

## Abschlussbericht I4KMU-Projekt

---

Referenz-Kollaborationsplattform als Schrittmacher für KMU-  
geprägte Branchen (I4KMU)

# Referenz-Kollaborationsplattform als Schrittmacher für KMU-geprägte Branchen

## Förderhinweis

Abschlussbericht des Verbund-Forschungsvorhabens »Referenz-Kollaborationsplattform als Schrittmacher für Industrie 4.0 in KMU-geprägten Branchen (I4KMU)«, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm »Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit« und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut, Laufzeit 2018-2022, Förderkennzeichen 02P17D100-107. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/beim Autor.



## Ansprechpartner

Dr. Christoph Birenbaum  
Gruppenleiter Fertigungssysteme  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik  
und Automatisierung IPA

Telefon +49 711 970-1536  
christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de

## Herausgegeben von

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung  
der angewandten Forschung e.V.  
Hansastraße 27c'  
80686 München

## Beteiligte Fraunhofer-Forschungseinrichtung

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik  
und Automatisierung IPA

DOI [10.24406/publica-879](https://doi.org/10.24406/publica-879)

## Förderkennzeichen

02P17D100 bis 02P17D107

**Ausschreibung:** »Innovationen für die Produktion, Dienstleistungen und Arbeit von morgen« - Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen für »Industrie 4.0 - Kollaborationen in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken (InKoWe)

**Projekttitel:** Referenz-Kollaborationsplattform als Schrittmacher für KMU-geprägte Branchen (I4KMU)

Am 10. Mai 2017 wurde im Bundesanzeiger (BAnz AT 10.05.2017 B3) im Rahmen des Forschungsprogramms »Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen« die Bekanntmachung vom 21. April 2017 zu Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen für »Industrie 4.0 - Kollaborationen in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken (InKoWe)« veröffentlicht.



# Inhalt

<b>Das I4KMU-Projekt</b> .....	<b>4</b>
Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen .....	4
Schrittmacher-Projekt für Industrie 4.0 in KMU-geprägten Branchen – »I4KMU« .....	4
<b>Vorstellung Projekt I4KMU &amp; simple Ansätze zur Digitalisierung von Maschinen und Werkzeugen am Beispiel von Sägeapplikationen (Fraunhofer IPA)</b> .....	<b>6</b>
<b>Anbindung von Produktionsmaschinen durch einfache Konfiguration mittels low-cost Hard- und Softwarebaukasten (IMACS GmbH)</b> .....	<b>25</b>
<b>Digitalisierung des Lebenszyklus von Sägewerkzeugen zur Prozess- und Kostenoptimierung (dübro Werkzeug GmbH &amp; KOHNLE GmbH Hartmetall-Werkzeug-Fabrik)</b> .....	<b>34</b>
<b>Intelligente Middleware-Lösungen zur Vernetzung von Maschinen (PROWAY GmbH)</b> .....	<b>44</b>
<b>Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels (KASTO Maschinenbau GmbH &amp; Co. KG)</b> .....	<b>54</b>
<b>Optimierte Anarbeitung im Stahl- und Metallhandel durch den Einsatz von digitalen Assistenzsystemen – Chancen &amp; Herausforderungen (EAH Jena - Ernst-Abbe-Hochschule &amp; HEINE + BEISSWENGER Stiftung + Co. KG)</b> .....	<b>66</b>
<b>Digitale KMU-gerechte Geschäftsmodelle für Stahlhandelsunternehmen (Fraunhofer IPA)</b> .....	<b>86</b>
<b>Datenanalyse, -aufbereitung und -darstellung von Sägeprozessen als Basis für optimierte Trennprozesse (Lucon GmbH)</b> .....	<b>94</b>
<b>Projekt- &amp; Ansprechpartner</b> .....	<b>102</b>
<b>Impressum &amp; Bildrechte</b> .....	<b>105</b>



# Das I4KMU-Projekt



## Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen

Deutschland hat sich durch innovative Lösungen weltweit eine führende Position im Maschinen- und Anlagenbau erarbeitet. Einer der wesentlichen Innovatoren sind dabei kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), zu denen ein Großteil der deutschen Unternehmen gehören, darunter viele „Hidden Champions“, in der Öffentlichkeit oft wenig bekannte Weltmarktführer. Getrieben von der Industrie 4.0, der intelligenten Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien, entwickeln die traditionell im Maschinen- und Anlagenbau starken Unternehmen zunehmend auch Cyber-Physische Produktionssysteme und bieten digitale Services auf Basis der mit ihren Kernprodukten „Maschine“ und „Anlage“ generierten Daten an. Derartige „softwareisierte“ Maschinenkonzepte und datengetriebene digitale Geschäftsmodelle werden zukünftig vermehrt Einzug in die Portfolios der deutschen Maschinen- und Anlagenbauer erhalten. Dies wird helfen, die internationale Spitzenposition Deutschlands in der produzierenden Industrie zu halten und weiter auszubauen.

Die exzellenten Wertschöpfungsnetzwerke zwischen KMU sind ein wesentlicher Wettbewerbsfaktor der deutschen Industrie. Im Bereich der datengetriebenen und digitalen Kollaborationen bedürfen KMU jedoch häufig Unterstützung, da teilweise Know-How zur Implementierung, z.B. im Bereich der Informationssoftwaretechnik, Netzwerktechnik oder der Geschäftsmodellentwicklung für digitale Services fehlt.

## Schrittmacher-Projekt für Industrie 4.0 in KMU-geprägten Branchen – »I4KMU«

Ziel des Projektes war die Entwicklung innovativer Industrie 4.0-Lösungen zur Stärkung der Zusammenarbeit von Unternehmen mit deren Kunden und Lieferanten. Es sollten unternehmensinterne und -übergreifende Prozesse entwickelt werden, um eine neue Stufe der Flexibilisierung der Produktion im Verbund zu erreichen. Strukturelle Zielstellung des Projektes mit insgesamt 12 aktiven und assoziierten Partnern war die Erarbeitung einer Referenz Kollaborationsplattform

für eine KMU geprägte Branche, welche bisher noch keine Digitalisierungslösungen im großen Stil einsetzt. Das erarbeitete Plattform-Konzept und die notwendigen Technologien zur Vernetzung und Datenerfassung sollen anderen ähnlich strukturierten Branchen als Schrittmacher und Blaupause für eigene, branchenspezifische Digitalisierungsaktivitäten dienen. Als Referenzbranche diente die Metallhandelsbranche. Für alle an dieser Wertschöpfungskette beteiligten Produktionsaspekte (Maschinen, Werkzeuge, Lager, Mitarbeitende, Technologie-lieferanten) sollte der Informations- und Datenaustausch digitalisiert werden. Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten lag auf der Erarbeitung einfacher, KMU gerechter Industrie 4.0-Lösungen für Bestandsmaschinen, um diese schnell und intuitiv nachzurüsten oder zu integrieren. Im Rahmen des Projektes entstanden so mehrere neue smarte Produkte für Maschinen, Werkzeuge und Werker aus der Metallhandelsbranche. So wurden für den automatisierten Datenaustausch im Unternehmen zwischen Anlagen und Werkern kostengünstige Hard- und Softwarelösungen zur Maschinenanbindung entwickelt, die auch von unbedarften Nutzern einfachst in Betrieb zu nehmen sind und schnell Daten generieren. Zur Anbindung von Bestandsmaschinen wurden Technologien und Architekturen entwickelt, die eine schnelle Datenerfassung und Vernetzung ohne aufwändige Eingriffe in vorhandene IT-Infrastrukturen bedürfen. Für die in der Branche häufig an- und ungelernen Mitarbeitenden wurde ein Werker-Assistenzsystem erarbeitet, welches intuitiv und nutzersensitiv wesentliche Informationen bedarfsgerecht bereitstellt und aufbereitet. Zur Darstellung der Mehrwerte einer konsequenten Datenerfassung wurden Konzepte für eine Werkzeug- und Prozesszustandsdiagnose entwickelt und diese strukturell und monetär bewertet.

Die in „I4KMU“ generierten Ergebnisse aber auch die aufgetretenen Herausforderungen lieferten wertvolle Impulse zur Steigerung des Informations- und Wissensaustauschs und der Effizienz der Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette. Letztlich ergeben sich durch die konkret umgesetzten Industrie 4.0-Lösungen mehr Transparenz und datenbasierte Optimierungsmöglichkeiten für Werkzeuge, Prozesse und Produktion. Die Mitarbeitenden erfahren durch die digitale Assistenz sichtbare Erleichterungen bei Auftrags-, Logistik- und Produktionsaufgaben.





# Vorstellung Projekt I4KMU & simple Ansätze zur Digitalisierung von Maschinen und Werkzeugen am Beispiel von Sägeapplikationen

Dr. Christoph Birenbaum, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

## Agenda

Was erwartet Sie in den nächsten etwa 25 Minuten?

- **Vorstellung des Projektes**
- **Was wurde erreicht? Welche Ergebnisse wurden erzielt?**
  - Low-cost-Ansatz zur Werkzeug- und Prozessüberwachung beim Kreissägen
  - Low-level-Maschinenanbindung über die Maschinen-Versorgungsleitung
  - Impuls – CO2/cut-Betrachtungen in Echtzeit auf Basis eines minimalsensorischen Ansatzes
  - Werkzeugaufbereitung auf Knopfdruck („SharpOnClick“)
- **Persönliches Resümee, Zusammenfassung und Ausblick**

Seite 3

19.12.2022

© Fraunhofer IPA



Stuttgarter Sägetagung, 06. Dezember 2022, Dr. Christoph Birenbaum

## Vorstellung Projekt I4KMU & simple Ansätze zur Digitalisierung von Maschinen und Werkzeugen am Beispiel von Sägeapplikationen

The slide features a header with logos for KMU, Bundesministerium für Bildung und Forschung, PTKA Projektträger Karlsruhe, and Fraunhofer IPA. The main content area has a teal background with a white grid pattern.

Um was geht es in I4KMU?  
Was waren die Ziele?  
Wer waren die Partner?

The slide features a teal background with a white grid pattern. The Fraunhofer IPA logo and name are visible in the top right corner.



## Projekthalte und -ziele: Digitalisierung im Stahl-/Metallhandel

Randbedingungen der Branche ist Startpunkt / Idee für „I4KMU“

**Steckbrief „Metallhandelsbranche“**

- KMU-geprägt, sehr traditionell
- Niedriger Digitalisierungsgrad („Zettelwirtschaft“)
- Wenig Digitalisierungskompetenz
- Fertigungstechnologie, -mittel und Prozesse mit „Schmuddelimage“
- Zunehmender Druck bezüglich Technologie (Anarbeitung) und Struktur (Personal, Organisation,...)
- Hohes Digitalisierungspotenzial

**Referenz-Kollaborationsplattform als Schrittmacher für Industrie 4.0 in KMU-geprägten Branchen**

Vollumfängliche, Industrie 4.0-fähige Kollaborationsplattform für alle an der Wertschöpfungskette des Metallhandels beteiligten „Produktionsfaktoren“ (Lieferant, Kunde, Maschinen, Werkzeuge, Lager, Werker)

**Bedarf nach digitalen Lösungen und Investitionsbereitschaft ist vorhanden**

Seite 5
06.12.2022
© Fraunhofer IPA

## Projekthalte und -ziele: Digitalisierung im Stahl-/Metallhandel

I4KMU-Projektkonsortium

**Prozess**

**Metallhändler** (H+B)

**Sägetechnik-Hersteller**

Maschinen (KASTO)

Werkzeuge (dübro, KOHNLE)

**Befähiger**

IMACS embedded solutions: Modulare Interface-Boxen zur Sensor/Aktor/Maschinen und Web-/Cloud-Kopplung

lucon: Visualisierungskomponenten & Plattform

PROWAY: Middleware Abstraktion und intelligentes Datenmodell

**Assoziierter Partner**

BDS

**Begleitforschung**

Ernst-Abbe-Hochschule Jena University of Applied Sciences

**Werkerassistenz**

Fraunhofer IPA

**Sägetechnik und -prozess**

Seite 7
06.12.2022
© Fraunhofer IPA

## Projekthalte und -ziele: Digitalisierung im Stahl-/Metallhandel

Ziele des Verbundprojekts

**Ziele**

- Steigerung des Informations- und Wissensaustauschs für alle an der Wertschöpfungskette des Stahl- und Metallhandels beteiligten Produktionsaspekte (Kunde, Maschinen, Werkzeuge, Lager, Werker) **durch den Aufbau einer Kollaborationsplattform**
- Optimierung des Auftrags(daten)managements und der **Maschinenauslastung** der S+M-Händler durch Nutzung digitaler Möglichkeiten
- Schaffung von **Transparenz und Optimierungsmöglichkeiten** für Sägeprozesse (Maschine, Werkzeug) mittels Industrie 4.0-Anwendungen und -Services im Prozess
- Unterstützung der Werker bei **Logistik- und Prozessaufgaben** durch **assistierende Systeme**
- Steigerung der Wahrnehmung und Akzeptanz von digitalen Lösungen innerhalb der Branche (**Schrittmacherprojekt**)
- Neue **Geschäfts- und Betriebsmodelle**

**Kunde** | **Maschinenhersteller** | **Werkzeughersteller** | **Händler / Dienstleister** | **Reparaturcenter**

**KMU Kollaborationsplattform**

**Funktionsmodule**

- Fertigungsaufträge
- Maschinen- und Materialverwaltung
- Auftrags- und Prozessüberwachung
- Reparatur und Maintenance
- Artikel- und Werkzeugverwaltung
- Aktive Prozessanalyse und -optimierung

**Anwender**

Maschinen und Werkzeuge | Sensoren und Automation | Identifikation | Werker | Material und Lager

Seite 6
06.12.2022
© Fraunhofer IPA

Low-cost-Ansatz zur Werkzeug- und Prozessüberwachung beim Kreissägen

**Fraunhofer**  
IPA

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

## Low-cost-Ansatz zur Werkzeug- und Prozessüberwachung beim Kreissägen

In Kürze...

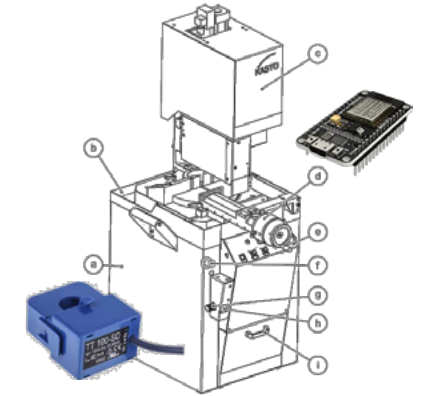
- Bewertung der Leistungsfähigkeit von low-cost-Sensorik zur Detektion des Werkzeugverschleißes (Wechselstromwandler, einphasig)
- Ansatz zur Datenerfassung über low-cost-Mikrocontroller-„Ökosystem“ und Einbindung in low-cost-IoT-Umgebung
- Konzeption: Maschinenunabhängig, evtl. als Nachrüstlösung, einfache Inbetriebnahme
- Bewertung der Aussagefähigkeit der eingesetzten Komponenten anhand präparierter Werkzeuge und realer Trennprozesse im Zeit- und Frequenzbereich



## Low-cost-Ansatz zur Werkzeug- und Prozessüberwachung beim Kreissägen

Versuchsbedingungen

- Abschätzung der Leistungsfähigkeit von Messtechnik und Software
- Versuchsmaschine Kasto Radial-Kreissäge U10
- Schnittgeschwindigkeit:  $v_c = 38$  m/min
- Variable Vorschubgeschwindigkeiten: 3 Stufen langsam / mittel / schnell
- Material / Werkstück: Voll- und Rohrprofile aus 42CrMo4 – Nr. 1.7225
- Sensorik: Low-cost **Wechselstrommesswandler** (einphasig)
- Signalver- und -aufbereitung: **ESP8266-Mikrocontroller**

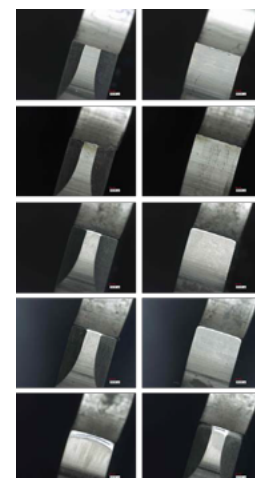


Querschnitt	Rohr	Voll
Rechteck	50 mm x 50 mm x 5 mm 50 mm x 100 mm x 6 mm	50 mm x 50 mm
Rund	-	Ø 50 mm

## Low-cost-Ansatz zur Werkzeug- und Prozessüberwachung beim Kreissägen

Evaluationsmethodik: Präparation der Werkzeuge mittels „Bürstprüfstand“

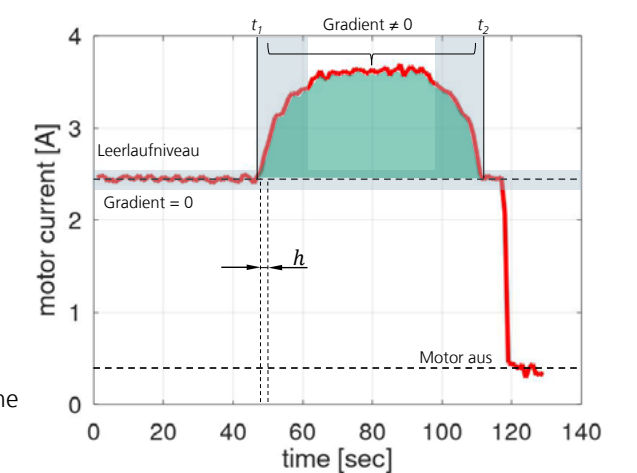
	Zustand	Beschreibung
 Voll-Hartmetall-Kreissägeblatt Ott+Heugel HSS-Sportive 350 x 2,5 x 32 mm, Z110	„fabrikneu“	Keine Präparation
	„scharf“	10 Schnitte
	Eingelaufen	20 Min. / 30 Min.
	Standzeitende	45 Minuten



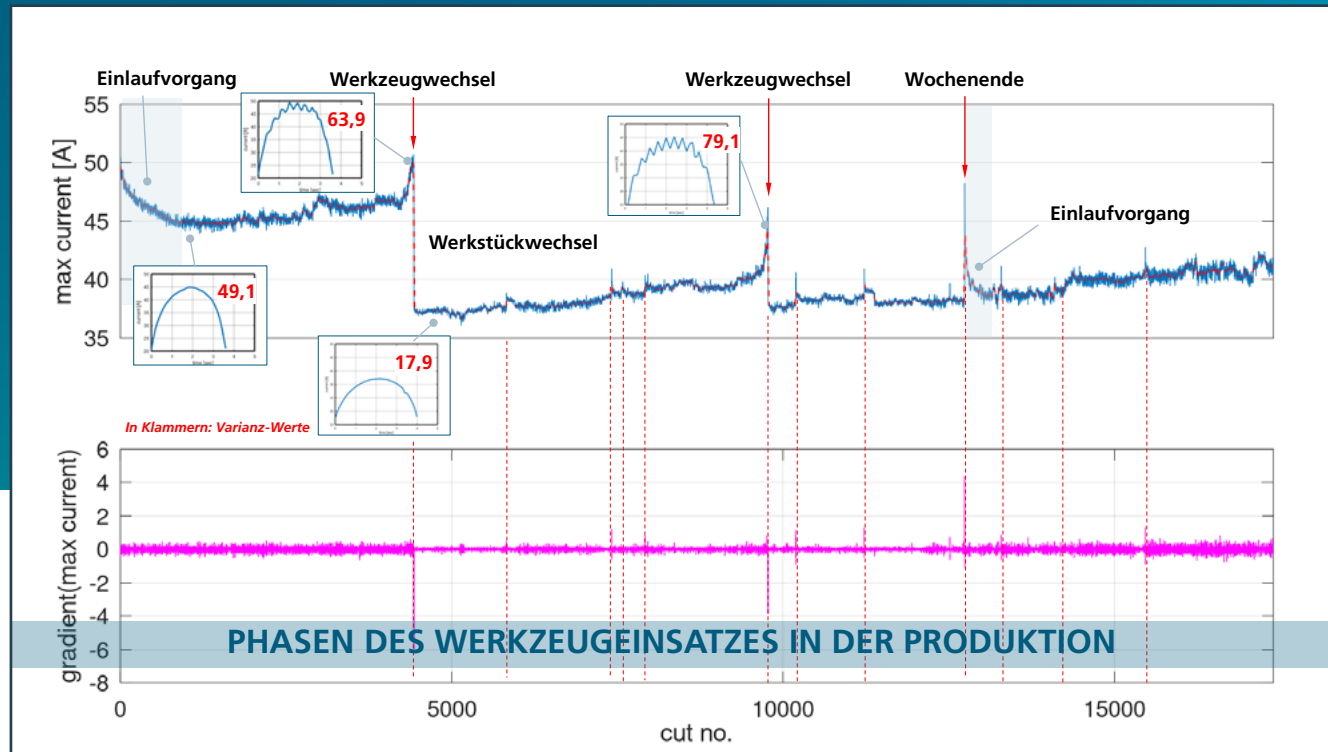
## Low-cost-Ansatz zur Werkzeug- und Prozessüberwachung beim Kreissägen

Extraktion des Trennergebnisses als Basis für Ein-Schnitt-Betrachtungen

- Wesentlicher Schritt zur Bewertung der Stromsignale mittels externer Sensorik ist die Extraktion des Trennschnitt-Ereignisses aus dem Zeitsignal
- Herausforderung ist die Extrahierung des Anstiegs (Bereich mit Gradient  $\neq 0$ ) aus dem verrauschten Zeitsignal
- Die Ermittlung des Leerlaufniveaus ist notwendig zur Definition von Grenzwerten zur Einstellung der Empfindlichkeit der Gradientenermittlung
- Kenntnis von Trennschnitt-Start- und -Stopp erlaubt eine Zuordnung der Kennwerte (Max, Mittelwert, Integral,...) zum Trennergebnis







### Low-cost-Ansatz zur Werkzeug- und Prozessüberwachung beim Kreissägen

Zusammenfassung & Fazit zur Strommessung bei Kreissägemaschinen gültig für Rund-Vollmaterial

- Signifikante Prozess- und Werkzeuganalysen durch einfachste Messtechniken, extern adaptierbar
- Linearer Wirkstrom-Verlauf bis unmittelbar vor Standzeitende
- Lokale und globale Gradienten Indizien für beginnenden (progressiven) Verschleiß
- Profunde Anzeige des Werkzeugverschleißes aus der I-Kenngröße „Varianz“
- Detektion globaler Prozessänderungen durch Ableitung des Maximalstromes: „Gradient“

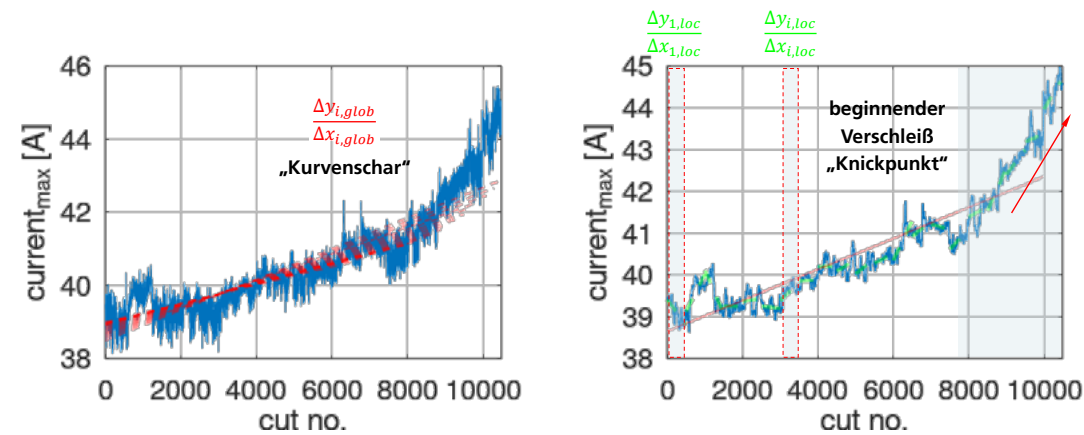


➔ Digitalisierung muss nicht kompliziert sein !

