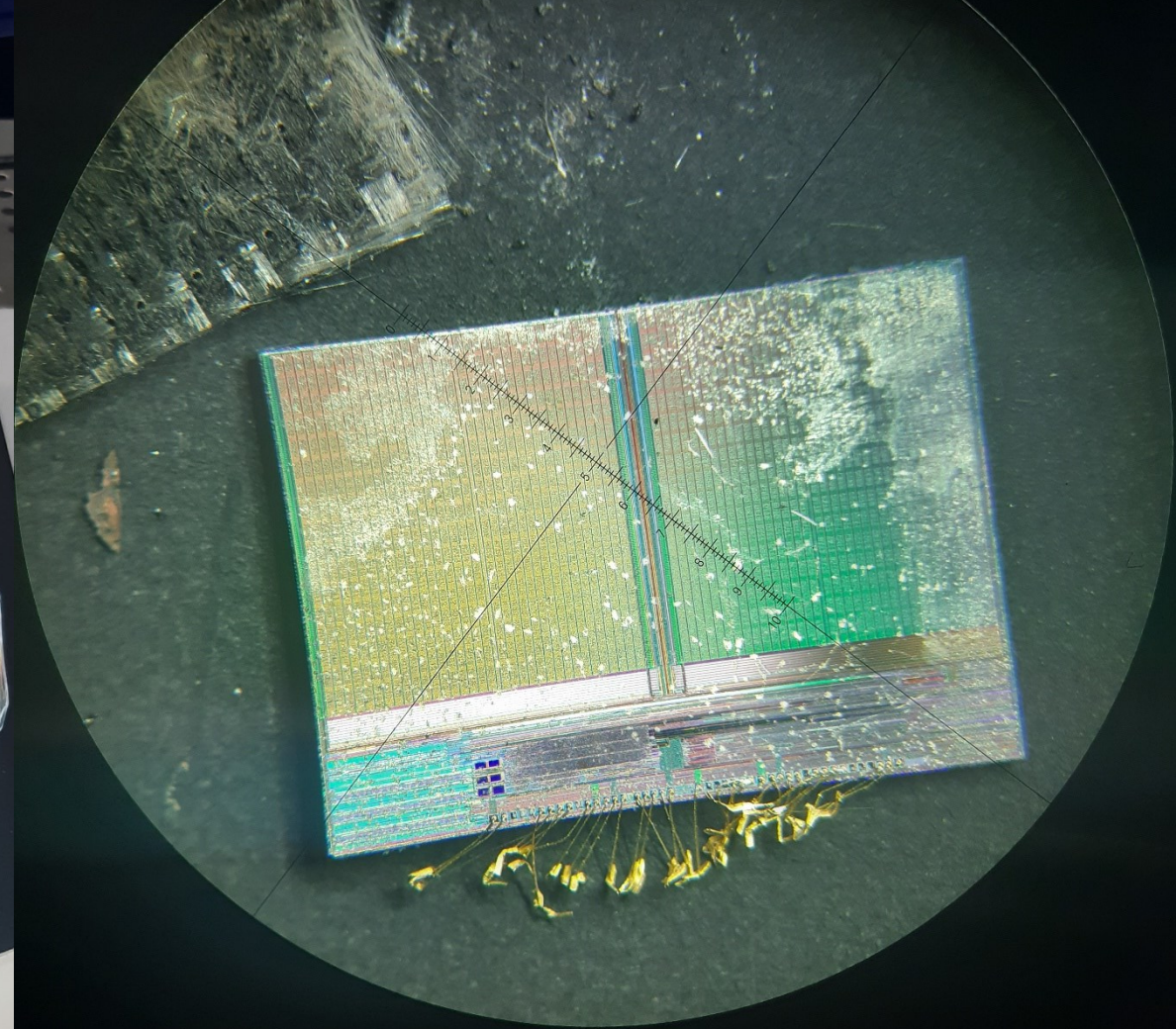
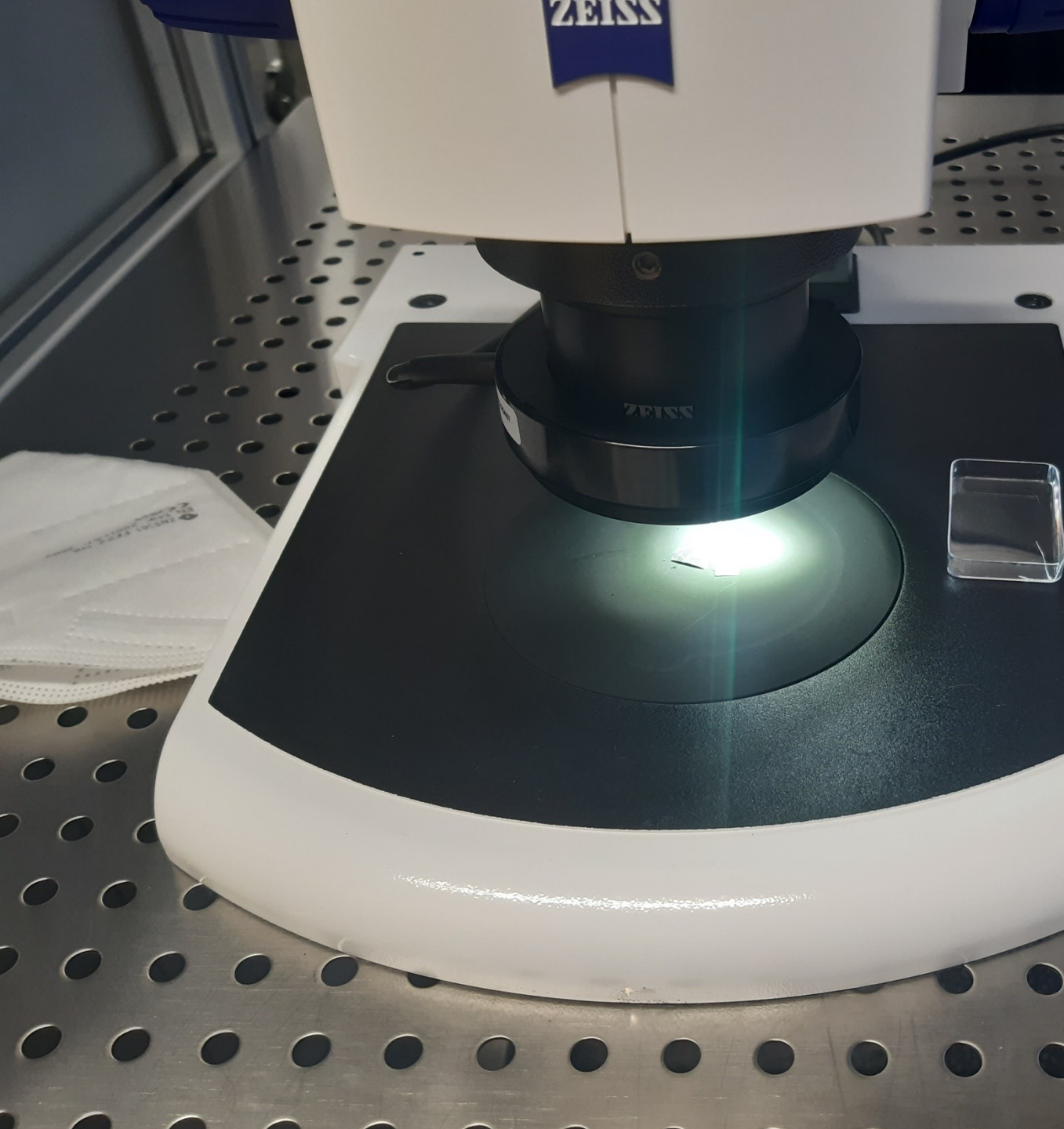
16 Umweltwirkungskategorien:

