Anwendung von Additive Manufacturing bei Brennstoffzellen und Elektrolysatoren

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

Innovation Drives Sustainability

© Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth GmbH

Globale Herausforderungen...

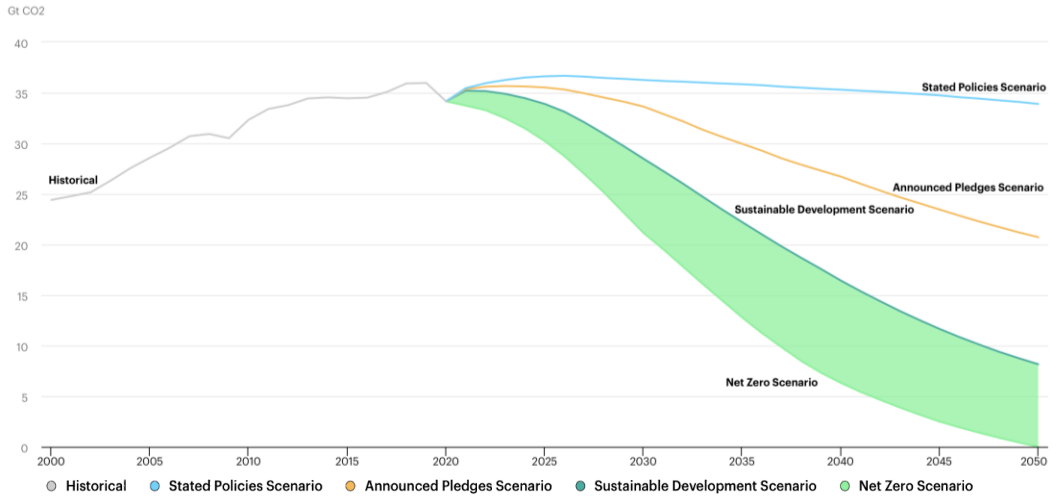
Globale Erwärmung und CO2-Emissionen

- Die globale Erwärmung treibt Naturkatastrophen und das Artensterben voran.
- CO2-Emissionen sind weithin als Hauptverursacher der globalen Erwärmung anerkannt.
- Die Welt stellt auf grüne Energie um, aber es bleiben Herausforderungen.

Herausforderungen bei der grünen Energiewende

- Hohe Investitionskosten führen zu hohen Energiepreisen.
- Es fehlt an einer kostengünstigen Speicherung von grünem Strom.
- Industrien drohen Strafen für CO2-Emissionen, die keine praktikablen Alternativen haben.

Die derzeitigen Pfade zur Reduzierung der CO2-Emissionen entsprechen nicht dem Pariser Abkommen.



IEA. Licence: CC BY 4.0

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

Whitecells Beitrag zur grünen Energiewende

Erneuerbares Methanol als Energieträger:

- Dezentrale Produktion mit überschüssigem Ökostrom
- Verlustfreie Lagerung und einfache Verteilung unter Nutzung der vorhandenen Liquid-Infrastruktur

Dezentrale, CO2-neutrale Stromerzeugung mittels HT-PEM-Brennstoffzellentechnologie

Nachhaltige Kraftwerke für verschiedene Anwendungen:

- Off-Grid-Generatoren ersetzen Dieselgeneratoren
- Notstromversorgung für kritische Infrastrukturen
- Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (BHKW) steigern die Effizienz
- Netzunabhängige Ladestationen für Elektrofahrzeuge
- Land- und Hilfsstromlösungen für die Schifffahrt
- Range Extender für Nutzfahrzeuge

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

Portable and Stationary Power Products

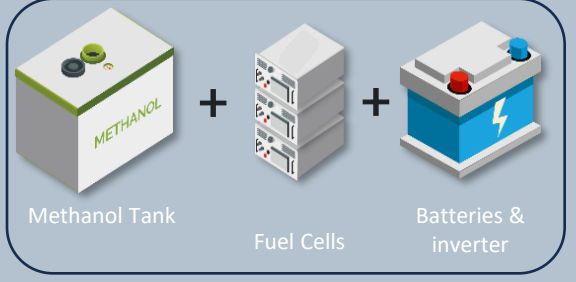
Nutzen:
- **10-20x** höhere Energiedichte als Batterien
- Erneuerbares Methanol nutzt die vorhandene flüssige
- Infrastruktur und vereinfacht so die Logistik
- Niedrige Kosten, Umweltverschmutzung, Lärm und Fußabdruck
- Flexible Konfiguration mit Brennstoffzellen, Batterien und Tanks, die alle Kundenanforderungen erfüllen.

Brennstoffzellen-Technologie:
- Lädt Batterien für unbegrenzten grünen Strom
- Fügen Sie einfach Methanol-Kraftstoff hinzu!

Die Brennstoffzelle

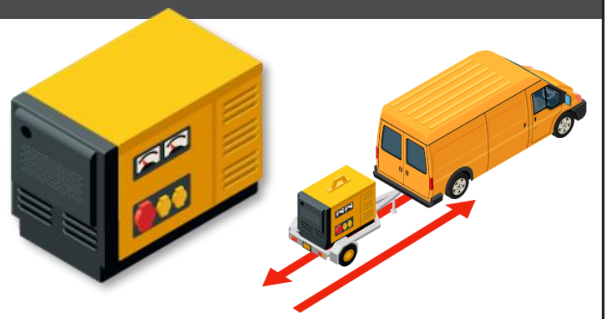
Brennstoffzellen laden die Batterien auf und sorgen so für eine unbegrenzte grüne Stromerzeugung.
Füge einfach Methanol Fuel hinzu!

Was steckt im Inneren des Generators?



XGS Stromerzeuger 0,8 kg/kWh

Lösung nur Batterie 6-8 Kg/kWh



Erfordert Aufladung: Netzunabhängige Batterien müssen zum Aufladen zurück ins Netz transportiert werden, wenn sie leer sind.

WCS products:

XPS für OEM- und WCS-Anwendungen

XST für stationär

XGS für tragbare Geräte

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

Vier Unternehmen, eine Gruppe, eine Vision!

