



**BMBF-Fördermaßnahme
„Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft –
Innovative Produktkreisläufe (ReziProK)“**



Regeneration von Produkt- und Produktionssystemen
durch Additive Repair & Refurbishment

Jonas Brinker

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH
Smart Enterprise Engineering

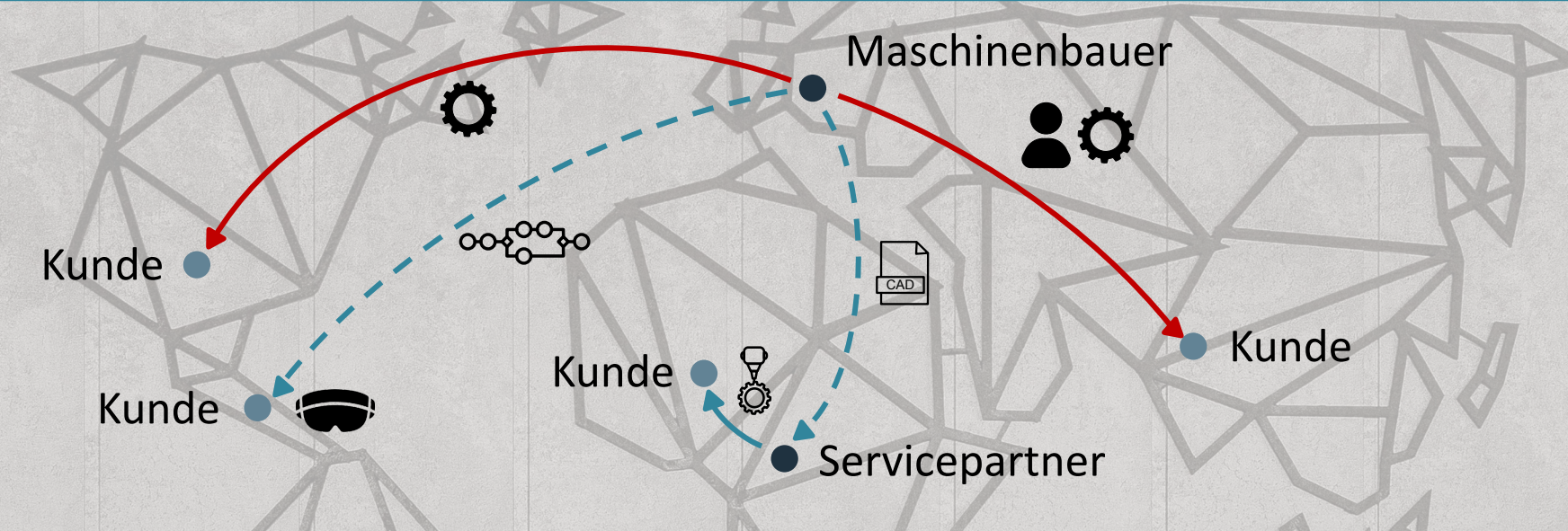
ReziProK Transferkonferenz
am 23. und 24. Juni 2022
im Tagungswerk, Berlin



WINDMÖLLER & HÖLSCHER

DMG MORI

Ausgangslage im Maschinenbau



- Einsatz moderner Technologien transformiert das klassische Aftermarket-Geschäft
- Ablöse physischer Wegstrecken durch virtuelle Datenübertragung
- Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und datengetriebener Services für mehr Nachhaltigkeit im mittelständischen Maschinenbau

