

Re-Machine

Kreislaufwirtschaft für Schraubenverbindungen in Windenergieanlagen

(Laufzeit 2023 bis 2027)



Dipl.-Ing. Thomas Schwender



M.Sc. Fritz Wegener



Dipl.-Ing. Victor Widerspan

DM0

Leitende Forschungsstelle fett markieren oder so?

Dörre, Maik; 2023-01-17T13:26:25.568

GAV-Forschungskolloquium 2023

Re-Machine- Motivation

Mehr als 2.000 große Schraubverbindungen pro Windenergieanlage (WEA)

Weltweit sind derzeit mehr als 341.000 ^{DM1} Anlagen installiert.

Der Ausbau der Windenergie wird zu einer deutlichen Steigerung der Anzahl als auch Größe von WEA führen (Laut Global Wind Energy Council (GWEC) von 2022 bis 2026 466 GW ~93.200 Anlagen weltweit!)



Die Lebensdauer von WEA beträgt 20 Jahre (zyklisch belastet). Danach werden sie in der Regel rückgebaut.

DM3

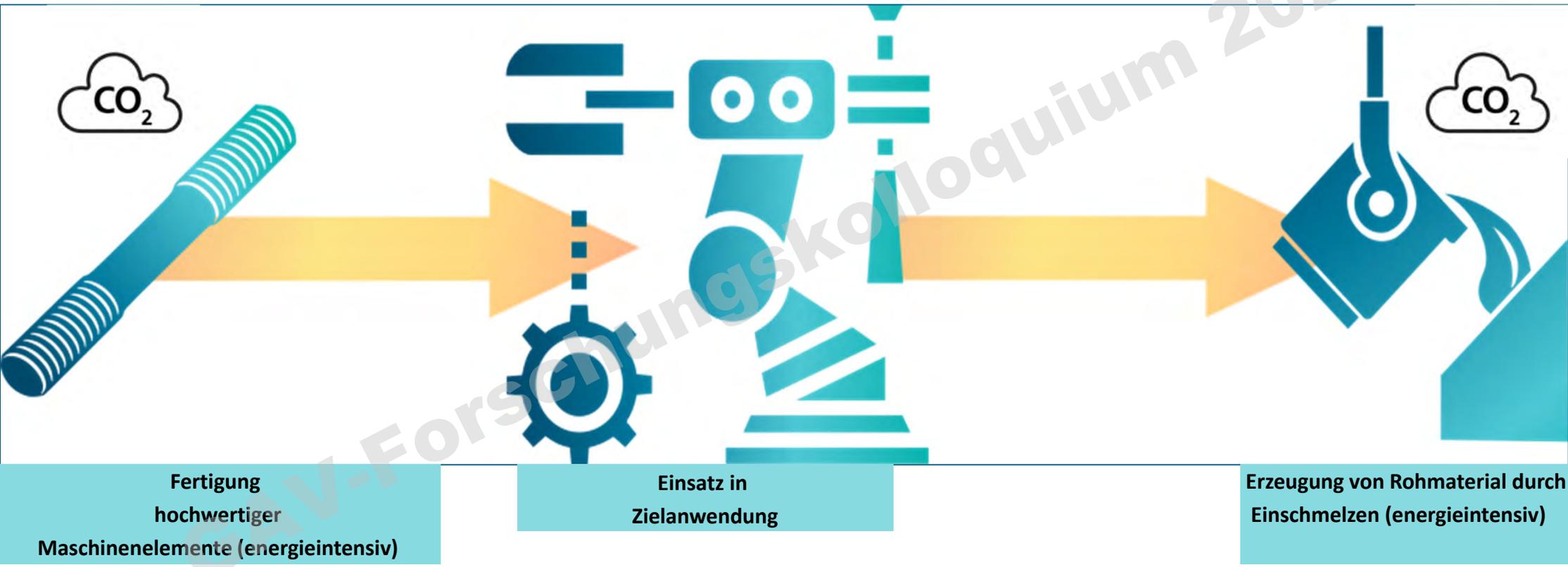
Folie 2

- DM0** zu dem dritten Punkt vielleicht auch noch eine Zahl X Anlagen bis 2030 oder so. Siehe Weltkarte
Dörre, Maik; 2023-01-17T13:33:04.473
- DM1** WKA=Windkraftanlagen, WEA=Windenergieanlagen
Dörre, Maik; 2023-01-17T13:33:52.709
- DM2** erfolgt der Rückbau (statt demontiert)
Dörre, Maik; 2023-01-17T13:34:49.180
- DM3** dynamisch = schlagartig, zyklisch
Dörre, Maik; 2023-01-17T13:35:07.368

