

# Nachhaltiger Rückbau von Trafo, Generator und CO

Spreewindtage 2023 in Potsdam // Forum RDR-Wind  
8. November 2023

> [tseu.com](https://tseu.com)

## Agenda

- Vorstellung Rethmann-Gruppe/ TSR Recycling
- Status Quo + Zahlen, Daten, Fakten
- Fachgerechte Zerlegung Generator & Trafo
- Nachhaltiges Recycling in der Rethmann-Gruppe

## RETHMANN-Gruppe

ca. 24,6 Mrd. € Umsatz\*  
ca. 92.000 Mitarbeiter  
(ohne Transdev)

\*konsolidiert



Photo by krakenimages on Unsplash



ca. 12,1 Mrd. € Umsatz  
ca. 42.000 Mitarbeiter

- Recycling
- Service
- Wasser



- Metallrecycling
- Elektrorecycling
- Downstream



ca. 8,8 Mrd. € Umsatz  
ca. 39.000 Mitarbeiter

- Contract Logistics
- Freight Logistics
- Port Logistics



ca. 3,8 Mrd. € Umsatz  
ca. 11.000 Mitarbeiter

- Erzeugnisse aus tierischen Nebenprodukten
- Produzent erneuerbarer Energie
- Dienstleister für die Landwirtschaft und Lebensmittelsektor

34,0 Prozent-Anteil



ca. 9,3 Mrd. Umsatz  
ca. 103.600 Mitarbeiter

- Öffentlicher Nah-/Stadtverkehr
- Massenschienenverkehr
- On-Demand-Transport

# TSR-Unternehmenszahlen

(2022)



rund  
**4.300**  
 Mitarbeiterinnen  
 und Mitarbeiter



**5,3 Mrd.**  
 Euro Umsatz



rund  
**100**  
 Anlagen



rund  
**170**  
 Standorte in  
 13 Ländern



**6,7 Mio. t**  
 Fe-Metalle



**0,8 Mio. t**  
 NE-Metalle



**1,1 Mio. t**  
 E-Recycling und  
 Downstream

1890

Gründung Thyssen  
 Sonnenberg Recycling

1906

Gründung Klöckner

1996

Fusion zur heutigen  
 TSR Recycling  
 GmbH & Co. KG

2017

Komplettübernahmen durch  
 REMONDIS als alleiniger  
 Gesellschafter

2021

Erweiterung der Bereiche  
 E-Recycling und Downstream

## TSR und Nachhaltigkeit – untrennbar verbunden

Wichtiger Beitrag  
zum Erreichen  
der Ziele des  
europäischen  
**Green Deals**

**13,7**  
Mio. t\*

**CO<sub>2</sub>**  
Einsparungen

Recyclingrohstoffe zu verwenden, anstatt Metalle neu aus Primärressourcen herzustellen, führt zu einer extremen Reduzierung von Emissionen.

**10**  
tsd. GWh\*

**Energie**  
Einsparungen

Durch unsere Recyclingaktivitäten wird jährlich so viel Energie eingespart, wie 2,6 Millionen Dreipersonenhaushalte benötigen.

**5,2**  
Mio. t\*\*

**Kohle**  
Einsparungen

Ein Großteil der für die Erzeugung von Metallen benötigten Energie wird aus Kohle gewonnen. Dementsprechend führt konsequentes Recycling dazu, dass weniger Kohle abgebaut werden muss.