Zielsetzung



Einsatzmöglichkeiten durch additive Reparatur von Ersatzteilen



Regenerationsstrategien und Prozessketten für MAR/R



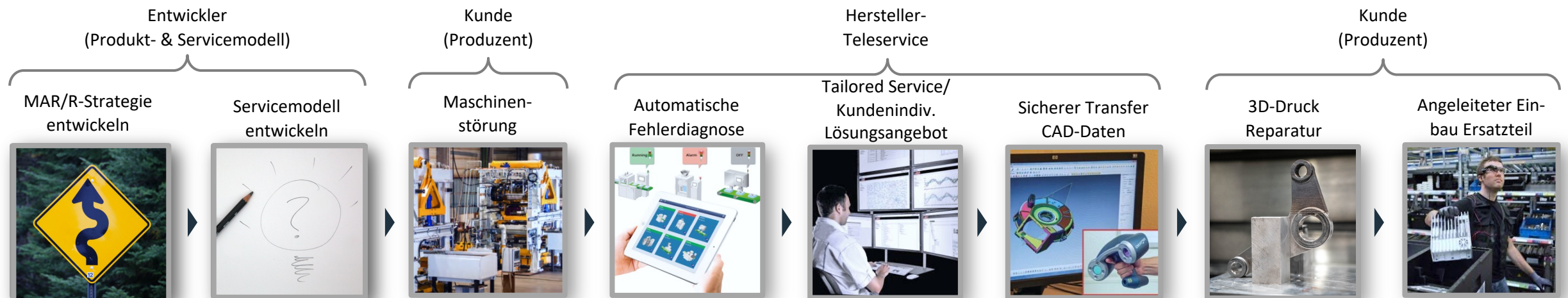
Entwicklung von **Entscheidungs- und Prozessunterstützung**



Servicekonzepte für die Integration von Additive-Repair-Services



Bewertung hinsichtlich ökonomischer und ökologischer Potenziale

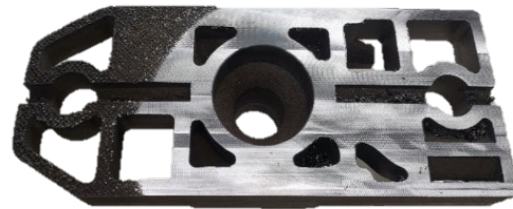




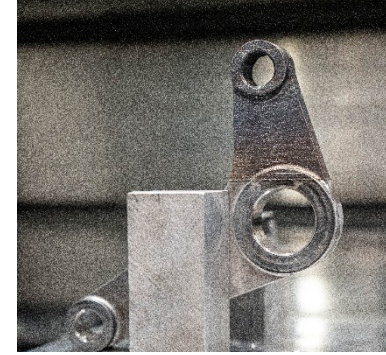
Demonstrator-Bauteile Additive Repair

- Bauteilklassifikation zur Identifikation geeigneter Bauteile
- Auswahl geeigneter Komponenten, um Machbarkeit und Vorteile der Reparatur zu untersuchen
- Belastungstests, um Haltbarkeit zu evaluieren