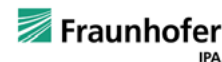


### Low-cost-Ansatz zur Werkzeug- und Prozessüberwachung beim Kreissägen

Analyse der globalen Gradienten



- Der Verlauf des Werkzeugverschleißes ist bis zu einem „Knickpunkt“ linear
- Ab hier ergibt sich ein Bereich mit progressivem Verhalten → Ausnutzung für Abschätzung der Standzeit



Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Ergebnisse

Low-level-Maschinenanbindung über die Maschinen-Versorgungsleitung

## Low-level-Maschinenanbindung über die Maschinen-Versorgungsleitung in Kürze

- Digitalisierung über Zwischenadapter in der Maschinen-Versorgungsleitung: „einstecken“, „verbinden“ und fertig
- Nutzung der Stromaufnahme des Antriebs zur „sensorlosen“ Überwachung
- Kommunikation via MQTT
- Rudimentärer „Schnittzähler“ zur Zuordnung zu einzelnen Schnittereignissen
- Smartphone-Applikation mit Basis-Funktionen
- Low-cost-Ansatz



Seite 17 06.12.2022 © Fraunhofer IPA



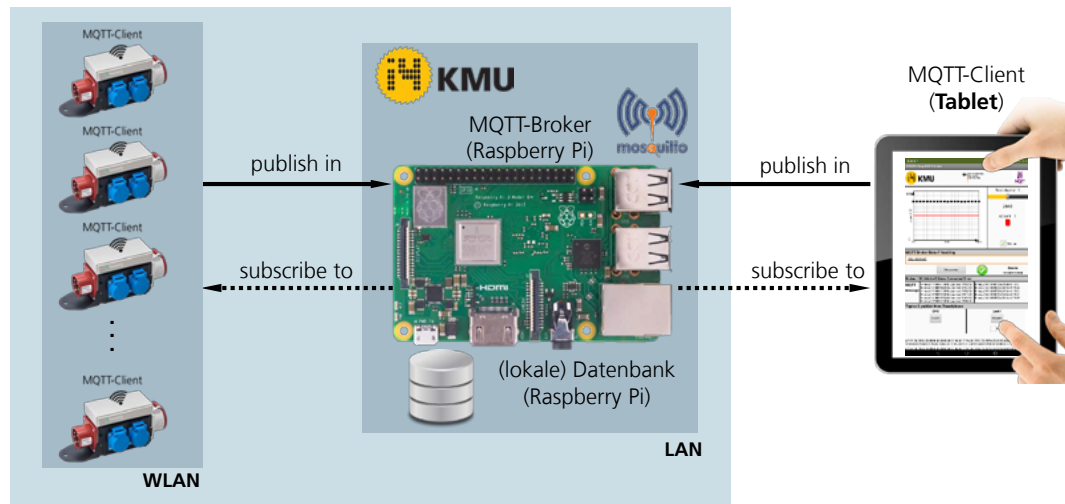
## Ergebnisse

Impuls - Einfache Befähigung von KMU zur schnittspezifischen CO<sub>2</sub>-Erfassung durch minimalsensorischen Ansatz



Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

## Low-level-Maschinenanbindung über die Maschinen-Versorgungsleitung Vision & Ausbaustufe



➔ Digitalisierung funktioniert durch einstecken !

Seite



## CO<sub>2</sub>-Reduktion in der öffentlichen Wahrnehmung – auch für KMU relevant?

amazon Nachhaltigkeit

Mercedes-Benz Group

Nachhaltigkeit

CO<sub>2</sub>-neutrale Werke ab 2022.

Wettbewerb: Nachhaltigkeit ist ein Geschäftsmodell

Unser CO<sub>2</sub>-Bilanz

Auf dem Weg zur CO<sub>2</sub>-Neutralität erwarten uns einige Hürden, aber Sie abt... herausforderungen machen uns nur stärker. Erfahren Sie... Bilanz von 2021 und darüber, wie wir... den CO<sub>2</sub>-Ausstoß... Die Gläserne Manufaktur

e-Golf\*: Klimaneutrale Produktion nimmt Fahrt auf

Rund 3600 Tonnen CO<sub>2</sub>, so viel wird hier jährlich ge... Gläserne Manufaktur produziert den e-Golf\* komple... und hilft so dabei, den ökologischen Fußabdruck de... Volkswagen zu verkleinern.

Gemeinsam eine CO<sub>2</sub>-freie Zukunft für alle schaffen

https://www.ey.com/de\_de/decarbonization/welchen-beitrag-der-maschinenbau-zur-dekarbonisierung-leisten-kann



## Einfache Befähigung von KMU zur CO2/Schnitt-Erfassung

Rahmenbedingungen und Vorbemerkungen



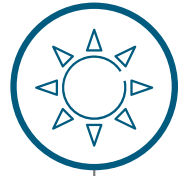
### Ressourcen- und Energieeffizienz

Das Thema hat deutschland- und weltweit jüngst signifikant an Bedeutung gewonnen



### Energieversorgung und Energiekrise

Energiekrise beflügelt die politische und gesellschaftliche Diskussion



### Nachhaltige Energiequellen

Die Nutzung nachhaltiger Energiequellen und die Senkung der Treibhausgase hat hohe Priorität, auch im industriellen Umfeld



### Umweltfreundliche Produktion

Starke Bestrebungen „grün“ zu produzieren, oder Nachweise darüber zu erbringen (OEM, Tier 1)



### CO2-Bepreisung

Sukzessive zu einer Erhöhung des CO2-Preises pro Tonne:

- 2021: 25 €
- 2025: 55 €
- ab 2026: ~ 65 €
- Forderungen bis 130 €!

<https://de.statista.com/infografik/19462/co2-bepreisung-in-deutschland/>

## Einfache Befähigung von KMU zur CO2/Schnitt-Erfassung

Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein? Welche Herausforderungen gibt es?

### 1 Erfassung aktueller Energieverbräuche



#### Herausforderung

Zuordnung der Energieverbräuche zu „Ereignissen“, d.h. Trennschnitten, mess- und softwaretechnisch einfach abbildbar

### 2 Kenntnis des aktuellen Strommix



#### Herausforderung

Die Extrahierung des aktuellen Strommix aus der Netzversorgung ist physikalisch nicht möglich

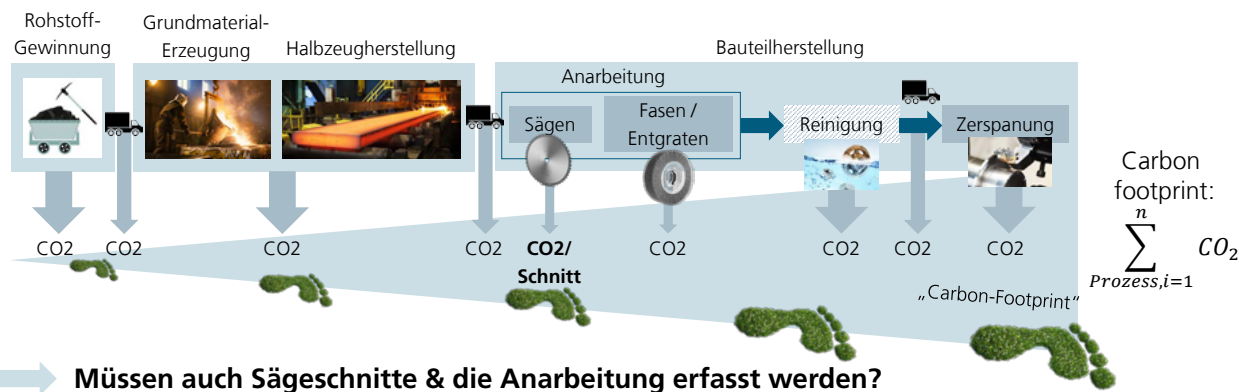
*Ausnahme: Stromversorger oder bei autarker Energieversorgung*



## Einfache Befähigung von KMU zur CO2/Schnitt-Erfassung

Rahmenbedingungen und Vorbemerkungen

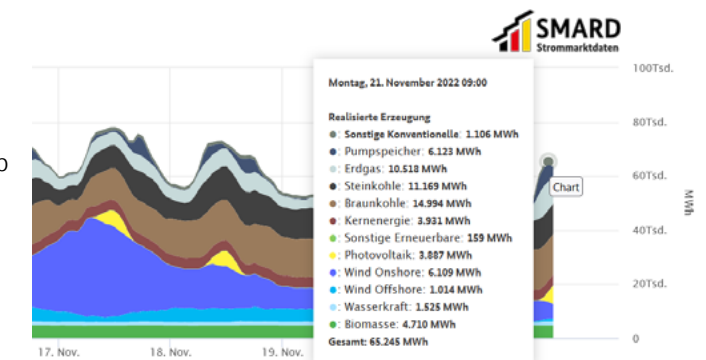
Zur Ermittlung des „carbon footprints“ eines Bauteils müssen alle zur Herstellung maßgeblichen Wertschöpfungsschritte sowie Transporte berücksichtigt werden, schematisch darstellbar z.B.:



## 2 Kenntnis des aktuellen Strommix

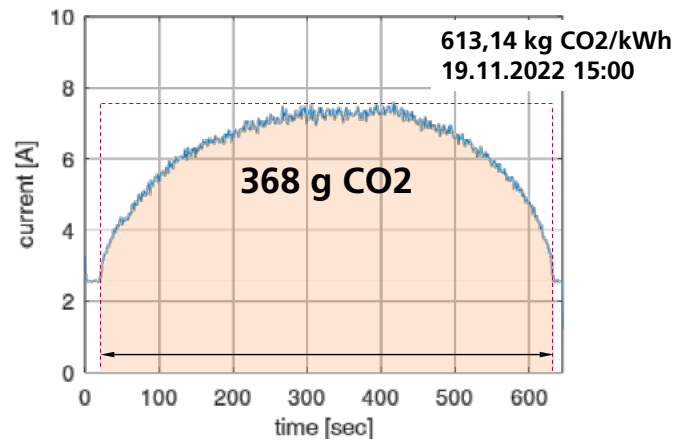
Wie wird der aktuelle Strommix als 1. Voraussetzung der CO2/Schnitt-Erfassung ermittelt?

- Elektrischer Strom wird über ein Netz transportiert, an das alle Erzeugungsanlagen und -verbraucher angeschlossen sind
- Strommix stammt immer aus fossilen und regenerativen Energiequellen - unabhängig ob Ökostromkunde oder konventioneller Tarif
- „Ökostrom“ und Strom aus fossilen Energieträgern sind physikalisch nicht zu unterscheiden
- Die Bundesnetzagentur publiziert die „aktuelle“ Zusammensetzung des deutschen Strommix



### 3 Digitale Verknüpfung der Energieverbräuche mit dem Strommix

Praxisbeispiel 1 - Ergebnis



Maschine	Meba MEBAeco 335, Nennleistung 3 kW, 12 A
Sagemotor	400V, 10 A, 4,2 kW, 1.445 1/min, cos φ = 0,80
Trenngut	Stahl-Rundmaterial, voll Ø 200 mm, Gut-Stück-Länge: 50 mm
Werkzeug	4400 x 34 x 1,1 mm, ZpZ 2/3 Bimetall, Meba HZ
Sägezeit	~600 Sekunden

### Befähigung von KMU zur CO2/Schnitt-Erfassung

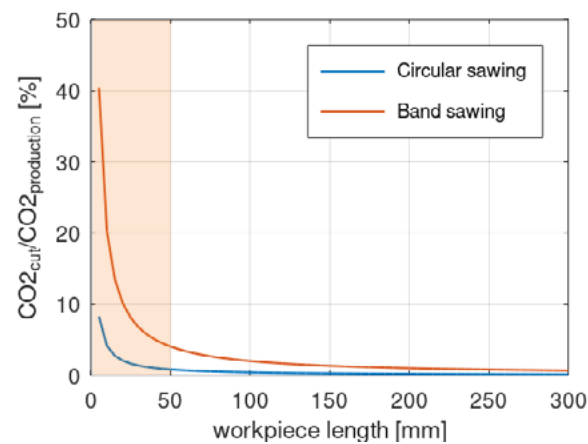
Was bringt das Ganze? Fazit und Ausblick

- Reglementierungen** bezüglich CO2-Emission **werden zunehmen**, Energiepreiskrise ist ein emotionales Thema
- KMU** haben oft **keine Möglichkeiten zur Erfassung des CO2-Verbrauchs** und bedürfen einfacher Lösungen
- Eine **niederschwellige und kostengünstige Lösung** zur Erfassung zum CO2-Monitoring wurde entwickelt
- Abhängig vom Werkstück und Maschinenspektrum sind auch **Sägeschnitte relevant für CO2-Bilanzierungen**
- Kenntnis der Energieverbräuche erlaubt Optimierungen** (Schätzungen: bis zu 30 % bei Datentransparenz) und CO2-minimierte Sägeschnitte, z.B. durch zukünftige KI-gestützte Trendanalysen
- Zukünftige **Wettbewerbsvorteile** durch das Angebot eines CO2-Labels und Zuordnung zum Bauteil ?

➔ **Digitalisierung geht auch einfach !**

### 3 Verknüpfung der Energieverbräuche mit dem Strommix

Erste Erkenntnisse bezüglich des Carbon Footprints von Sägeteilen für die betrachteten Trennschnitte



- Für die vor- und nachgelagerten Wertschöpfungs- und Logistikschritte (Rohstahlherstellung, Transport und Veredelung) zur Herstellung der gezeigten Bauteile werden in Summe **760 kg CO2 / to.1** angenommen
- Die An- und Abschnitte sowie der Verschnitt (durch den Sägeschnitt selbst) werden bisher nicht berücksichtigt
- Insbesondere bei kurzen Abschnitten und im untersuchten „mittleren“ Durchmesserbereich ergeben sich **signifikante Anteile der Sägeschnitte zur Gesamt-CO2-Emission**

➔ **Trennschnitte sind bei der CO2-Bilanzierung zu berücksichtigen !**

<sup>1</sup> Elektrostahl, inklusive Transport und Entzunderung

Ergebnisse

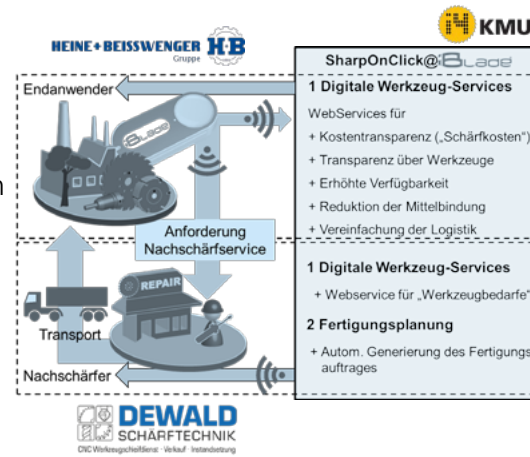
Werkzeugaufbereitung auf Knopfdruck („SharpOnClick“)



## Werkzeugaufbereitung auf Knopfdruck („SharpOnClick“)

in Kürze

- Anbindung KMU-geprägter Nachschärfunternehmen an I4KMU
- Einbindung des Workflows des Wertschöpfungsschrittes „Werkzeugaufbereitung“ in die I4KMU-Plattform
- Umsetzung eines Dashbuttons für Nachschärfdienstleistungen für (Kosten-)Transparenz und Vermeidung von Ressourcenverschwendung
- Extrem niedrige Eintrittshürde



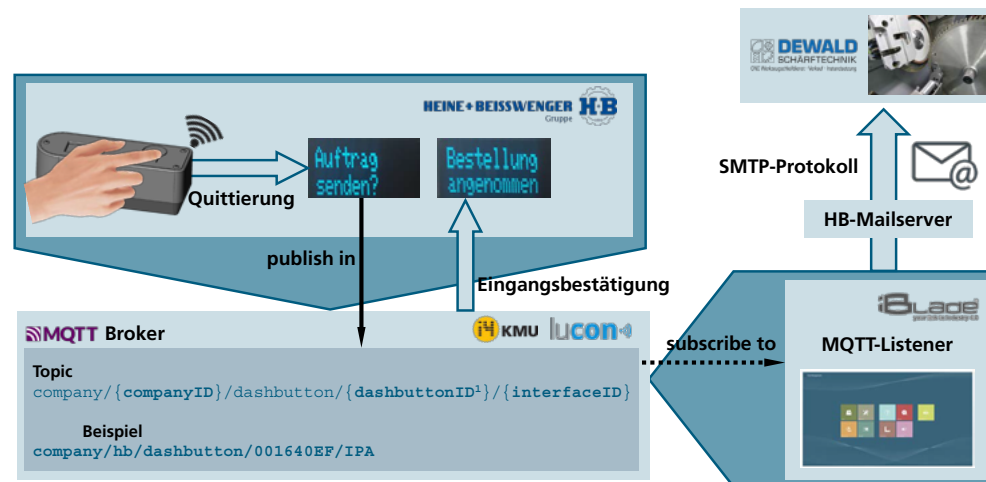
## Werkzeugaufbereitung auf Knopfdruck („SharpOnClick“)

Finales Design



## Werkzeugaufbereitung auf Knopfdruck („SharpOnClick“)

Wie funktioniert das Ganze?




<sup>1</sup>Als „uniqueID“ wird die eindeutige ID des eingesetzten Chips des Dashbuttons (32-bit integer) genutzt

## Werkzeugaufbereitung auf Knopfdruck („SharpOnClick“)

Zusammenfassung & Ausblick

- Umsetzung einer extrem einfachen Lösung zur Digitalisierung von Wertschöpfungsschritten aus dem Produktionsumfeld
- Sehr niedrige (monetäre und strukturelle) Einstiegshürde
- Integration des Wertschöpfungsschrittes der „Werkzeugaufbereitung“ in die I4KMU-Plattform
- Nutzung für andere Produkte und Verbrauchsartikel, z.B. Vorrichtungsteile, Spannmittel denkbar

➔ Digitalisierung geht auch auf „Knopfdruck“ !



Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Persönliches Resümee, Zusammenfassung und Ausblick

### Persönliches Resümee

Zusammenfassung & Ausblick

**Prozess**

Metallhändler (H+B) → Maschinen (KASTO) → Werkzeuge (dübro, KOHNLE)

**Sägetechnik-Hersteller**

**Assoziierter Partner**

BDS

**Begleitforschung**

Ernst-Abbe-Hochschule Jena  
University of Applied Sciences

**Werkerassistenz**

Fraunhofer IPA

Sägetechnik &-prozess

**KMU**

**Befähiger**

IMACS embedded solutions

Modulare Interface-Boxen zur Sensor/Aktor/Maschinen und Web-/Cloud-Kopplung


lucon

Visualisierungskomponenten & Plattform

PROWAY

Middleware Abstraktion und intelligentes Datenmodell

Seite 35 06.12.2022 © Fraunhofer IPA




### Persönliches Resümee

Zusammenfassung & Ausblick

- Digitalisierung kann einfach sein!
- War das Gesamtprojekt denn ein Erfolg?

Ja,  
aber...

Seite 34 06.12.2022 © Fraunhofer IPA



### Persönliches Resümee

Zusammenfassung & Ausblick

**Unterschätzt! Organisation & Struktur**

- Unterschätzte Aufwände für Klärung der Frage: „Wer möchte was?“
- Hohe vertikale und horizontale Kommunikationsaufwände

↓

- Sauberste Vorbereitung
- Definition von Projektteams

**zu kompliziert! Technologie**


- Inbetriebnahme vor Ort, Netzwerkanbindung (zu) aufwändig
- (zu) viele Schnittstellen (Netzwerk, Maschine, Sensorik,...)

↓

- Einfachste Lösungen zur Maschinenanbindung, Datenerfassung und -aufbereitung

- Vollumfängliche Vernetzung über Kollaborationsplattform nicht umgesetzt
- Trotzdem hat I4KMU „Schrittmacher“-Charakter, da erfolgreich „Inseln“ umgesetzt wurden

Seite 36 19.12.2022 © Fraunhofer IPA







Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit

Im Namen des ganzen I4KMU-Konsortiums geht ein Dankeschön auch an

- Herrn Rosenbusch, für die immerwährende Unterstützung, auch bei „kniffligen“ Fällen
- Herrn Hiller für seine Geduld bei der Beantwortung der administrativen Fragen
- Dem BMBF für die Möglichkeit zur Durchführung des wirklich spannenden Projektes!
- und natürlich unseren Projektpartnern!