GAV-Forschungskolloquium 2023

DM0

Re-Machine- Ausgangssituation/Motivation



DM1



Folie 3

DM0 ist demontage hier richtig? In diesem Zusammenhang?

Dörre, Maik; 2023-01-17T13:35:57.011

DM1 mechanischer Komponenten --> Bauteile

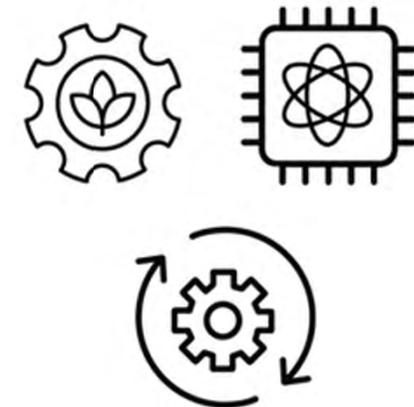
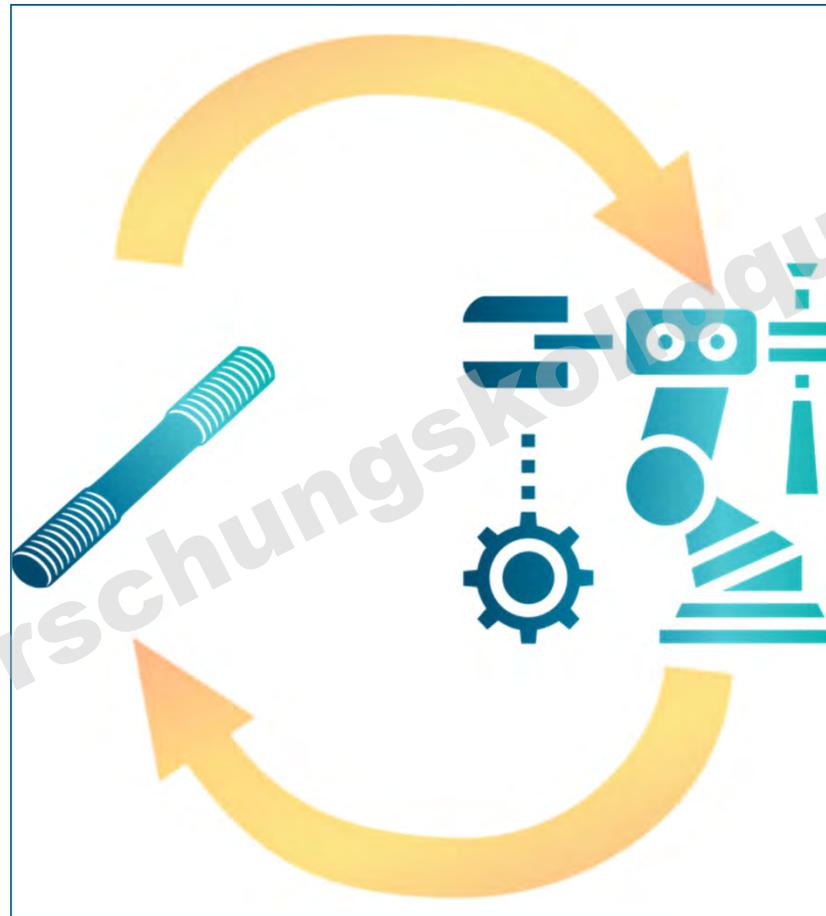
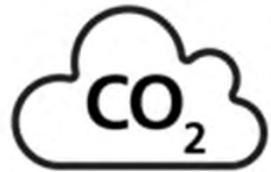
Dörre, Maik; 2023-01-17T13:37:08.782

GAV-Forschungskolloquium 2023

Re-Machine- Vision

Müssen hochwertige
Maschinenelemente immer neu
gefertigt werden?