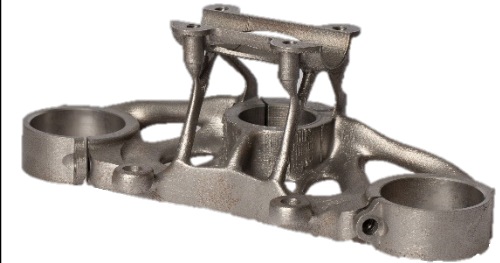
Tiefziehwerkzeug



Winkelhebel



Gabelbrücke



Achsschenkel

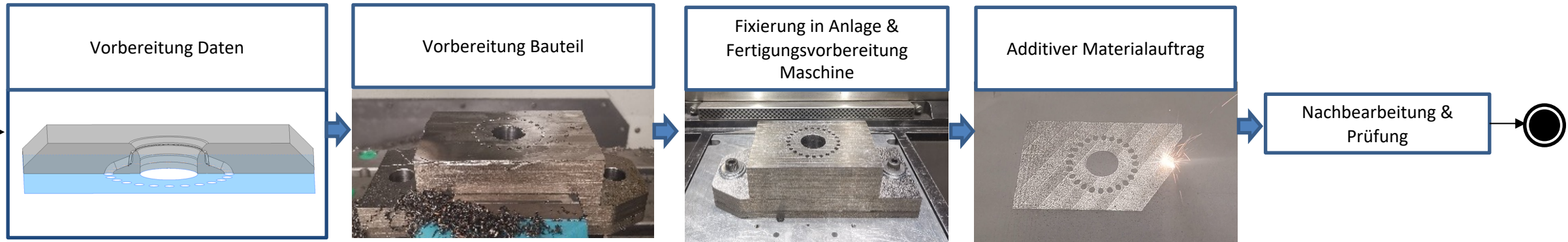


Radträger





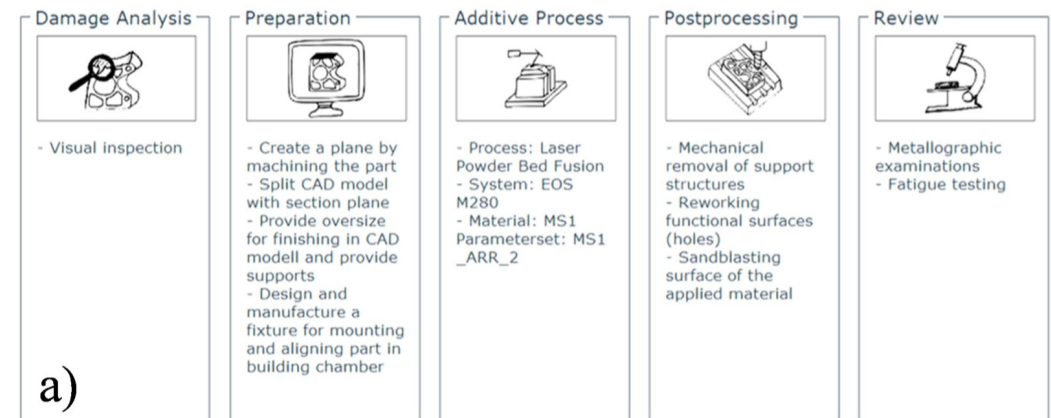
Prozesskette Technischer Additive Repair Prozess



- Prozesskette der Additiven Reparatur am Beispiel des Tiefziehwerkzeuges
- Entwicklung eines (Case-based)-Recommenders für Prozessketten

Recommended Repair Process

based on catalogue entry No. 28
Similarity: Type of Damage

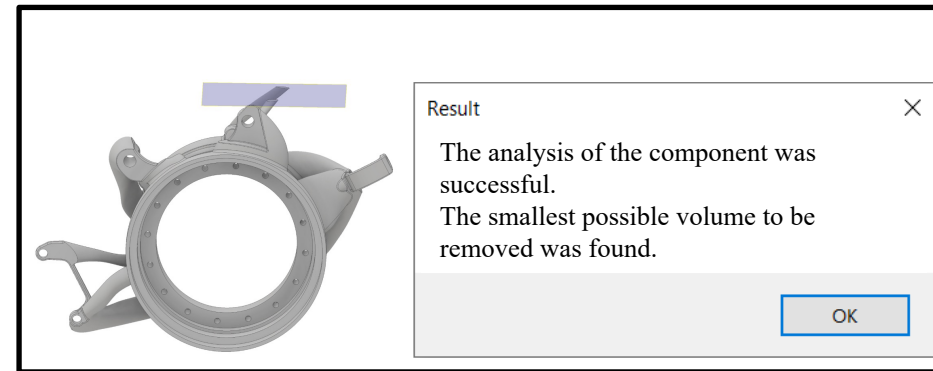
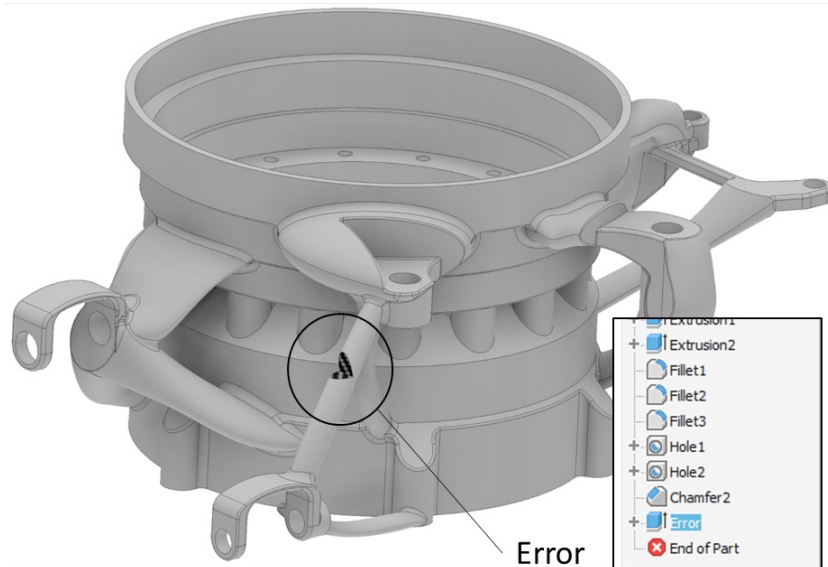