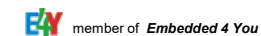
## Anbindung von Produktionsmaschinen durch einfache Konfiguration mittels low-cost Hard- und Softwarebaukasten

Andreas Foltinek, IMACS GmbH



### Anbindung von Produktionsmaschinen an I4.0 durch einfache Konfiguration mittels low-cost Hard- und Softwarebaukasten

Abschlussveranstaltung Kollaborationsplattform - Stuttgarter Sägetagung, 06.12.2022  
Andreas Foltinek, IMACS GmbH, Bingen am Rhein andreas.foltinek@imacs-gmbh.de



## über IMACS

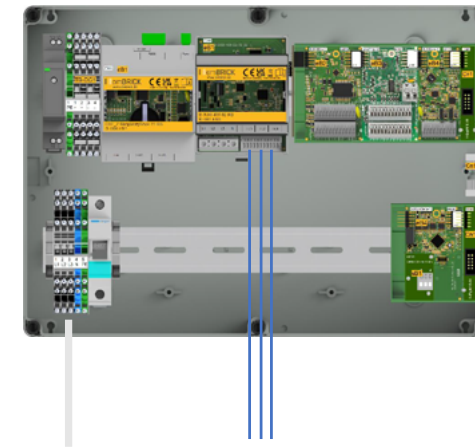
- seit 1994, Standorte: Bingen am Rhein, Kornwestheim
- 50 Mitarbeiter, 1/3 in F&E

**ecoSOLUT®** kundenspezifische Embedded Systeme  
Mess- und Steuerungstechnik, Automatisierung, (I)IoT  
Hard-/Software-Entwicklung, Konzeption ... Serienproduktion von > 50T Einheiten / a

**emBRICK®** modulares Embedded System  
Embedded Bausteine ... die über einen Bus ... zu Gesamtsystem zusammengesteckt  
→ schnelle Realisierung von Mess- und Automatisierungs-Systemen

**radCASE®** Werkzeuge zur modellbasierten System-Entwicklung  
Modellierung von Systemen im ganzheitlichen Sinn ...  
und Generierung von Serien-Code, Addon-PC-Tools und Dokumentationen  
→ schnelle Realisierung von Embedded Software und Dokumentation

## Lösungsansatz



## Herausforderungen

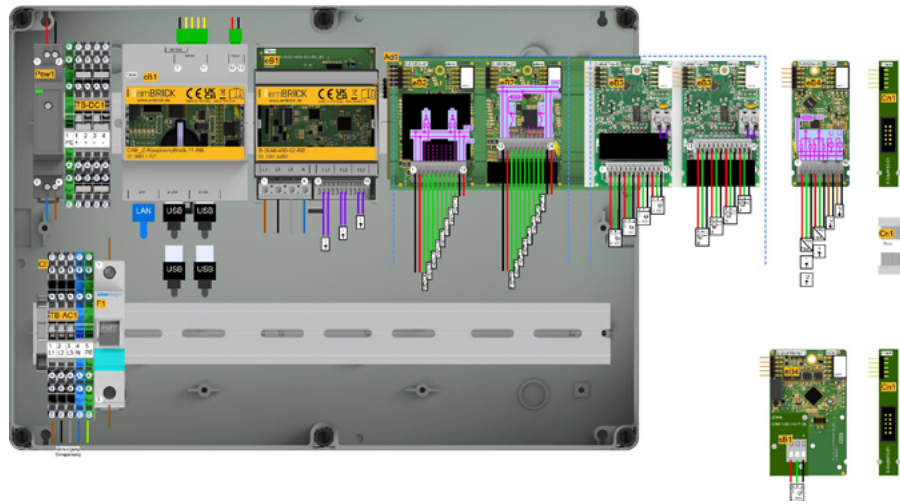
- Betriebs-/Zustandserfassung /-auswertung von Produktionsmaschine
- bekannte Messlösungen sind aufwändig in Beschaffung/Handling
  - Hohe Kosten für handelsübliche Mess-Hardware: > 2.000 €
  - Kosten für Einrichtung: > 1 Personenwoche / Anlage (Ingenieur-Level)
  - Kosten für Ankopplung: > 1 Personenwoche / Anlage (Ingenieur-Level)
- Systeme oft proprietär: Abhängigkeit, kein wirklicher Wettbewerb
- Keine (einfache) Datenvorauswertung ... Unmengen von unnötigen Daten
- Datenablage: Wem gehören die Daten ... und wo liegen diese
- aktuelle Aspekte: Energieeffizienz von Maschinen, Fachkräftemangel

## Zielsetzung für System und Hardware

- System auf Basis eines Hardware- und Software-Baukastens
- ... der anwenderneutral permanent erweitert wird
- Hardware nicht proprietär - idealerweise Open-Source
- Anwenderkonfigurierbar durch Stecken von E/A-Modulen  
... und Einsatz handelsüblicher Sensoren/Aktoren
- Hochwertige und performante Messungen
- Integrierter WLAN-AP zur Bedienung/Einrichtung per Handy und Browser
- Leistungsmerkmale ausreichend für 80% der Industrie-Applikationen
- Systemkosten: Box und Sensoren ca. 500 ... 2.000 €



## IoT-Box, Detail mit Sensoradaption



## Zielsetzung für Kommunikation und Datenablage

- Verbindung per Mobil, WLAN, LAN in eine Cloud (lokal oder extern)
- Metadaten support ohne zusätzliche Konfiguration
- Vorauswertung zur Datenreduktion, Kostenersparnis
- Cloud-Kommunikation über Standardverfahren MQTT, OPC-UA, REST-API
- Offenheit auch zu typischen / etablierten Cloud-Systemen (AWS)

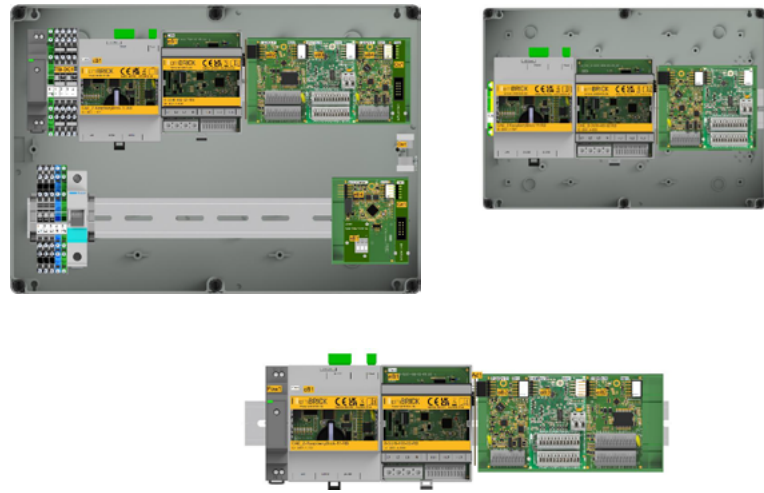
## Zielsetzung für Software

- keine Programmierung ... Einrichtung von Facharbeiter über Fragen-Dialog
- eine anwendungsübergreifende Software, erkennt System-Konfiguration
- Facharbeiter stellt nur Attribute und Metadaten ein
- Signalauswertung und Reduktion bereits in der IoT-Box
- Analyse und Meldung/Hinweise bereits vor Ort auf offline
- Pufferung der Daten falls Offline
- Ansteuerung von Aktoren zum Melden/Sperren/Freigeben
  
- Alternativ: vollständig eigene Software mit z.B. C, C++, Python, CODESYS

## Umsetzung Hardware

- basiert auf emBRICK - open Source Hardware mit Linux-Kern oder PC-gekoppelt
- Erfassung: 100 S/s bzw. 100 kS/s (fast Sampling), 12Bit ADC, Signalanalyse
- Automatische Konfiguration durch Einstecken von Modulen (Bricks)
- Sensoren für z.B.: 3-Phasen-Stromanalyse, Schwingung, Temperatur, Druck, Volumenstrom (Kühlmittel, Druckluft, ... ),
- Bauformen: Box, 3P-Zwischensteckdose, Integration, open Frame

## Hardware-Ausprägungen



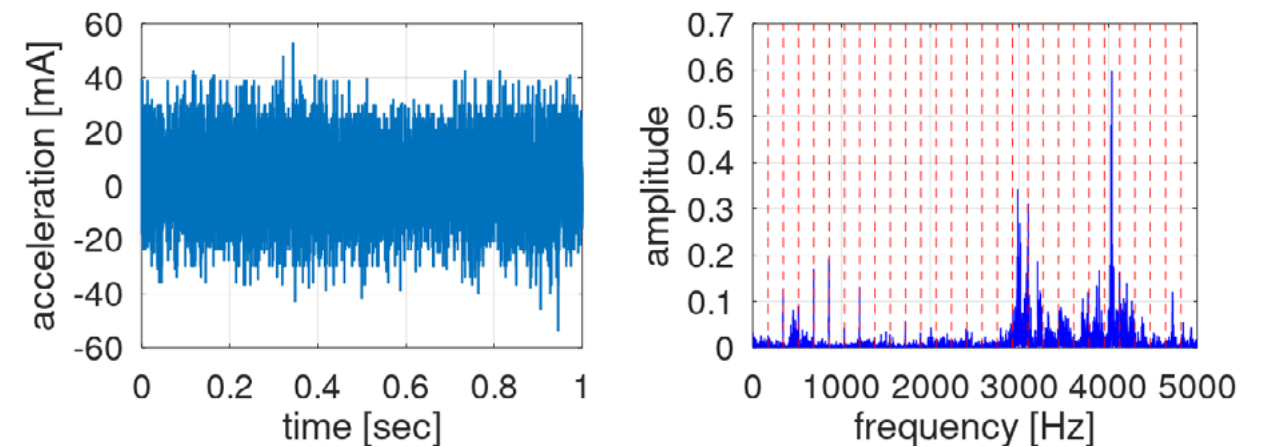
## Bedienung der IoT-Box via Web-HMI



## Umsetzung Software

- eine globale Software (getestet verfügbar) für alle Anwendungen
- Lizenzierung, Download von der Cloud mit wählbaren Optionen
- SW-Module: Messkanal, analog Delay, Limits, Offset, Reset bei Werkzeugwechsel, Frequenzen, Amplituden, RMS, Mittelwerte
- Alarmsystem mit freien Texten
- Status-Maske und Meldung an Anlagenbediener, Quittierung
- Zählen von Bearbeitungen
- Ermittlung des Energieverbrauchs pro Schnitt und in Summe
- Modi für Einrichten, Eval-Daten (virt. Kanäle), Kalibrierung, Alarm-Erkennung und -Handling, Kommunikationseinrichtung

## Vibration - Fast Sampling und Frequenzanalyse





## Geschäftsmodelle

- Einsatz primär im produzierenden Gewerbe, Gebäudetechnik
- I4.0 und Predictive Maintenance
- Produktion/Vertrieb der IoT-Box mit Sensoren: 500 ... 2.500 €
- Installation und Inbetriebnahme: < 1 Tag
- Lizenz für Software/Optionen
- Wartungsdienstleistung
- Cloud-Plattform
- Webshop zur Konfiguration und Kauf der Komponenten

## Erfahrungen

- gute Performance und Handelbarkeit (eigenes HMI über WLAN-AP)
- Vorauswertung in der Box reduziert Datenaufkommen
- Netzwerk- und Internetanbindung im Feld oft problematisch
- Einbau und elektrischer Anschluss reibungslos
- MQTT ermöglicht einfache/flexible Anbindung
- hochgenaue Stromanalyse ermöglicht detaillierte Aussagen über ... Phasenwinkel, Wirk-/Blind-/Schein-Leistung/Energie, Harmonische
- hochfrequente Analogabtastung für Schwingung, Distanzen
- geringe Systemkosten

## Anschlussfähigkeit

- erweiterbare, flexible Vorauswertung auf der IoT-Box per Konfiguration
- Integration weiterer lokaler KI, mit Lern-Algorithmus in der Cloud
- nichtinvasiver Sensor zur Energieerfassung ohne „Elektro-Eingriff“
- Unterstützung von Funksensoren
- Anbindung an Clouds der Marktführer, z.B. Microsoft Azure
- Metadatenbereitstellung für Clouds z.B.: Sparkplug B



GEFÖRDERT VOM



BETREUT VOM



**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit**

Kontakt:

[andreas.foltinek@imacs-gmbh.de](mailto:andreas.foltinek@imacs-gmbh.de)

# Digitalisierung des Lebenszyklus von Sägewerkzeugen zur Prozess- und Kostenoptimierung

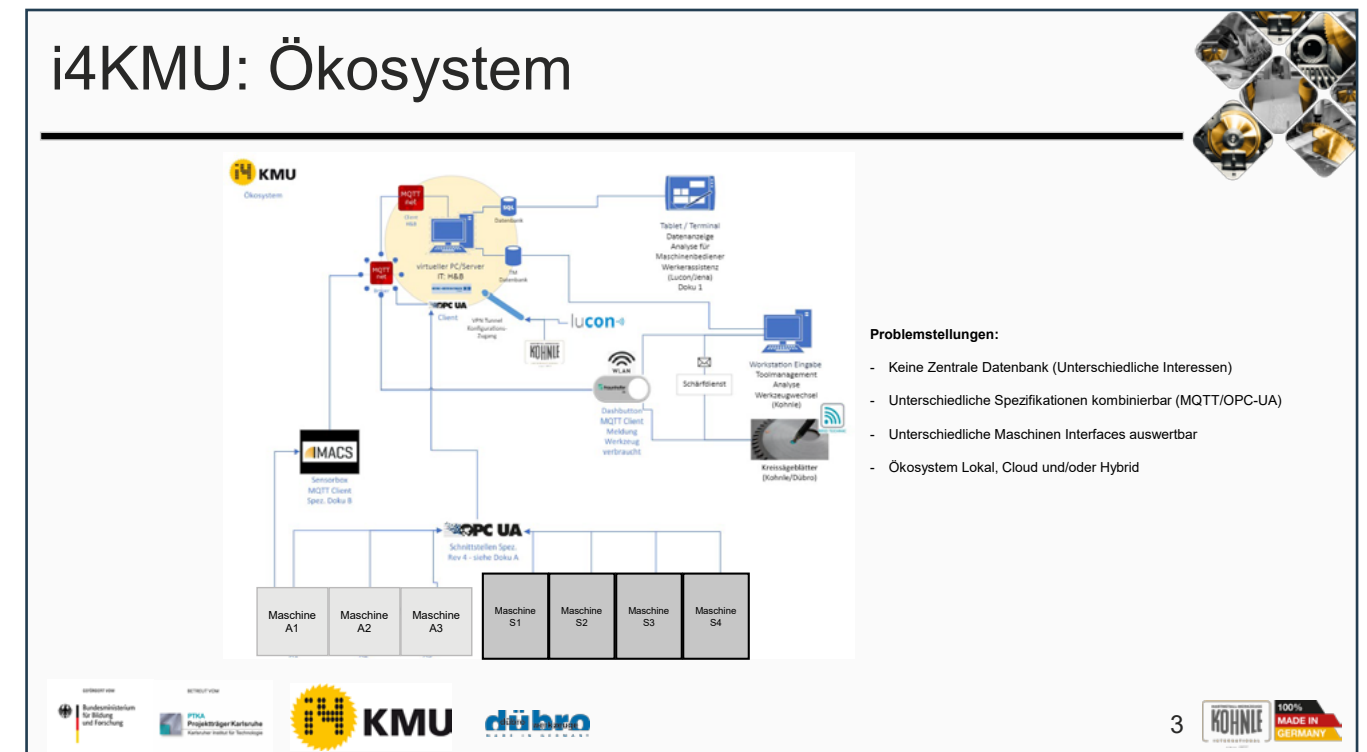
Andrea Dürr, dübro Werkzeug GmbH &  
Michael Kohnle, Kohnle GmbH Hartmetall-Werkzeug-Fabrik



## i4KMU – Werkzeughersteller / TM

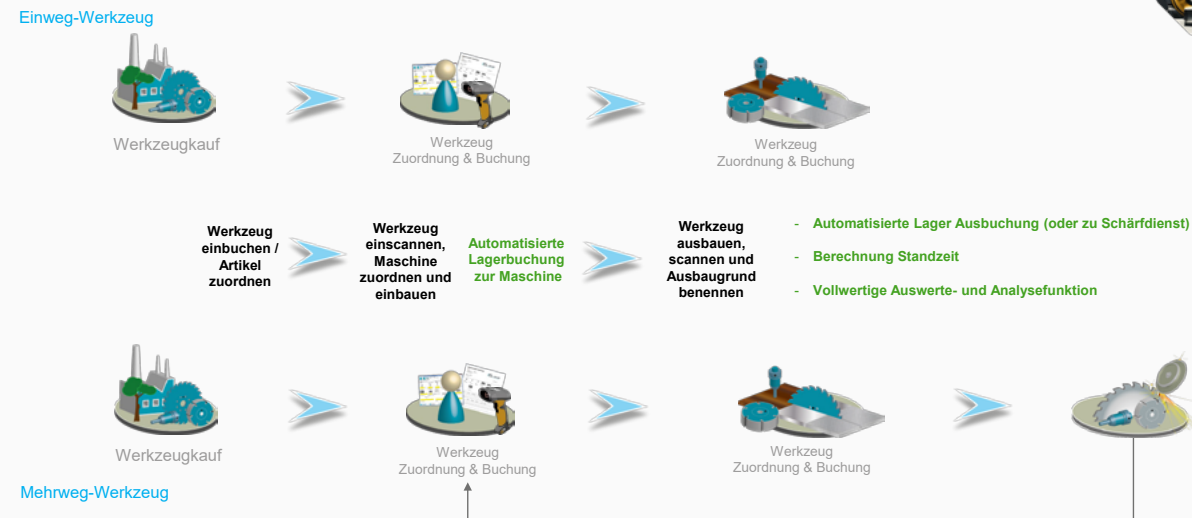


## i4KMU: Ökosystem

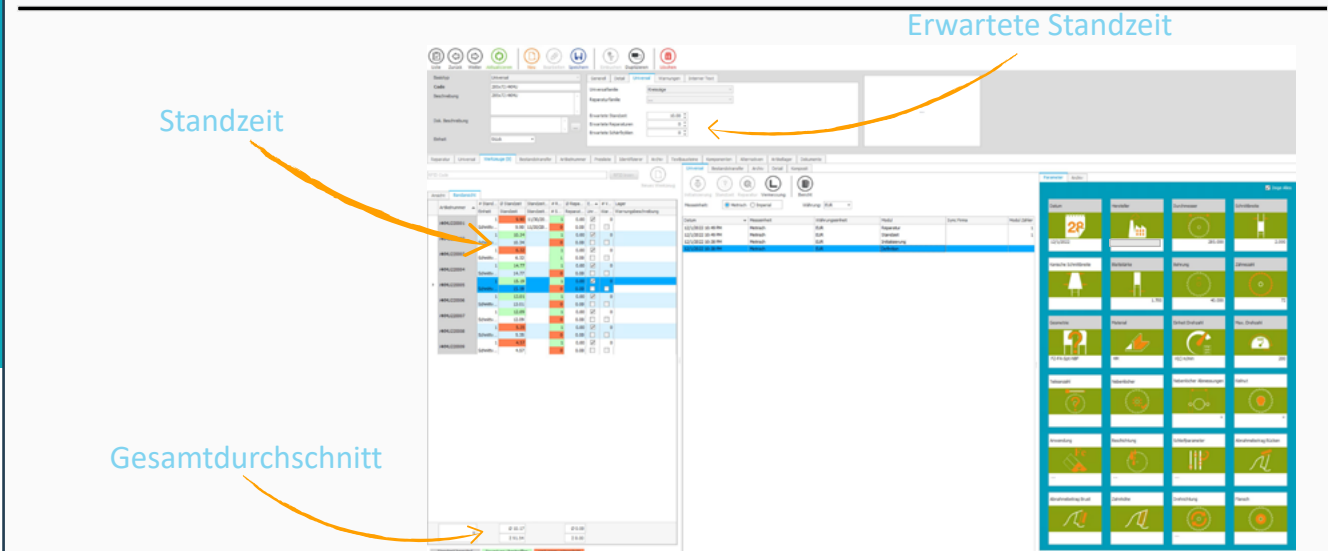




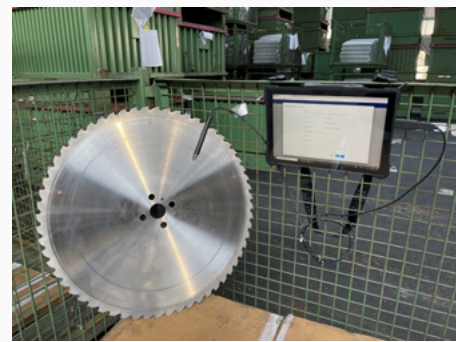
## i4KMU – automatisierter Werkzeug Workflow



