Institut für
Integrierte Produktion Hannover

27. Windenergietage
Vorstellung „Demontagenetzwerk“

Martin Westbomke, Linstow 07.11.2018

Zahlen, Daten, Fakten

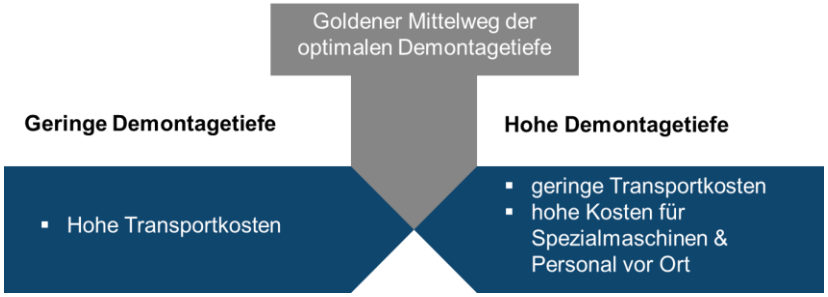
FuE-Dienstleister für Produktionstechnik

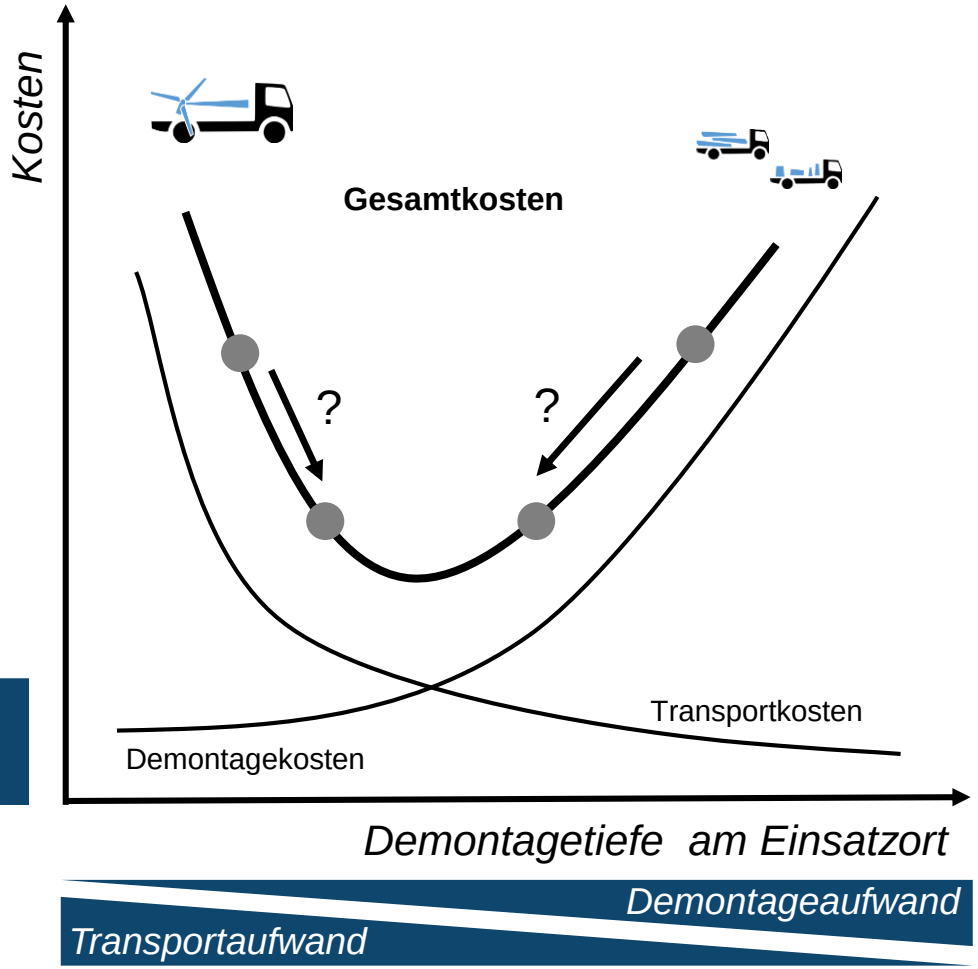
- Gründung 1988 als CIM-Fabrik Hannover
- Anwendungsorientierte Beratung, Forschung & Entwicklung und Qualifizierung
- interdisziplinär, innovativ, zuverlässig
- 63 Mitarbeiter/innen, 28 davon wissenschaftliches Personal/Berater
- > 75 Kooperationsprojekte pro Jahr

www.iph-hannover.de

Zielkonflikt

- Produktgröße und -komplexität sowie oftmals hohes Gewicht erschweren den Rückbau
- Demontage beginnt i.d.R. am Einsatzort des Produktes
- Aufwendige Demontage am Einsatzort vs. teurer Abtransport von Einzelteilen





Arbeitshypothese und Zielstellung

Arbeitshypothese:

- Eine räumliche Aufteilung des Demontage-prozesses ist für großskalige Produkte ökologisch und wirtschaftlich vorteilhaft.