- Vertikal integriert: Von der Komponentenfertigung bis zum kompletten System
- Marktorientierter Ansatz mit starken Partnerschaften

Brennstoffzellen/-systeme & Aggregate

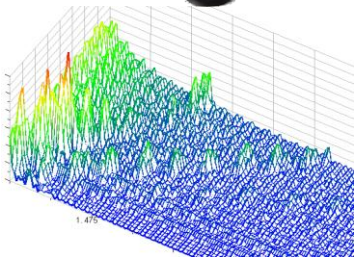
Weltweit führend im Bereich HT-PEM-Brennstoffzellen mit über 1.000 Systemen in Betrieb.

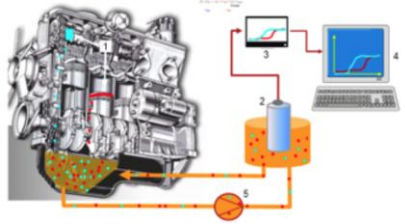
Patentierte 3D-Siebdrucktechnologie für kostengünstige Massenproduktion

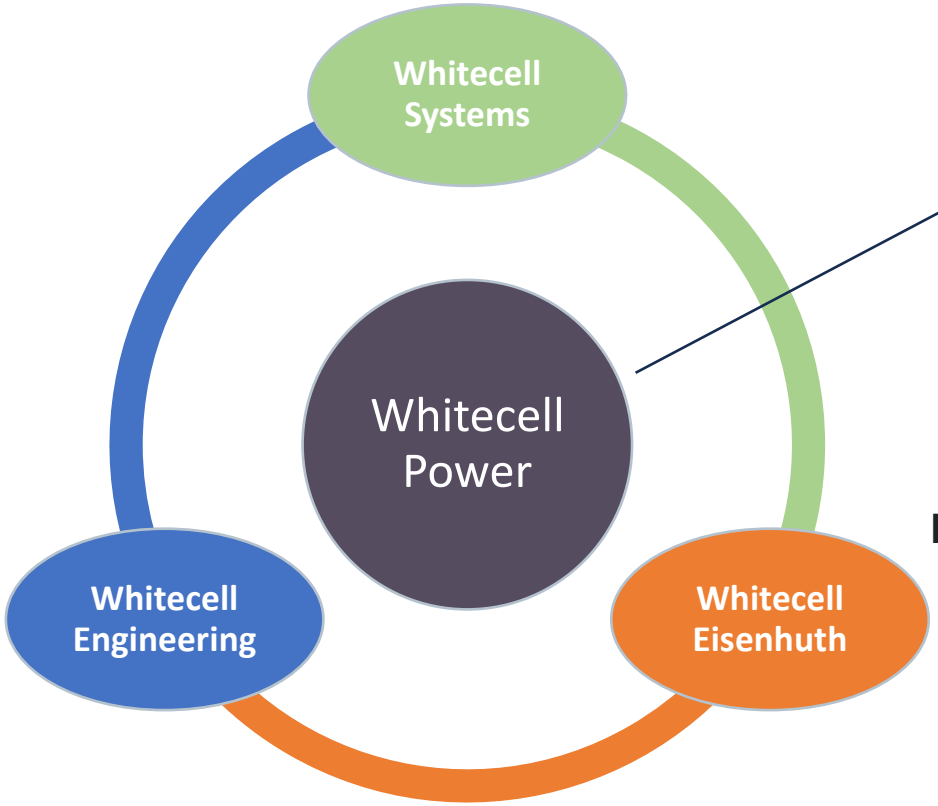
3D-Siebdruck

Umfangreiche Testmöglichkeiten, 800 m² Testfläche und 45 Testkammern für eine schnelle Entwicklung.

Test & Entwicklung







Innovationsführer bei graphitischen Bipolarplatten & Brennstoffzellen-Stacks

Herstellung von Komponenten

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

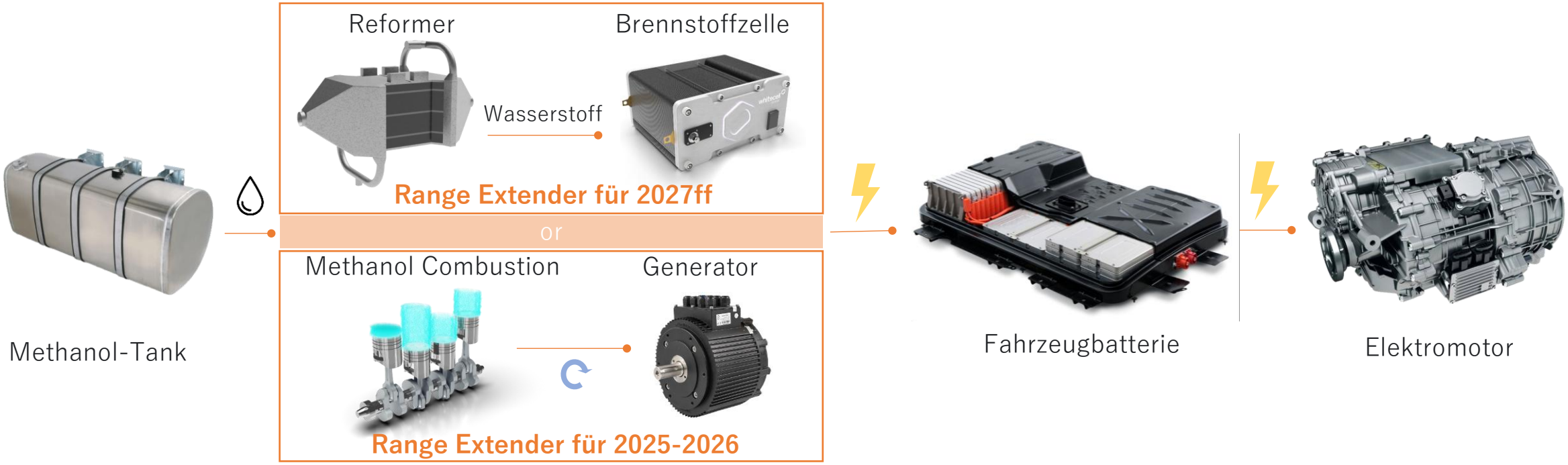
Marine-Anwendungen – Sanlorenzo Almax Superyacht

Erste Marineanwendung: Whitecell Methanol-Brennstoffzellenanlage mit 100 kW max. Leistung seit 2024 erfolgreich in Betrieb, in Zusammenarbeit mit Siemens Energy. Weitere Marine-Projekte in Vorbereitung.