Gibt es ein Verfahren zur
Lebensdauererlängerung ?



Folie 4

DM0 was sollen mechanische Bauteile sein

Dörre, Maik; 2023-01-17T13:39:26.807

DM1 Xnd-Life??? Gibt es den Begriff?

Frage ist auch sehr lang

Dörre, Maik; 2023-01-17T13:42:26.032

GAV-Forschungskolloquium 2023

Re-Machine- Entwicklungsziele

Wann kann eine Schraube einer weiteren Nutzung zugeführt werden?

Teilziel 1
Validierter Kriterienkatalog
(IGP)

Wie können die Kriterien für eine Wiederverwendung ermittelt werden?

Teilziel 2
Multimodales Sensor- und Datensystem mit Digitalem Zwilling als zentraler Datenraum (IZFP)

Welche Entscheidung kann aus den Prüfdaten abgeleitet werden?

Teilziel 3
Methoden der Zustandsvorhersage durch ML
(IWES)

Was muss getan werden, um die Technologie am Markt zu etablieren?

Teilziel 4
Geschäftsmodellinnovationen & Akzeptanz durch Standardisierung (IGP, IZFP, IWES)

SM0



Folie 6

SM0 [@Schwender, Thomas]: Ich würde Teilziel 3 auf " Zustandsvorhersage durch ML" reduzieren, die Methoden dafür gibt es bereits in anderen Anwendungen.

Stammler, Matthias; 2023-01-09T10:09:52.904

ST0 0 Werde ich anpassen.

Schwender, Thomas; 2023-01-10T16:07:24.725

GAV-Forschungskolloquium 2023

Re-Machine Teilziel 1

Validierter Kriterienkatalog



Ziel

Entwicklung und Validierung eines Kriterienkatalogs zur sicheren Wiederverwendung von Schrauben



Herausforderung

- Wiederverwendung von Schrauben → geringer Kenntnisstand
 - Definition der Integritätskriterien
- Auswahl geeigneter zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Detektion der relevanten Vorschädigungen
 - Konzentration auf kritische Bereiche, Definition von Grenzwerten



Outcome

Umfassender Kenntnisstand zur Wiederverwendbarkeit von Schrauben



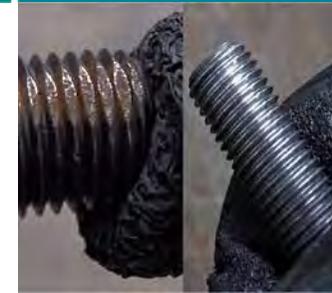
Bestimmung des Größeneinflusses auf Schwingfestigkeit



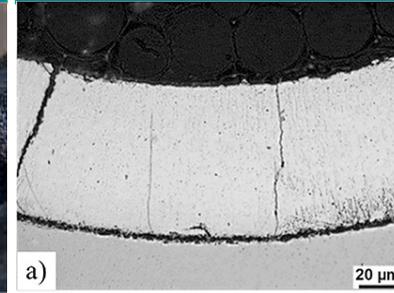
Tragfähigkeitsreserven bereits verbauter Schrauben → Lebensdauer-Verlängerung?