**9,8**  
Mio. t\*\*

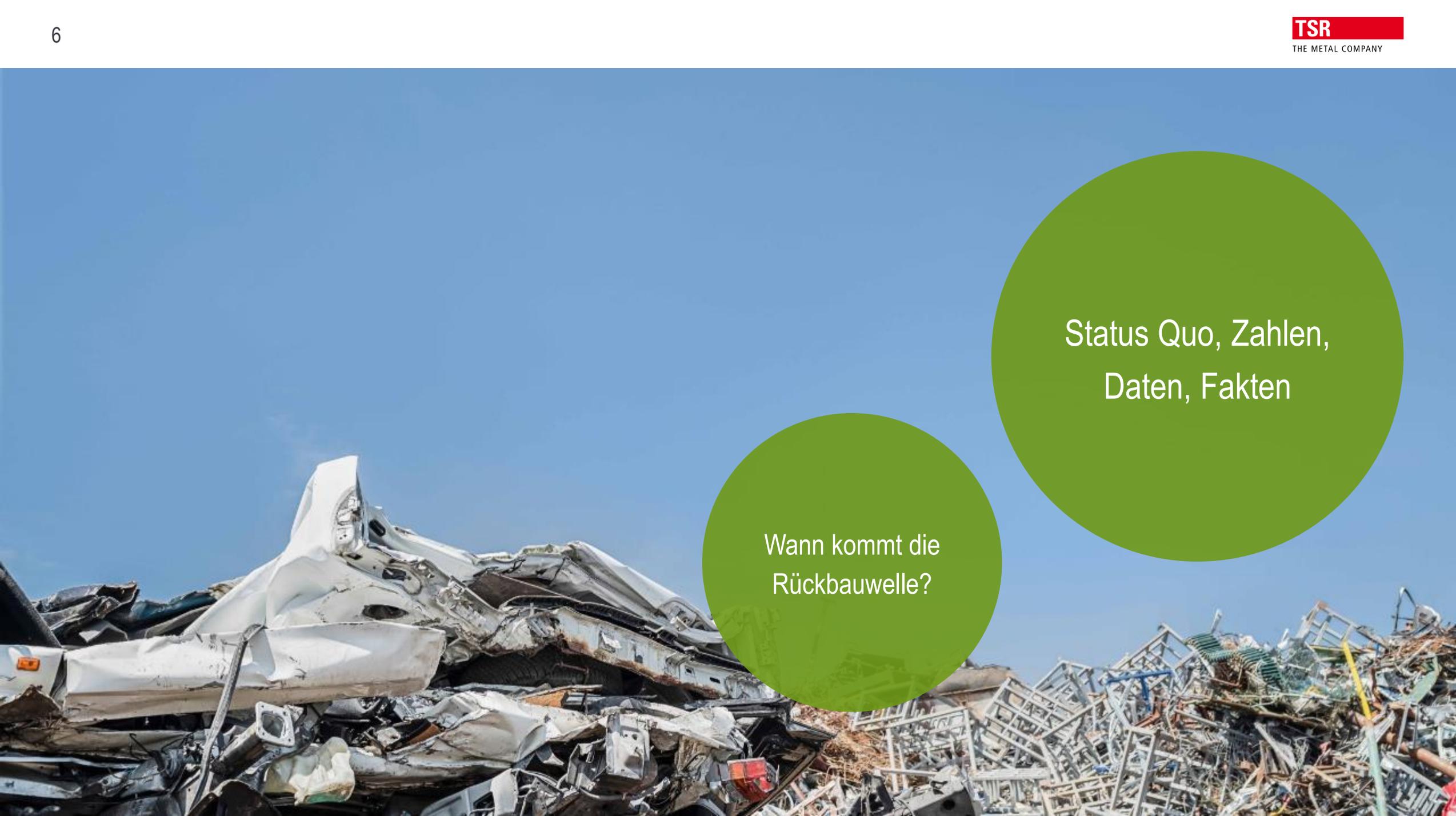
**Eisenerz**  
Einsparungen

Je mehr Stahl und Eisen recycelt wird, desto weniger Erz muss abgebaut werden. Das schont nicht nur Ressourcen, sondern auch Umwelt und Klima.