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

Range Extender für elektrifizierte Nutzfahrzeuge: Mobilität ohne Grenzen!

- Erhöhen Sie die Reichweite von elektrischen Nutzfahrzeugen mit kleinen Batterien
- Ermöglicht Reichweiten von >1.000 km bei hohen Nutzlasten
- Betankung mit grünem Methanol über bestehendes Tankstellennetz
- Umwandlung von Methanol in elektrische Energie über einen On-board-Reformer/Brennstoffzelle oder einen Methanol-Verbrennungsmotor.
- Keine Änderung des Fahrerverhaltens oder des Logistikmodells erforderlich
- CO2-neutrale Mobilität dank grünem Methanol



Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

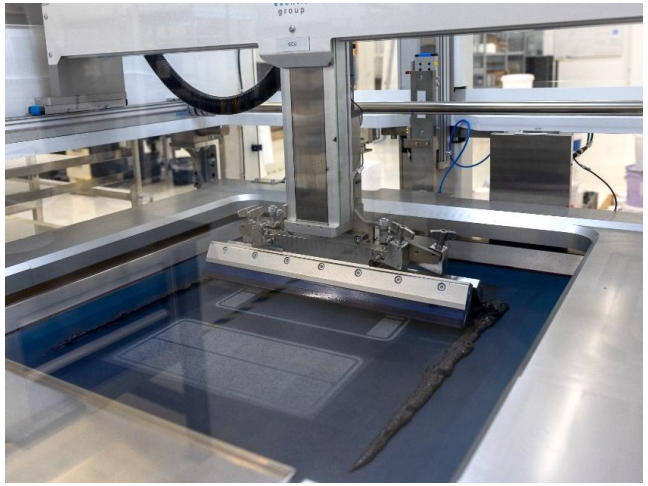
Technischer Durchbruch dank disruptivem 3D-Druck

Hochpräzise additive 3D-Fertigung:

- Weltweit einzigartige und umfassend patentierte 3D-Druck-Technologieplattform
- Exklusive globale Lizenz für Whitecell in Wasserstoff-/Brennstoffzellen-/Range-Extender-Anwendungen
- Genauigkeit: 0,015 mm
- Freie Wahl der Materialien und Materialkombinationen
- Hocheffiziente, vollautomatische Produktionslinien, die mehrere Millionen Platten pro Jahr produzieren können

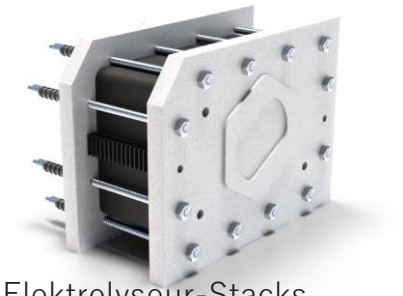
Whitecells Schweizer 3D-Drucklabor

3D-gedruckte Bipolarplatten aus Graphit

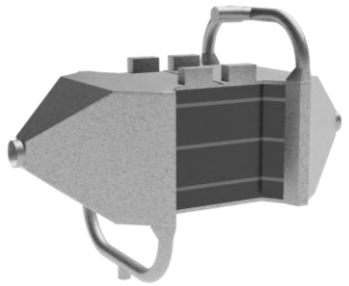


Proprietäre Technologie für:

Brennstoffzellen-Stacks



Elektrolyseur-Stacks



Methanol-Reformer

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

whitecell eisenhuth

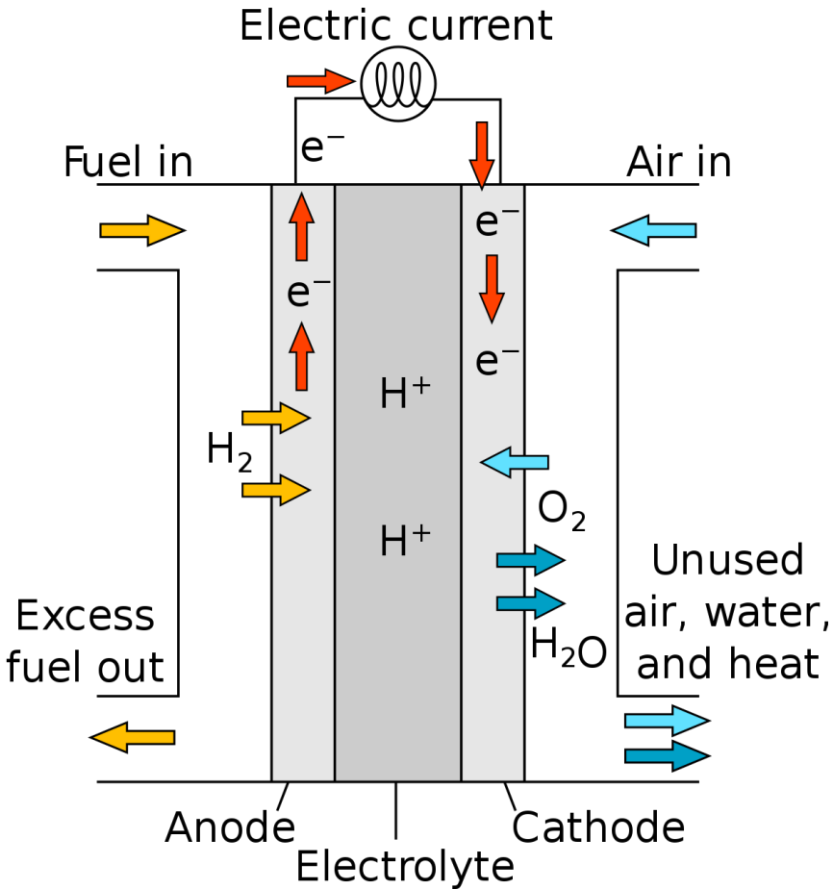
Technology of Fuel Cells

© Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

Funktionsweise PEM-Brennstoffzelle

Anodenseite:

- Zufuhr H_2 auf Anodenseite
  - H_2 oxidiert bei Elektrolytkontakt
  - Protonen werden von Kathode durch die Membran angezogen



Kathodenseite:

- Reduktion Sauerstoff durch Elektronen aus elektrischem Verbraucher
  - Mangel an Elektronen an Kathode.
  - Ausgleich durch Elektronen von Anodenseite; Wanderung durch elektrischen Verbraucher
    → **Nutzung elektrischer Energie**
- Wasser entsteht aus Reaktion zwischen Protonen und reduziertem Sauerstoff