Forschungsfrage:

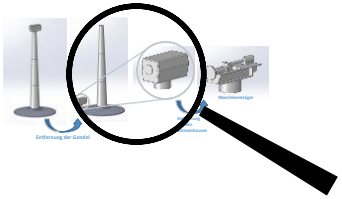
- „*Unter welchen Voraussetzungen kann eine verteilte Demontage für den Rückbau großskaliger Produkte sinnvoll eingesetzt werden, um eine optimale Positionierung im Spannungsfeld zwischen einer aufwendigen und teuren Demontage am Einsatzort und einem teuren Abtransport von Einzelteilen zu erreichen?*“

Zielstellung:

- Ableitung von **Handlungsempfehlungen** für das **Reverse Supply Chain Design** für **großskalige Produkte** (konkret: **Windenergieanlagen**) unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten.

Reverse Supply Chain Design für großskalige Produkte

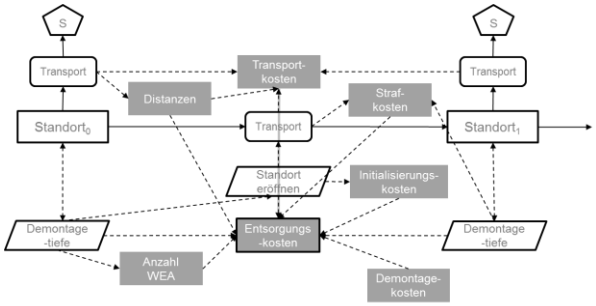
Identifikation von Einflussfaktoren



Ableitung von Wirkbeziehungen und Visualisierung in einem Wirkmodell

Mathematische Formalisierung der Wirkzusammenhänge in einem OR-Modell

Wirkmodell

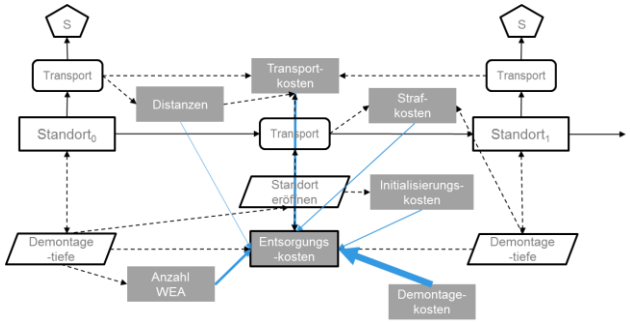


Problemszenarien

OR-Modell

$$\min Z = \underbrace{\sum_{w=1}^{W}\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{M} c_{wm}\cdot x_{wklm}\cdot dis_{kl}}_{\text{transport costs}} + \underbrace{\sum_{w=1}^{W}\sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{M} decst_{wlm}\cdot y_{wlm}}_{\text{dismantling costs}} + \underbrace{\sum_{l=1}^{L} i_l\cdot v_l}_{\text{initialization costs}} + \underbrace{\sum_{w=1}^{W}\sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{M} s_{wlm}\cdot r_{wlm}}_{\text{disposal revenues/costs}}$$