## Toolmanagement Artikeloberfläche – Tool ID



## i4KMU – automatisierter Werkzeug Workflow

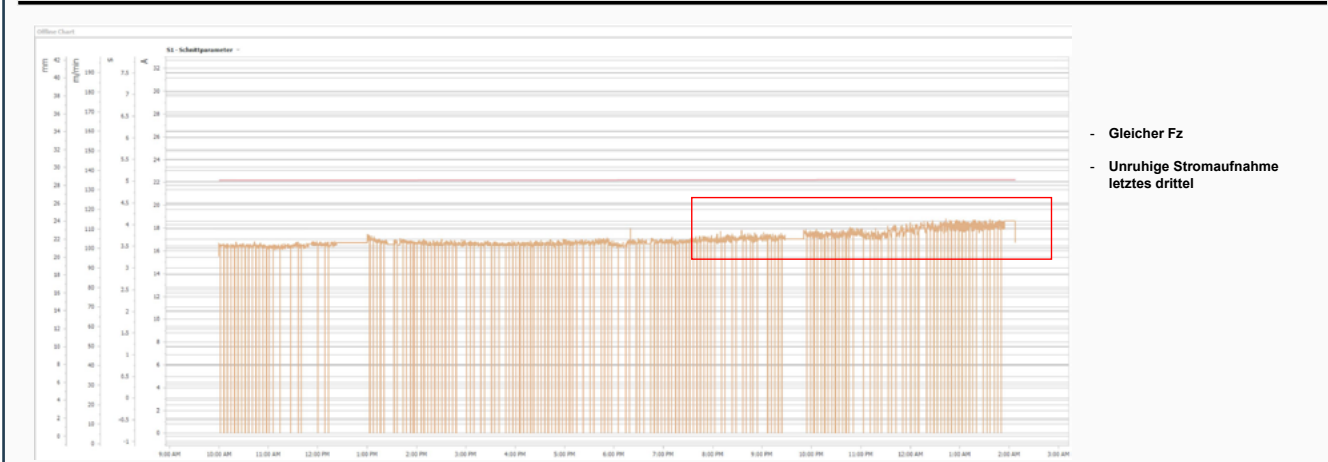


RFID Scan System in der Praxis

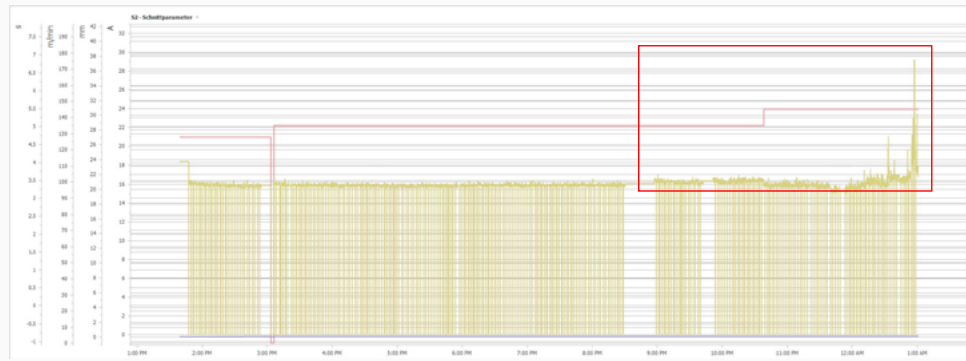


Datamatrix Scan System in der Praxis

## Werkzeuganalyse / Standzeit - ID22003

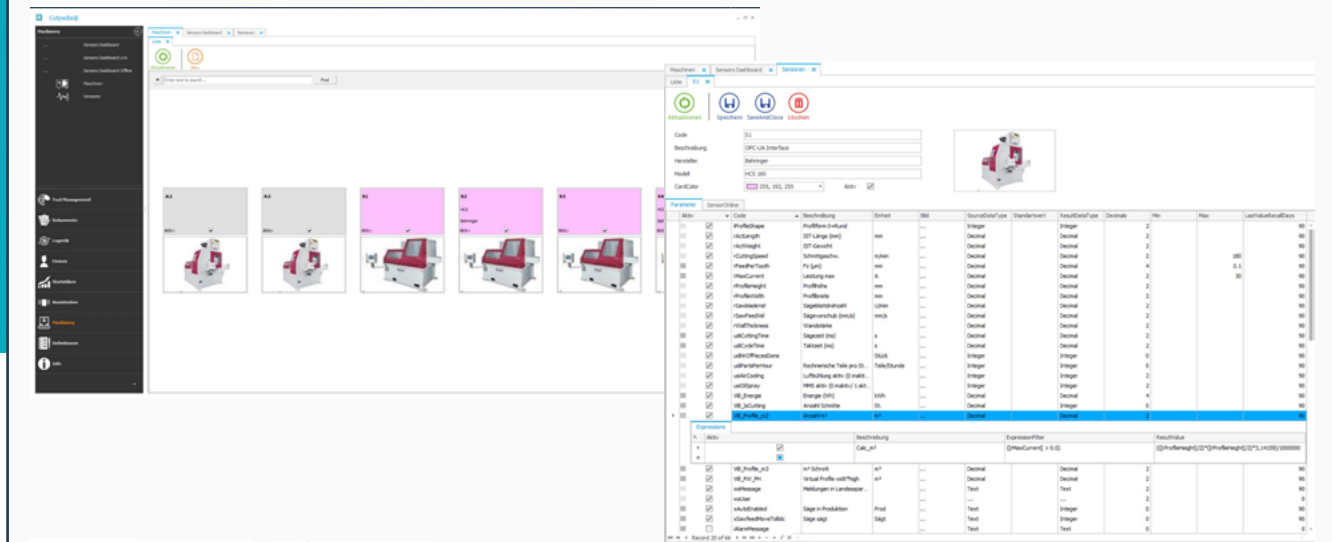


## Werkzeuganalyse / Standzeit - ID22008

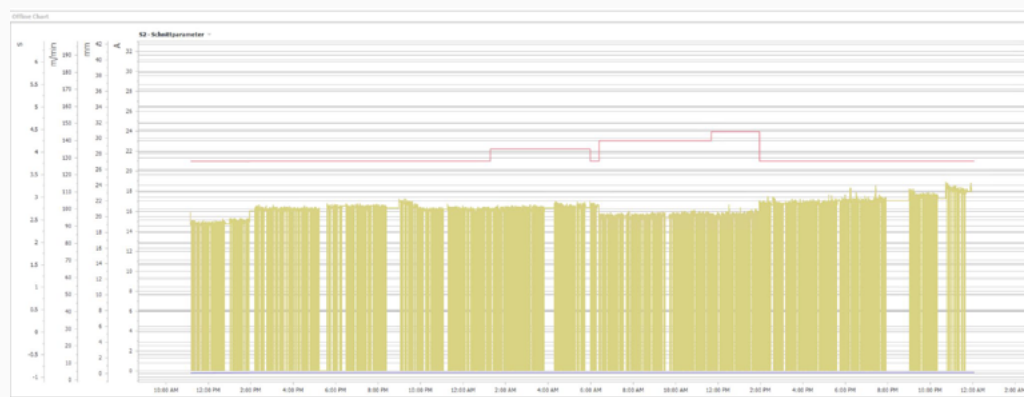


- 5,35m<sup>2</sup>
- Veränderter Fz am Ende
- Unruhige Stromaufnahme letztes Drittel
- Werkzeugcrash am Ende

## TM – Konfigurationsübersicht Sensoren



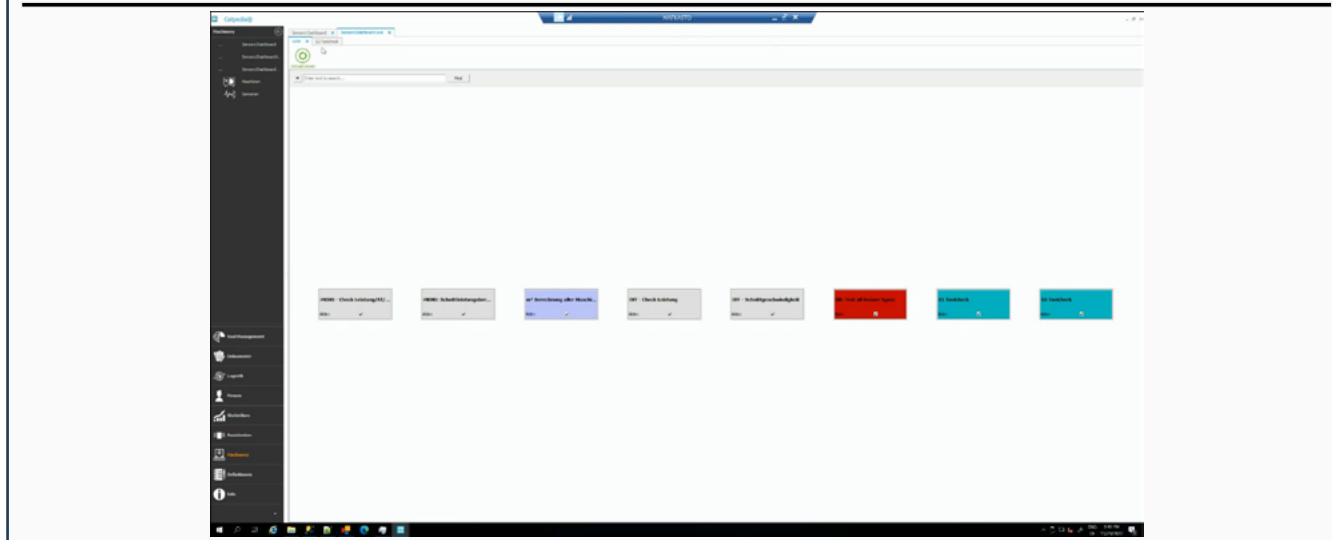
## Werkzeuganalyse / Standzeit - ID22004



- 14,77m<sup>2</sup>
- Mehrfach veränderter Fz
- Relativ konstanter Verlauf der Stromaufnahme.

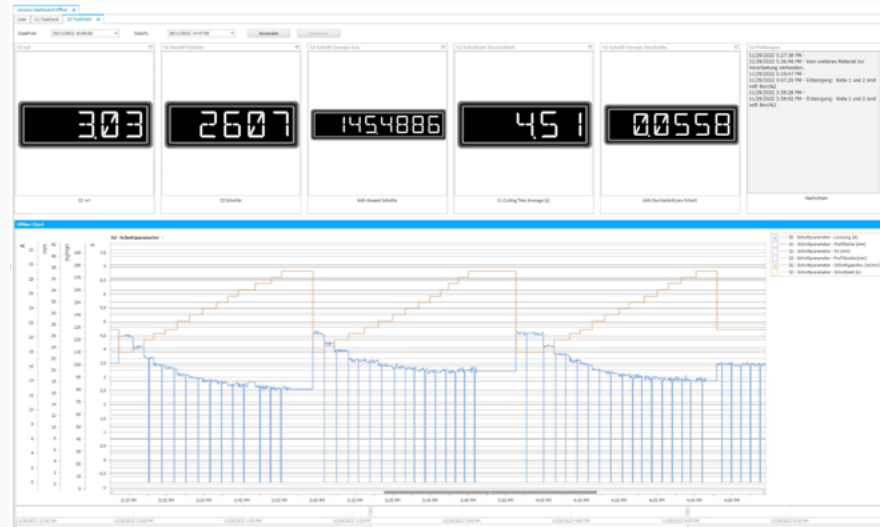
Analyse Sägeblätter  
 Modell A: 6,53m<sup>2</sup> (4 Blätter)  
 Modell B: 13,08m<sup>2</sup> (5 Blätter)

## iBlade TM – Dashboard - Video





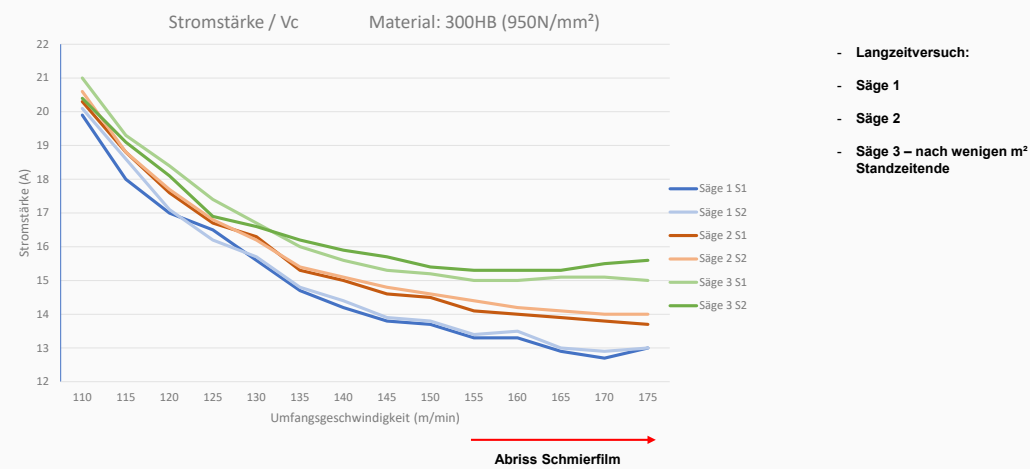
## Testversuchsreihe Vergleich Stromstärke / Vc



## Testversuchsreihe Vergleich Stromstärke / Vc

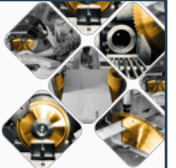


## Testversuchsreihe Vergleich Stromstärke / Vc



- Langzeitversuch:
- Säge 1
- Säge 2
- Säge 3 – nach wenigen m<sup>2</sup> Standzeitende

## R<sub>et</sub> OI<sub>invest</sub>

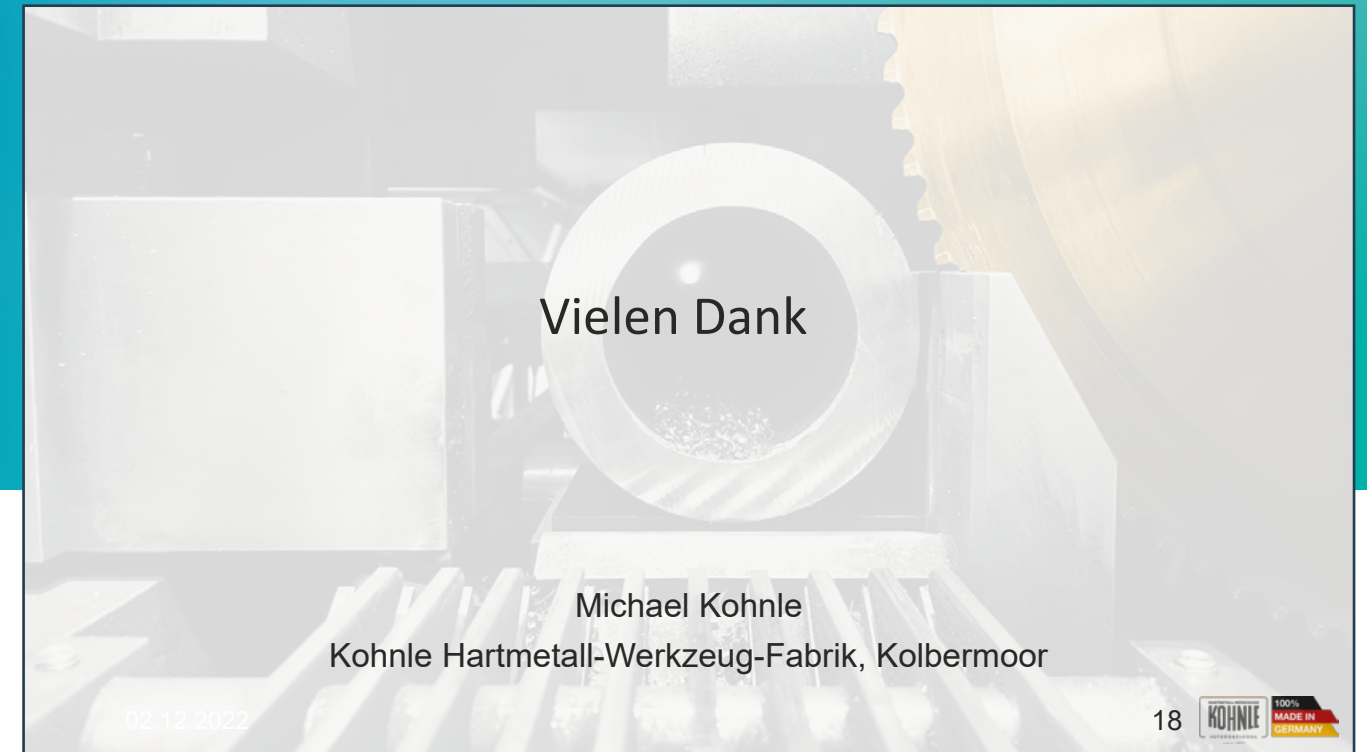
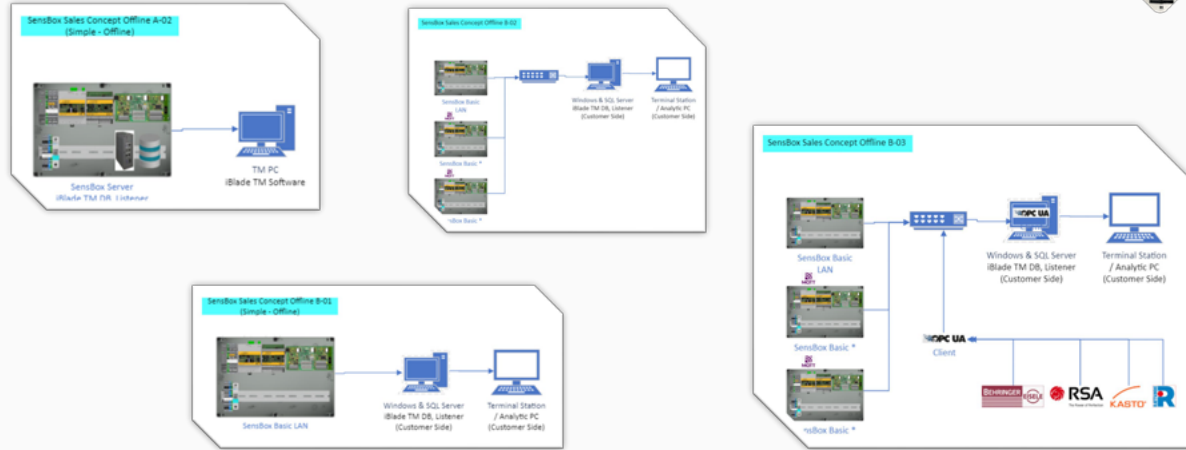


- Optimierte Einsatzparameter möglich
- je Werkzeug, je Maschine, je Werkstoff unterschiedlich
- Erhöhung Ausbringung durch Analyse im Beispielfall um 12-18% möglich
- ROI – Digitale Integrierung < 1 Jahr

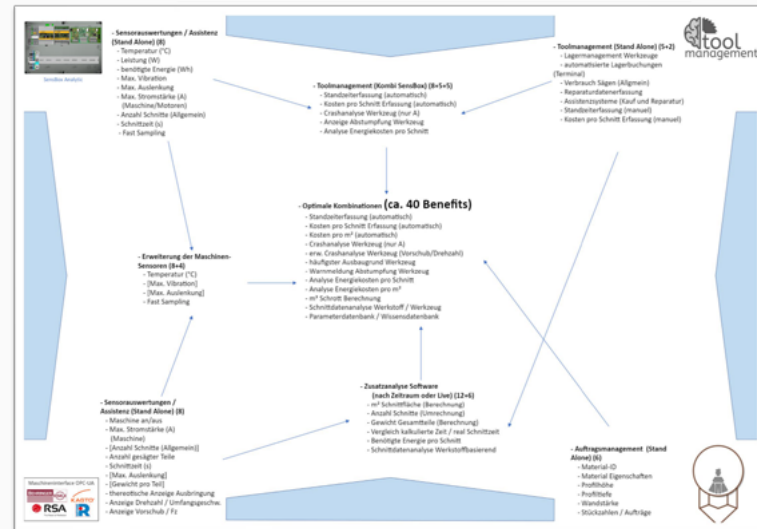
Verteilung Beispiel:

- 1. Jahr nach 6 Monate
- 2. Jahr nach 3 Monate
- 3. nach einem Monat (Übergabe Kunden)

# i4KMU – Konfigurationsmöglichkeiten



# i4KMU – Benefits





# Intelligente Middleware-Lösungen zur Vernetzung von Maschinen

Dr. Bernd Binder, PROWAY GmbH

**PROWAY**

Stuttgarter Säge-Tagung & I4KMU-Abschlussveranstaltung 6.12.2022 am Fraunhofer IPA in Stuttgart

**Intelligente Middleware-Lösungen zur Vernetzung von Maschinen**

Dr.-Ing. Bernd Binder

**PROWAY** **Gamma**

**KMU** **Fraunhofer IPA**

BETREUT VOM: PTKA Projektträger Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie

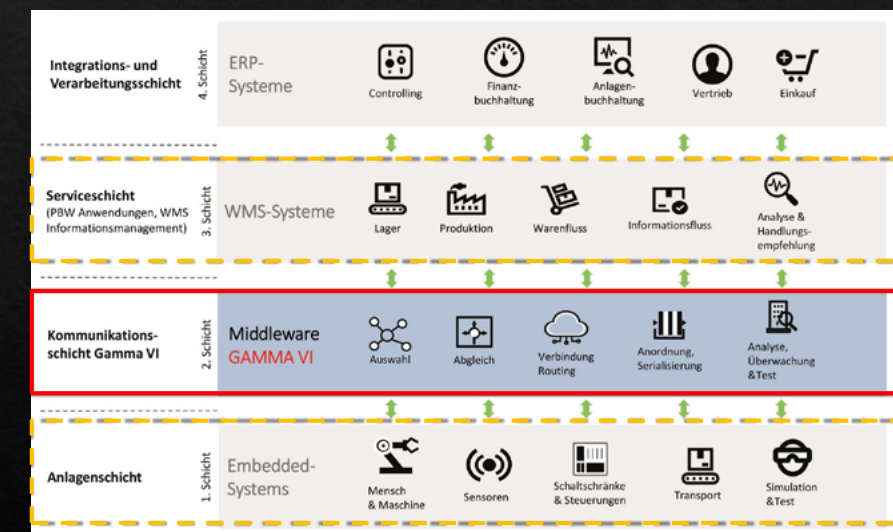
GEFÖRDERT VOM: Bundesministerium für Bildung und Forschung

## Business Case: I4KMU Pionier-Phase

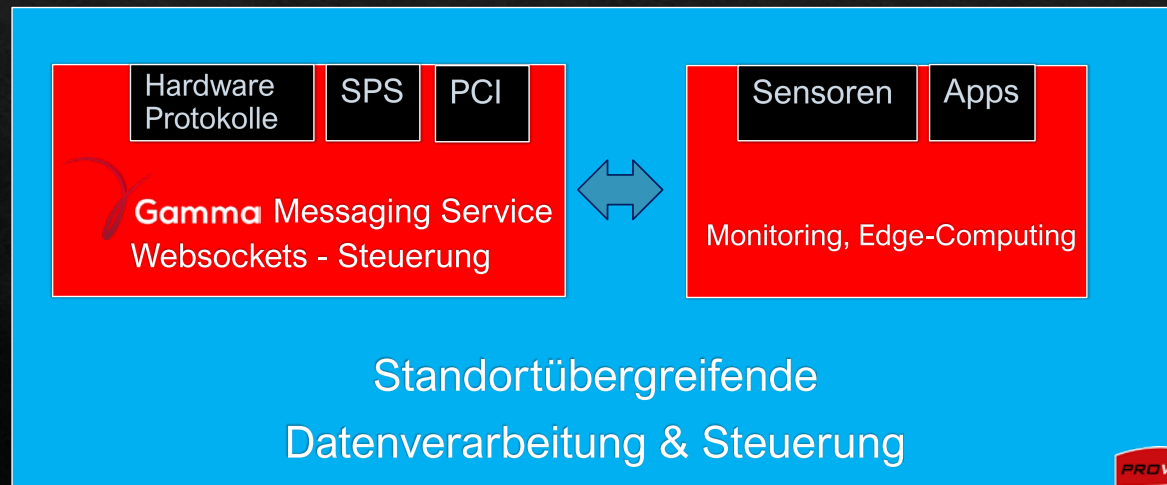
- ◇ Säge- & Logistikprozesse mit relativ hohen Risiken/Setupkosten
- ◇ Sägen/Sensoren erzeugen wertvolle (SPS) Daten, wie z.B. Prozess-, Längen-, Verschleiß- oder Materialdaten
- ◇ Mehrwert über weitergehende Auswertungsalgorithmen mit Kennzahlen (ständige Optimierung)
- ◇ **Automatisierung über performante Anbindung von Hochleistungs-Sägen mit Siemens SPS**
- ◇ **Daten-Bereitstellung: zeitgleich in einer Datenstruktur selektierbar (am besten Standort-übergreifend)**
- ◇ **Flexibles und gleichzeitig robustes Monitoring**



## Middleware Gamma im Schichtenmodell



## Ziel I4KMU: Web / Cloud Services



Gamma Referenzen? Luft & Raumfahrt, Medizintechnik, Energieversorgung, Automotiv...