Wasserstoff + Sauerstoff → Wasser + Energie

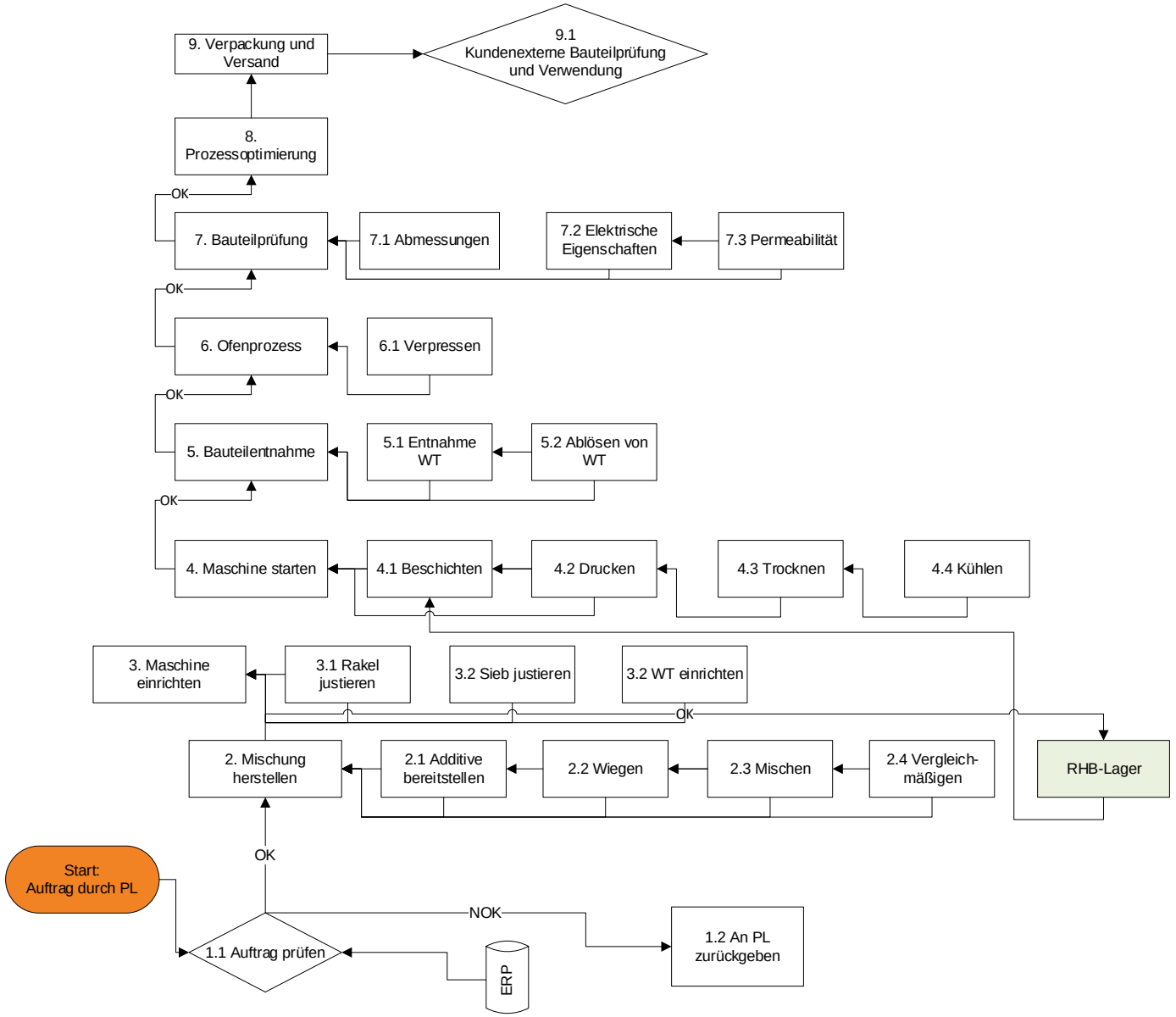
Alle Rechte vorbehalten - Whitecell Eisenhuth

Additive Manufacturing

© Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth GmbH

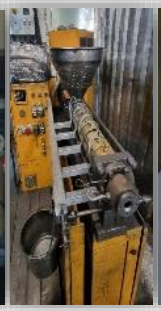
Prozess

- #8: Druckprozessoptimierung
- #7: Testen der Eigenschaften
- #6: Bauteilweiterverarbeitung
- #5: Bauteilentnahme
- #4: Siebdruckprozess
- #3: Maschinenvorbereitung
- #2: Pastenherstellung
- #1: Organisation



Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#0: Warum?



Vergleich AM / LS

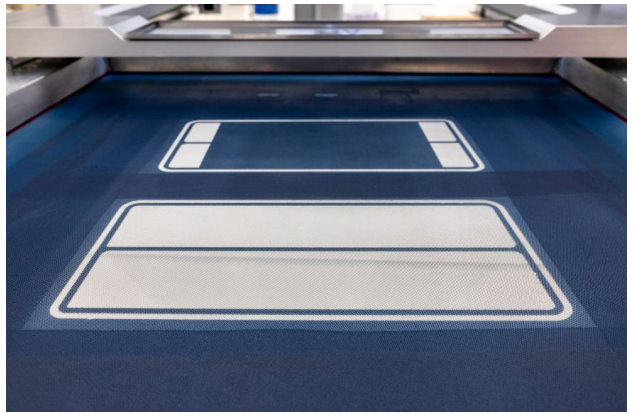
- Mischen
- Händischer Prozess
- Parameter
- Gebrauchtpulver