Quantitatives Wirkmodell

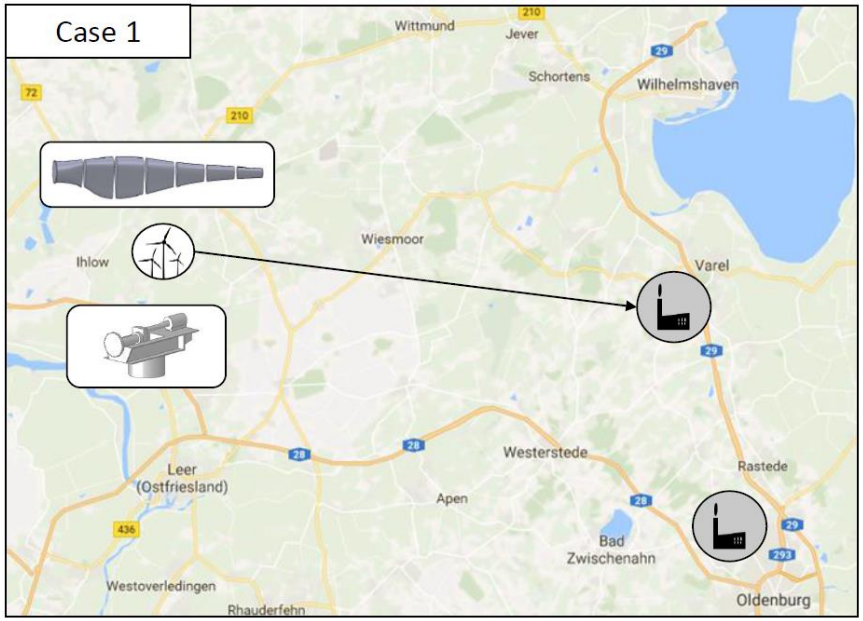


Handlungsempfehlungen für die optimierte Demontage von WEA

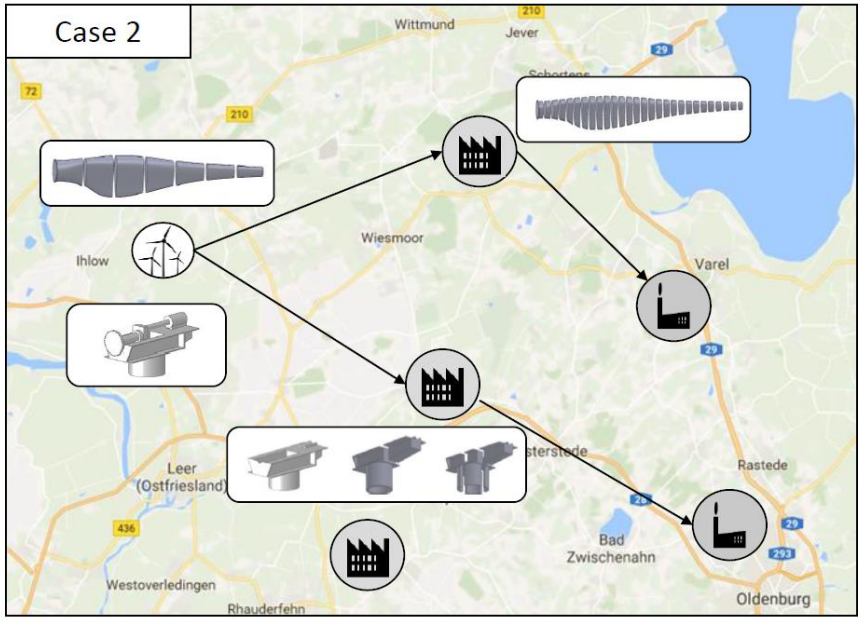
Handlungsempfehlungen für das Design der Reverse Supply Chain für großskalige Produkte

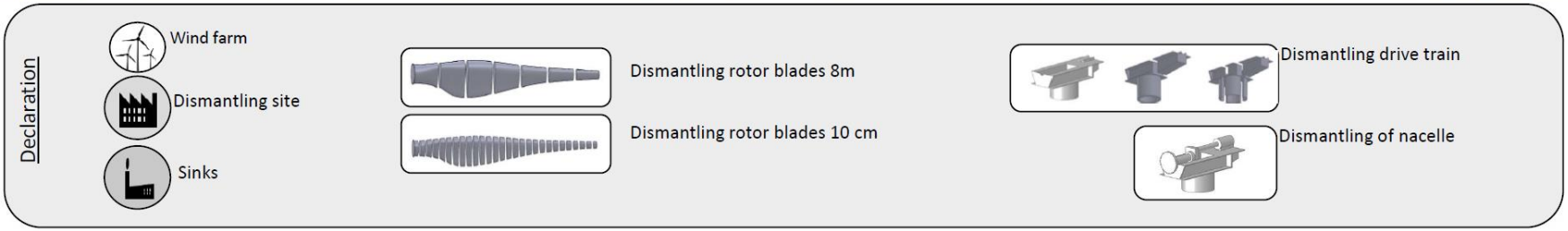
Illustration: Demontagenetzwerk

Unverteilte Demontage



Verteilte Demontage im Netzwerk





Demontagevorbereitung

Vorbereitung

Vorgehen

- Alle notwendigen Genehmigungen bereitstellen
- Vertragliche Absicherung der Rückbauleistungen
- Anlage vom Netz nehmen und das Kabel aus der Schaltanlage lösen

