

Mit lokaler KI Retrofits planen – ein Anwendungsszenario mit Weitblick

Viele ältere Umformmaschinen sind technisch leistungsfähig, aber kaum digital vernetzt. Das Forschungsprojekt DiReProFit stellt auf Basis eines lokal betriebenen KI-Systems dar, wie sich Bestandsanlagen durch gezielte Nachrüstung von Sensoren, strukturierte Datenerfassung und -analyse leistungsfähiger machen lassen. Dadurch können Unternehmen Retrofitmaßnahmen fundierter unter Berücksichtigung eigener Wissensgrundlagen planen.

AUTOREN



Dipl.-Ing.
Marc Warnecke

ist Projektingenieur
am IPH – Institut für Integrierte Produktion
Hannover gGmbH



Patrick Kramer, M. Sc.

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter
am Labor für Massivumformung
der Fachhochschule Südwestfalen
in Iserlohn



Dipl.-Ing.
Mareile Kriwall

ist Abteilungsleiterin der Prozesstechnik
des IPH – Institut für Integrierte Produktion
Hannover gGmbH



Dr.-Ing.
Malte Stonis

ist koordinierender Geschäftsführer
des IPH – Institut für Integrierte Produktion
Hannover gGmbH



Prof. Dr.-Ing.
Bernd-Arno Behrens

ist Leiter des Instituts
für Umformtechnik und Umformmaschinen
der Leibniz Universität Hannover (IFUM)
und geschäftsführender Gesellschafter
des IPH – Institut für Integrierte Produktion
Hannover gGmbH



Prof. Dr.-Ing.
Michael Marré

ist Leiter des Labors für Massivumformung
der Fachhochschule Südwestfalen
in Iserlohn

Vorsprungssicherung und Arbeitseffizienzsteigerungen mit gleichzeitiger Datensicherheit sind dank lokal nutzbarer KI-Modelle mit etwas Aufwand in vielen Anwendungsfeldern möglich und sinnvoll.“

Marc Warnecke

Retrofitplanungen sind mit der richtigen Unterstützung eine echte Chance für die wirtschaftliche Anpassung von Anlagen.

Patrick Kramer

Die KI wird immer anwendungsfreundlicher und kann in vielen Anwendungsszenarien auch rein betriebsintern verwendet werden.

Prof. Bernd-Arno Behrens

„Die Nutzung cloud-basierter KI-Lösungen ist sowohl hinsichtlich IT-Sicherheit als auch zunehmend aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten kritisch.“

Dr. Malte Stonis

DER RETROFIT ALS SCHLÜSSEL ZUR DIGITALISIERUNG VON BESTANDSANLAGEN

Die massivumformende Industrie fertigt zum Großteil sicherheitsrelevante Produkte, die sich durch hohe Festigkeiten auszeichnen. Für die dabei notwendigen hohen Kräfte sorgen Pressen und Hämmer, zumeist älterer Generationen. Viele dieser Bestandsmaschinen besitzen keine durchgängigen Datenschnittstellen, keine einheitliche Dokumentation und keine integrierten Systeme für Produktions- und Qualitätsdaten.

In ein digitales Umfeld sind diese Maschinen in ihrem aktuellen Zustand häufig nicht oder nur sehr eingeschränkt integrierbar. Das erschwert oder verhindert die Kommunikation mit Industrie-4.0-Strukturen, eine weitergehende Automatisierung sowie eine systematische Datenverarbeitung. Stillstände, Ausschuss und Energieverluste werden zwar erkannt, jedoch können die Ursachen ohne entsprechende Messsysteme kaum identifiziert und Maßnahmen selten wirtschaftlich abgeleitet werden. Zugleich fehlen vielfach aufbereitete Betriebsdaten, mit denen sich fertigungstechnische Potenziale wie Stückkostenreduktion, Fehlererkennung, Aussagen zum Verschleißverhalten oder die Optimierung von Taktzeiten gezielt erschließen ließen.

Hier setzte das Forschungsprojekt DiReProFit an. Durch einen digitalen Retrofit, also die Nachrüstung mit Sensoren und moderner Messtechnik, konnte die Prozesstransparenz und die Vernetzbarkeit bestehender, älterer Maschinen verbessert werden, ohne die Kernmaschine zu ersetzen oder in die Steuerung einzugreifen. Gerade für kleine und mittlere Unternehmen stellt dies eine wirtschaftlich tragfähige Alternative zur kostenintensiven Neuanschaffung Industrie-4.0-fähiger Umformmaschinen dar.