- Climate Change (kg CO₂-eq)
- Acidification (mol H⁺-eq)
- Eutrophication, freshwater (kg P-eq)
- Eutrophication, terrestrial (mol N-eq)
- Eutrophication, marine (kg N-eq)
- Ecotoxicity, freshwater (CTUe)
- Ozone depletion (kg CFC-11-eq)
- Ionizing radiation (kBq U₂₃₅-eq)
- Photochemical ozone formation (kg NMVOC-eq)
- Human toxicity, cancer effects (CTUh)
- Human toxicity, non-cancer effects (CTUh)
- Particulate Matter (disease incidences)
- Resource use, minerals and metals (kg Sb-eq.)
- Resource use, fossils (MJ)
- Water use (m³ water eq.)
- Land (dimensionless, pt)

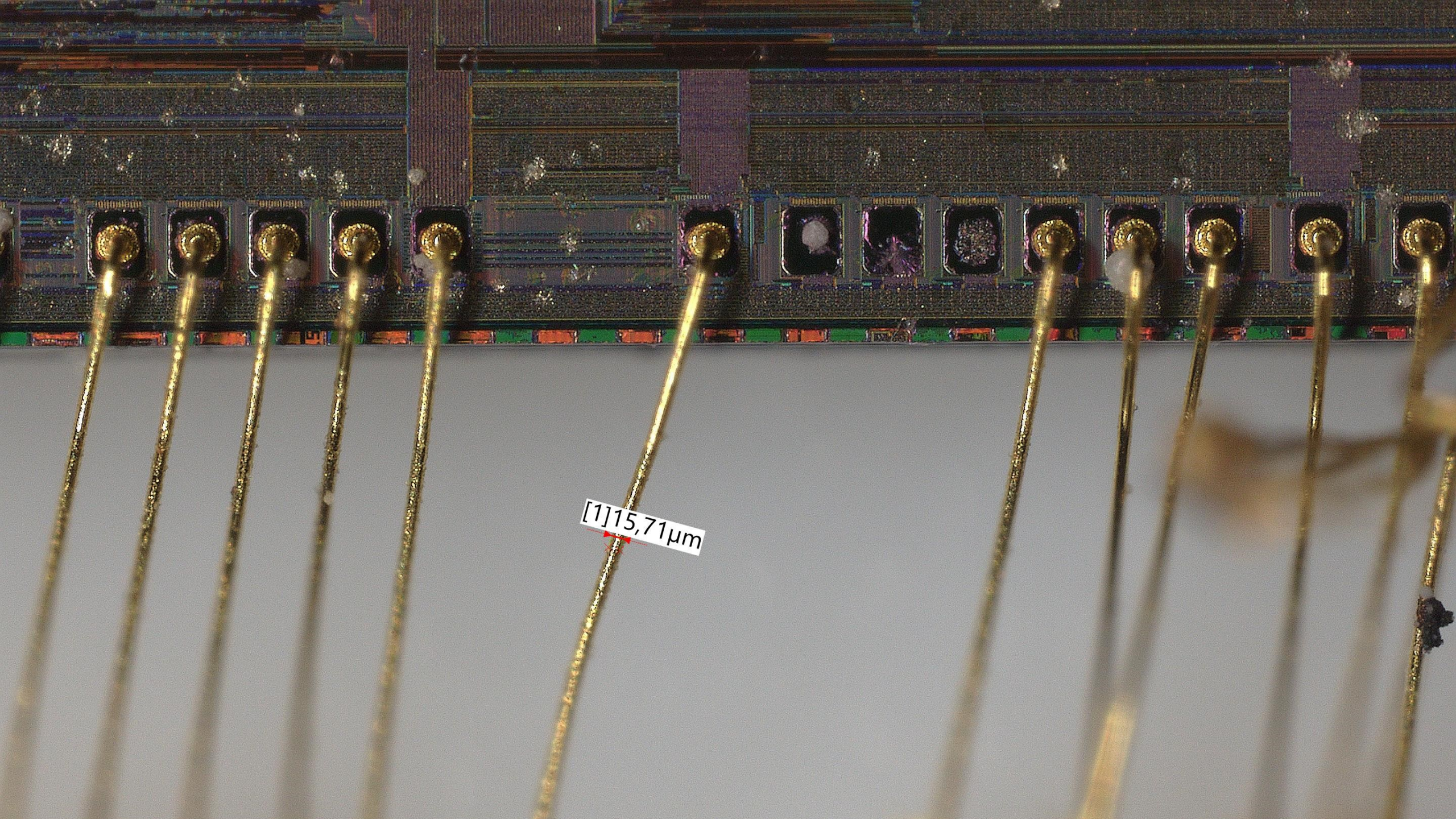
Datenerhebung



- Detaillierte Datenerhebung von Komponenten
- Behandlung von Halbleiter- und Gold-Bauteilen in konzentrierter Schwefelsäure zur Gewichtsbestimmung
- Anpassung einer offiziellen Datenbank (ecoinvent) aufgrund der Untersuchungen von Fronius