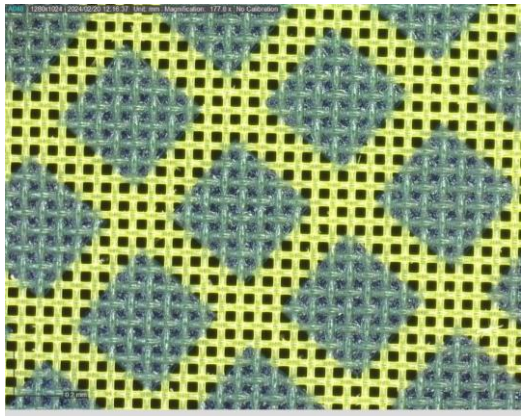
Herausforderungen

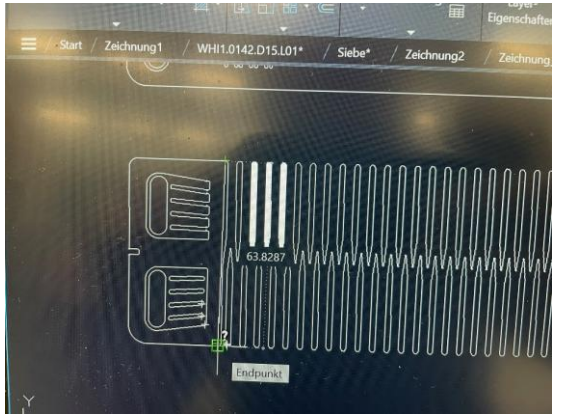
- Lange und schwieriger Prozess
- Zu viele Schritte mit zu vielen Einfluss-Parametern
- Zuverlässigkeit und Wiederholgenauigkeit

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#1: Siebdrucken







Herausforderungen

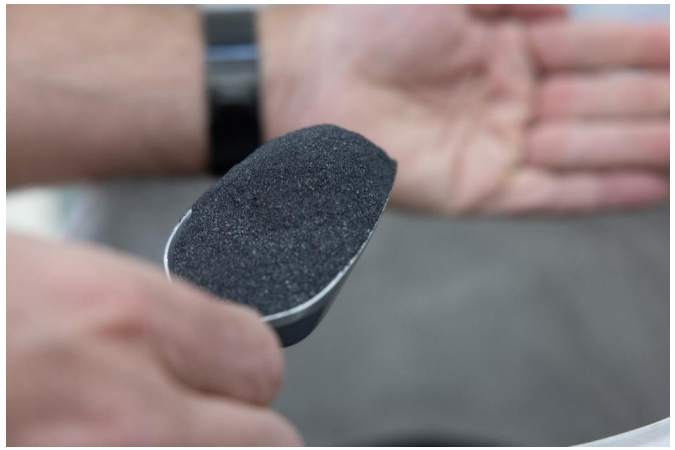
- Eignet sich das Bauteil?
- Haben wir einen USP?
- Passt die Konstruktion zu Material und die Maschine
- Haben wir das richtige Sieb?

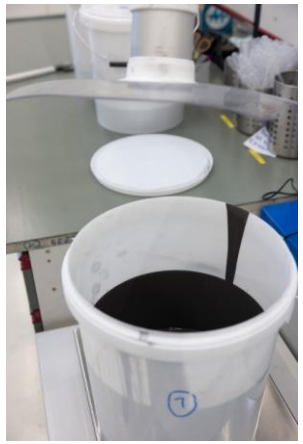
Vergleich AM / LS

- Konstruktion
- Nutzen
- Parameter
- Einstellungen

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#2: Herstellung der Paste





Herausforderungen

- Handling
- Stimmt die Mischung / Material
- Viskosität
- Reproduzierbarkeit

Schritte

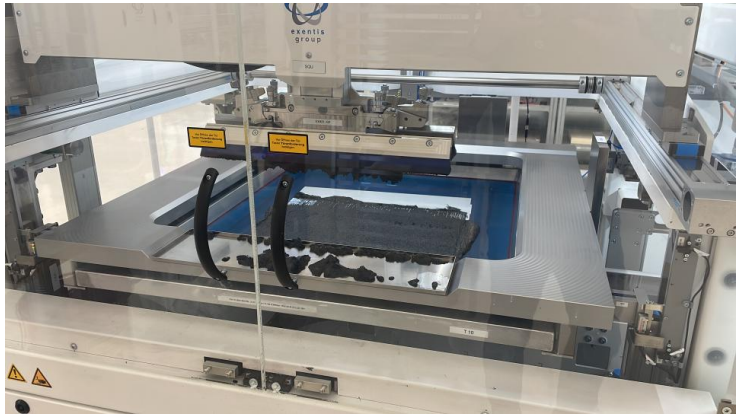
- Material bereitstellen
- Gewicht messen
- Mischen
- Vergleichmäßigen

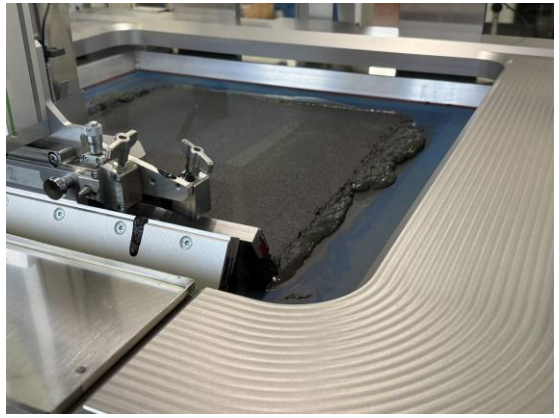
Vergleich AM / LS

- Aufbereitung Material
- Vergleichmäßigen
- Abhängigkeit von Maschineneinrichter
- Etc …

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#3: Vorbereiten der Maschine