Datengrundlage für die Berechnung ohne die Gesellschaften Synergis Electrorecycling Sp. z.o.o., REMONDIS Electrorecycling Sp. z.o.o. Electro-System S.A., WEEE Return GmbH, Mirec N.V

\*Berechnungsgrundlage sind die 2022 von der TSR Group erfassten und dem Recycling zugeführten Mengen an Stahl, Aluminium und Kupfer sowie die von TSR Recycling in Auftrag gegebene Prognos-Studie (2022) und Datengrundlagen des BDEW und der BIR

\*\* Berechnungsgrundlage sind die 2022 von der TSR Group erfassten und dem Recycling zugeführten Mengen an Stahl sowie die von TSR Recycling in Auftrag gegebenen Prognos-Studie (2022) und Datengrundlagen der BIR



Status Quo, Zahlen,  
Daten, Fakten

Wann kommt die  
Rückbauwelle?

## Status Quo Windkraftanlagen – “Ganzheitliches Metallrecycling“

- Knapp 30.000 Windkraftanlagen (WKA) drehen sich in Deutschland ‚Onshore‘
- 6.000 WKA sind älter als 20 Jahre
- Seit 2020 läuft die 20 jährige EEG- Förderung bis 2025 sukzessive aus, sodass eine ansteigende Rückbauwelle erwartet wird

- **90 %** der Masse einer WKA kann problemlos in den Materialkreislauf zurückgeführt werden, wie z.B. Turm (Grobbleche), Maschinenhaus (Generator, Getriebe), Aluminium, Kabel, Trafo.
- Recyclingindustrie hat Technologien für die hochwertige Verwertung (Shredder, Scheren, Kabelaufbereitungsanlagen, LIBS- Anlagen)



Anstieg der Rückbauwelle ab 2024/ 2025 erwartet

### Hochwertige Recyclingrohstoffe für:

- Stahlwerke
- Hütten
- Gießereien

# Demontierte Windenergieanlage “Onshore“

- Der Rückbau einer Onshore WKA erfolgt in umgekehrter Installationsreihenfolge
- Die Komponenten werden vor Ort zerlegt und zur weiteren Verarbeitung zum nächsten TSR- Standort transportiert.

- Demontage des Rotorsterns als Ganzes und Absenken in einem Arbeitsgang oder, wenn die Blätter für die Einzelblattmontage ausgelegt sind, nacheinander.
- Schneiden der Rotorblätter in transportfähige Stücke (6 - 12 m)
- Erforderlicher Umweltschutz und Arbeitsschutz gegen Splitterflug und Staub aus GFK.

- Externe Transformatoren und Kabel werden demontiert und entfernt

- Transport der Nabe (meist aus Gusseisen) zum Schrottverarbeiter



- Direkte Verladung der Nacelle auf Schwerlasttransporter zur Weiterverarbeitung an einem anderen Ort

- Demontage der einzelnen Stahlurmteile und Absenken jedes Stahlurmteils in einem Arbeitsgang
- Die einzelnen Stahltürme werden vor Ort in transportfähige Größen (Containergröße) zerlegt