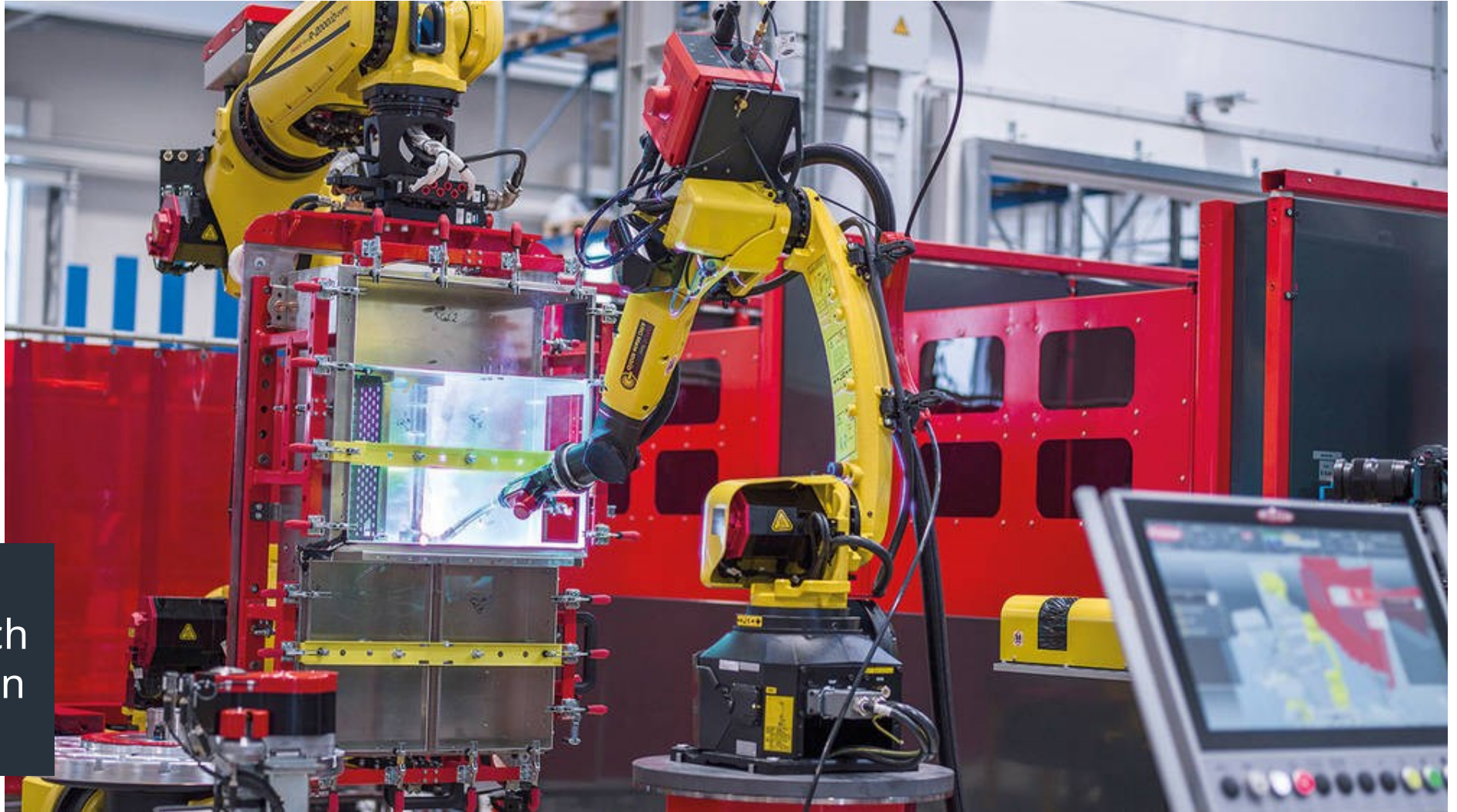


Wenn
das menschliche Auge
nicht mehr ausreicht...



[1] 15,71 μm

LCA-Datenerhebung



Energieverbrauch
in der Produktion

LCA-Datenerhebung



Nutzungsphase

DE - Sinsheim

LCA-Datenerhebung



Nutzungsphase

LCA-Datenerhebung



Nutzungsphase

LCA-Datenerhebung



Nutzungsphase

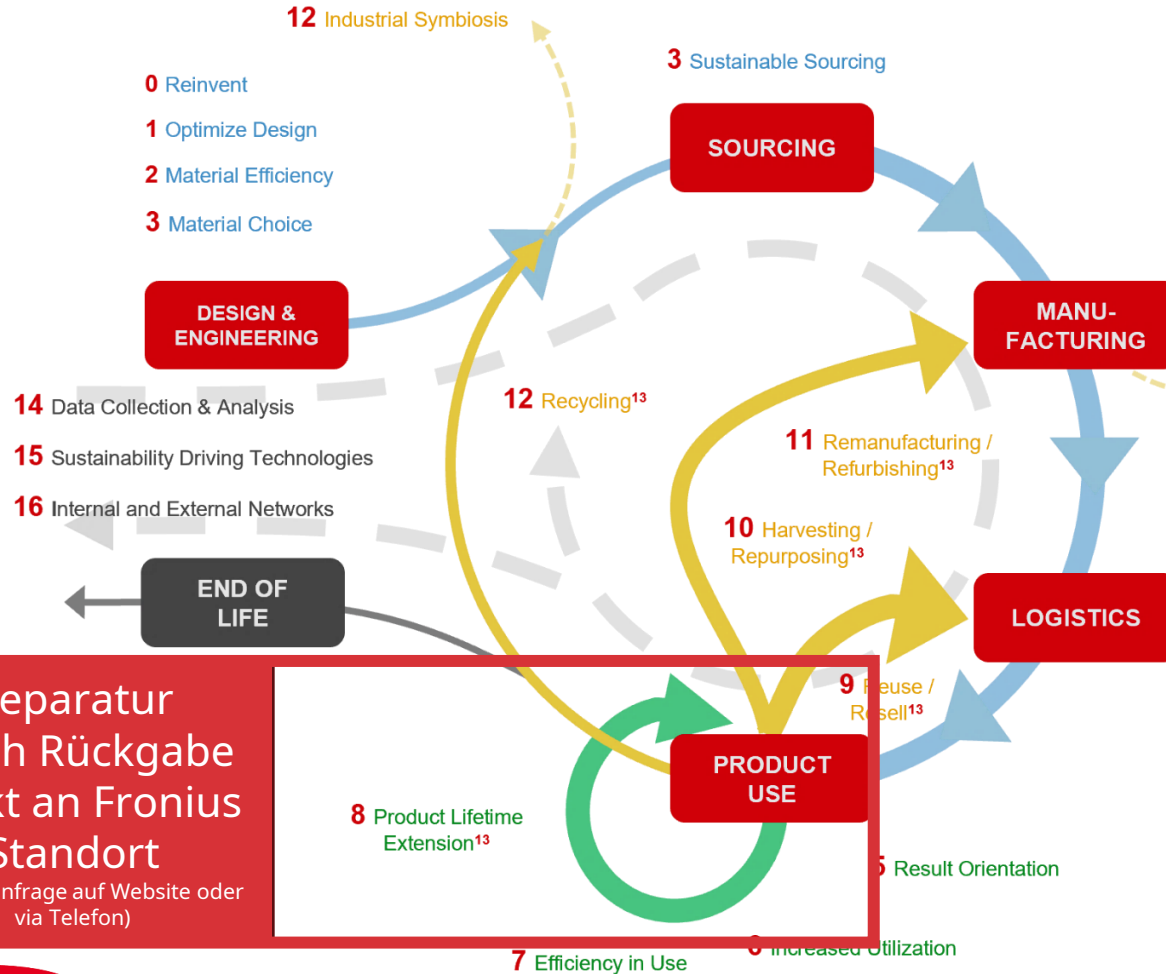
LCA-Datenerhebung



Nutzungsphase

Circular Economy Lösungen

Reparatur (Bsp. Symo 5.0, DE)



Reparatur
durch Rückgabe
direkt an Fronius
Standort

(Supportanfrage auf Website oder
via Telefon)