Automatisierung Assistenzsystem Schnittebenengenerator

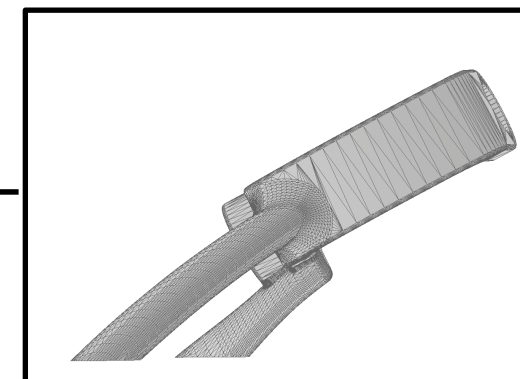
- Auswahl geeigneter Schnittebene für Reparatur
- Kalkulation möglicher Varianten (Material-, Zeitaufwand, Kosten) auf Basis von CAD-Modell & Schaden

➤ *Ausgabe:* CAD-Modell für Bauteilvorbereitung & STL-Datei für Materialauftrag



Radträger_Schnittebene.ipt

+



Radträger_Reparaturvolumen.stl



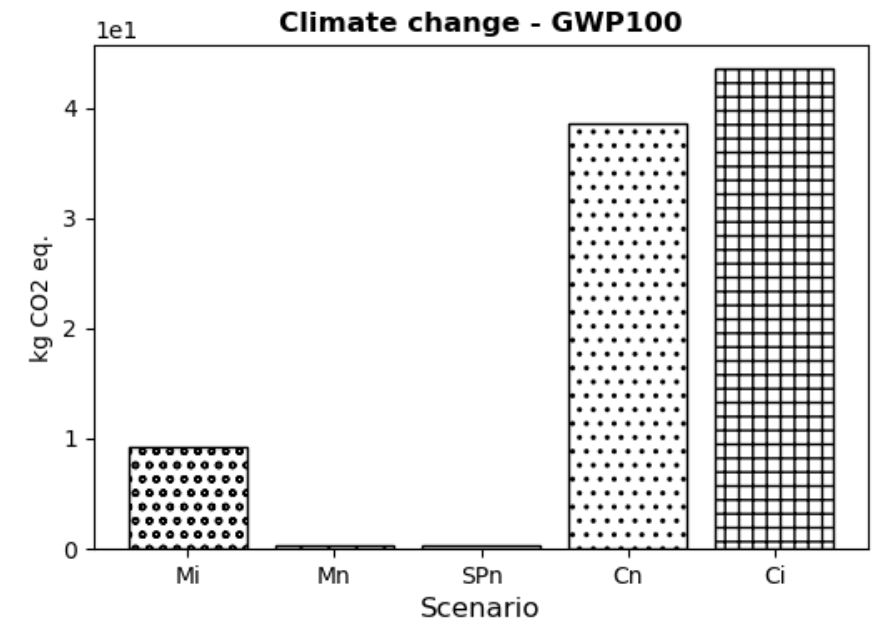
Ökologische Bewertung

Zweigeteilte Bewertung

- Additive Reparatur anhand der Daten aus der Demonstrator-Reparatur
- Vergleich physischer vs. virtueller Lieferstrecke