- Gegebenenfalls Entfernung des Beton- oder Hybridstahlfundaments

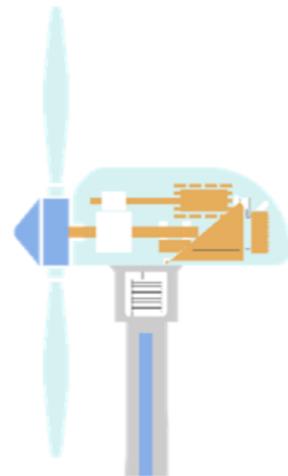
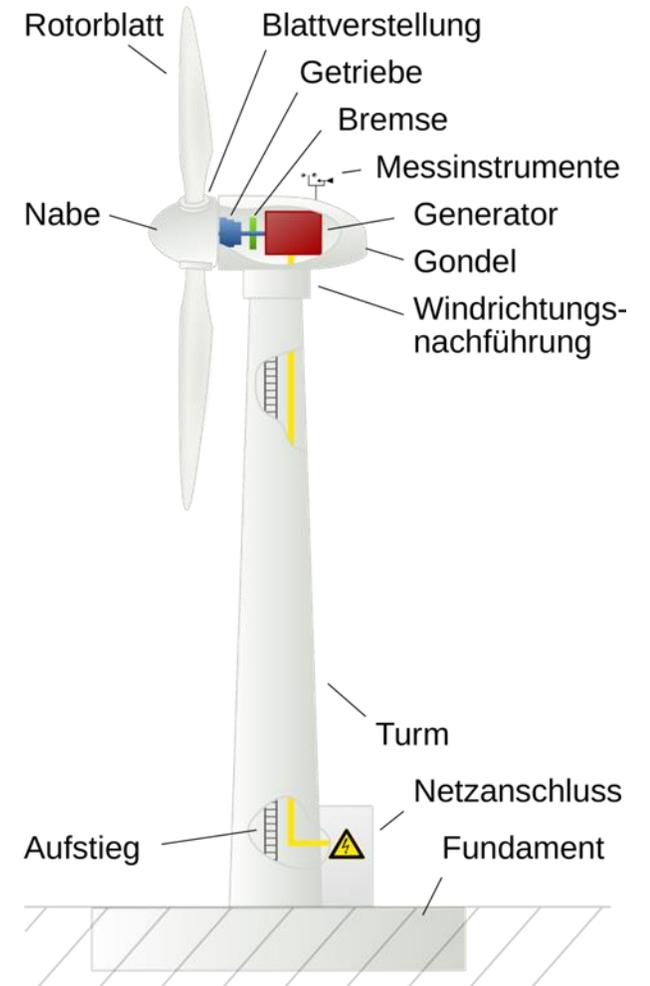
# Aufbau von Windkraftanlagen

V90-1,8 MW  
Rotor: 38 to  
Gondel: 68 to  
Turm: 225 to  
= 331,0 to  
(Herstellung seit 2004)

**Durchschnittliche Anlage 2022**  
Leistung 4.362 kW  
Gesamthöhe 206 m  
Rotordurchmesser 137 m

## Anteil am Gesamtgewicht in Prozent

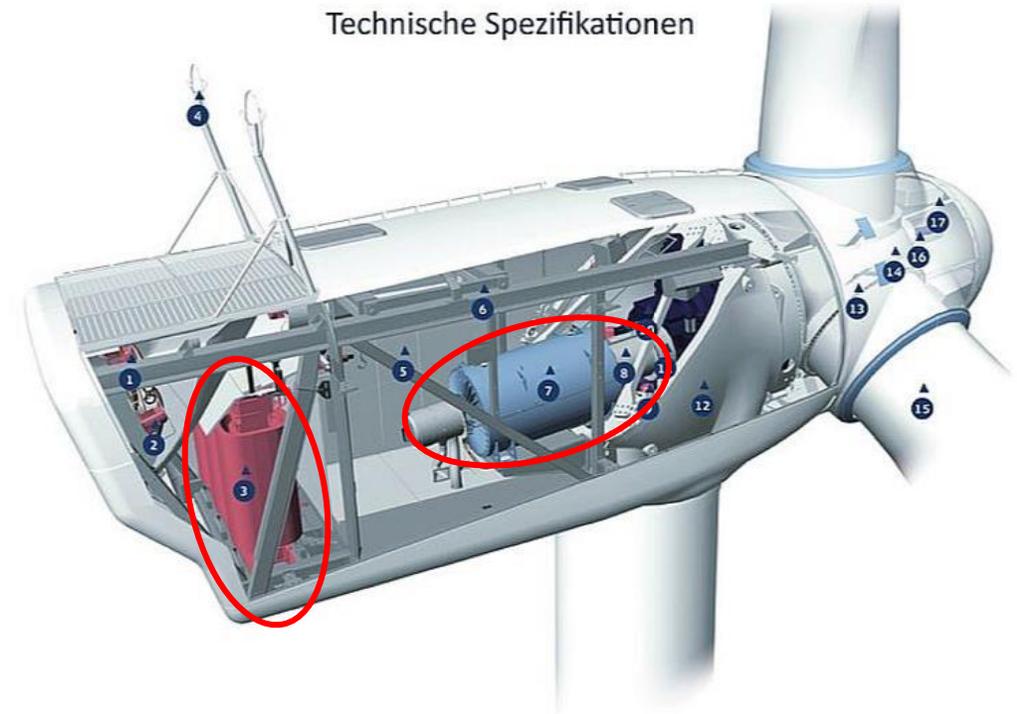
Beton	●	60-65%
Stahl	●	30-35%
Verbundmaterialien	●	2-3%
E-Komponenten	●	<1%
Kupfer	●	<1%
Aluminium	●	<1%
PVC	●	<1%
Betriebsflüssigkeiten	●	<1%