Risiken

- Erhöhung der Rückbaukosten
- Zu viel Korrosion und Dichtmittel
- Einbau ungleicher Komponenten während eines Wechsels
- Transport- bzw. Genehmigungs-verzögerungen
- Zu kleine Wege und Stellflächen

Handlungsempfehlungen

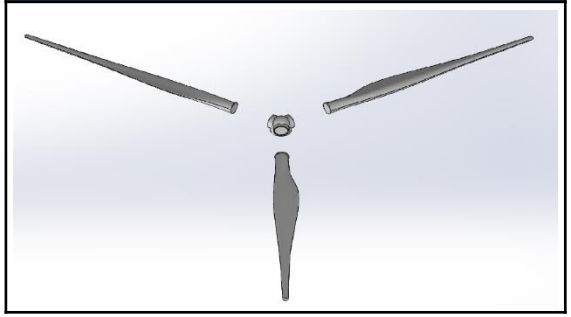
- Frühzeitige Planung des Rückbauvorhabens
- Bereitstellung der vollständigen Dokumentation der Anlage
- Synergien bei Repoweringprojekten nutzen

Potentiale

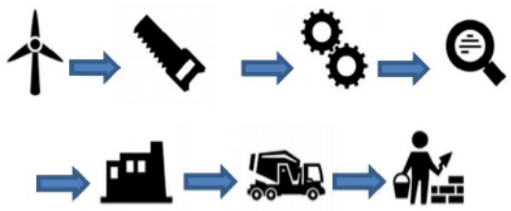
- Frühzeitige Planung ermöglicht Vermarktung der WEA / Komponenten und Einsparungen bei den Krankosten

Rotor

Rotor



Aktuelle Verwertung: BWE



Quelle: BWE

Risiken

- Risiken bei der Zerlegung:
- Staubentwicklung
- Risiken bei der Entsorgung:
- Kurzschluss in Filtern
- Verglasung bei der Verbrennung
- GFK/CFK-Massen übersteigen Aufnahmekapa. der Zementfirmen

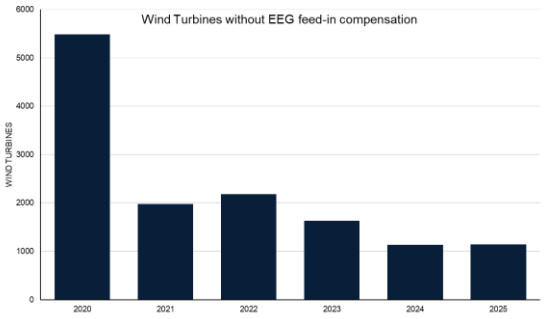
Komponenten

- Verstärkungsfasern (Glas, Kohlenstoff, Aramid oder Basalt)
- Polymermatrix (Duroplaste wie Epoxide, Polyester, Vinylester, Polyurethan oder Thermoplaste)
- Beschichtungen (PE, PUR)
- Metalle

Handlungsempfehlungen

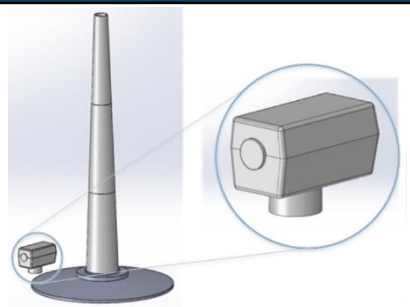
- Vorzerlegung der Rotorblätter am Einsatzort
- Minimale Schnittanzahl unter Wassernebel zur Minimierung der ökologischen Risiken (Feinstäube)
- Entwicklung von weiteren Nachnutzungsstrategien

Entwicklung



Gondel

Gondel



Aktuelle Verwertung

- Primär Materialrecycling und kein Produktrecycling
- Mechanische Zerkleinerung der Großkomponenten und Rückgewinnung der Metalle

Risiken

- Risiken bei der Zerlegung am Einsatzort:
- Öle und Schlacke ~ Umwelt
- Vernichtung von werthaltigen Komponenten durch unsachgemäße Demontage

Haupt-Komponenten

- Rotorwelle
- Getriebe
- Generator
- Maschinenhaus
- Elektronik
- Transformator

Handlungsempfehlungen

- Vorzerlegung der Gondel am Einsatzort und Abtransport von Großkomponenten
- Weitergehende Demontage in einer Demontagefabrik