Maßnahmen zu Refurbishment von Schrauben

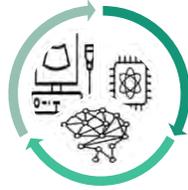


Erweiterte Verfahren zur Prüfung von (feuerverzinkten) Bauteilen



Re-Machine Teilziel 2

Multimodales Sensor & Datensystem



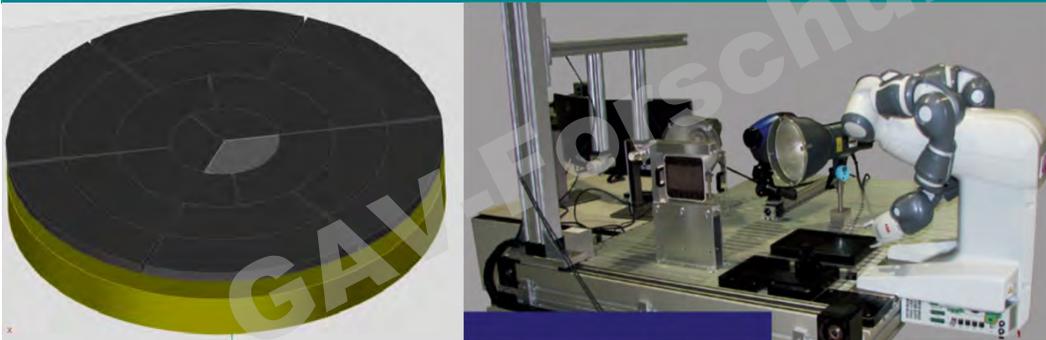
Entwicklung von Kerntechnologien für die zerstörungsfreie Prüfung sowie der Datenfusion, der Datensegmentierung und des Datenmanagements



- Sensorentwicklung und Signalverarbeitung im Kontext des Produktspektrums
- Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen (White Box)



Multimodale Sensortechnologie zur ganzheitlichen Zustandsdatenerfassung



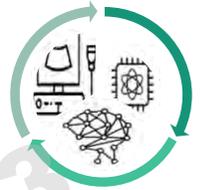
DL-Architekturen zur Analyse relevanter Daten und Sensordatenfusion (erklärbares Datenanalyssystem)



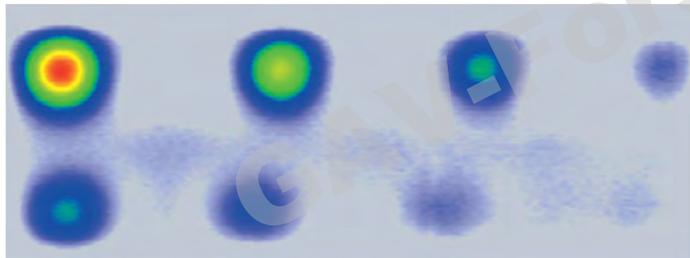
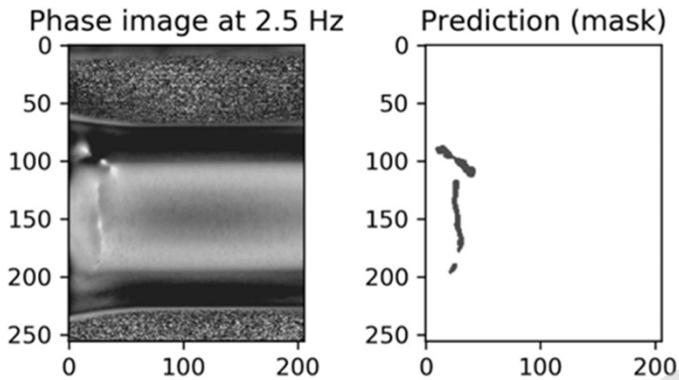
Daniel Gross, Ziang Wei and Ahmad Osman. "Automated defect detection in infrared thermal images using machine learning methods". Far East NDT New Technology & Application Forum, June 24-27, 2019 Qingdao, China. To appear in the IEEE conference journal.

Re-Machine Teilziel 2

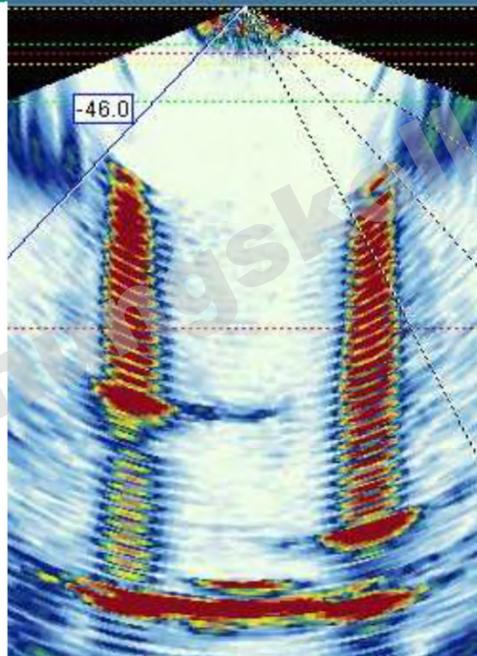
Multimodales Sensor & Datensystem zur ganzheitlichen Zustandsdatenerfassung