## Aufbau Maschinenhaus

1. Asynchrongenerator/  
mit Getriebe (Vestas V90- 1,8):  
Getriebe zwischen Rotor und Generator.  
Das Getriebe erhöht die niedrige Drehzahl des Rotors, für die optimale Drehzahl
2. Synchrongenerator/  
getriebeloses Konzept (z.B. Enercon):  
ein Ringgenerator ist direkt mit der Nabe  
gekoppelt und rotiert mit der Drehzahl des Rotors.  
Erregerfeld ist erforderlich  
- elektrisch erregt oder Permanentmagnet
3. Der Transformator passt die Spannung an das  
Mittelspannungs- oder Hochspannungsnetz an

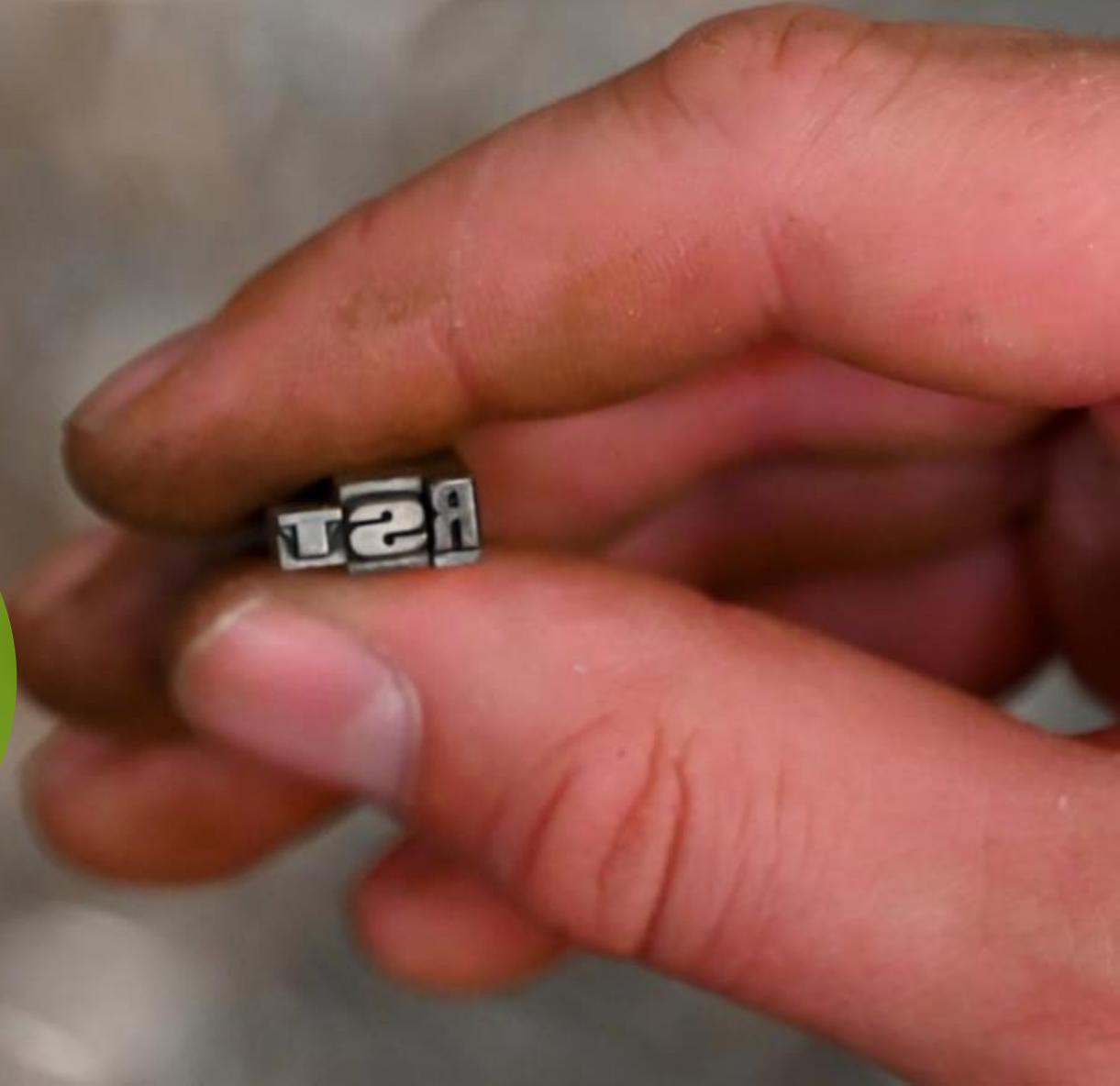
Technische Spezifikationen



- |                                    |                           |                               |                |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------|
| 1 Kühler                           | 6 Service Kran            | 11 Mechanische Scheibenbremse | 16 Wälzylinder |
| 2 Generatoren Wasserkühler         | 7 OptiSpeed® Generator    | 12 Maschinenfundament         | 17 Naben       |
| 3 Hochspannungstransformator       | 8 Verbundscheibenkupplung | 13 Blattlager                 |                |
| 4 Ultraschall-Windsensor           | 9 Gierräder               | 14 Blattnabe                  |                |