## Middleware IT-Anforderungen

- ◆ Konnektivität Quellen/Senken (SPS, Ethernet, OPC-UA, Wireless,...) (ANF-01).
- ◆ Verschiedene Plattformen: Linux, Windows, on-premise, Embedded, Cloud (ANF-02).
- ◆ Vielseitige Programmierschnittstellen/Sprachen: C++, Rust, Java, ... (ANF-03).
- ◆ **Wiederverwendbarkeit, Robustheit, Performance, Skalierbarkeit, Sicherheit (ANF-04).**
- ◆ **Einfachheit für den Benutzer (Vom Anwender ohne viel Erfahrung bis zum Entwickler) (ANF-05).**
- ◆ **Bereitstellung von Services, wie z.B. Message Broker, Webservices oder Verwaltungsfunktionen (ANF-06).**

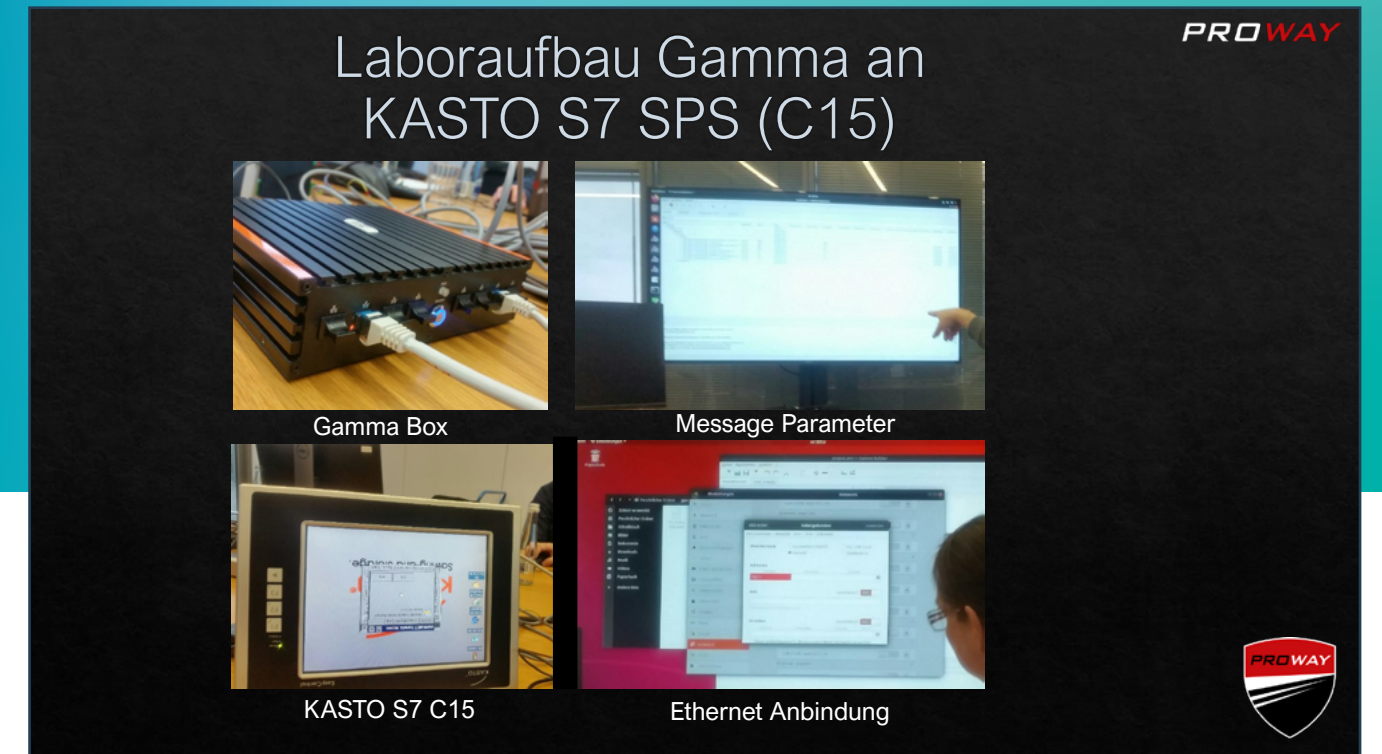
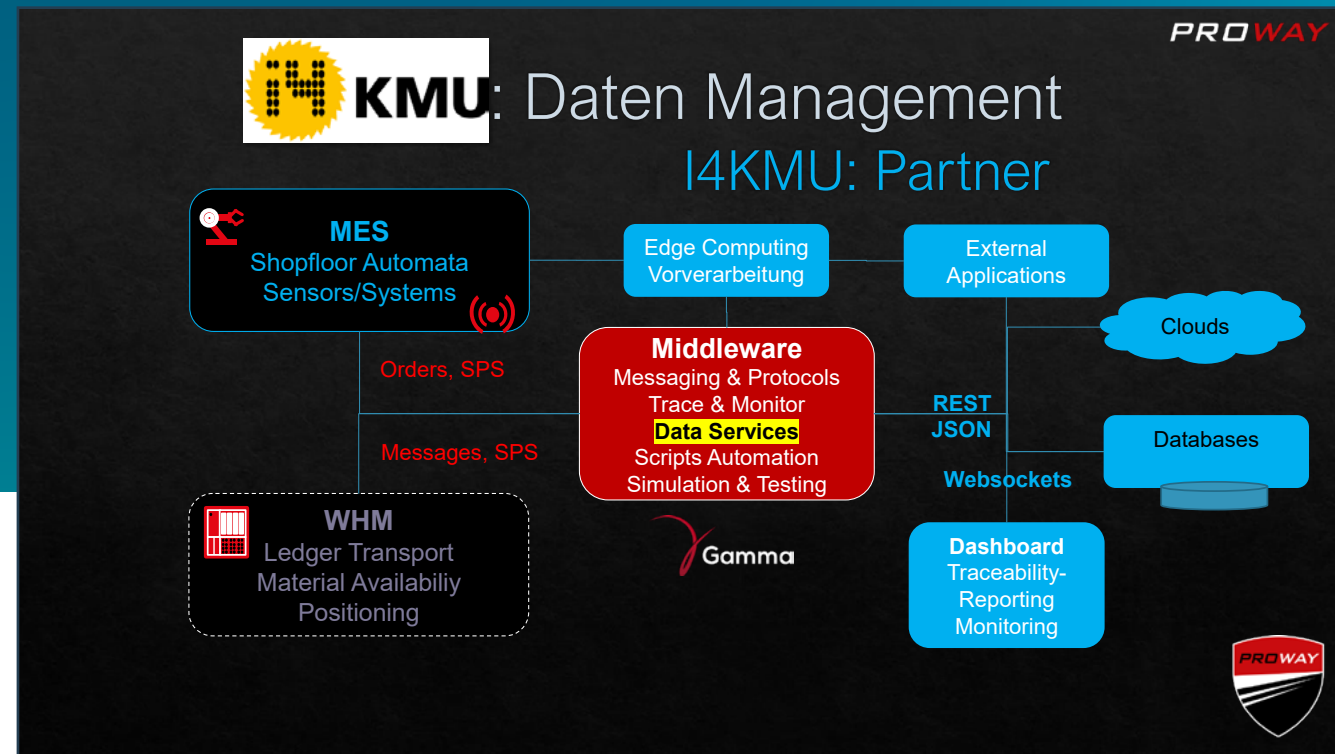


## Übergreifende Daten Kollaboration

- ◆ **Mehrwert Middleware  Gamma bei I4KMU**
  - ◆ Robuste und Performante Anbindung über bewährte Algorithmen
  - ◆ Automatisierung der wiederkehrenden Aufgaben über Skripte
  - ◆ Flexibilität bei den Anbindungen (SPS, mehrere Schnittstellen/Protokolle, OPC UA, MQTT, inkl. Cloud & Netzwerkanbindung, ...)
  - ◆ **Strukturierung und Verknüpfung/Verlinkung der Daten (Traceability, Tokenisierung) in einer Datenbank**
  - ◆ **Messagebroker: mehrere Quellen/Senken, perfekte Synchronisation**
  - ◆ **Webservices, Websockets, Cloud (JSON, REST)**
  - ◆ **Darüber hinaus: Zugriffskontrolle, eventuell Blockchain zwecks Fälschungssicherheit**



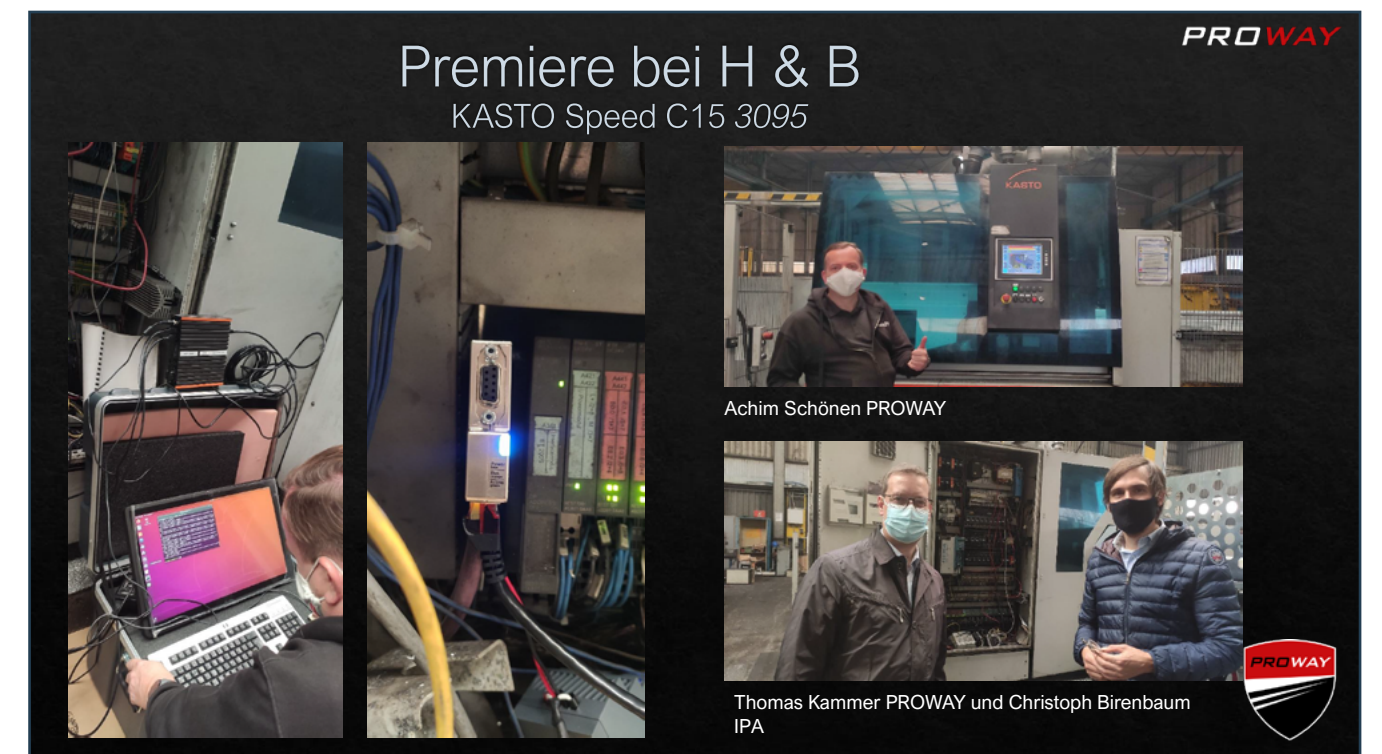




**Business Case: Materialbearbeitung**  
**Monitoring einer KASTO Säge**

1. Relevante Prozesse, Maschinen und Sensoren werden gesichtet
2. Säge-Daten aus dem Materialbearbeitungsprozess über SPS (an die **Middleware GAMMA 6**)
3. die notwendigen Protokolle und Befehle werden gemäß der Maschinenversion selektiert
4. Pilotphase/Erstanbindung über eine Simulation, eine Rechnerbox wird mit Gamma aufgesetzt
5. Erstanbindung an eine reale **Siemens S7 SPS (KASTO)** unter Laborbedingungen
6. ein Stabilitätstest der Hardware (Box) plus Software erfolgt über mehrere Tage
7. Eine Box als Demonstrator kommt direkt in der Fertigung, Box wird im Schaltschrank montiert und installiert mit Internetzugang über einen Router
8. die Daten von Sägeprozessen werden über die Middleware, strukturiert, gesammelt, weitergeleitet in eine Datenbank und schließlich ausgewertet (Realtime Monitoring)

PROWAY





# Gamma Grafische Tools

The diagram illustrates the Gamma tool architecture. It shows a 'Simple Panel Sample' (Python + Qt5) connected to a 'Data Model'. The 'Data Model' is linked to 'Gamma Explorer' and 'ga Service'. 'ga Service' is connected to 'config.xml' and 'system.xml'. The 'PROWAY' logo is visible in the top right corner.

# Daten Strukturierung (Builder)

The screenshot shows the Gamma Builder interface. It features a 'Model' tree with a 'Filter Expression' field. A table displays data for 'SystemA' with columns for Name, Data Type, and Value. Callouts indicate actions like 'Connect to Gamma', 'Add to Plot', 'Add to Function Generator', and 'Remove from Function Generator'. A 'Settings' dialog is also visible. The 'PROWAY' logo is in the top right corner.

Name	Data Type	Value
SystemA		
MemoryA		
GROUPA		
Arisy1		
PVL0B [1]	blob [500]	-Binary data-
PVIEE32 [1]	ieee32	9
PVIEE64 [1]	ieee64	10
PVSin16 [1]	sin16	4
PVSin32 [1]	sin32	6
PVSin64 [1]	sin64	8
PVSin8 [1]	sin8	2
PVString [1]	string [500]	Test String
PVLin16 [1]	uint16	3
PVLin32 [1]	uint32	5
PVLin64 [1]	uint64	7
PVLin8 [1]	uint8	1
Arisy4		
PVLin8 [2]	uint8	

# Visualisierung

The screenshot shows the XiSys Software visualization interface. It features a control panel with various gauges, buttons, and a data table. The 'PROWAY' logo is in the top right corner.

# Test & Logging & Analyse

The screenshot shows the test framework interface. It features a test execution flow, log messages, and a graph of test results. The 'PROWAY' logo is in the top right corner.

## Lessons Learned & Benefits für Proway / I4KMU

- ◆ Erstellung/Bereitstellung von **WebServices inkl. Web-Administration** für das Digital Factory Monitoring.
- ◆ Robuste Integration im **Shopfloor / in Schaltschränke, Praxiserfahrung, Langzeitstabilität.**
- ◆ **Erweiterung der MessageBroker Funktionalitäten.**
- ◆ **Vereinfachtes** Hinzufügen von weiteren Datenquellen auf **Maschinenebene (Siemens SPS, OPC UA, MQTT).**
- ◆ Erfahrung Begleitprozesse: **Integration, Betrieb & Wartung.**



## KONTAKT



**Proway RST GmbH**  
Carl-Zeiss-Str. 51  
85521 München/Ottobrunn  
Tel.: +49 (0) 89 96 11 60 18-00

**Team:**

Thomas Kammer, Bernd Binder, Christoph Zach, Achim Schönen

[b.binder@proway.de](mailto:b.binder@proway.de)

**Großer Dank geht an alle Teilnehmer, vor allem an das Fraunhofer IPA und KASTO.**



**Gamma Zauberwürfel:** voll funktionsfähiges Gamma in einer kleinen Sensorbox mit mobile App, vielen Wireless-Protokollen und einem breiten Spektrum an getesteten Sensoren, siehe [www.proway.de](http://www.proway.de)

Smart Farming	Smart Factory	Smart House	Smart City
Silo-Messwerte	Förderband	Arbeitszimmer	Energieverbrauchs-Messung
Erntetermini	Qualitätskontrolle	Küche	Wassertemperatur-Messung
UV-Einstrahlung	Wartung- und Servicezeit	Vollkammer	Trinkwasser-Qualitätsmessung
Bodenwerte	Schweiß- und Fertigung	Esszimmer	Strahlendosen-Überwachung
Pflanz-Qualität	Mess- und Prüfmittel	Schlafzimmer	Elektro-Tankstelle
Bodenfeuchtigkeit	Produktionssteuerung	Kinderzimmer	Klimaanlagen
Pflanzenwachstum	Roboter	Keller	Fahrrad-Verleih
Wachstumsrisiko		Flur	Parkplatz-Management
		Garage	LKW-Überwachung





# Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

Marvin Tritt, KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG



## Vorsprung durch Erfahrung. Quick Facts zu KASTO



Gründung  
1844



Eines der ältesten  
**Familien-**  
**unternehmen**  
Europas



Führend in  
**Metallsägen** und  
**Langgut-/**  
**Blechlager-**  
**systemen**



ca. **700**  
**Mitarbeiter**  
weltweit



Ausbildungs-  
quote **10 %**

2

*Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels*

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

## Von Anfang an. Das KASTO-Sägenprogramm



3

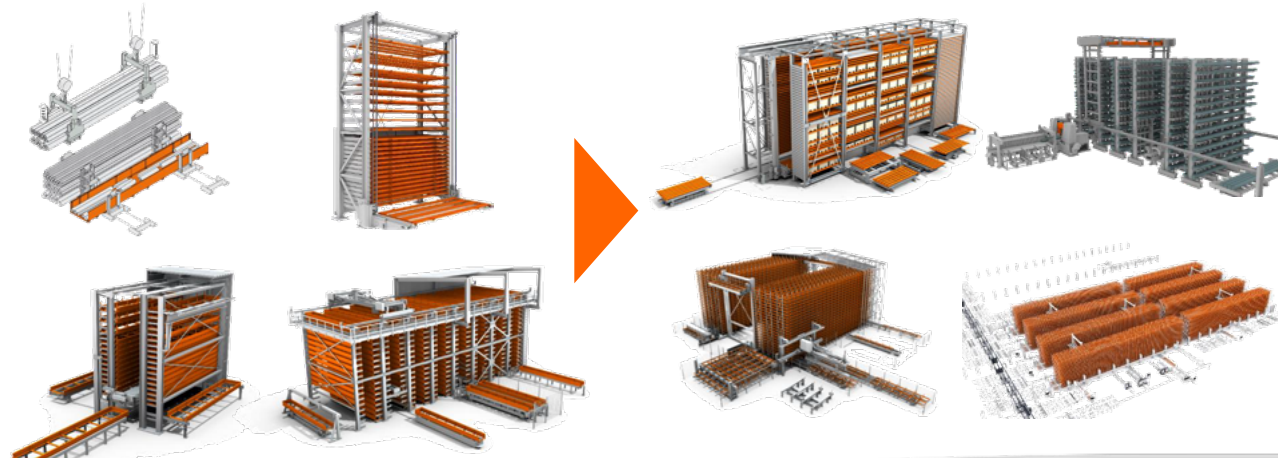
*Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels*

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

## Ein Lager für jede Anforderung. Das KASTO-Lagerprogramm

Vom Standardlager bis hin zur höchst kundenspezifischen Logistikköslung



4 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO**

## I4KMU

### Aktuelle Situation im Stahlhandel

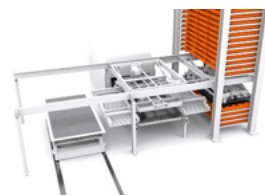
- > 70% der Unternehmen nutzen keinen digitalen Datenaustausch an Maschinen
- Metallhandel als aktiver Teil von Wertschöpfungsschritten
  - Zuschnitt, Dreh- und Fräsbearbeitungen (sog. Anarbeitungen)

6 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO**

## Automatisch zu mehr Leistung. Materialhandlings-Kombisysteme und Integration von Maschinen anderer Hersteller



**Automatische Blechvereinzeln und -kommissionierung**



**Automatische Stangenvereinzelnung**



**Manipulator zum Transport von Materialbündeln zum Ladeplatz**



**Problemlose Anbindung anderer Hersteller an KASTO Lagertechnik**

5 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO**

## I4KMU

### Ziele/ Forschung im Bereich Sägetechnik

- Einbindung von Wissensdatenbanken an ein Nutzernetzwerk
  - Generierung von Mehrwerten für Endanwender und Maschinenhersteller
- Datenaustausch zwischen Anwender, Werkzeug- und Maschinenhersteller
  - Ziel: Senkung der Prozesskosten + Erhöhung der Maschinenauslastung

7 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO**

## I4KMU

### Prozessdatenerfassung

- Beurteilung des Werkzeug- und Maschinenverschleiß auf Grundlage von Prozessdaten
- Generierung einer Wissensdatenbank aus Prozessdaten

8

Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme  
als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und  
Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

## I4KMU

### Bereitstellung der Daten an Projektpartnern

- Datenbereitstellung per VPN über OPC-Schnittstelle, *Lucon GmbH*
- Bereitstellung von Sägeprozessdaten an *Proway GmbH*
- Zukünftige Schnittstelle zu einer Werkzeugverwaltungssoftware von *iBlade GmbH & Co. KG*

10

Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme  
als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und  
Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

## I4KMU

### Erfasste Prozessdaten

- Stückzähler
- Sägemotorstrom in % vom Nennstrom
- Sägevorschub  $\frac{1 \text{ mm}}{10 \text{ min}}$
- Schnittgeschwindigkeit  $\frac{m}{min}$
- Stückzähler Gutteile
- Betriebsmodus
- Störung aktiv