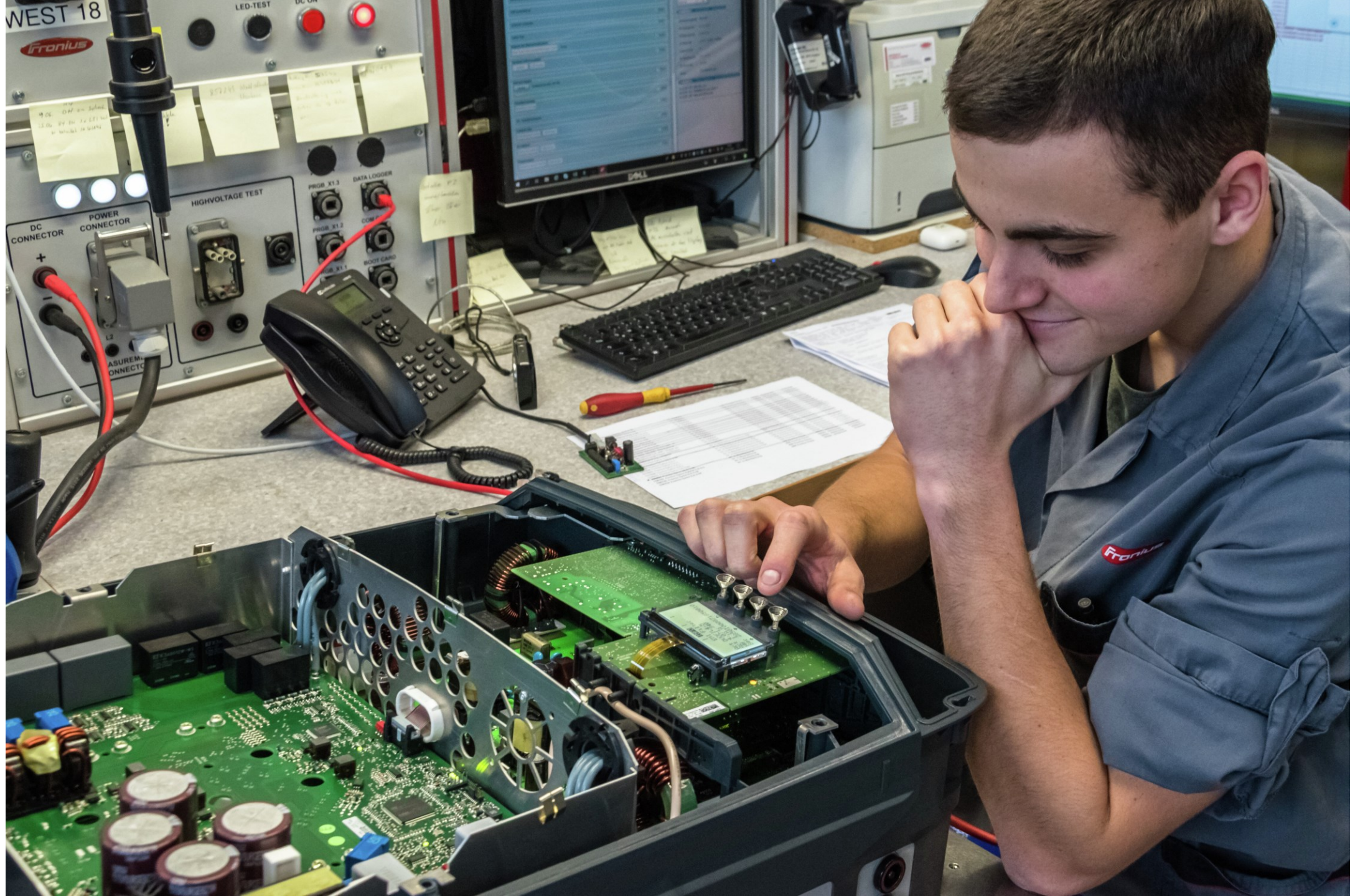


Repair Center International AT & Repair Center National (DE, IT, USA,...)









Reparatur (Bsp. Symo 5.0, DE)

Reparatur

Alle modellierten Reparaturvorgänge erzeugen hohen Umweltnutzen gegenüber einem frühzeitigen Austausch des gesamten Wechselrichters.



Kernaussage

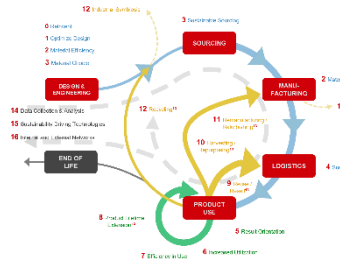
Mögliche/typische Reparaturvorgänge

- Austausch Hauptlüfter vor Ort
- Austausch der Datenkommunikationseinheit vor Ort
- Austausch von 4 Varistoren am Leistungsteil-Print
- Austausch des gesamten Leistungsteils