Oberflächenfehler

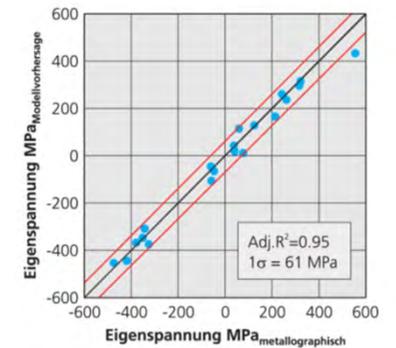


Volumen + Oberflächenfehler



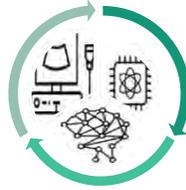
Phased Arrays for Detecting Cracking in Bolts
Michael Moles †, Robert Ginze

Maßhaltigkeit, Materialkennwerte?



Re-Machine Teilziel 2

Multimodales Sensor & Datensystem



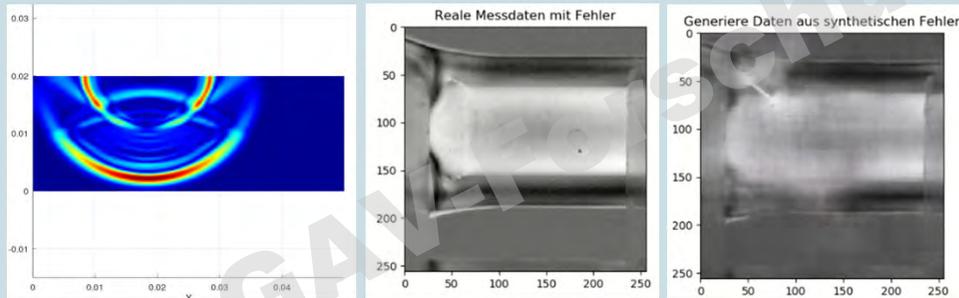
Entwicklung von Kerntechnologien für die zerstörungsfreie Prüfung sowie der Datenfusion, der Datensegmentierung und des Datenmanagements



- Vereinheitlichung der Datenformate (DICONDE) und Datenfusion
- Vollständige Trainingsdatensätze, Generierung biasfreier Trainingsdaten
- Vielzahl und Varianz an Objekten für DT (kein allg. Konzept für DT für WEA)



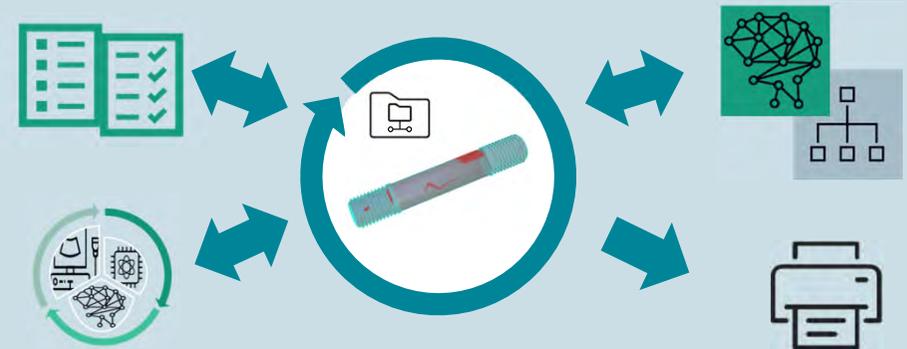
Generierung synthetischer Trainingsdaten