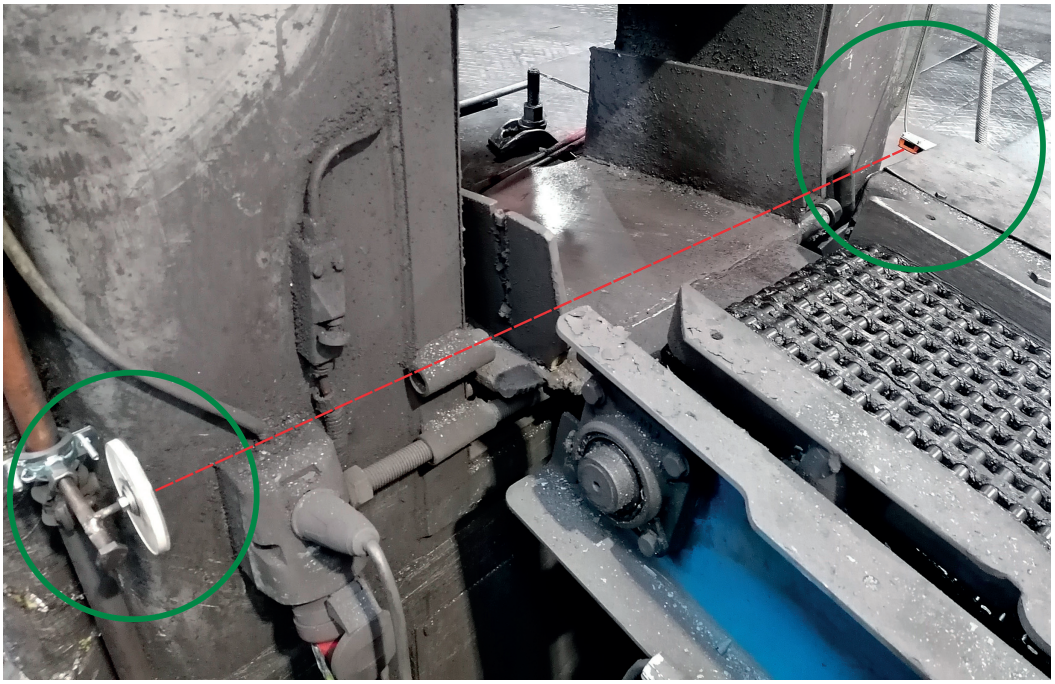


Bild 1: Nachgerüstete Sensoren an einer Abgratpresse der untersuchten Schmiedelinie: Auch Prozessparameter älterer Bestandsanlagen lassen sich durch gezielte Sensorintegration digital auswerten. Foto: Patrick Kramer, LFM

FEHLINVESTITIONEN BEIM RETROFIT VERMEIDEN

Das Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) und das Labor für Massivumformung (LFM) adressierten im Forschungsprojekt DiReProFit eine Lücke in der Praxis. Unternehmen brauchen eine Vorbetrachtung, bevor sie Sensoren beschaffen, Dateninfrastruktur aufbauen oder externe Dienstleister beauftragen. Unabgestimmtes Vorgehen kann zu Fehlinvestitionen führen. Die technische Nachrüstung mit Sensoren ist heute grundsätzlich Stand der Technik; die eigentliche Herausforderung liegt in der Auswahl geeigneter Sensorkonzepte, der wirtschaftlich sinnvollen Messdatenerfassung und vor allem in der korrekten Interpretation der gewonnenen Daten.

Gerade kleine und mittlere Unternehmen müssen Retrofits mit wenig Personal, begrenztem Budget und hoher Produktionsauslastung planen. Ein Fehlgriff beziehungsweise unklare Zielsetzungen binden Investitionen und blockieren zusätzlich Produktionszeit. Ist beispielsweise das Sensorkonzept für den beabsichtigten Einsatzzweck ungeeignet, lassen sich die gewünschten Messgrößen nicht belastbar erfassen und Investitionen bleiben ohne nachweisbaren Nutzen.