Circular Economy Lösungen

Remanufacturing



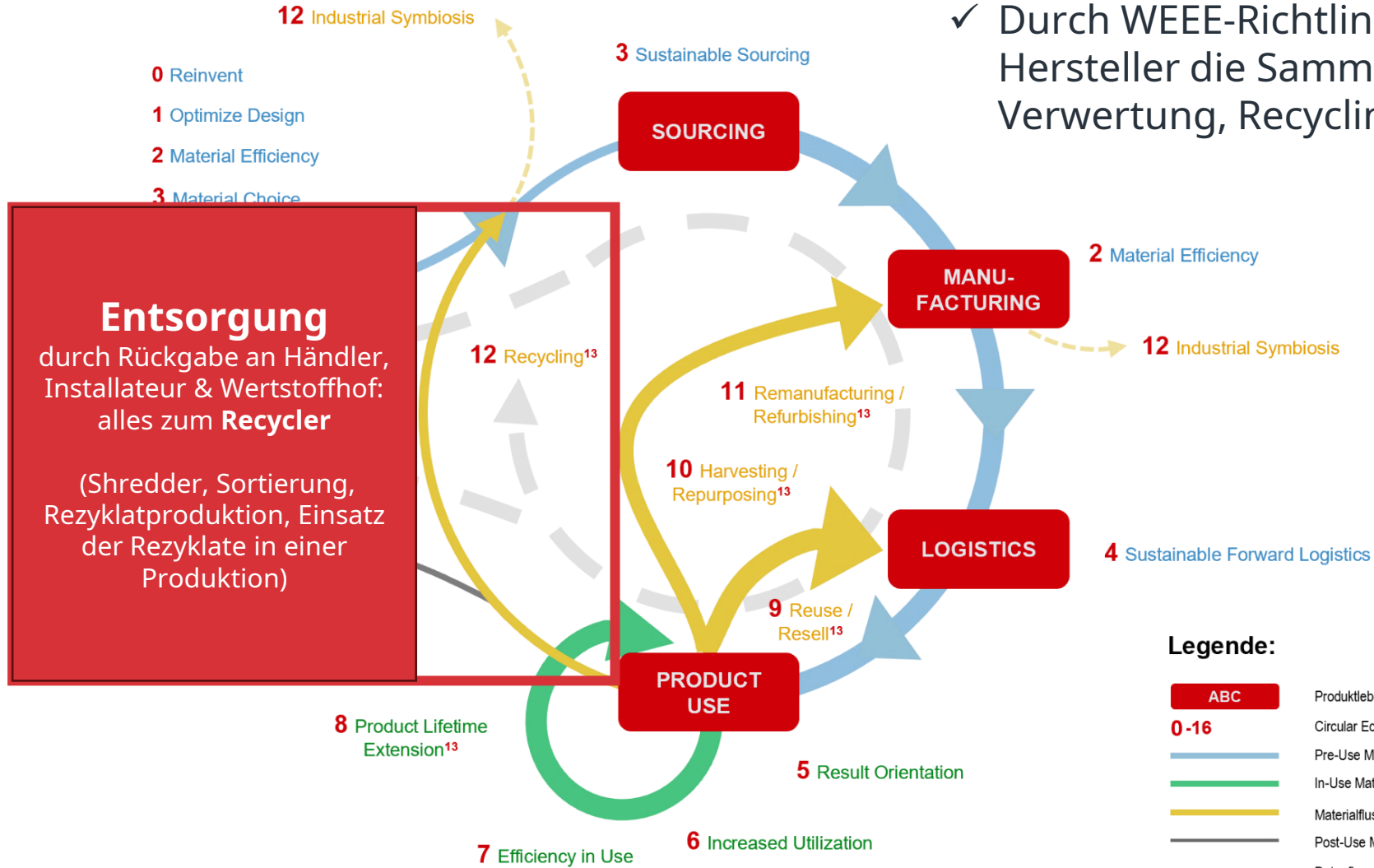
-25kg CO2e



Circular Economy Lösungen

Recycling

✓ Durch WEEE-Richtlinie müssen Hersteller die Sammlung, Verwertung, Recycling finanzieren.



LCA-Datenerhebung

End-Of-Life

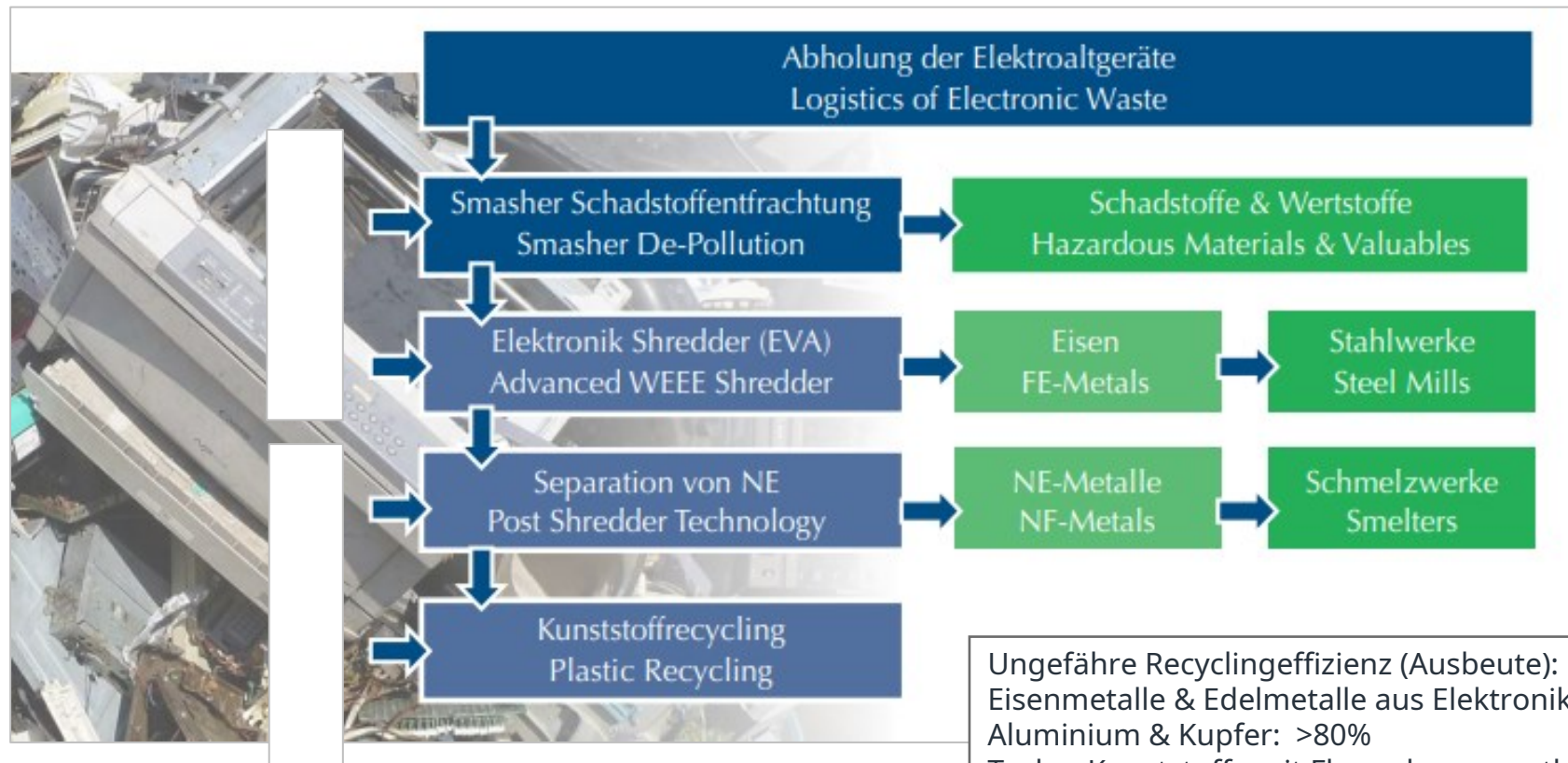


LCA-Datenerhebung

End-Of-Life

Abfallströme beim
Fronius PV-
Wechselrichter:

- Aluminium
- Eisenmetalle
- Kupfer
- Elektronik
- Techn. Kunststoffe
- Verpackung (separater
Entsorgungsweg, nicht
via Elektroschrott)



Ungefähre Recyclingeffizienz (Ausbeute):
Eisenmetalle & Edelmetalle aus Elektronik: 93 bis 95%
Aluminium & Kupfer: >80%
Techn. Kunststoffe mit Flammschutzmittel: thermische
Verwertung

LCA-Datenerhebung

End-Of-Life



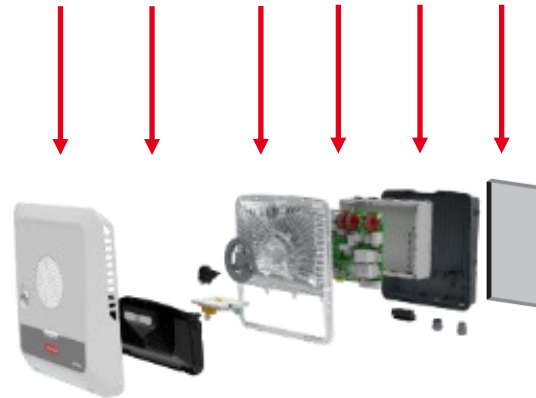
Recycling (Bsp. Symo 5.0, DE)