| 5 VMP-Top Controller mit Konverter | 10 Getriebe               | 15 Blatt                      |                |

Fachgerechter  
Rückbau zur  
Gewinnung der  
Rohstoffe

Voraussetzungen/  
Vorgehensweise





Trafo- und  
Generatorenzerlegung  
bei TSR Recycling an  
den Standorten  
Hamburg, Magdeburg,  
Düsseldorf und  
Mannheim

## Voraussetzungen Trafo-/ Generatoren-Zerlegung im TSR- Entsorgungsfachbetrieb

1. Umweltrechtliche Genehmigung für die Annahme, Bearbeitung und Verwertung von Transformatoren (AVV- Nr. 160213\*, 160214, 170409\*)  
PCB- freies Öl (PCB-Gehalt von < 50mg/kg LAGA bzw. < 20 ppm)
  2. Betriebliche Voraussetzungen:  
Ölauffangwannen, doppelwandige Behälter mit Leckanzeiger zum Abfüllen, Ölabscheider, qualifiziertes Personal, überdachte Fläche für Zerlegung
  3. Kaufmännische Voraussetzungen:  
Projektleiter mit Fachkompetenz im kaufmännischen wie gewerblichen Bereich (Fachkunde gemäß § 54 KrWG, § 9 EfbV und § 5 AbfAEV)  
Kenntnisse bei Einstufung von gefährlichen Abfällen
  4. Zulassung für LKW- Transport von gefährlichen Abfällen (AVV- Nr. 160213\*)  
mit Sammel- oder Einzelentsorgungsnachweis. Kran- LKW mit öldichtem Container.
- ➔ Bei Stückgewichten > 80 to fachgerechte Zerlegung vor Ort mit Partnerunternehmen.  
Separierung der Fraktionen zur Verwertung oder Entsorgung.