Ein weiteres Hindernis besteht in der Regulatorik beziehungsweise in Haftungsfragen. Viele Betriebe vermeiden Eingriffe in bestehende Steuerungen, weil diese sogenannten „wesentlichen Veränderungen" im Sinne der Maschinenrichtlinie eine erneute, vollständige Konformitätsbewertung auslösen. Die Praxis kennt für die Dokumentation eines sicheren Inverkehrbringens – sowohl im Handel, als auch im eigenen Betrieb – die CE-Kennzeichnung. Diese bestätigt, dass eine Maschine grundlegende Sicherheitsanforderungen erfüllt. Fehlt bei Altanlagen die vollständige technische Dokumentation, wird die nachträgliche Dokumentationserstellung für ein Änderungsprojekt aufwendig oder scheitert sogar. Es lohnt sich aus Kostenperspektive daher, bereits im Vorfeld einer Maßnahme zu prüfen, inwiefern eine „wesentliche Veränderung" vorliegt oder wie diese möglichst vermieden werden kann.

Das Forschungsprojekt DiReProFit begegnete diesem Spannungsfeld mit einem Ansatz, der den initialen Planungsaufwand verringert und den technischen Nutzen möglicher Retrofitvorhaben bereits im Vorfeld abschätzbar macht.

PLANBARKEIT, DATENQUALITÄT UND INVESTITIONSFESTE ENTSCHEIDUNGEN

Das IPH und das LFM erstellten drei Bausteine, die Anwender unmittelbar nutzen können:
Zunächst erarbeiteten sie eine Übersicht geeigneter Sensor-

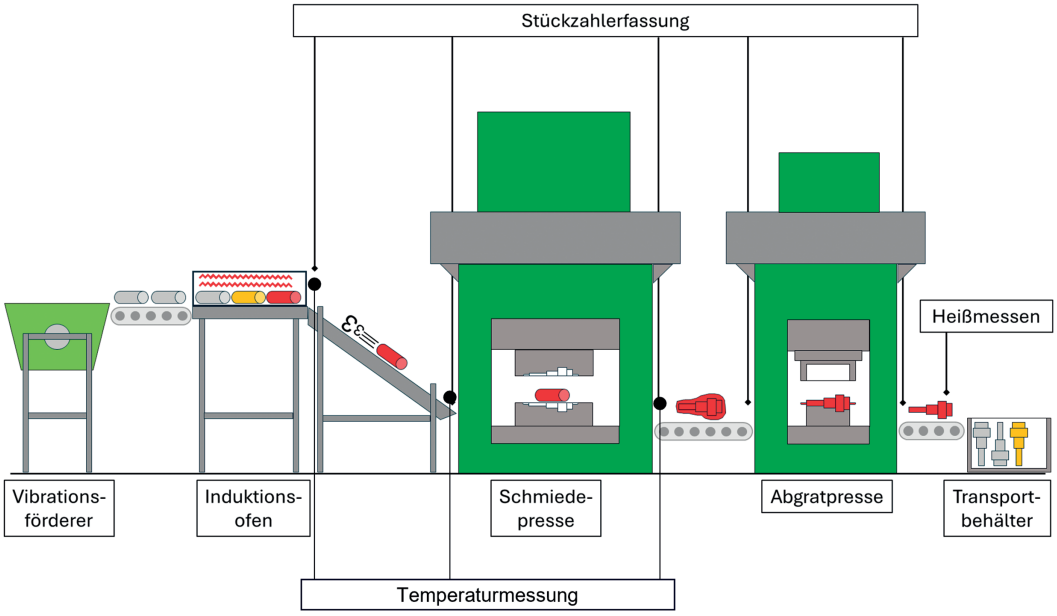


Bild 2: Übersicht der Schmiedelinie mit den im Projekt integrierten Messpunkten zur Stückzahlerfassung und Heißmessung: vom Vibrationsförderer über Induktionsofen, Schmiede- und Abgratpresse bis zum Transportbehälter. Quelle: IPH/LFM

systeme für Digitalisierungsmaßnahmen. In Schmiedebetrieben konkurrieren robuste, verschmutzungsresistente Messprinzipien mit Anforderungen an Taktzeiten, Temperaturbereiche und Einbauraum. Die Projektergebnisse ordnen Sensorarten, Messprinzipien und typische Integrationspfade so, dass Prozessverantwortliche und Entscheider schneller zu einer belastbaren Vorauswahl kommen.