Herausforderungen

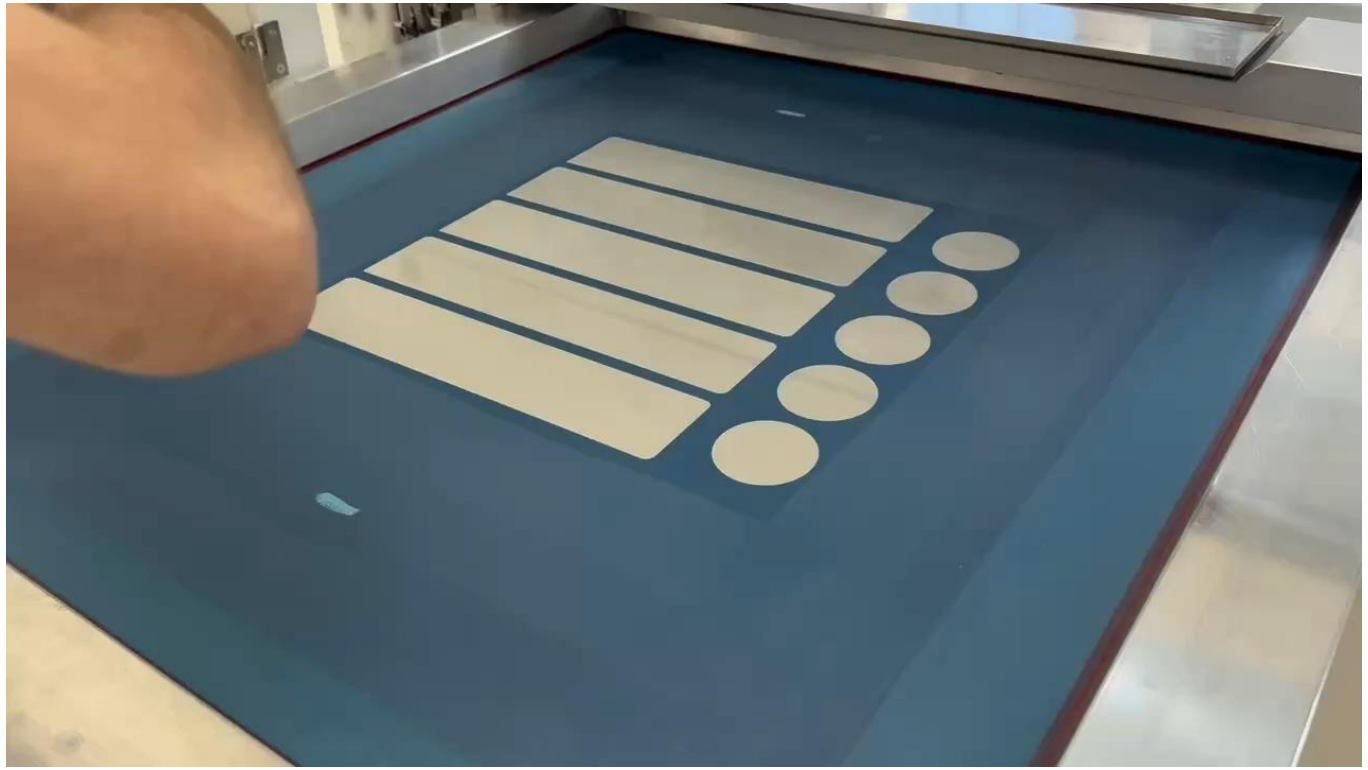
- Einrichtung der „bewegten Teile“
- Einbringung von Material
- Abstimmung der Sensoren
- Kontinuierliche Überwachung der Maschine

Vergleich AM / LS

- Einrichtung Plattform und Rakel
- Bereitstellung von Material
- Parameter

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#4: Siebdrucken



Herausforderungen

- Kontinuierliches Füllen mit Material
- Überprüfung der Parameter

Vergleich AM / LS

- Material
- Parameter
- Absorptionsgrad

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#4: Siebdrucken

Herausforderungen

- Kontinuierliches Anpassen oder Kontrolle
- Finden der richtigen Einstellungen

Vergleich AM / LS

- Prozesskontrolle
- Absorptionsgarde / Prozesseinstellungen

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#5: Teileentnahme & #6: Ofenprozess

Herausforderungen

- Fehlerfreie Entnahme
- Vorbereitung für nächste Schritte
- Finden der richtigen Parameter

Vergleich AM / LS

- Entnahme Bauteile / Entpulvern
- Handling von fragilen Bauteilen
- Zuordnung verschiedener Aufträge
- Setzen der richtigen Parameter

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#7: Test of properties

Herausforderungen

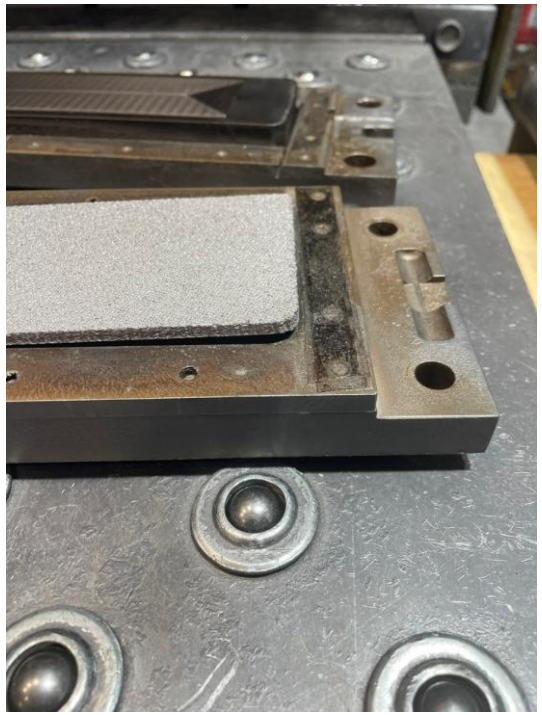
- Fehlerfreie Vorbereitung
- Richtige Validierungsmethoden finden und anwenden
- Die richtigen Parameter finden zur Validierung