Additive Reparatur

- Hotspots vor allem bei Pulverproduktion & Energieeintrag während der Reparatur
- Bilanz der eigentlichen Reparatur kann nicht positiv sein im Vergleich zur Massenfertigung
- Stellschrauben können optimiert werden, aber frühzeitigere Berücksichtigung des gesamten Produktlebenszyklus



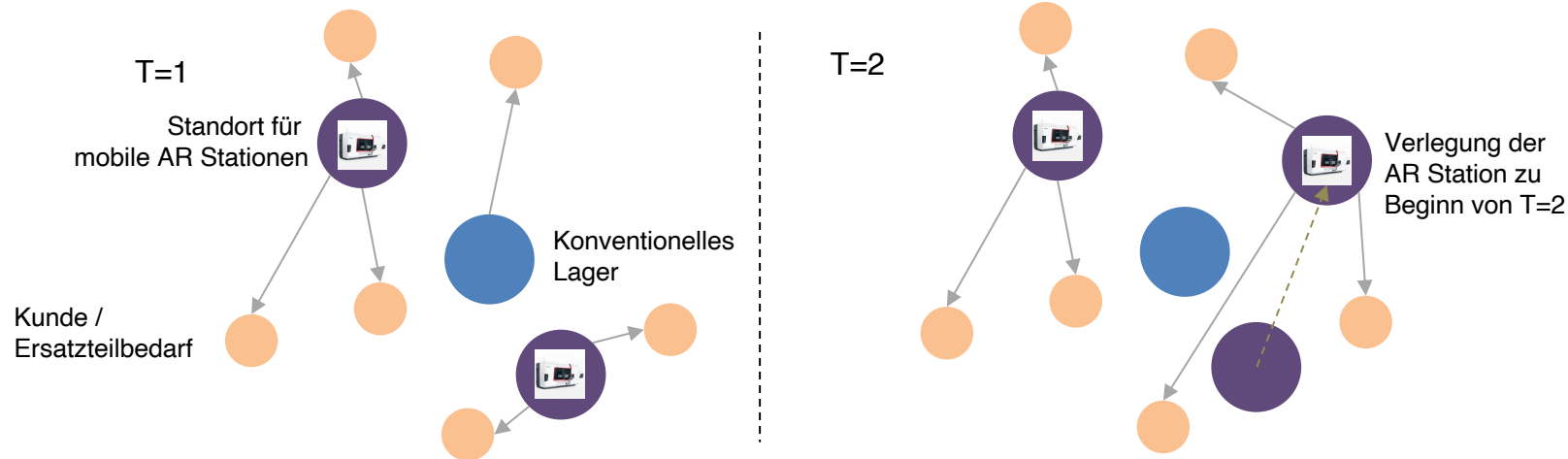


Entscheidungs- und Prozessunterstützung

- Auswahl zwischen Austausch und Reparaturstrategie auf Kostenbasis (Produktion/Reparatur, Logistik, Ausfälle)
- Modellierung als *Dynamic Facility Location Problem*, mit dem die Ersatzteilversorgung aus konv. Lagern und additive Reparaturstationen optimiert wird