9

Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme  
als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und  
Metallhandels

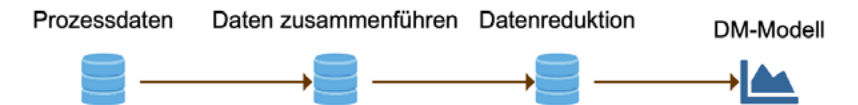
© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

## I4KMU

### Entwicklung einer Data-Mining Software

- Zielgerichtetes sammeln von Informationen aus einer Datensammlung um „Wissen“ über die Daten zu erhalten
- „Wissen“ ist ein Resultat der Datenbewertung durch Faktoren
- Verwendung des KDD-Prozess zur Mustersuche in einem Datensatz



11

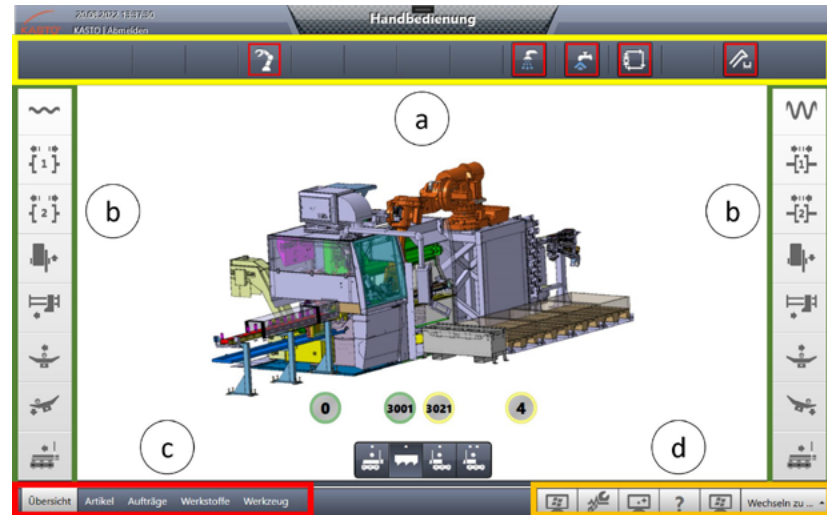
Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme  
als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und  
Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**



## I4KMU Einbindung der Data-Mining Software in die HMI



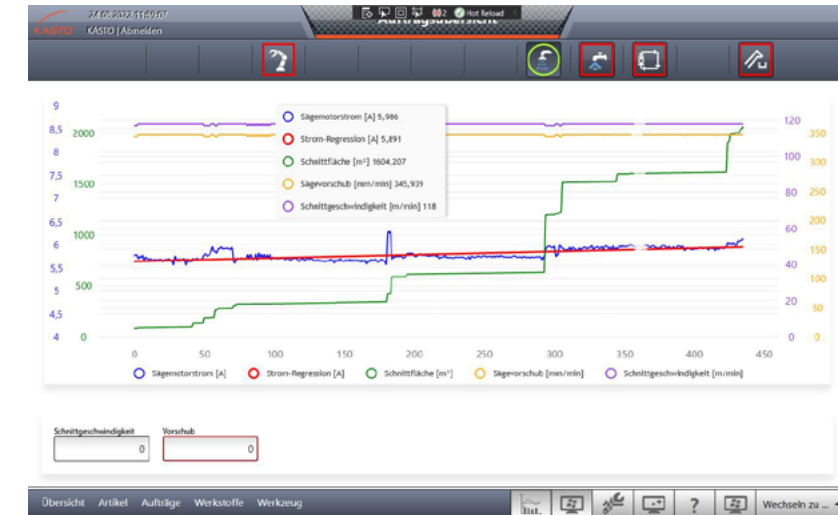
Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme  
als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und  
Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

12

## I4KMU Einbindung der Data-Mining Software in die HMI



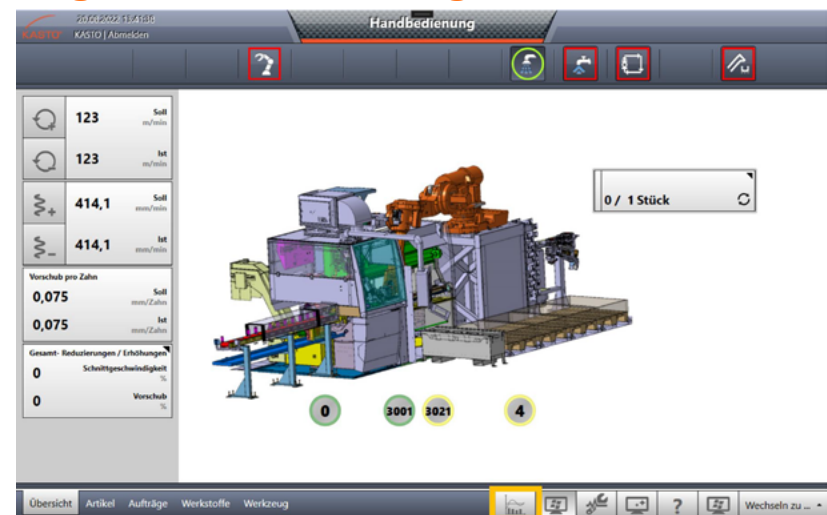
Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme  
als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und  
Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

14

## I4KMU Einbindung der Data-Mining Software in die HMI



Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme  
als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und  
Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

13

## I4KMU Einbindung der Data-Mining Software in die HMI

In Zukunft lassen sich dadurch:

- Prozessparameter vorschlagen
- Hinweismeldungen einblenden
  - Anomalieerkennung
  - Stark abweichende Schnittparameter zu vorherigen Schnittwerten bei gleichem Artikel

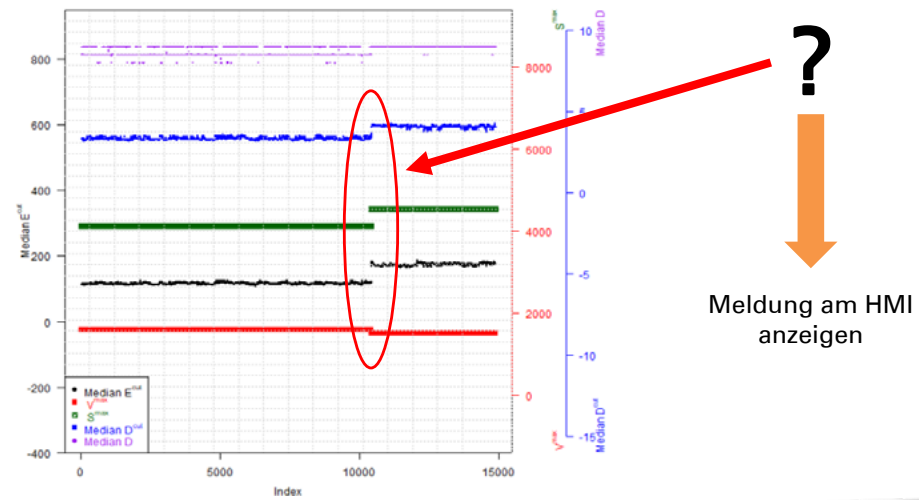
Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme  
als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und  
Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

15

## I4KMU Anomalieerkennung



16 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO**

## I4KMU Stromverlaufsanalyse mit Hilfe von Machine-Learning

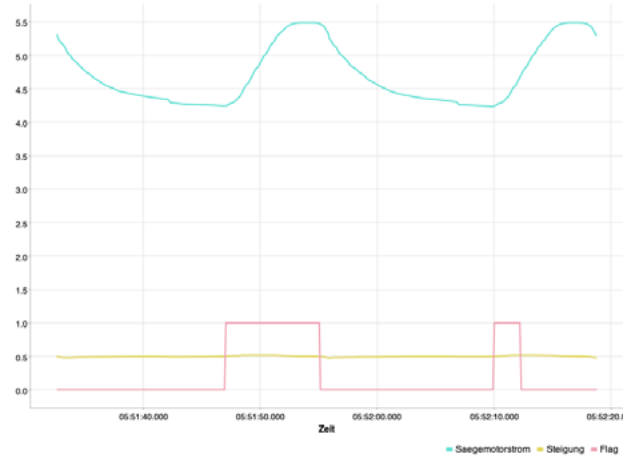
	i = 10	i = 11	...	i = 30	Flag
Datensatz 1	0.495500	0.496190	0.497220	0.498260	0
Datensatz 2	0.496190	0.497220	0.498260	0.499100	0
Datensatz 3	0.497220	0.498260	0.499100	0.499570	1
Datensatz 4	0.498260	0.499100	0.499570	0.500240	1
Datensatz 5	0.499100	0.499570	0.500240	0.505760	1
Datensatz 6	0.499570	0.500240	0.505760	0.510340	1

18 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO**

## I4KMU Stromverlaufsanalyse mit Hilfe von Machine-Learning



17 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO**

## I4KMU Predictive Maintenance

- Data-Mining Modell + Machine Learning zur Erkennung von Anomalien
- Reduzierung von Maschinenstillständen
- Erhöhung der Maschinenzuverlässigkeit

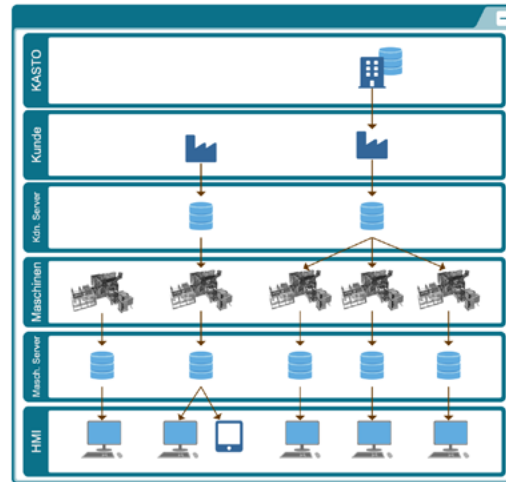
19 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO**

## I4KMU

### Einbindung der Wissensdatenbank



20 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

*Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels*

Marvin Tritt, Softwareentwickler, KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**

## I4KMU

### Fazit & Fortschritt

- Wissensdatenbank über allgemeine Sägeprozessdaten
- Verbesserte Entscheidungsfindung der Schnittparameter durch objektive Bewertung von aktuellen Prozessdaten und historisch gesammelten Daten
- Qualität und Wertschöpfung steigt mit zunehmender Anwendungsdauer

21 Digitalisierte Sägemaschinen und Lagersysteme als zentrale Bausteine eines effizienten Stahl- und Metallhandels

© KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Sägen. Lager. Mehr. **KASTO®**



# Optimierte Anarbeitung im Stahl- und Metallhandel durch den Einsatz von digitalen Assistenzsystemen - Chancen & Herausforderungen

Maximilian Dietsch, EAH Jena &  
Matthias Heine, HEINE + BEISSWENGER Stiftung + Co. KG

## Agenda

- Werkerassistenz
- Bedarfsanalyse
- Konzeption
- Umsetzung & Integration
- Chancen & Herausforderungen

## Optimierte Anarbeitung im Stahl- und Metallhandel durch den Einsatz von digitalen Assistenzsystemen – Chancen und Herausforderungen

Umsetzung eines Prototyps für Sägebetriebe im Projekt I4KMU:  
Referenz-Kollaborationsplattform als Schrittmacher für Industrie 4.0 in  
KMU geprägten Branchen

Maximilian Dietsch | EAH Jena



Matthias Heine | Heine + Beisswenger Stiftung + Co. KG

## Werkerassistenz

### Definition


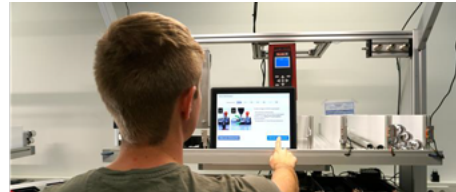
- Vermittlung von Fertigungs- oder Arbeitsinhalten mittels visueller, auditiver oder taktil-kinästhetischer Systeme
- Unterstützung des Mitarbeiters zur einfacheren und ggf. sicheren Bewältigung der Tätigkeit
- Präventive Fehlervermeidung und Verbesserung der Prozessstabilität
- Lösungen sollen die besonderen Fähig- und Fertigkeiten des Menschen mit den positiven Eigenschaften von technischen Systemen kombinieren

## Werkerassistenz



### Ausgangssituation

- Anwendung bisheriger System vorrangig für Montageprozesse
- Montagezeiten können durch den Einsatz verkürzt werden
- Darstellung häufig auf Bildschirmen mit zugehörigen Fertigungsinformationen
- Inhalte und Aufbau dienen jedoch eher Montageprozessen und keinen Servicetätigkeiten oder dem Prozessmonitoring





6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | [www.eah-jena.de](http://www.eah-jena.de) | 4



## Bedarfsanalyse



### Tätigkeitsschwerpunkte





Waren aus Lager entnehmen / zugehörige Parameter prüfen



Maschinen-/Werkzeugparameter einpflegen bzw. überprüfen

Statuskennwerte überwachen / Servicetätigkeiten durchführen



Qualitätsprüfung durchführen

Ware einlagern und für die weitere Verarbeitung vorbereiten


6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | [www.eah-jena.de](http://www.eah-jena.de) | 6

## Agenda



Werkerassistenz




Bedarfsanalyse



Konzeption





Umsetzung & Integration



Chancen & Herausforderungen

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | [www.eah-jena.de](http://www.eah-jena.de) | 5

## Bedarfsanalyse

### Anforderungen Werkerassistenzsystem

- Einarbeitung sowie Statusüberwachung von bspw. Leistung, Temperatur oder Schnittgeschwindigkeit
- Übertragung der bisher papierhaften Dokumente in eine digitale Form
- Sägeblattwechsel und Servicetätigkeiten nach Anweisungen und mit fest definierten Kriterien und Parametern für Vergleichbarkeit
- Tragbare Lösung für flexiblen Einsatz in der gesamten Produktion
- Oberflächengestaltung muss für Mitarbeitern:innen so angenehm wie nur möglich sein – Richtlinien/Empfehlungen für die Objekt- und Farbwahrnehmung sowie die visuelle Ergonomie beachten

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | [www.eah-jena.de](http://www.eah-jena.de) | 7

# Agenda

- Werkerassistenz
- Bedarfsanalyse
- Konzeption
- Umsetzung & Integration
- Chancen & Herausforderungen

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | www.eah-jena.de | 8

# Konzeption

## Entwurf Werkerassistenzsystem

- Analyse Bearbeitungsablauf des Sägezuschnitts mit dem Tablet als Werkerassistenzsystem
- Definition von relevanten Detailinformationen

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | www.eah-jena.de | 10

# Konzeption

## Entwurf Werkerassistenzsystem

- System soll folgende Informationen bereitstellen:
  - Prozessdaten Gesamtproduktion
  - Maschinendaten
  - Werkzeugdaten
  - Auftragszustandsdaten
  - Serviceinformationen
- Besonders wichtig ist die Übersicht über derzeitig aktive Aufträge und Belegungen an den Maschinen
- Nutzerabhängige Anzeige von Parametern

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | www.eah-jena.de | 9

# Agenda

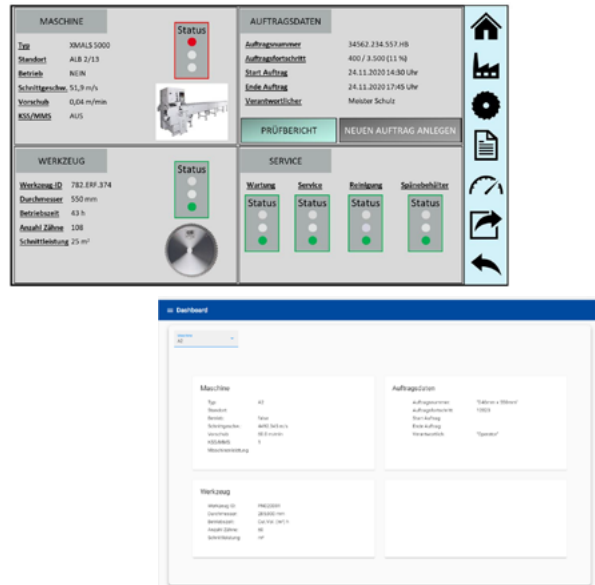
- Werkerassistenz
- Bedarfsanalyse
- Konzeption
- Umsetzung & Integration
- Chancen & Herausforderungen

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | www.eah-jena.de | 11



## Umsetzung & Integration

- Konzeptentwurf mit Haupt- und Unterebenen
- Weiterentwicklung zu einer GUI für den Endanwender mit definierten Unterebenen (Maschine, Auftrag, Werkzeug, Service/Prozesswerte)
- Wichtigste Kennzahlen auf Hauptebene direkt ersichtlich
- Schnellzugriffsmöglichkeiten auf bspw. Werkzeugwechsel



The screenshot shows a dashboard with several sections: 'MASCHINE' (Machine) with status indicators, 'AUFGABENDATEN' (Order Data) with a table of orders, 'WERKZEUG' (Tool) with tool status, and 'SERVICE' with service status. A 'Dashboard' overview is also visible below.

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | www.eah-jena.de | 12

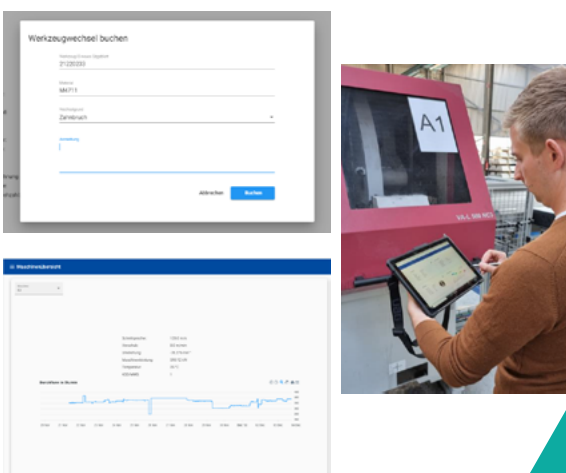
## Agenda

- Werkerassistenz
- Bedarfsanalyse
- Konzeption
- Umsetzung & Integration
- Chancen & Herausforderungen

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | www.eah-jena.de | 14

## Umsetzung & Integration

- Mobile Bereitstellung mittels 12 Zoll Tablet
- Umsetzung der Assistenzoberfläche über eine Progress Web App
- Logik und Verarbeitung der Daten erfolgt nicht offline auf dem Tablet sondern über die Cloud
- Daten können simultan vom Projektpartner abgerufen werden
- Ergänzende Informationen können in unterschiedlichen Ebenen eingefügt werden
- Integration des Tablets in Endanwenderdomäne



The screenshot shows a 'Werkzeugwechsel buchen' (Book tool change) form on a tablet. A photo shows a worker using the tablet in a factory setting.

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | www.eah-jena.de | 13

## Chancen & Herausforderungen

- Einfache Nutzung der Oberfläche auch für ungelernete Arbeitskräfte
- Schneller Überblick über alle relevanten Parameter
- Digitale Verwaltung aller Prozessdaten
- Prozessverbesserungsmaßnahmen ableitbar
- Gesteigerte Ordnung und verbesserte Organisation
- Erweiterungen bedarfsgerecht möglich

- Aufwendige Integration des Gesamtsystems
- Häufige Änderungen/Anpassungen an Gegebenheiten
- Korrekte Kommunikation über mehrere Ebenen hinweg (korrekte ID's, Schnittstellen, etc.)

6. Dezember 2022 | Maximilian Dietsch | Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen | www.eah-jena.de | 15

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Sägetagung Fraunhofer Institut 6.12.22 – Projektbericht i4KMU

- Unternehmensvorstellung Heine + Beisswenger Stiftung + Co. KG
- Ziele und Herausforderungen des Projektes i4KMU
- Praxisanwendung
- Ergebnisse aus dem Projekt und Fazit

6.12.22 1 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Handel

### VIELSEITIGES PORTFOLIO

ca. 50.000 Tonnen Lagervolumen

Langprodukte

- Unlegierter Stahl
- Legierter Stahl – Qualitätsstahl
- Werkzeugstahl
- Sonderdrehgüten
- Edelstahl/Rostfrei
- Messing
- Aluminium
- Kupfer
- Federdraht
- Werkstoffe nach Kundennormen

6.12.22 3 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Unsere Kennzahlen

Mehr als 25.000 Artikel in unterschiedlichsten Ausführungen

Umsatz 2021  
**318 Mio. €**

Über 5.000 Kunden aus verschiedenen Branchen

Zertifizierung nach  
DIN EN ISO 9001:2008  
DIN EN ISO 50001:2018  
In den Produktionsunternehmen:  
IATF 16949:2016  
ISO 14001:2015

Absatz 2021  
**232.000 Tonnen**

6.12.22 2 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Die Heine + Beisswenger Gruppe - Innovationen

FASSADENKNOTEN 3-D-GEDRUCKT FÜR FREIFORMFASSADEN

3X3 FAHRRAD-NABENGETRIEBE FÜR E-BIKES + BIOBIKES

6.12.22 4 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Greenline

Erste GRÜNE Stahlpartnerschaft

GMH GRUPPE HEINE+BEISSWENGER H+B SANDVIK Coromant

GREEN STEEL CO<sub>2</sub>-neutraler Stabstahl produziert mit 100% grünem Strom

GREENLINE

Stahltransport mit einem eLKW, optimierte Anarbeitung

GreenFactory „Green Factory“ Konzept

Zweite GRÜNE Stahlpartnerschaft

ANDERNACH & BLECK HEINE+BEISSWENGER H+B MAGNETSCHULTZ ZF

Einsparung 2019 2022 2024

35% -710 kg CO<sub>2</sub>/Tonne

41% -540 kg CO<sub>2</sub>/Tonne

6.12.22 5 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Projekt i4KMU – Herausforderungen

- Auswahl der Maschinen:
  - Maschinenauswahl: relevante Stückzahlen, relevante Werkzeugverbräuche,
  - Welche Maschinen können Daten liefern? Welche Maschinen können über einfach abzunehmende Parameter angeschlossen werden (Strom-/Leistungsverbräuche, Schwingungen, Geräusentwicklung, etc.),
- Definition der Schnittstellen zu den Maschinen,
- Einbindung in das Unternehmensnetzwerk,
- Schaffung von Zugriffsmöglichkeiten von extern für die Projektteilnehmer,
- Durch verlängerte Laufzeit des Projektes (Corona) galt es, Maschinen zu ersetzen.