Vergleich AM / LS

- Validierung der Ergebnisse
- Folgeprozess vorbereiten

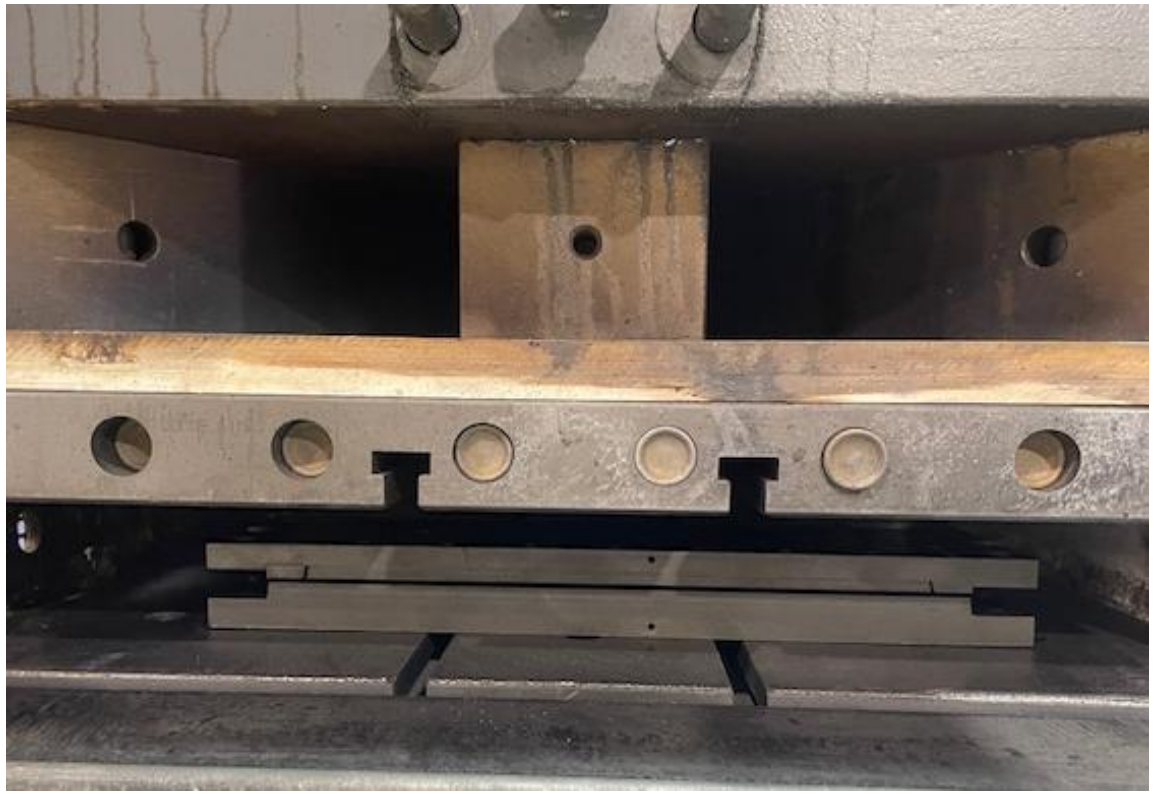
Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#7: Test of properties



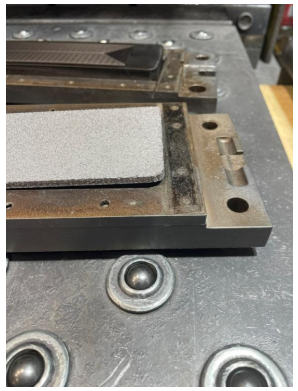
Challenges

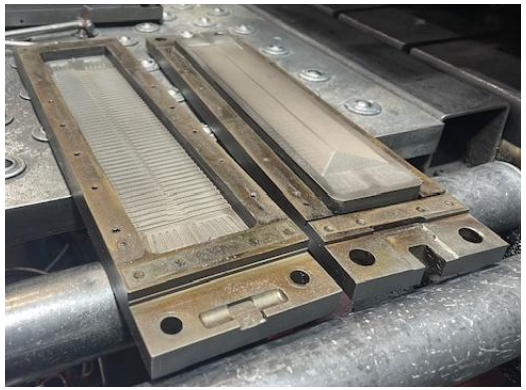
- Size
- Sticking

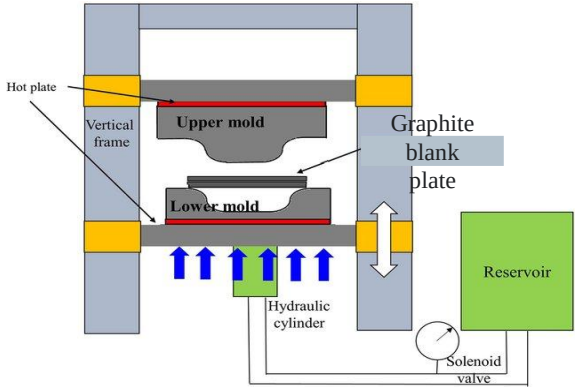


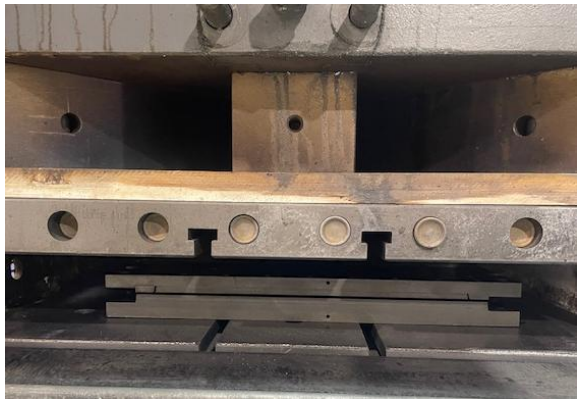
Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#8: Prozess Optimierung









Herausforderungen

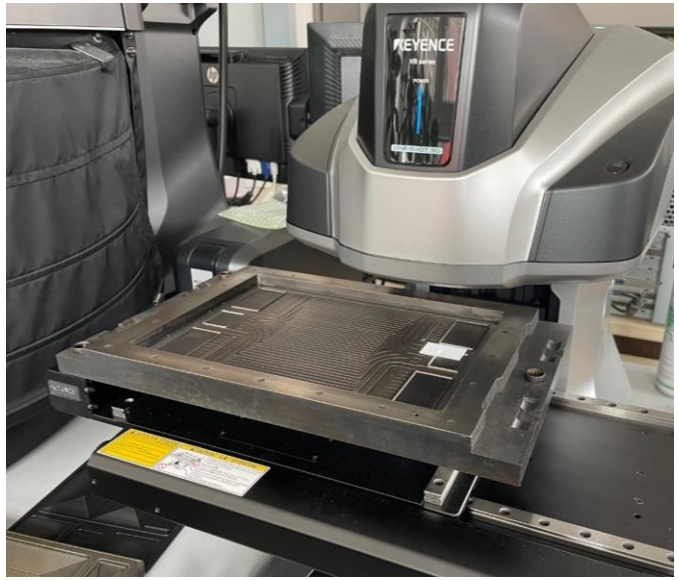
- Kräfte
- Zeiten
- Temperatur
- Abgleich mit Anforderungen