Demontage
& Recycling der 6
schwersten Bauteile
erzeugt den größten
Nutzen

Kernaussage

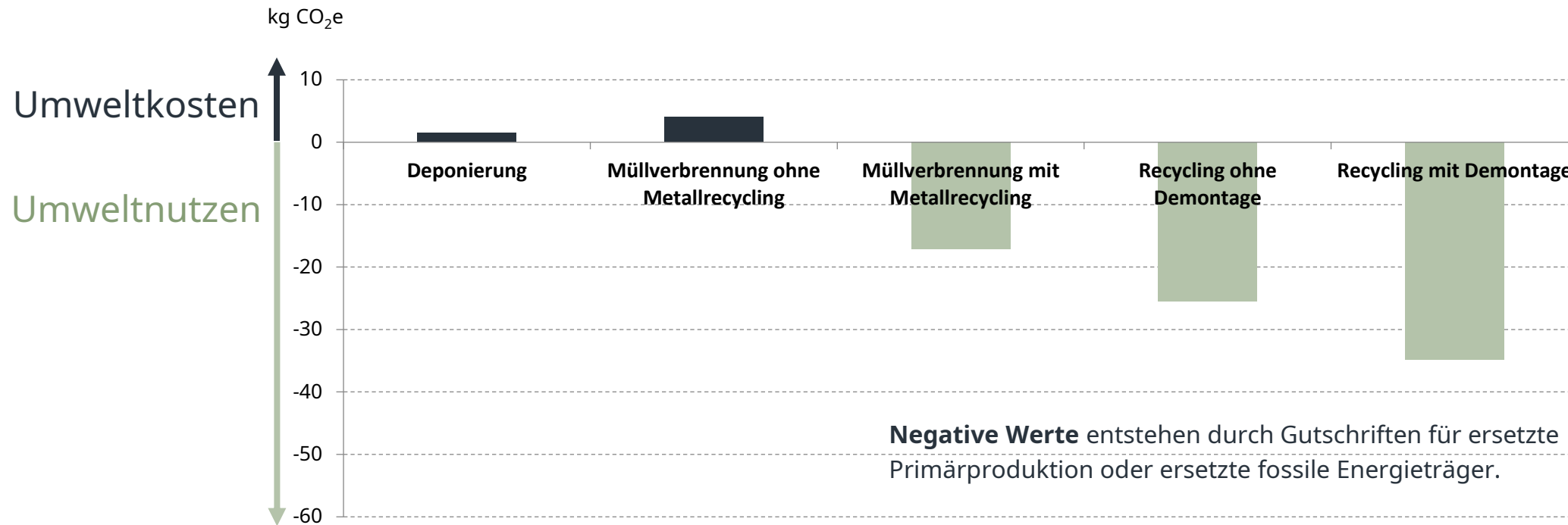


Demontagezeit 5,5 min



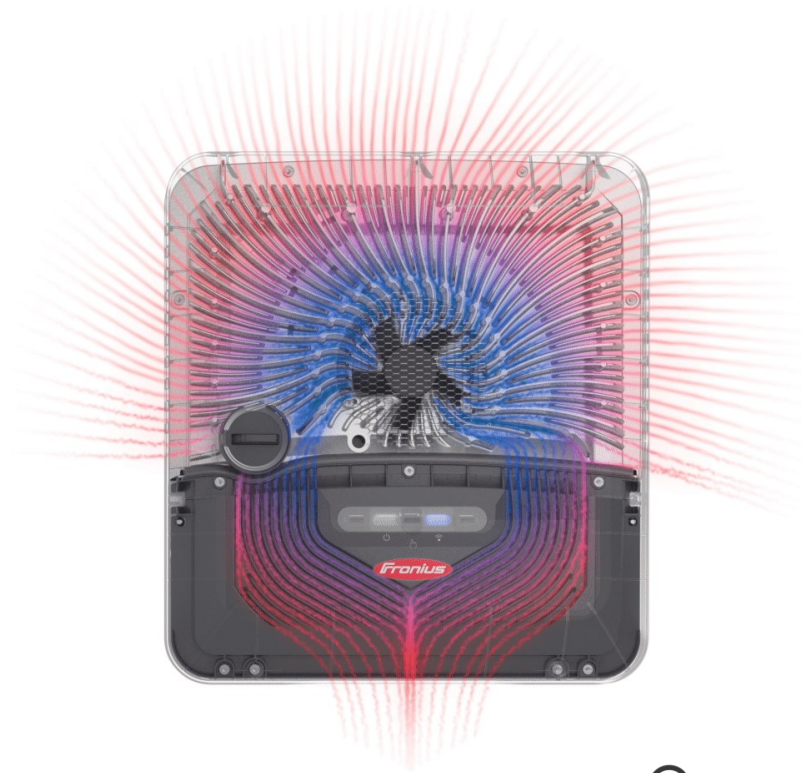
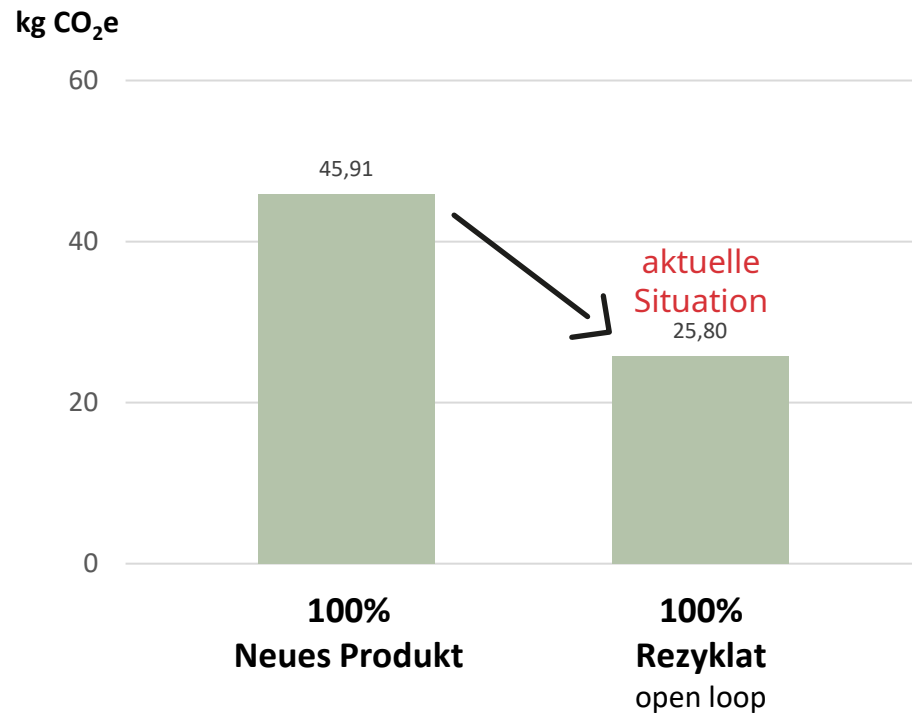
- **Alu-Kühlkörper**
- **Wandhalterung**
- **EMV-Deckel**
- **3 Kunststoff-Gehäuseteile**

Varianten der Abfallverwertung (Bsp. Symo 5.0, DE)



Umweltkosten oder Umweltnutzen in der End-of-Life-Phase des Symo GEN24. Die Option der Deponierung verursacht zusätzliche Emissionen. Der Umweltnutzen erhöht sich bei Wiederverwendung der Metalle und ist optimal mit Demontage.