DEC=Discrete Exterior Calculus

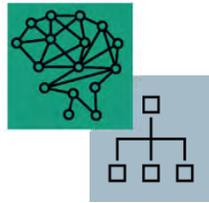
Conditional GANs

Digitaler Zwilling zum Datenaustausch und Dokumentation



Re-Machine Teilziel 3

Zustandsvorhersage



Anhand 2D- und 3D-Bilddaten und zugehöriger numerischer Daten eines digitalen Zwillings wird eine Aussage zur Wiederverwendbarkeit getroffen



- Herausforderung: Der Anteil von falsch als wiederverwendbar bewerteten Schrauben muss deutlich unterhalb 1% liegen
- Die Zustandsbewertung muss zeitnah (online) verfügbar sein.



Ensemble Learning: Kombination von Analyse gemessener dreidimensionaler Bilddaten und physikalischen Modellen

LT2



Folie 11

- SM0** [@Lichtenstein, Timo] Erscheint dir das hier sinnvoll?
Stammler, Matthias; 2023-01-09T10:16:59.215
- LT0 0** "Ensemble Learning"
Lichtenstein, Timo; 2023-01-09T10:45:00.971
- LT0 1** Hab den letzten Satz leicht umformuliert.
Lichtenstein, Timo; 2023-01-09T14:09:16.169
- SM0 2** So finde ich ihn recht schön.
Stammler, Matthias; 2023-01-09T14:37:52.788
- LT1** [@Stammler, Matthias] Vielleicht noch diesen Teilsatz hinzufügen?
Lichtenstein, Timo; 2023-01-09T14:11:14.470
- SM1 0** [@Lichtenstein, Timo] ja, gefällt mir
Stammler, Matthias; 2023-01-09T14:36:28.114
- LT2** Hier fehlte der zweite Teil des Ensemble Learnings
Lichtenstein, Timo; 2023-01-16T15:23:26.816
- LT2 0** Generell sollten rechter und linker Text vom Ensemble Learning noch entsprechend passend zur Tonspur (die mir nicht bekannt ist) angepasst werden.
Lichtenstein, Timo; 2023-01-16T15:35:48.496

GAV-Forschungskolloquium 2023

Re-Machine Teilziel 4

Geschäftsmodelle & Standardisierung



Ziel

Zahlenmäßiger Nachweis ökonomischer und ökologischer Vorteile des Re-Machine Konzeptes, Ausarbeitung von Geschäftsmodellen, Vorbereitung der Standardisierung



Herausforderung

Die ökonomischen Betrachtungen sind angesichts volatiler Rohstoffpreise mit einer gewissen Unsicherheit behaftet

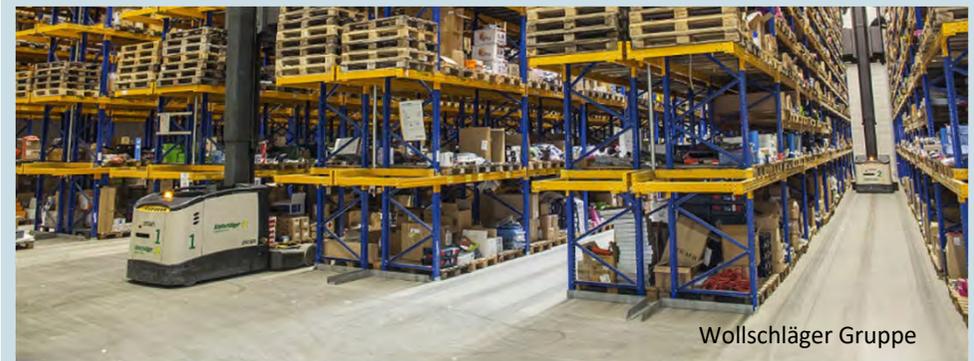


Outcome

Ökobilanzen: Prüfung zahlreicher Schrauben zur Lagerung und Wiederverwendung vs. neue Schrauben



Geschäftsmodell Schraubenhersteller: Mischkalkulation gebraucht / neu inkl. Logistik



Wollschläger Gruppe

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