Fach- + umweltgerechte  
Demontage von  
Trafos und  
Generatoren  
jeglicher Art

Projektbegleitung und  
Entsorgungskonzepte  
durch qualifizierte  
TSR- Mitarbeiter

## Vorgehen für die effiziente Zerlegung Gondel/ Maschinenhaus

1. Gefahrstoffe wie Öle absaugen und fachgerecht verwerten
  2. Teilerlegung am Ort der Windenergieanlage, je nach Größe der Gondel
    - Entnahme des Generators und elektrotechnischer Bauteile
    - Sind Seltene Erden enthalten? z.B. Neodym
    - Entnahme des Getriebes (wenn vorhanden)
    - Entfernen der GFK- Teile
  3. Abtransport der Teile in TSR- Entsorgungsfachbetriebe
  4. Verwertung
- ➔ Getriebe/ Metallteile: Schließen des Recyclingkreislaufs in Stahl- und Schmelzwerken
- ➔ Elektrotechnische Bauteile/ Generator: Erstbehandlungsanlage gemäß ElektroG

Fach- + umweltgerechte  
Demontage von  
Trafos und  
Generatoren  
jeglicher Art

Co<sub>2</sub>- arme Produktion  
von neuen Stahlkomponenten  
mit ausgewiesener  
Co<sub>2</sub>- Bilanz

## Zerlegung und Recycling von Generatoren

Hochwertige Rohstoffe für den Recyclingkreislauf:

1. Generator aus Windkraftanlage
    - Stator mit Kupfer und Eisen (ca. 6 to/ Stück)
    - Trennung von Kupfer und Stahl im TSR- Betrieb
    - Kupferfüße vom Rotor
  2. Energiekabel  
4 – 6 to/ Windkraftanlage
- Verarbeitung bei der CABLO, Gelsenkirchen oder Fehrbellin, zur Herstellung von hochwertigen Kupfergranulaten mit anschließendem Einsatz bei Aurubis.



**CABLO**

Joint Venture TSR Recycling & Aurubis

## Typischer Aufbau eines 1 to- Trafos



Trafo- Gehäuse



Trafo- Gehäuse samt Innenleben

# Exemplarischer Demontage Prozess



## Öffnung des Gehäuses

Entfernung aller Schalter &  
Lösung aller Haltemechanismen

1.



Deckel wird geöffnet und das  
Aktivteil mit den 3 Cu- Spulen  
und Trafoblechen wird  
entnommen

Kernentfernung mittels Gabelstapler

2.



## Ablösung der SI-Bleche

Trennung der einzelnen SI-Bleche, um  
die Abnahme der CU-Spulen zu  
ermöglichen

3.



## Ziehen der Kupferspulen

Abnahme der CU-Spulen mittels  
Gabelstapler

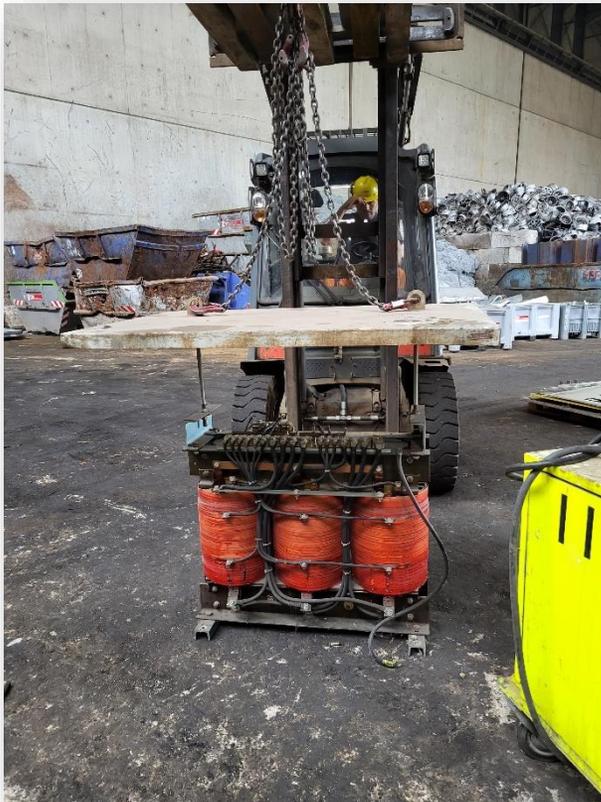
4.