Dazu konzipierten die beiden Institute in einem zweiten Baustein exemplarische Retrofitkonzepte und setzten diese produktionsbegleitend an einer Schmiedelinie um. Diese umfassen Stückzahlerfassung nach Prozessschritten, Heißmessung zur frühen Qualitätsbewertung sowie Temperatur- und Energieanalysen für die thermische Prozessführung. Die Umsetzung zeigte, warum eine reine Stückzahlerfassung über Auswerfersignale der Steuerung in der Serie scheitern kann. Die bauteilabhängigen Hubfolgen und Einrichtvorgänge verfälschen die Interpretation. Das LFM kombinierte deshalb Steuerungssignale mit externen, redundanten Sensoren. Damit entstand für den Retrofit eine Datenbasis, die sich in den Prozesskontext einordnen lässt. Allerdings muss dabei anwendungsseitig weiterhin die Wartung berücksichtigt werden, etwa bei optischen Sensoren, die Zunder, Ölnebel und weiteren Partikeln ausgesetzt sind.

Einen weiteren, für die Produktion zentralen Effekt lieferte die Heißmessung. Das LFM setzte die optische Vermessungstechnik eines Unternehmens der Projektpatengruppe ein, um Geometrieabweichungen von Rohlingen bereits im heißen Zustand zu erkennen. Betriebe können anhand dieses Sensorkonzepts Werkzeugverschleiß oder Gesenkschädigungen früher identifizieren und Werkzeugwechsel innerhalb einer laufenden Serie rechtzeitig planen. Das reduziert Qualitätskosten, Ausschuss und Nacharbeit.

Als dritten Baustein entwickelte das IPH einen Softwaredemonstrator als proof-of-concept, der Retrofitwissen in eine anwendungsnahe Entscheidungsfindung überführt. Der Demonstrator arbeitet dialogbasiert und liefert textbasierte Empfehlungen. Kern ist ein Retrieval-Augmented-Generation-Modell (RAG-Modell).

Auf Anfrage strukturiert der Demonstrator die Planung eines digitalen Retrofits, empfiehlt Sensor- und Integrationspfade, benennt typische Risiken einschließlich Aufwänden für die CE-Kennzeichnung und bleibt dabei herstellerunabhängig. Der Demonstrator wurde mitsamt Leitfaden und quellenoffen auf GitHub veröffentlicht, sodass Betriebe den Ansatz nachvollziehen und weiterentwickeln können. Die Rechenzeit hängt in

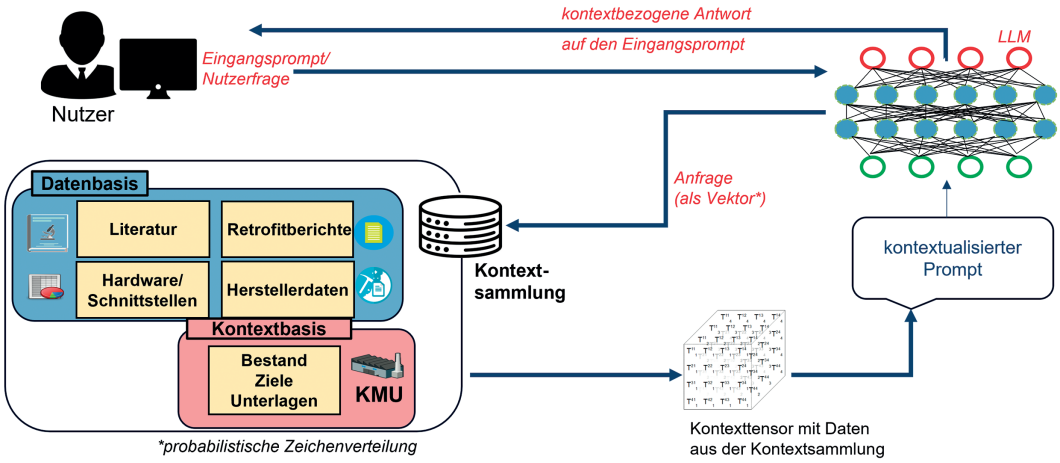


Bild 3: Funktionsweise des im DiRe-ProFit-Demonstrator eingesetzten RAG-Modells: Nutzeranfragen werden mit einer kuratierten Datenbasis abgeglichen, bevor das Sprachmodell eine kontextbezogene Antwort generiert. Quelle: IPH

der Praxis von der Leistungsfähigkeit der unternehmenseigenen Hardware ab. Während der auf dem Docker-Aufbau basierende Demonstrator auf verschiedenen Betriebssystemen lauffähig ist, empfehlen die Institute eine Serverinstallation auf starker Hardware für den verteilten Zugriff.