6.12.22 7 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Projekt i4KMU – Ziele für uns als Endanwender

### Digitalisierung in der Anarbeitung

- zur Verfügungstellung der Aggregate zur Umsetzung des Projektes,
- elektronische Erfassung der Daten,
- elektronische Verfolgung der Daten mittels Darstellung als Zeitreihe,
- Auswertung und Optimierung der Prozesse,
- Schaffung allgemeiner Transparenz der Prozesse.

6.12.22 6 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Sägeblatt-Verwaltung

**Vorher:** Führen eines Formulars mit manuellem Aufwand

**Nachher:** Einfache Verwaltung der Werkzeuge durch Scan  
Einsparung: 5 – 10 min / Sägeblattwechsel, sofortige Verfügbarkeit der Daten

6.12.22 8 / 24



GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Dash-Button zur Meldung des Nachschärfeprozesses bei Sägeblättern

**Vorher:** Telefonische Abstimmung mit dem Schärfttechnik-Unternehmen

**Nachher:** Bestellung und Verwaltung des Schärfauftrages per Tastenklick

Einsparung: ca. 15 min / Sägeblatt-Schärfauftrag, Verwaltung der Sägeblätter: intern Lager/ extern Schärfbetrieb






22 mm x 34 mm x 92,5 mm

6.12.22

9 / 24

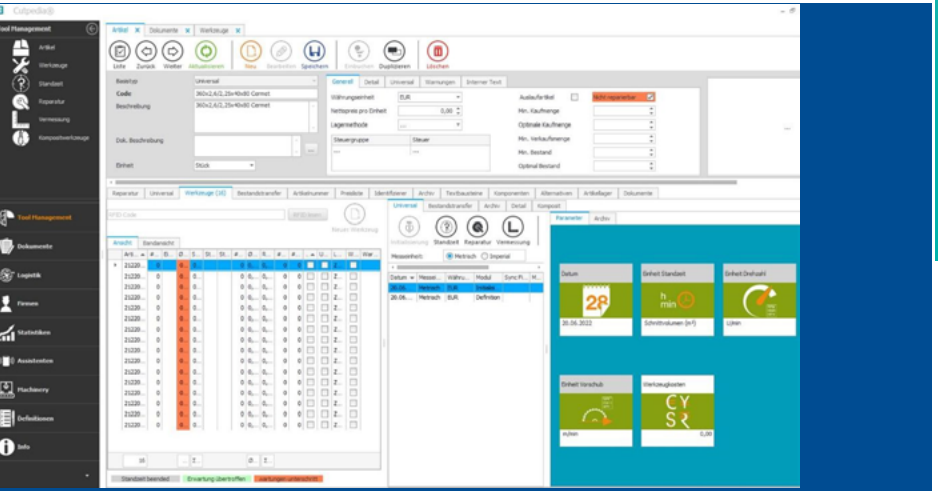
GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Sägeblatt-Bestandsverwaltung

Einbuchung Werkzeug



6.12.22

11 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe


## Sägeblatt-Labeling



Generieren Barcode



Labeldruck Barcode



Verwaltung Lagerbestand und Einlesen an der Maschine

6.12.22

10 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Sägeblatt-Bestandsverwaltung

Werkzeugverwaltung Lager



6.12.22

12 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Sägeblatt-Bestandsverwaltung

Lagerbestand Sägeblätter gesamt:

6.12.22

13 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Maschinenzustandsübersicht

6.12.22

15 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Produktionsübersicht Maschinen

6.12.22

14 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Maschinenleistungsdaten

6.12.22

16 / 24



GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Maschinendaten - Werkzeugauswahl

**Maschinendaten**

Material:  Drop-Down Feld | Länge Zuschnitt: 906 mm  
 Vorschub: 90 % (0,04 m/min) | Stückzahl Gesamt: 450  
 Schnittgeschwindigkeit: 100 % (51,9 m/s) | Anschnitt: 30 mm  
 Länge Ausgangsmaterial: 12060 mm | Ø Material: 50 mm

Material	Anwendungsdaten		Optimale Verzahnung									
	min-1	Vorschub pro Zahn	Ø 30 mm	Ø 35 mm	Ø 40 mm	Ø 45 mm	Ø 50 mm	Ø 55 mm	Ø 60 mm	Ø 65 mm	Ø 70 mm	Ø 75 mm
20CrMo5mod.	120	0,07	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
20MoCr4	110	0,07	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
23MnCrMo5	110	0,07	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
25MoCr4	100	0,07	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
30MnVS6	100	0,07	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
34MnCrMo64	100	0,07	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
38MnVS6	110	0,06	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
70MnVs4	110	0,06	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
C50E2	100	0,07	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
C50R	130	0,07	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
C70S6	100	0,06	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60
CFS3	120	0,07	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60

6.12.22

17 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Werkzeugwechsel-Buchung

**WERKZEUGWECHSEL BUCHEN**

Name: Bediener 1  
 Datum: 05.09.2022  
 Uhrzeit: 15:34 Uhr  
 Altes Sägeblatt: [ist bereits in Maschine gebucht]  
 Neues Sägeblatt: WKZ-ID  Eingabefeld  
 Betriebszeit: 12 h  
 Schnittleistung: 14 m<sup>2</sup>  
 Austauschgrund:  Drop-Down Feld  
 Anmerkungen:

EINGABEN BUCHEN ANLEITUNG ABRUCH

6.12.22

19 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Werkzeugdaten

Ebene 1.2 – Werkzeug (V1) Werker

**Werkzeug ID 782.ERF.374**

Standort: Lager 1.04 | Blattstärke: 7 mm  
 Lagerbestand: 32 Stk | Bohrung: 80 mm  
 Einsatz für: Stahl | Typenbez.: Rund\_Typ214  
 Hersteller: Kuhnle | Anzahl Zähne: 108  
 Durchmesser: Ø 50 mm | Max. rpm: 10.000  
 Schnittbreite: 4 mm

**Status**

● ● ●

Betriebszeit: 32 h  
 Verschleiß: 17%  
 Umdrehung: 200 min<sup>-1</sup>  
 Schnittleistung: 75 m<sup>2</sup>

WERKZEUGWECHSEL

6.12.22

18 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Auftragsstatus

**Auftrag Nr. 34562.234.557.HB**

Auftragsstandort:	XMALS 5000
Auftragsfortschritt:	8.530 / 15.000 (57 %)
Start Auftrag:	24.11.2020 14:30 Uhr
Ende Auftrag:	24.11.2020 17:45 Uhr
Verantwortlich:	Meister Schulz

AUFTRAG EINSEHEN

Anzahl Schnitte IST / SOLL:	8530 / 15000	57 %
Gesägte Fläche:	45 m <sup>2</sup>	57 %
Maschinenleistung:	15 kW	
Taktzeit:	15 s/Stück	
Stromverbrauch / Stück:	0,25 kWh	

6.12.22

20 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Service-Nachweis-Buchung

**REINIGUNG BUCHEN**

Name: Bediener 1  
 Datum: 05.01.2021  
 Uhrzeit: 15:34 Uhr

Inhalt:
 

- Anlage außen säubern
- Förderband säubern
- Materialzuführung säubern
- Spänereste Maschine/Behälter entfernen

Anmerkungen: Reiniger VZ4000 gegen Reiniger TZ50 ersetzt

EINGABEN BUCHEN
ANLEITUNG
ABBRUCH

6.12.22

21 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Projekt i4KMU – Ergebnisse des Projektes

- Konzeption einer intuitiven GUI für die Sägen- und Werkzeugverwaltung,
- Ausrüstung der Maschinen mit Schnittstellen und zusätzlicher Sensorik,
- Aufzeichnung der Daten außerhalb der Maschinensteuerungen,
- Auswertung der Daten, Ergebnisinterpretation und Ableitung von Maßnahmen (Reduzierung Werkzeugverschleiß, Ermittlung und Überwachung des Energieverbrauchs, etc.),
- Digitalisierte Werkzeugverwaltung, Werkzeugverbrauchsverbuchung, automatisierter Nachschärf-Anforderungs-Prozess (Dash-Button).

6.12.22

23 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Qualitätskontrolle digital

**HEINE+BEISSWENGER H+B**

**Prüfbericht DE**    Sägenfräse Daimler Unterlärkheim

Güte: \_\_\_\_\_  
 Abmess.: \_\_\_\_\_  
 Charge: \_\_\_\_\_

Vorgabe:
 

- Länge in mm: \_\_\_\_\_ Tol: \_\_\_\_\_
- Gewicht in Gramm: \_\_\_\_\_ Tol: \_\_\_\_\_

Säge	LT Nr.	Masseingabe			Name	Geprüfte Teile pro Behälter Toleranzeingabe 1											Datum				
		1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	16		
XMALLS 5000																					

EINGABEN BUCHEN

6.12.22

22 / 24

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

KMU

HEINE+BEISSWENGER H+B Gruppe

## Projekt i4KMU – Fazit aus dem Projekt

„Das Projekt hat gezeigt, welche wertvollen Erkenntnisse durch die Digitalisierung im Anarbeitungsprozess gewonnen werden können. Dadurch ergibt sich erhebliches Verbesserungspotential durch einen schnellen Zugriff auf archivierte Daten, Transparenz im Produktionsprozess und Kostenreduzierungseffekte durch Optimierung der technischen Parameter.“

Diese Möglichkeit wurde durch das Projekt i4KMU geschaffen. Ein Dank geht an dieser Stelle an das Bundesministerium für Bildung und Forschung und an das PTKA Projektträger Karlsruhe für die Förderung des Projektes. Wir werden die Ergebnisse weiter verfolgen und in jedem Fall in Zukunft weiter daran arbeiten.“

M. Heine

6.12.22

24 / 24



# Digitale KMU-gerechte Geschäftsmodelle für Stahlhandelsunternehmen

Stephan Neubauer, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA



## Agenda

1. Motivation und Einordnung von datengetriebenen Geschäftsmodellen
2. Vorgehen im Projekt I4KMU
3. Erkenntnisse aus dem Projekt

Seite

Offen

## Potential datengetriebener Geschäftsmodelle

Erlössteigerung durch Serviceorientierung



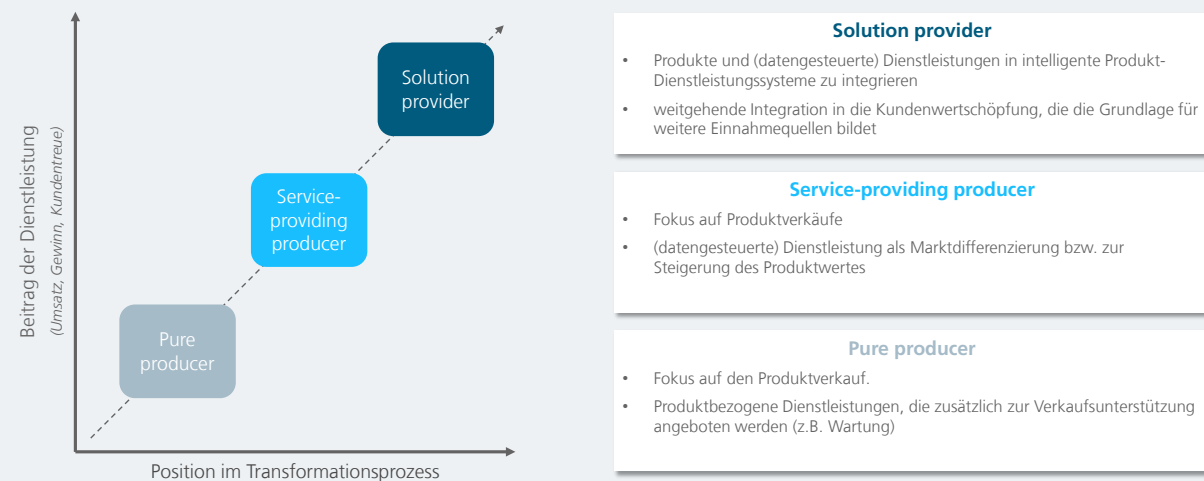
Seite

Quellen: <sup>1</sup>bcg.com; <sup>2</sup>pages.stern.nyu.edu; dudn.de; aero.de; hilti.ch; rolls-royce.com

Offen

## Kategorisierung datengetriebener Geschäftsmodelle

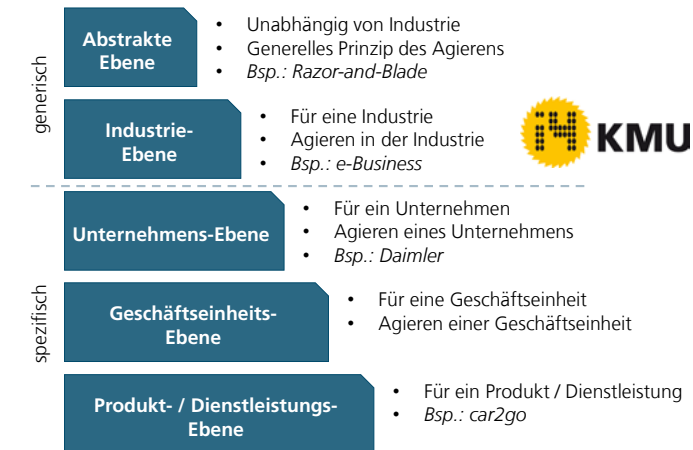
Traditionelle Hersteller können sich durch die Digitalisierung in Dienstleistungsanbieter verwandeln und neue Einnahmequellen erschließen - Referenzmodell



## Geschäftsmodell

Ein Geschäftsmodell beschreibt die Grundlogik des Wirtschaftens anschaulich in einem Rahmenkonzept

### Geschäftsmodell-Ebenen



Betrachtung von Geschäftsmodellen auf verschiedenen Ebenen:

- Ermöglicht es analysierte Geschäftsmodelle entsprechend zuzuordnen
- Unterstützt die Ideen-Generierung durch Abgrenzung und Übertragung zwischen den Ebenen

## Geschäftsmodell

Ein Geschäftsmodell beschreibt die Grundlogik des Wirtschaftens anschaulich in einem Rahmenkonzept

### Geschäftsmodell-Dimensionen und -Elemente

Dimensionen	Leitfragen	Elemente
<b>Kunden</b>	Für wen werden die Leistungen erbracht?	Kundensegmente, Kundenkanäle, Kundenbeziehungen
<b>Nutzen</b>	Was wird den Kunden angeboten?	Leistungen, Nutzen
<b>Wertschöpfung</b>	Wie werden die Leistungen erstellt?	Ressourcen, Fähigkeiten, Prozesse
<b>Partner</b>	Mit wem wird kooperiert?	Partner, Partnerkanäle, Partnerbeziehungen
<b>Finanzen</b>	Wodurch entstehen Kosten und womit werden Umsätze erzielt?	Umsätze, Kosten

Betrachtung von Geschäftsmodellen in fünf Dimensionen:

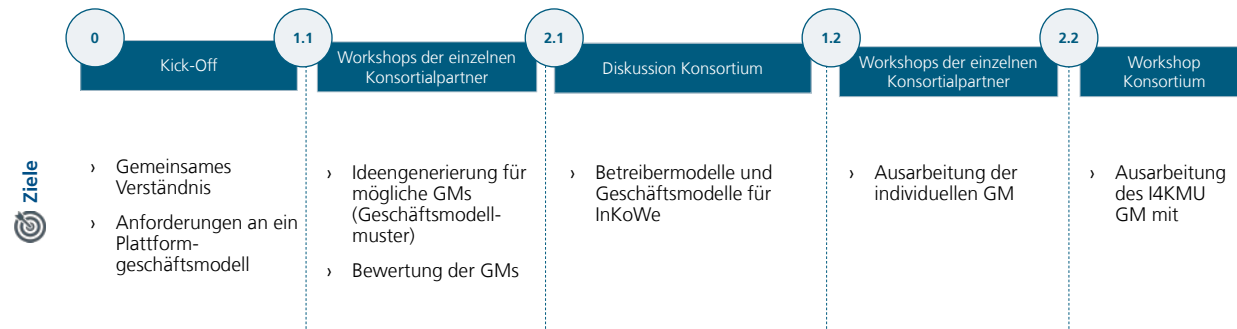
- Reduzierung der Komplexität (z.B. vom Metamodell)
- Systematischer Aufbau für gute Handhabbarkeit

## Agenda

1. Motivation und Einordnung von datengetriebenen Geschäftsmodellen
2. Vorgehen im Projekt I4KMU
3. Erkenntnisse aus dem Projekt

## Vorgehen bei der Geschäftsmodellentwicklung

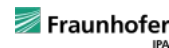
Wechselseitige Workshops für Einzel- und Gesamtgeschäftsmodell



Seite

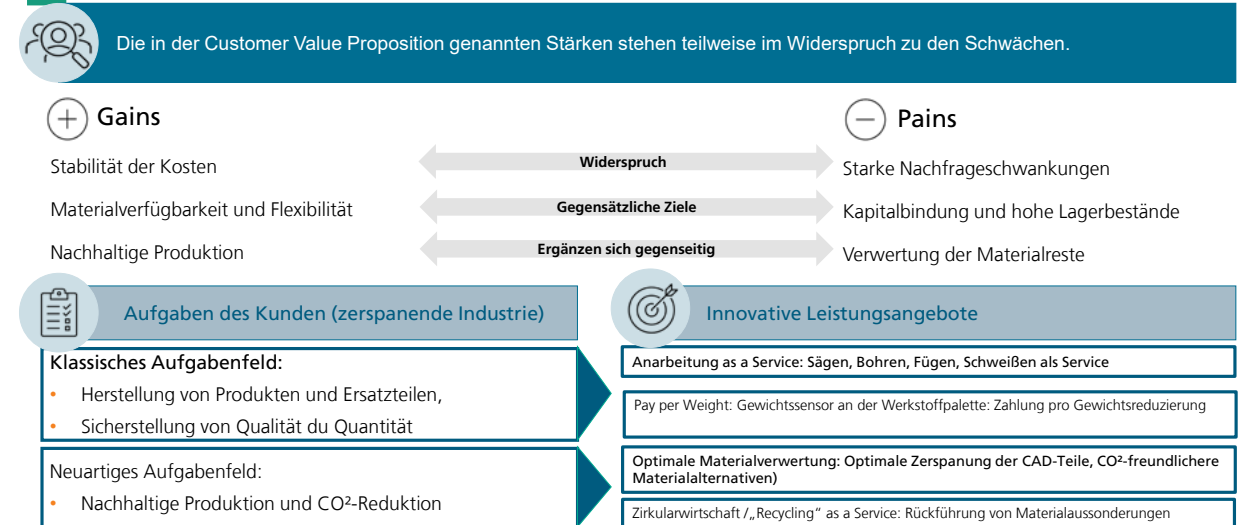
Industrie 4.0 - Kollaborationen in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken (InKoWe)

Offen



## Erkenntnisse aus dem Workshop

Anforderungen an die Einzelservices



Seite

Offen

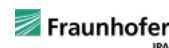


## Agenda

1. Motivation und Einordnung von datengetriebenen Geschäftsmodellen
2. Vorgehen im Projekt I4KMU
3. Erkenntnisse aus dem Projekt

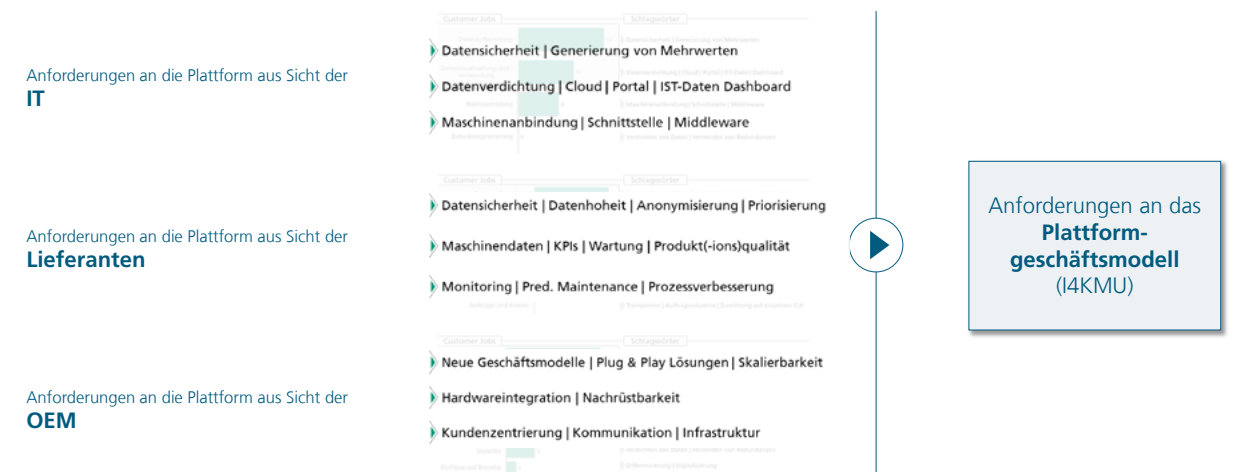
Seite

Offen



## Erkenntnisse aus dem Workshop

Anforderungen an die „Plattform“



Seite

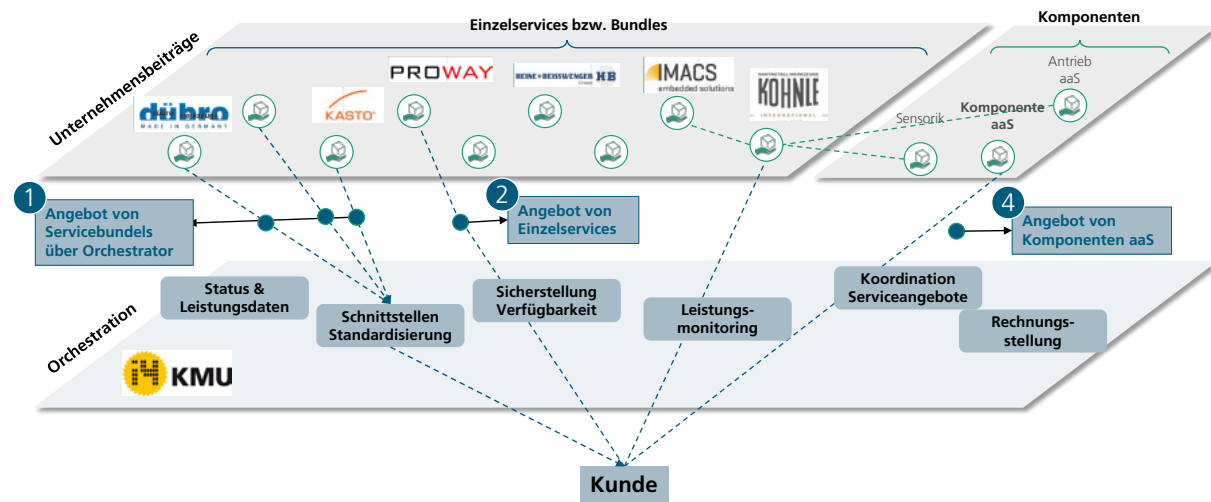
Offen





## Erkenntnisse aus dem Workshop

Ebenenmodell der „Plattform“



Seite

Offen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Nächste Schritte

Easy2IOT

+ Ansprechpartner

Seite

Offen

# Datenanalyse, -aufbereitung und -darstellung von Sägeprozessen als Basis für optimierte Trennprozesse

Andreas Lucks, Lucon GmbH

## Lucon GmbH

- Softwarehaus
- Schwerpunkt ist die Entwicklung und der Betrieb von IoT Portalen
- Lucon IoT Hub als Standard-Cloud-Lösung
- Entwicklung Individualsoftware
- Referenzen, Auszug