Potentiale

- Aufbereitung von Getriebe, Generator und Transformator
- Verkauf gebrauchter
  - Azimutgetriebe
  - Elektronikbauteile
  - Getriebe/Generator/ Transformator
- Verkauf weiterer gebrauchter Komponenten nach Marktanalyse und Zustandsprüfung

Turm

Turm

Vorgehen

- In Abhängigkeit der Bauart kommen unterschiedliche Rückbau -verfahren zum Einsatz
- Stahlrohrturm (Mit Kran)
- Spannbetonturm (Umlegen durch Sprengung oder Kran)
- Gittermast (Mit Kran ca.266 €/t)

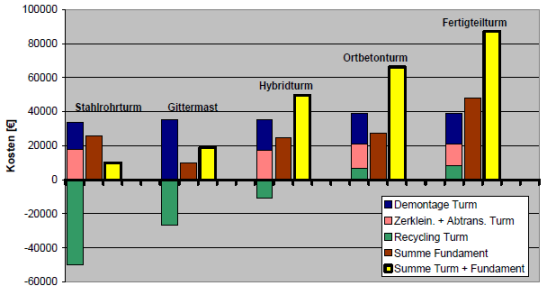
Risiken

- Flurschäden durch Sprenungen
- Zusatzkosten für die Auftrennungsarbeiten und eventuelle notwendige Genehmigungen für die Schneidearbeiten auf der Baustelle

Handlungsempfehlungen

- Bei der Sprengung von Betontürmen ist eine Faltsprengung vorzuziehen um Flurschäden zu vermeiden.
- Stahlrohrtürme sollten mit einer Stahlschere am Einsatzort zerlegt werden.

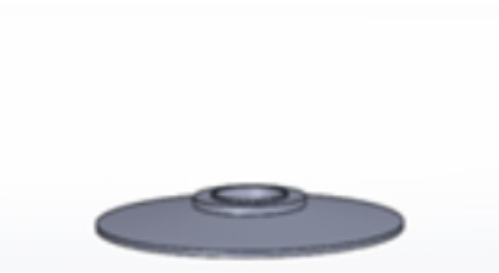
Rückbaukosten



Quelle: P. Schaumann Institut für Stahlbau

Fundament

Fundament



Vorgehen

- In Abhängigkeit der regionalen Vorschriften wird das Fundament vollständig oder bis auf 1 m GOK mit einem Meisselbagger zurückgebaut
- Die Kosten liegen 50 – 65 €/m^3

Handlungsempfehlungen

- Vollständiger Rückbau am Einsatzort
- Aufbereitung des Fundamentes am Einsatzort und Nachnutzung für Wegebau bei Repoweringprojekten

Risiken

- Rückbaukosten können Standort einer regionalen Streuung von 100% unterliegen
- Härterer Beton erfordert evtl. Lockerungssprengungen
- Versiegelung von Flächen

Zusammenfassung

Handlungsempfehlungen für die optimierte Demontage von WEA

- **Vorbereitung**
  - Frühzeitige Planung des Rückbauvorhabens
  - Bereitstellung vollständiger Anlagendokumentation
  - Synergien bei Repoweringprojekten nutzen
- **Rotor**
  - Vorzerlegung der Rotorblätter am Einsatzort
  - Weitergehende Demontage **in einer Demontagefabrik**
  - Optimale Schnittanzahl unter Wassernebel zur Minimierung der ökologischen Risiken
  - Entwicklung von weiteren Nachnutzungsstrategien
- **Gondel**
  - Möglichst zerstörungsfreie Demontage am Einsatzort bei der Vorzerlegung
  - Weitergehende Demontage **in einer Demontagefabrik**
- **Turm**
  - Vollständige Zerlegung des Turms **am Einsatzort**
  - Betonturm = Faltsprengung (Flurschäden vermeiden)
  - Stahlsturm = Stahlschere
- **Fundament**
  - Vollständiger Rückbau des Fundaments **am Einsatzort**
  - Aufbereitung des Fundamentes am Einsatzort und Nachnutzung für Wegebau bei Repoweringprojekten