SPRACHMODELLE MIT RAG-SYSTEM ALS INDUSTRIELLES WISSENSWERKZEUG

Unternehmen, welche die im Projekt umgesetzten Ansätze für ein Sprachmodell konsequent einsetzen und weiterentwickeln, können dies einerseits für den Erkenntnisgewinn aus den hinterlegten eigenen Unterlagen und andererseits als festen Bestandteil zur technischen Wissensarbeit nutzen. Dieses Verfahren kombiniert dazu ein generatives Sprachmodell mit einer vorab kuratierten Dokumentensammlung. Das Unternehmen hinterlegt dafür neben frei zugänglichen Fachinformationen eigene Unterlagen, Betriebsstandards, Erfahrungswissen und projektspezifische Dokumentationen in der Datenbasis. Das System sucht darin passende Textstellen in bestehenden Leitfäden, Literatur, Sensorübersichten und Praxisberichten und formuliert daraus eine Antwort. Damit reduziert es die für inferenzbasierte Sprachmodelle typischen „Halluzinationen", also KI-Ausgaben ohne belastbare Grundlage. Darüber hinaus bleibt die Wissensbasis ohne zwingendes Neutraining des Sprachmodells ausbaufähig.

Somit liegt der Vorteil des RAG-Ansatzes darin, dass das Sprachmodell nicht nur allgemeine Fragen beantwortet, sondern auch passende Antworten aus der wachsenden Wissensbasis heraus generiert. Diese muss dafür allerdings kuratiert und im besten Fall einheitlich formatiert sein. Dadurch entstehen belastbare, kontextbezogene Antworten, ohne dass das Sprachmodell selbst für jede neue Information neu trainiert werden muss.

Langfristig entwickelt sich aus diesem Ansatz ein digitaler Wissensassistent für Ingenieurwesen, Produktion, Instandhaltung und Investitionsplanung. Mit der Planung von Retrofits beauftragte Mitarbeitende stellen in diesem System Fragen nach geeigneten Sensorprinzipien, Integrationswegen, typischen Risiken, Dokumentationsanforderungen oder wirtschaftlichen Zielkonflikten.

Für Unternehmen liegt der strategische Wert des lokalen KI-Ansatzes vor allem in drei Punkten. Erstens bleibt die Datensouveränität gewahrt, weil die Lösung auf einem Server oder einer Workstation vor Ort betrieben werden kann und daher sensible Informationen das Unternehmen nicht verlassen müssen. Zweitens steigt die Generalisierbarkeit: Auch Unternehmen ohne Maschinendatenhistorie oder ohne vollständig digitalisierte Altanlagen können mit dem System Erstbewertungen und Handlungsempfehlungen erhalten, die zu Beginn einer Projektierung wertvoll sind. Drittens sinkt der Aufwand, neues Wissen nutzbar zu machen, weil neue Dokumente in die Datenbasis aufgenommen werden können, statt ein Sprachmodell mit hohem Rechenaufwand immer wieder neu zu trainieren.

Mit dem vorgestellten System ist daher keine autonom entscheidende KI entstanden, sondern ein dokumentengestütztes Assistenzsystem für industrielle Entscheidungen. Damit