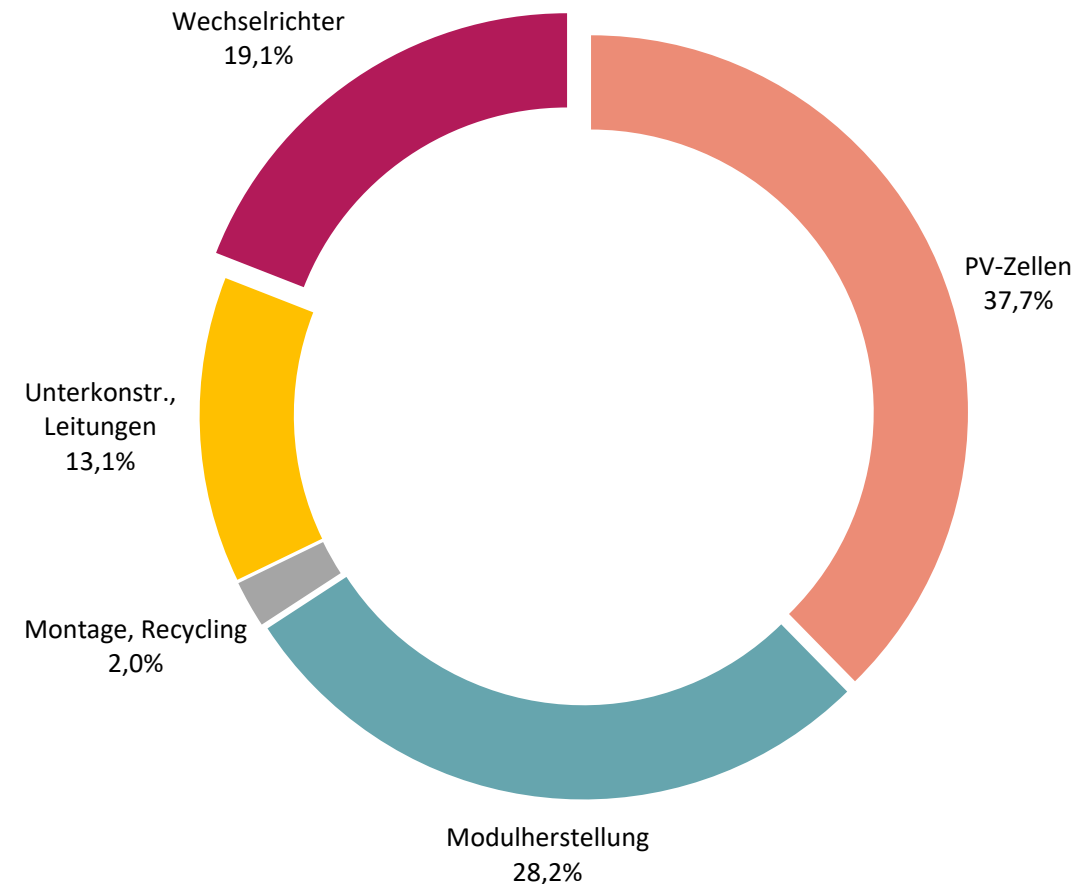
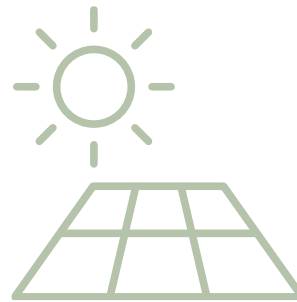
Auswirkung Rezyklatanteil im Alu-Kühlkörper



Großer Hebel
Alu-Rezyklatanteil

Carbon Footprint von PV-Anlagen

- PV-Anlage ohne WR hat einen „CO₂-Rucksack“ aus der aufwändigen Produktion mit 984 kg CO₂e/kWp Anlagenleistung, der über **30 Jahre Lebensdauer** abgeschrieben wird.
- Lebensdauer Wechselrichter: 20 Jahre
- Hier verwendeter Referenzwert:
26 g CO₂e / kWh Output
- Dieser WR hat **19,1 % Anteil an den Klimawirkungen** des gesamten PV-Systems, daher werden ihm auch **19,1 % des Nutzens angerechnet**



Klimawirkungen über den gesamten Lebenszyklus

Symo GEN24 Plus 5.0

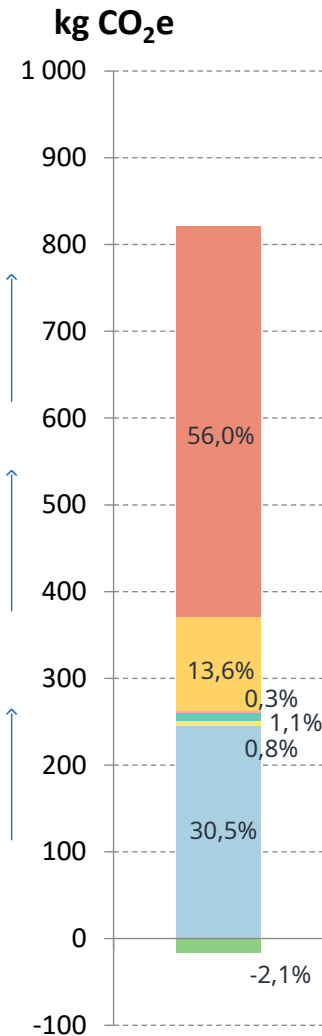
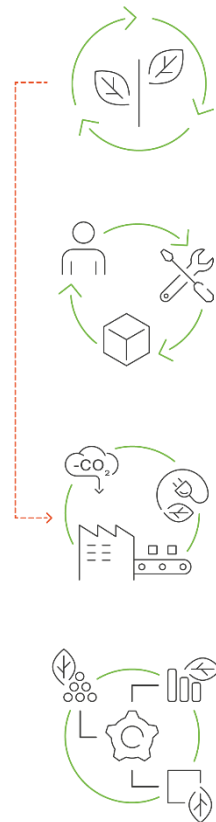
20 Jahre Betrieb in Deutschland

Konventionelle Module

Müllverbrennung mit Metallrecycling



**Klimawirkung:
804 kg CO₂e**



Nachtstromverbrauch Der Wechselrichter verbraucht auch nachts Energie (bspw. für das Datenmanagement). Diese Energie muss aus dem Stromnetz bezogen werden und wirkt sich damit auf den CO ₂ Fußabdruck aus (abhängig vom länderspezifischen Strommix).	450kg
Elektrische Verluste in der Verwendungsphase PV-Module & Co. haben auch einen CO₂-Rucksack durch die aufwändige Produktion der hier im Wechselrichter als Abwärme meist ungenutzt bleibt, bei 97% (!) Wirkungsgrad	109kg
Transporte zu Kunden	2kg
Produktion bei Fronius	9kg
Transporte zu Fronius	6kg
Bauteile 	245kg
Abfallverwertung = Gutschrift bei Recycling	-17kg