lucon

KMU

## Systemarchitektur i4KMU

BETREUT VOM



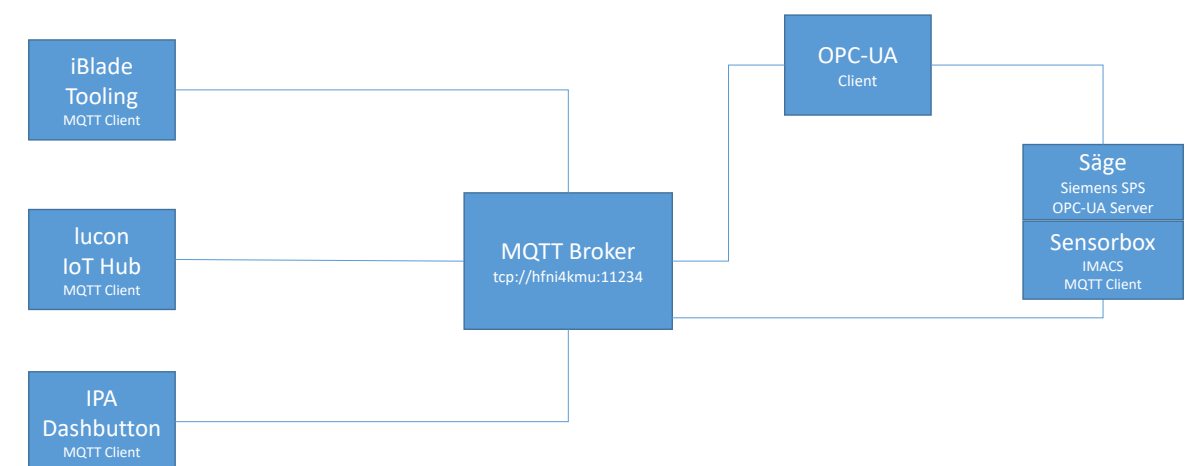
GEFÖRDERT VOM



lucon

KMU

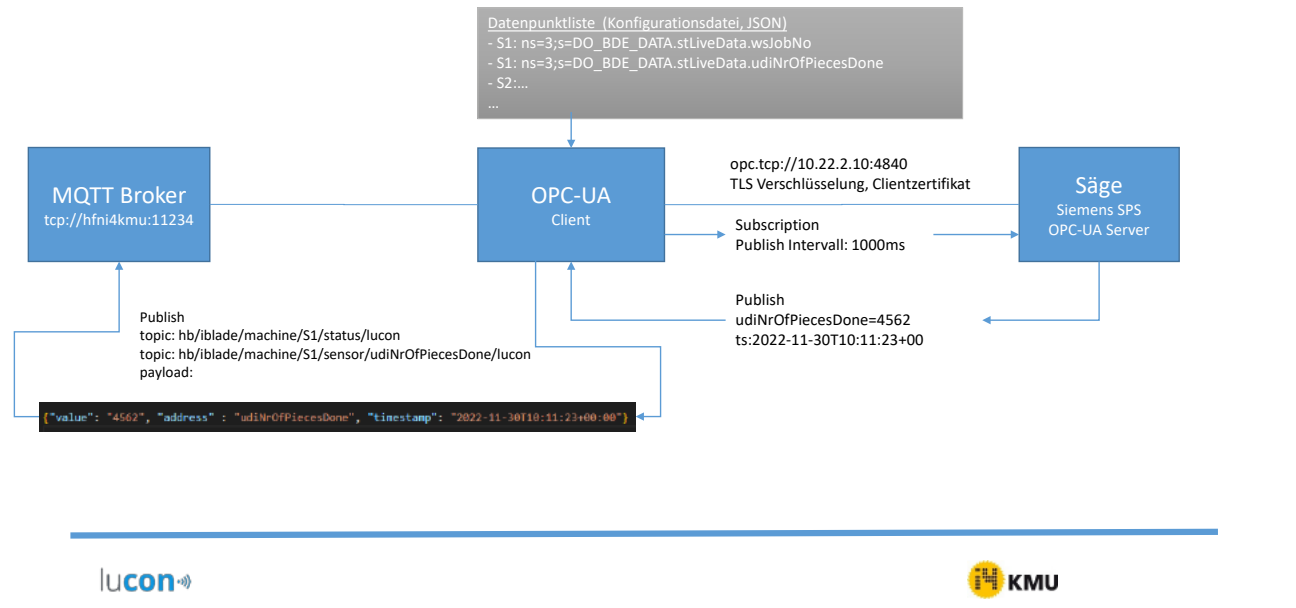
## Übersicht Architektur



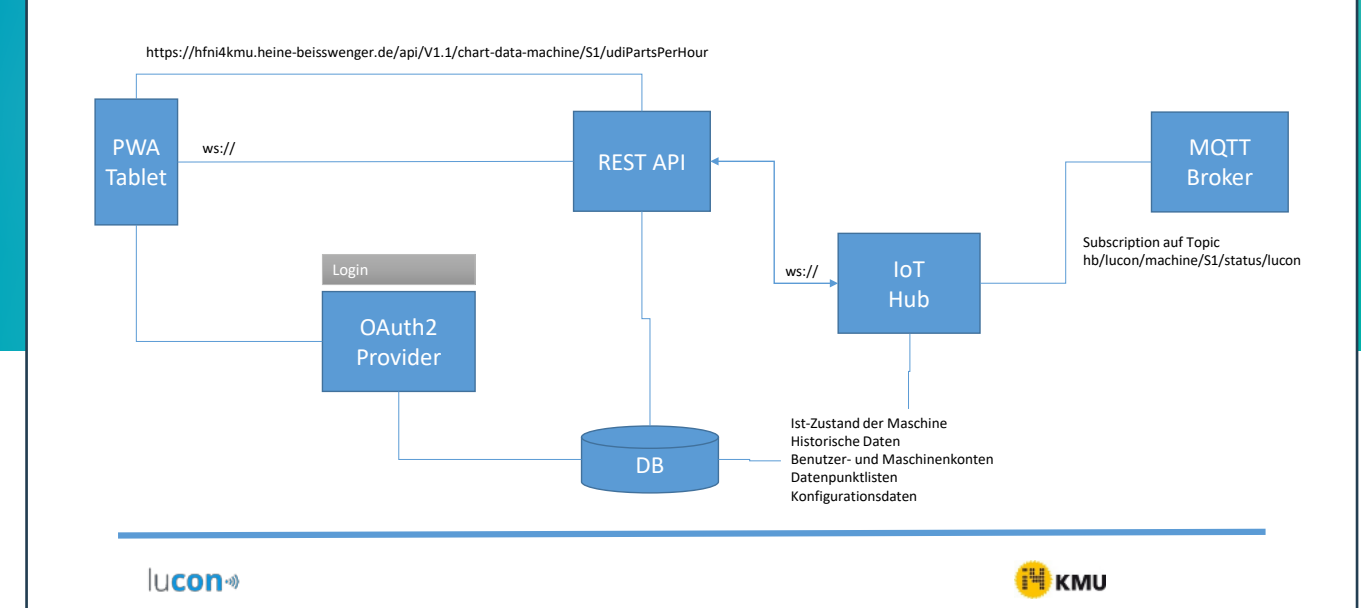
lucon

KMU

## OPC-UA

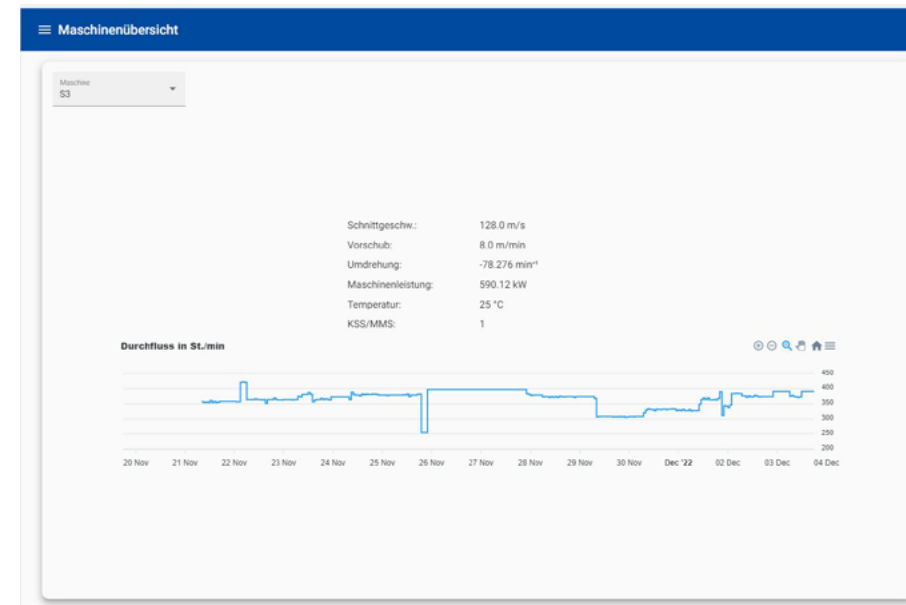


## lucon IoT Hub



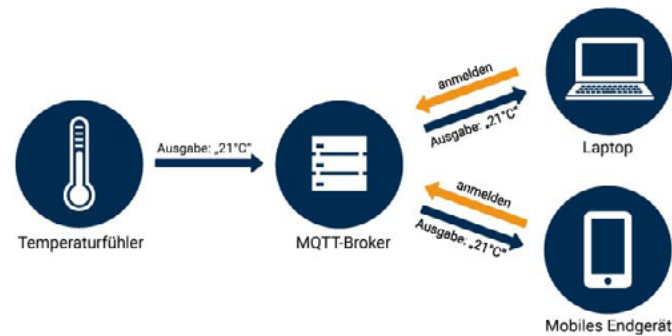
## OPC Unified Architecture

- Entwickelt von der OPC Foundation, ein globales Industriekonsortium (500 Mitgliedsfirmen)
- Löst den veralteten Standard basierend auf COM/DCOM ab.
- OPC UA ist das Industrieprotokoll der Zukunft, zumindest für den deutschen und europäischen Markt.
- Herstellerunabhängig und plattformneutral.
- Es definiert einheitliche Schnittstellen, wie man auf Daten und Anwendungen zugreift.
- Die Standardisierung sorgt für ein hohes Maß an Interoperabilität zwischen verschiedenen Anwendungen und Herstellern
- Industrie 4.0 und Digitalisierung erfordern eine starke Vernetzung und OPC UA ermöglicht genau das
- IT Security ist Teil des OPC-UA-Standards, hierfür wurde eigens ein Security Layer spezifiziert. Authentifizierung und Verschlüsselung ist im Design berücksichtigt





## Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)



## MQTT Broker

- Der **MQTT-Broker** steht im Mittelpunkt jedes Publish / Subscribe-Protokolls
- Kann bis zu Tausende gleichzeitig verbundene MQTT Client verwalten
- Ist die zentrale Datendrehscheibe (empfangen, filtern, transformieren verteilen)
- Übernimmt die Aufgabe der Authentifizierung und Autorisierung
- Ausfallsicherheit und Skalierbarkeit müssen bedacht werden

## MQTT Eigenschaften

- Leichtgewichtiges Messaging-Protokoll
- Anforderungen an Systemressourcen gering (Raspberry Pi)
- Im IoT Bereich sehr beliebt
- Unterstützt verschiedene sogenannte Servicequalitätslevel
  - Einsatz abhängig von der Stabilität des Netzwerks
  - Legt fest, ob Nachrichten höchstens einmal (QoS = 0), mindestens einmal (QoS = 1) oder exakt einmal (QoS = 2) übertragen werden
- Extrem effizient, da Binärformat, ermöglicht kompakte Übertragung
- Sessions ermöglichen das Zwischenspeichern von Daten, falls ein Client temporär offline geht

## MQTT 5

- Im Jahr 2019 veröffentlicht
- Nachfolgerversion von MQTT 3.1.1
- Shared Subscriptions
  - Subscriber eines Topics können sich das Topic „teilen“.
  - Ermöglicht Lastverteilung durch mehrere Client
- Session Expiry
  - MQTT 3.1.1 keine Möglichkeit vor, einen Ablaufzeitpunkt für Sessions zu definieren
  - Problem bei vielen veralteten Verbindungen
- Message Expiry
- Request/Response-Funktionalität
- Client- und serverseitige Angabe der maximalen Größe von Nachrichten
- Erweiterte Mechanismen zur Authentifizierung



## Massendatenhaltung - Partitionierung

- In diesem Projekt insbesondere bei Zeitreihen relevant
- Hohe Abtastraten bei vielen Datenpunkten erzeugen eine große Zahl an Datensätzen in kurzer Zeit
- Anzahl Datensätze (Messwerte) geht schnell in die Milliarden
- Stellt hohe Herausforderung an die Datenhaltung und -sicherung
- Partitionierung der Daten zwingend erforderlich
- CRUD Operationen bei großen Tabellen (ohne Partitionierung) können ressourcenintensiv sein und zu langsamen Abfragen und sich gegenseitig blockierenden Prozessen führen.
- SQL Server unterstützt Table-Partitioning
  - Organisiert die Daten jeweils in sich abgeschlossene Verwaltungseinheiten
  - Muss aktiv implementiert werden
  - Auswahl eines geeigneten Partition-Keys, z.B. Stunden oder -tagesintervalle
  - Das Löschen einer Partition ist nur eine simple Metadaten-Operation, das Löschen von tausenden Datensätzen aus einer großen Tabelle dagegen sehr ressourcenintensiv
  - Fragmentierung nach Inserts oder Updates beschränkt sich immer auf die jeweilige Partition. Das wiederum vereinfacht regelmäßige Wartungsaufgaben an der Datenbank.
  - Partitionen mit älteren Daten können günstig archiviert werden

lucon

KMU

## Technologie-Stack lucon IoT Hub

- Backend
  - Datenbank SQL Server
  - Services in .NET Core
    - Plattformübergreifende [Open Source Entwicklerplattform](#)
    - Breite Unterstützung von App-Typen (Cloud, Desktop, Dienste)
  - Programmiersprache in C#
  - Services kommunizieren über Service-Bus
  - Hosting als App-Service in Azure oder in VM onPrem oder Azure-VM
- Frontend
  - Angular (Web Entwicklungsframework für SPAs und PWAs)
  - Läuft in gängigen Webbrowsern
  - TypeScript (streng typisierte Programmiersprache basierend auf JavaScript)
  - Bibliotheken von Drittherstellern
    - Highcharts für Trenddarstellungen
    - Google Maps
    - Zeitzone-Umrechnung

lucon

KMU





# Projekt- & Ansprechpartner

BETREUT VOM



**Projektträger Karlsruhe (PTKA)**  
**Karlsruher Institut für Technologie (KIT)**  
 Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
 76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
[www.ptka.kit.edu](http://www.ptka.kit.edu)

**Thomas Rosenbusch**  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
 Projektmanagement im Bereich Forschungsförderung (Produktionslogistik, Robotik, KMU)  
 E-Mail: [thomas.rosenbusch@kit.edu](mailto:thomas.rosenbusch@kit.edu)  
 Telefon: +49 721 608-25273



**BDS AG - Bundesverband Deutscher Stahlhandel**  
 Wiesenstraße 21  
 40549 Düsseldorf  
[www.stahlhandel.com](http://www.stahlhandel.com)

**Jörg Feger**  
 Prokurist, Bereichsleiter Research  
 E-Mail: [feger-bds@stahlhandel.com](mailto:feger-bds@stahlhandel.com)  
 Telefon: +49 (0) 211 – 86497-26



**Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA**  
 Nobelstraße 12  
 70569 Stuttgart  
[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

**Dr. Christoph Birenbaum**  
 Gruppenleiter Fertigungssysteme  
 E-Mail: [christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de](mailto:christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de)  
 Telefon: +49 711 970-1536

**Stephan Nebauer**  
 Unternehmens- und Produktionsstrategie  
 E-Mail: [stephan.nebauer@ipa.fraunhofer.de](mailto:stephan.nebauer@ipa.fraunhofer.de)  
 Telefon: +49 711 970-1291



**IMACS GmbH**  
 Alfred-Nobel-Straße 2  
 55411 Bingen am Rhein  
[www.imacs-gmbh.com](http://www.imacs-gmbh.com)

**Andreas Foltinek**  
 Geschäftsführer  
 Leitung Vertrieb, Produktstrategie  
 E-Mail: [andreas.foltinek@imacs-gmbh.de](mailto:andreas.foltinek@imacs-gmbh.de)  
 Telefon: +49 6721 48035-31



**lucon GmbH**  
 Nicolaus-Augustin-Str. 10  
 49716 Meppen  
[www.lucon-systems.de](http://www.lucon-systems.de)

**Andreas Lucks**  
 Geschäftsführer  
 E-Mail: [andreas.lucks@lucon.biz](mailto:andreas.lucks@lucon.biz)  
 Telefon: +49 5931 845-166



**KOHNLE GmbH Hartmetall-Werkzeug-Fabrik**  
 Aiblinger Straße 36  
 D-83059 Kolbermoor  
[www.kohnle.net](http://www.kohnle.net)

**Michael Kohnle**  
 Geschäftsführer  
 E-Mail: [info@kohnle.net](mailto:info@kohnle.net)  
 Telefon: +49 80 31 29 66-0



**Dübro Werkzeug GmbH**  
 Gutenbergstrasse 16  
 72175 Dornhan  
[duebro.de](http://duebro.de)

**Andrea Dürr**  
 Geschäftsführerin  
 E-Mail: [info@duebro.de](mailto:info@duebro.de)  
 Telefon: +49 7455 93 84 0




**Proway RST GmbH**

Carl-Zeiss-Straße 51  
85521 München-Hohenbrunn  
[www.proway.de](http://www.proway.de)

Proway GmbH  
Ingeborg-Bachmann-Straße 71-73  
89134 Blaustein

**Dr. Bernd Binder**

Bereichsleiter  
E-Mail: [b.binder@proway.de](mailto:b.binder@proway.de)  
Telefon: +49 731 550198-68


**KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG**

Industriestr. 14  
77855 Achern  
[www.kasto.com](http://www.kasto.com)

**Marvin Tritt**

Softwareentwickler  
E-Mail: [marvin.tritt@kasto.com](mailto:marvin.tritt@kasto.com)  
Telefon: +49 7841 61-0


**Ernst-Abbe-Hochschule Jena**

Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen  
Carl-Zeiss-Promenade 2  
07745 Jena  
[www.eah-jena.de](http://www.eah-jena.de)

**M. Sc. Maximilian Dietsch**

Fachgruppenleiter AG Montagetechnik  
E-Mail: [maximilian.dietsch@eah-jena.de](mailto:maximilian.dietsch@eah-jena.de)  
Telefon: +49 3641 205685


**Heine + Beisswenger Stiftung + Co. KG**

Höhenstrasse 22  
70736 Fellbach  
[www.heinestahl.de](http://www.heinestahl.de)

**Matthias Heine**

Vorstand  
E-Mail: [matthias.Heine@heine-beisswenger.de](mailto:matthias.Heine@heine-beisswenger.de)  
Telefon: +49 711 5854 230

# Impressum & Bildrechte

**IMPRESSUM**
**Herausgeber**

Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnik und Automatisierung IPA  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Deutschland

**Erscheinungsjahr 2023**

DOI [10.24406/publica-879](https://doi.org/10.24406/publica-879)

**Ansprechpartner**

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik  
und Automatisierung IPA  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

Dr. Christoph Birenbaum  
Gruppenleiter Fertigungssysteme  
E-Mail: [christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de](mailto:christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de)  
Telefon: +49 711 970-1536

**Referenten/Autoren**

Thomas Rosenbusch | Projektträger Karlsruhe (PTKA),  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Jörg Feger | BDS AG - Bundesverband Deutscher Stahlhandel  
Dr. Christoph Birenbaum | Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnik und Automatisierung IPA  
Stephan Nebauer | Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik  
und Automatisierung IPA  
Andreas Foltinek | IMACS GmbH  
Andreas Lucks | Lucon GmbH  
Andrea Dürr | dübro Werkzeug GmbH  
Michael Kohnle | KOHNLE GmbH Hartmetall-Werkzeug-Fabrik  
Dr. Bernd Binder | Proway GmbH  
Marvin Tritt | KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG  
M. Sc. Maximilian Dietsch | Ernst-Abbe-Hochschule Jena  
Matthias Heine | Heine + Beisswenger Stiftung + Co. KG

**BILDER**

Die Bildrechte aller Bilder, die in den Abschluss-  
präsentationen verwendet wurden, liegen bei  
den jeweiligen Unternehmen.

Die Bildrechte für verwendete Logos liegen eben-  
falls beim jeweiligen Unternehmen.

Das Bildrecht für das Titelbild und das Bild auf  
Seite 101 liegt bei Fraunhofer IPA.

Eine Weiterverwendung ohne vorherigen Geneh-  
migung ist nicht erlaubt.



Der vorliegende Abschlussbericht steht unter  
folgender Creative-Commons-Lizenz:  
Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine  
Bearbeitungen 4.0 International  
(CC BY-NC-ND 4.0)



## Kontakt

---

Dr. Christoph Birenbaum  
Gruppenleiter Fertigungssysteme  
Tel. +49 711 970-1536  
[christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de](mailto:christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik  
und Automatisierung IPA  
Nobelstr. 12  
70569 Stuttgart  
[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)