Die CU-Wicklungen werden von  
den Trafo-Blechen getrennt

Separierung von CU-Spulen,  
Trafoblechen und FE-Schrott

## Zerlegung in hochwertige Recyclingrohstoffe



Innenleben

CU-Kabel



CU-Spule



SI-Bleche

## Beispiel für Demontage eines 20 to- Transformators in Mannheim

**Vorher: 20 Tonnen Transformator (bereits ölentleert)**



**Nachher:  
Aktivteil mit 3 Cu Wicklungen nach Ausbau aus dem Trafogehäuse**



## Nachhaltiges Recycling der Fraktionen in der RE-Gruppe = Beitrag zur CO<sub>2</sub>- Reduktion und Erreichung der Klimaziele

### 1) Rohstoff Kupfer

Cu- Lackdraht, Cu- Verankerungen, Cu- Kabel



**CABLO**

Joint Venture TSR Recycling & Aurubis



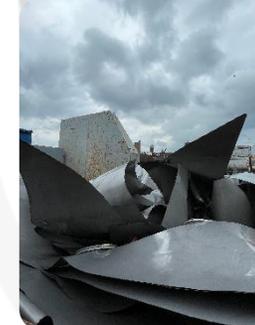
### 2) Rohstoff Stahlschrott

Trafo-bleche, FE- Gehäuse, Mischschrott, SVM,



**TSR**

THE METAL COMPANY



### 3) Verwertung

Holz, Keramik, Trafo- Öl



**REMONDIS®**

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT



80 %  
metallische Wertstoffe  
und 20%  
zur Verwertung

Trafo:  
ca. 12 % Kupfer



Rückbau &  
Recycling

In der Rethmann-  
Gruppe alles aus  
einer Hand

## Rückbau und Recycling von WKA in der RETHMANN- Gruppe



### 1. RHENUS Logistics

Transport- Logistik für den Auf- und Abbau von WKA, Spezial- Services für Offshore- Windparks, wie Mitarbeitergestellung, Scannen des Meeresbodens usw.

### 2. TSR Recycling

Effiziente Separierung und Aufbereitung der metallischen Komponenten für das nachhaltige Schließen von Recyclingkreisläufen zur Co2- armen Herstellung von Green Steel

### 3. XERVON Wind

Inspektions- und Wartungsarbeiten, Komponententausch, Retrofit und Spezial- Services für On- und Offshore- WKA Demontage WKA... etc.

### 4. REYM BV

Industriereinigung im On- und Offshore- Sektor, Services für Öl- Plattformen  
Zerkleinern von GFK- Rotorblättern vor Ort mittels Hochdruck- Wasserstrahlschneiden für Transport- Optimierung

### 5. lokaler Betonbauer/ Remex

Rück- und Tiefbauarbeiten wie Fundamentrückbau, Wegebau, Rückbau Kabeltrassen und Kabelverlegung

## TSR Recycling als Wegbereiter in die Zukunft – Zuverlässiger Partner für die Windenergiebranche

- Erfassung der metallischen Wertstoffe und anschließende Aufbereitung zu Recyclingrohstoffen
- Versorgung der Industrie mit ressourcen-, energie- und klimaschonenden Recyclingrohstoffen in höchster Qualität
- Unterstützung der Industrie bei der Abkehr von CO<sub>2</sub>-intensiver Produktion
- Kooperation mit Herstellern im Bereich Design for Recycling zur konsequenten Kreislaufführung von Wertstoffen



**Unser Beitrag für  
eine nachhaltige  
Umwelt**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