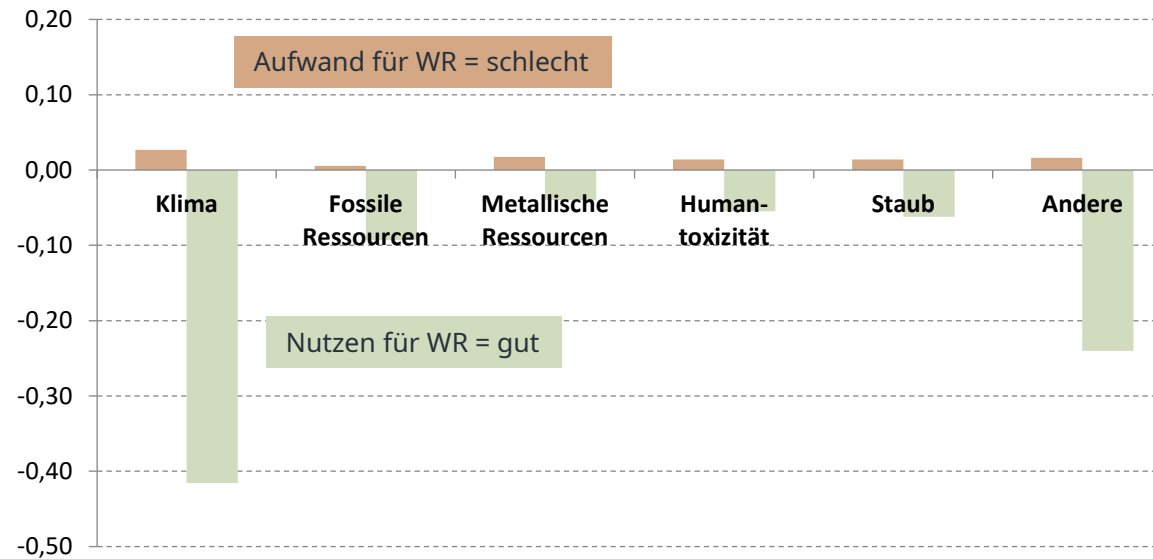
Carbon Footprint = Global Warming Potential GWP in CO₂-Äquivalenten

CO₂ = 1 | CH₄ = 25 | N₂O = 298 | HFCs = 124-14 800 | PFCs 7 390 – 12 200 | SF₆ 22 800 | NF₃ = 17 200

Umweltaufwand vs. Nutzen



Verhältnisse Aufwand vs. Nutzen, Mittelwert aller 3 Single-Score-Methoden



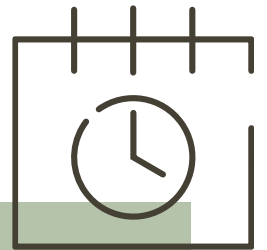
188.940 kg CO₂e

werden mit diesem GEN24 Plus PV-Gesamtsystem in Deutschland über 30 Jahre eingespart

CO₂e-Payback-Time (PV System, inkl. Symo GEN24 Plus 5.0) in Deutschland: 2,0 Jahre

über alle Szenarien (PV-System):

- von 0,7 Jahre (Symo 10.0 in Australien)
- bis 3,3 Jahre (Primo 3.0 in USA, NY)



Zusammenfassung der Ergebnisse

Offizielles Review durch das
Fraunhofer Institute



Die Amortisationszeit der
Klimaauswirkungen liegt
im Bereich von

0,7 –
3,3 Jahren

von

113.960 kg
USA-NY

bis zu

528.100 kg
Australien

CO₂-e werden mit dem
GEN24 Plus PV-System inkl.
Modulen & co. eingespart –
bis zu 235 Hin&Rückflug
Wien – New York

Der Umweltnutzen
übersteigt den
Aufwand um das

9,1 – 44,9-fache

Die Ergebnisse beziehen sich auf PV System inkl. Wechselrichter

Optimieren Sie Ihren Betrieb für eine maximale


Energie- und Kostenersparnis

Beispiel:

Mittelständisches Unternehmen in Hannover (Branche Metallbau)

- 2-Schicht Betrieb
- 60.000 gefertigte Teile im Jahr
- 30 TPS 450 in der Fertigung
- 15 Gabelstapler betrieben mit Blei-Säure-Batterien
- 15 Ladegeräte mit 50-Hertz-Technologie + 2 Ladungen pro Tag
- 3.000 qm Dachfläche
- 15 Benzin-/Dieselfahrzeuge



155.000 €*
& 325 t* 



Nutzen Sie das Thema für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) in Ihrer Firma!

Photovoltaik

Optimierung:

- Installation einer 500 kWp Photovoltaikanlage auf dem Dach. Fronius ist Betreiber und kümmert sich um die Installation, den Service und die Wartung.
- Der grüne Strom wird sowohl in der Produktion als auch in der Kantine und für die Klimaanlage genutzt
- Das Unternehmen zahlt nur für den Strom, den es tatsächlich nutzt
- Kosten für Strom vom eigenen Dach: 13 ct/kWh
- Preisfixierung: 25 Jahre
- Der restliche Strombedarf wird mit Netzstrom gedeckt

Einsparungen

56.000 €*
138 t CO₂*



Schweißtechnik

Optimierung:

- Das Unternehmen ersetzt sein Schweißequipment in der Werkhalle durch 30 neue TPS 500i der intelligenten Generation
- Produktivitätssteigerung um ca. 15 % aufgrund höherer Schweißgeschwindigkeit
- Gasersparnis von 44 % dank des Fronius OPT/i Gasreglers

Einsparungen

9.423 €*
13,2 t CO₂*



Batterieladetechnik

Optimierung:

- Das Unternehmen ersetzt die alten 50-Hz-Ladegeräte durch 15 Fronius-Ladegeräte Selectiva 4.0
- Dazu wird die digitale Softwarelösung Charge & Connect mit TagID & Load Balancing genutzt
- Über die Schnittstelle PV connect können die Ladegeräte optional mit PV-Strom aus der eigenen Anlage versorgt werden
- Durch den neuen batteriechonenden Ladeprozess wird die Batteriebensdauer erhöht und der Bedarf an Nachfüllwasser verringert

Einsparungen

19.046 €*
26,7 t CO₂*



E-Mobilität

Optimierung:

- Benzin-/Dieselfahrzeuge wurden durch Elektrofahrzeuge ersetzt
 - Günstigere Betriebskosten
 - Einsatz des intelligenten Energiemanagementsystems Fronius EMIL
- Vorteile Fronius EMIL:**
- Der Stromanschluss muss für eine zeitgleiche Ladung aller 15 E-Fahrzeuge nur geringfügig erweitert werden
 - Überchaubare Netzkosten
 - Fahrzeuge des Außendienstes und der Geschäftsführung haben beim Laden Vorrang und auch zu Hause geladene Firmenfahrzeuge können erfasst werden

Einsparungen

72.000 €*
150 t CO₂*



"I don't want to believe. I want to know."
- Carl Sagan

Unsere
erfolgreiche
Zukunft liegt im
evidenzbasierten
Management mit
Kostenwahrheit.



mit KI erstellt (15.11.2024) + „Geldnoten“ von
<https://pixabay.com/de/geld-rechnungen-banknoten-gesch%C3%A4ft-145969/>



All information is without guarantee in spite of careful editing – liability excluded.

Intellectual property and copyright: all rights reserved.
Copyright law and other laws protecting intellectual property apply to the content of this presentation and the documentation enclosed (including texts, pictures, graphics, animations etc.) unless expressly indicated otherwise. It is not permitted to use, copy or alter the content of this presentation for private or commercial purposes without explicit consent of Fronius.