Handlungsempfehlungen für das Design der Reverse Supply Chain

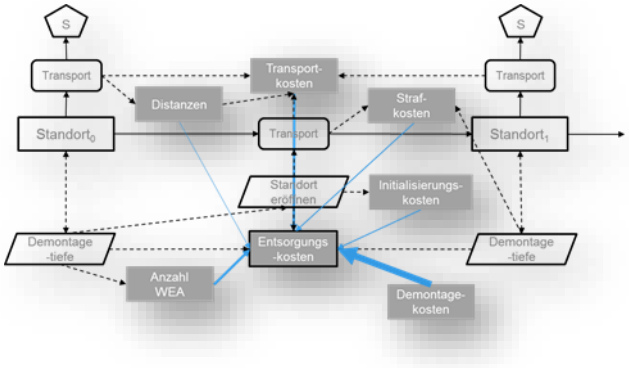
- In Regionen mit hohem Demontageaufkommen sollten **temporäre Demontagefabriken** aufgebaut werden, um Windkraftanlagen ökologisch und ökonomisch sinnvoll zu demontieren.
- Die verteile Demontage für XXL- Produkte ist für technologisch anspruchsvolle Groß-Komponenten (**Gondel**) und große Leichtbauteile (**Rotor**) sinnvoll.

…

Quelle: Björn Kreilkamp - Youtube

Rückblick auf die vergangenen Treffen

Präsentation aktueller Forschungsergebnisse (IPH)



Ganzheitliche Betrachtung von Repowering- bzw. Rückbauprojekten (SCC Wind)

Vorstellung des Forschungsprojekt ForCYCLE (ICT)

ForCYCLE

Projektverbund Rohstoffwende Bayern

Markt Insigths: Entwicklungen des Zweitmarkt für WEA (Windturbine.com)

Hersteller	Modelle
1. Vestas	V80/2000
2. Enercon	E70/E4
3. Vestas	V90/3000
4. Vestas	V44/600
5. Wind World	W2320/150
6. Vestas	V66/1750
7. Vestas	V90/2000
8. Enercon	E48/800
9. NEG Micon	NM52/900
10. Enercon	E66/20.70

Technische Lösungen für der Rückbau von WEA (Hagedorn UG)

Das Demontagenetzwerktreffen

— Seit 2016 trifft sich der Arbeitskreis halbjährlich, um über technologische Trends, rechtliche Vorgaben und Optimierungspotenziale zu diskutieren
— Die interdisziplinäre Gruppe bestehende aus allen Akteuren des Rückbauprozesses von Windenergieanlagen
— Ziel ist es, gemeinsam branchenweite Qualitätsstandards für den Rückbau zu formulieren

Aus dem Demontagenetzwerktreffen entwickelte Forschungsbedarfe

Betreuung und Erarbeitung von 16 wissenschaftliche Arbeiten zu unterschiedlichen Themenstellungen

Demontageprozess

- Methode zur Erstellung von Demontageplänen
- Methode zur Standardisierung
- Methode zur Analyse und Optimierung

Visualisierung & Umsetzung

- Methode zur Gestaltung von Demontagenetzwerken
- Software zur Quantifizierung und Visualisierung von DM

Handlungsempfehlungen

- Entwicklung von Gestaltungsrichtlinien für Demontagefabriken

Bewertung

- Kennzahlensystem zur Analyse und Bewertung von DM
- Mathematischer Quantifizierungsansatz zur Analyse von Einflussfaktoren auf DM

Demontagenetzwerk

- Potenzialanalyse von DM
- Einflussfaktoren auf DM

Modellierung

- Wirkmodell zur Bestimmung der Signifikanz von Einflussfaktoren
- Entwicklung eines mathematischen Optimierungsproblem

Überblick über Teilnehmende Unternehmen und Institute

Nächstes Demontagenetzwerktreffen : Januar 2019

RAMBOLL
windConsultant
HAGEDORN
Leibniz Universität Hannover
SSCWIND onshore. offshore. engineering.
VSB
BKV ...meer dan aanhaken!
Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH bis
VEOLIA
TSR THE METAL COMPANY
wind-turbine.com
TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
EnergieAgentur.NRW klimaschutz made in nrw
Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
REMONDIS®
Fraunhofer ICT – IMM
LiFE 2050 Leibniz Forschungszentrum Energie 2050
Vestas
ENERCON ENERGIE FÜR DIE WELT

Ihre Ansprechpartner

Martin Westbomke

IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
Hollerithallee 6
30419 Hannover

+49 (0)511 27976-447

+49 (0)511 27976-888

Westbomke@iph-hannover.de

www.iph-hannover.de

Jan-Hendrik Piel

Nefino GmbH
Königswortherplatz 1
30167 Hannover

+49 (0)176 45618442

jan-hendrik.piel@nefino.de

https://nefino.de/