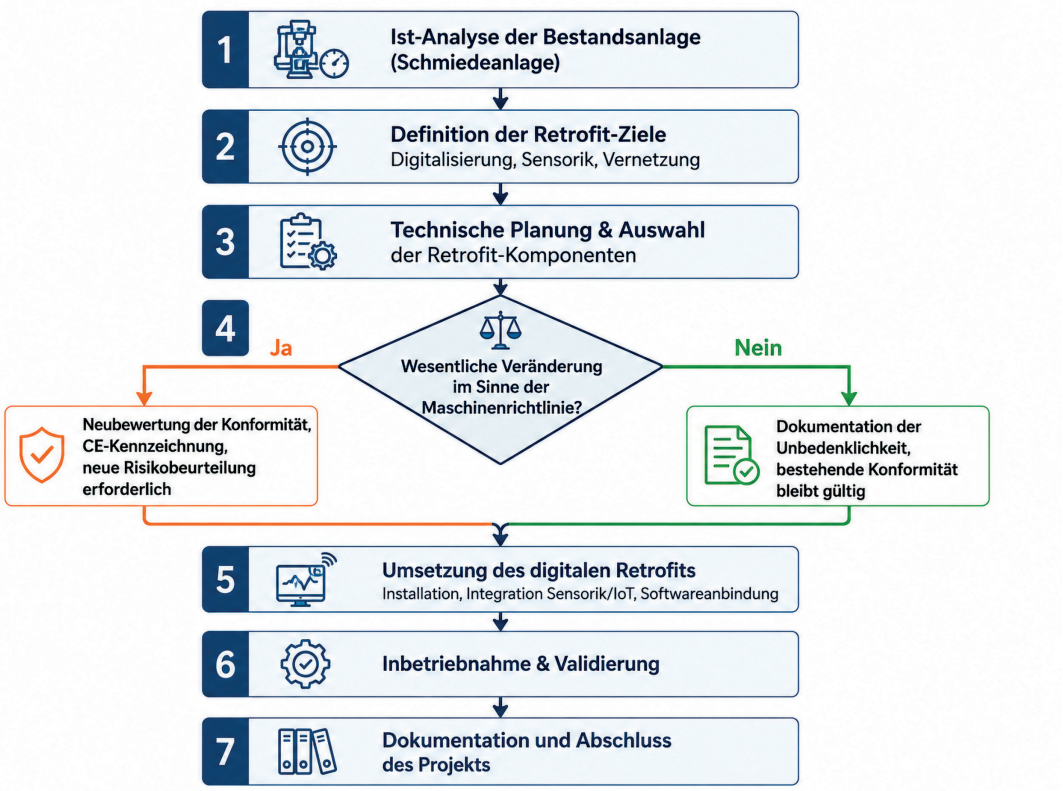


Bild 4: Ablaufschema zur Durchführung eines digitalen Retrofits: von der Ist-Analyse der Bestandsanlage über die Prüfung, ob eine wesentliche Veränderung im Sinne der Maschinenrichtlinie vorliegt, bis zur Inbetriebnahme und Dokumentation.
Eigene Darstellung

unterstützen IPH- und LFM-Fachkräfte bei der Vorbereitung von Retrofits, bei der Auswahl von Sensoren und Schnittstellen, bei der Bewertung technischer und regulatorischer Randbedingungen und bei der Überführung von Erfahrungswissen in wiederverwendbare Antworten.

Dieses vorwettbewerbliche Forschungsprojekt mit dem Förderkennzeichen 01IF22669N wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages aus Mitteln der IGF gefördert. Die Langfassung des Abschlussberichts kann über die Forschungsgesellschaft Stahlverformung e.V. beim WSM Wirtschaftsverband Stahl und Metallverarbeitung, Goldene Pforte 1, 58093 Hagen, angefordert werden.

Gefördert durch:

INDUSTRIELLE GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

[1] Ilari, S.; Carlo, F.; Ciarapica, F.; Bevilacqua, M.: Machine Tool Transition from Industry 3.0 to 4.0: A Comparison between Old Machine Retrofitting and the Purchase of New Machines from a Triple Bottom Line Perspective, Sustainability, 2021, Nr. 13, 10441, pp. 1 – 21. DOI: 10.3390/su131810441

[2] VDMA – Forum Industrie 4.0, „Leitfaden Retrofit für Industrie 4.0," VDMA Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2020

[3] Arslan, M.; Cruz, C.: Business-RAG: Information Extraction for Business Insights, Proceedings of the 21st International Conference on Smart Business Technologies (ICSBT 2024), Dijon, Frankreich. DOI: 10.5220/0000178900003764

[4] Tantscher, D.; Mayer, B.: Digital Retrofitting of legacy machines: A holistic procedure model for industrial companies, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2022; Nr. 36, p. 35 – 44. DOI: 10.1016/j.cirpj.2021.10.011

Dieser Beitrag ist in ähnlicher Form bereits in der „phi – Produktionstechnik Hannover informiert" unter www.phi-hannover.de erschienen.