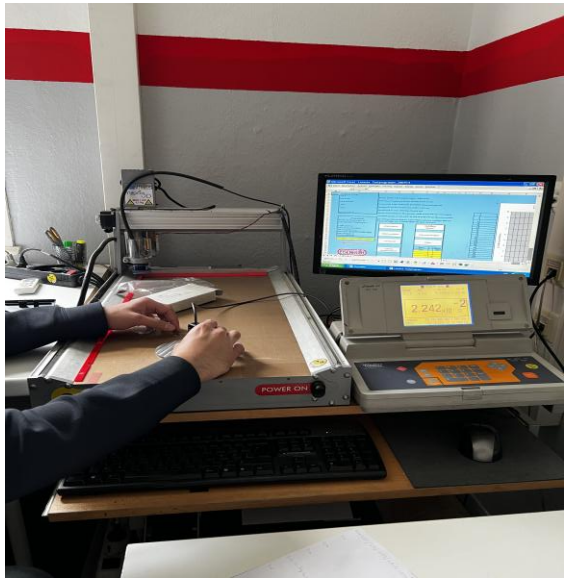
Vergleich AM / LS

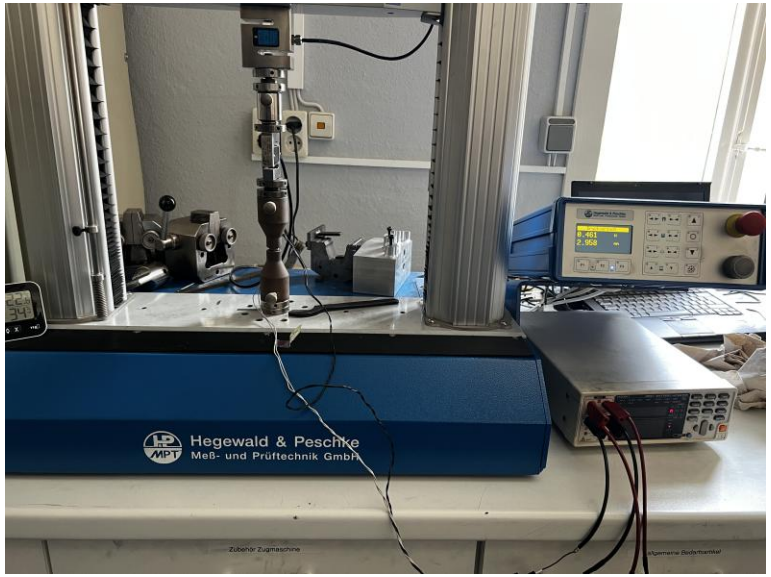
- Validierung der Ergebnisse
- Folgeprozess vorbereiten

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#9: Qualitätskontrolle und Abgleich







Herausforderungen

- Die richtige Ermittlung von Parametern
- Abgleich mit Anforderungen

Vergleich AM / LS

- Messbarkeit
- Anforderungen klar und erfüllt?

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#9: Prozessoptimierung

Herausforderung

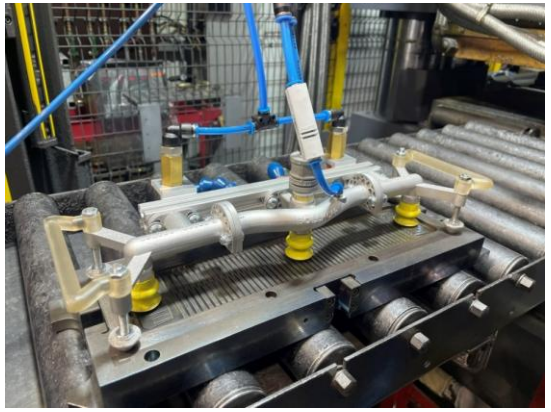
- Handling

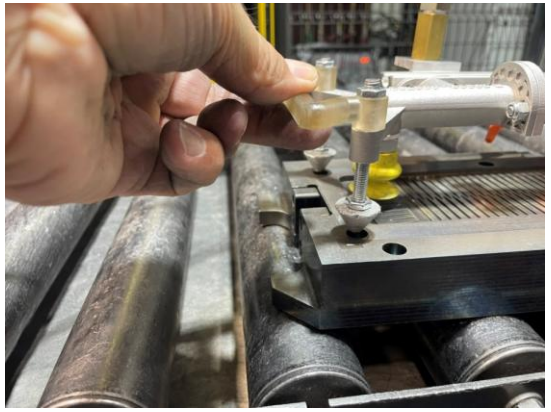
Vergleich AM / LS

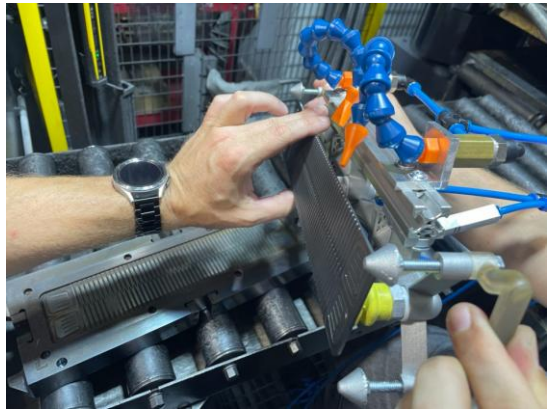
- Handling

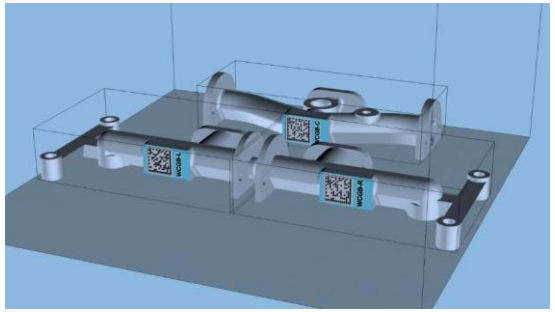
Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

#9: Prozessoptimierung









Herausforderung

- Handling
- Nachvollziehbarkeit / Zuordnung

Vergleich AM / LS

- Handling
- Tracking

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth

Summary

© Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth GmbH

Zusammenfassung

- Erfahrung und Ausbildung ist absolut notwendig
- Am Ende benötigen wir ein Alleinstellungsmerkmal
- Kosten müssen zum Nutzen passen
- Transfer von AM (Lasersintern, Stereolithographie, FFM) ist zu empfehlen
  - Markt
  - Umsatz
  - Langzeitperspektive (vs. „low hanging fruits“)
  - Umwelteinflüsse und Beeinflussung
- Inseln des Wissens zu Festland machen -> Wissenstransfer
- Wie weit können und wollen wir denken?

Alle Rechte vorbehalten – Whitecell Eisenhuth