Bildquelle: <https://mobile-smart-factory.com/key-features/>

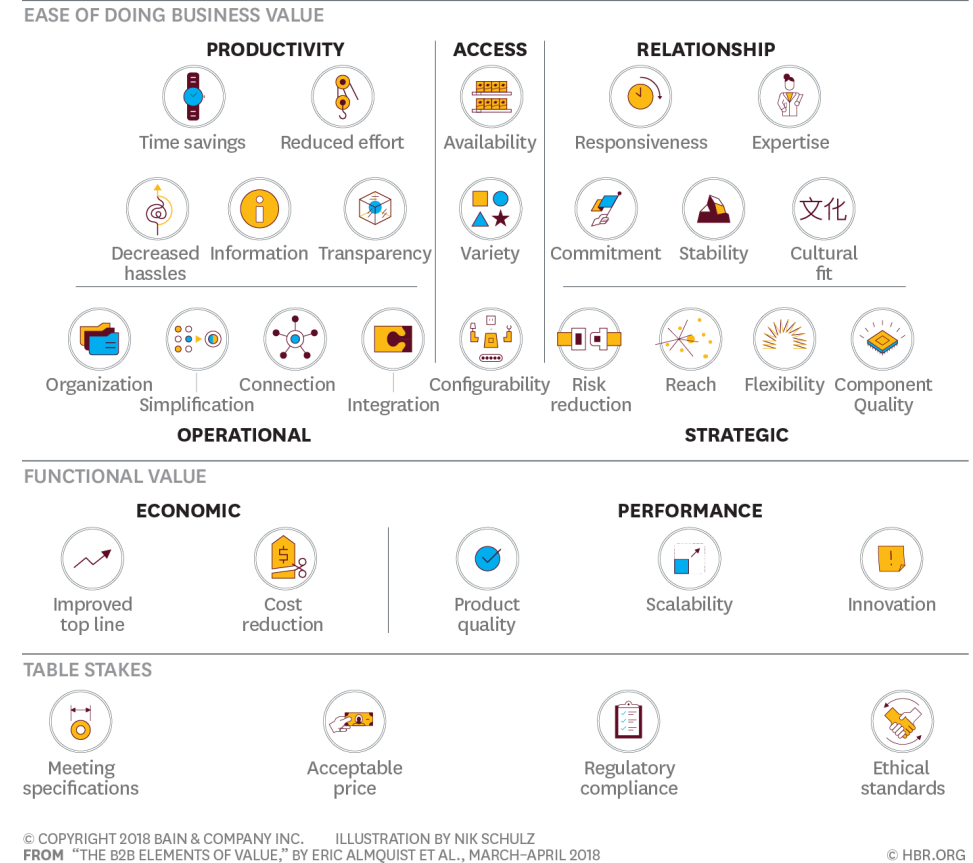




Service Tailoring

- Servicevorfälle sollten individueller Absprache mit dem Kunden behoben, bspw.
 - Wie zeitkritisch ist das Problem?
 - Welches Know-How ist vorhanden?
 - Welche Risiken bestehen bei der Fehlerbehebung?
- Jede Lösungsalternative hat einen mehrdimensionalen, individuellen Wert für den Kunden
- Auswahl möglicher Alternativen auf Ressourcenbasis (Know-How, Teilverfügbarkeit etc.) und individuelle Konfiguration einer Lösung statt „pauschalem Expressversand“

Ausschnitt aus B2B-Elements of Value





Key Statements & Anschlussfähigkeit

Key Statements

- Einsatzmöglichkeiten für Metal Additive Repair & Refurbishment (AR&R) sind stark von **individuellen Rahmenbedingungen** abhängig und in mehreren Dimensionen zu bewerten.
- AR&R sollte in **bestehende Servicekonzepte** eingebunden und schon bei der **Konstruktion** berücksichtigt werden, um Vorteile über ein Bauteil hinaus zu erzielen (bspw. für längere Nutzungsdauer des Produktes).
- **Automatisierung und Bereitstellung von Expertenwissen** sind für den breitenwirksamen Einsatz notwendig.

Geplante und laufende Folgeaktivitäten:

- *Forschungsantrag*: Schließen von Materialkreisläufen durch Funkenerodieren von Reststücken, um Pulver für Additive Reparatur zu erzeugen
- *Folgeprojekt Design for Circularity*: Gestaltung von kreislauffähigen Produkten durch Automatisierung von LCAs im Produktentwicklungsprozess



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Jonas Brinker
DFKI, Smart Enterprise Engineering
Parkstraße 40
49080 Osnabrück

jonas.brinker@dfki.de
+49 541 3860504816