

Digitalisierung bei der Produktion von Solar- und Batteriezellen

FVEE Jahrestagung 2018
18.10.2018, Berlin

Ralf Preu, Stefan Rein, Martin Zimmer
Fraunhofer ISE, Freiburg

Jürgen Fleischer, Hannes Weinmann,
Janna Hofmann
KIT, Karlsruhe



Digitalisierung bei der Produktion von Solar- und Batteriezellen

Agenda

Digitale Evolution in der Produktion

Wachsende Herausforderungen

Digitale Konzepte in Solar- und Batteriezellentechnologie

Zusammenfassung



Digitale Evolution

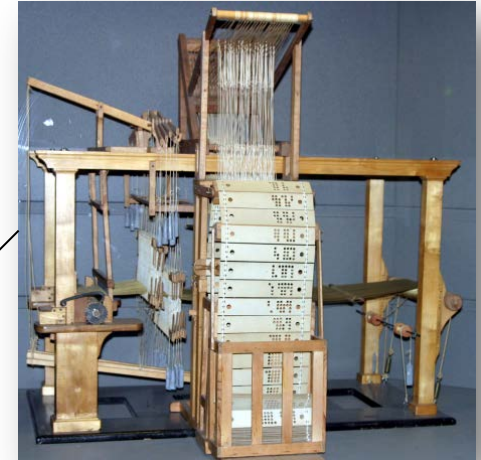
Steuerung, Produktion, Kommunikation, Kalkulation



[https://www.sn.at/wiki/Salzburger_Stier_\(Festung_Hohensalzburg\)](https://www.sn.at/wiki/Salzburger_Stier_(Festung_Hohensalzburg))

1502
„Salzburger Stier“

1805
Jaquard-Webstuhl mit
Lochkarten



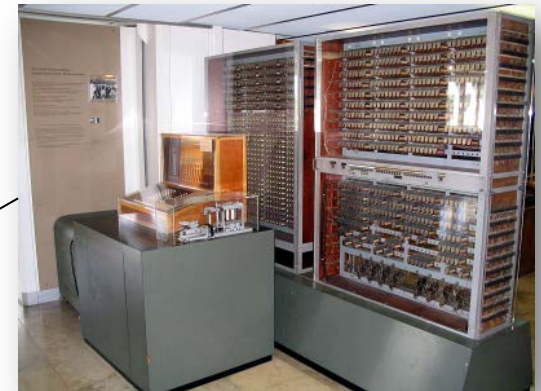
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CNA_M-IMG_0527.jpg

1837 Samuel MorSES
Telegraph



https://de.wikipedia.org/wiki/Morsezeichen#/media/File:Morsetaste_hg.jpg

1941 Konrad Zuse
„Z3“



https://de.wikipedia.org/wiki/Zuse_Z3#/media/File:Z3_Deutsches_Museum.JPG

Kosten MIPS 2018 / **Kosten** MIPS 1941 = ca. 10^{-15}

<https://aiimpacts.org/trends-in-the-cost-of-computing/>



Digitalisierung in der Produktion stromtragender Bauelemente der Energiewende

Wachsende Herausforderungen

- Schnell wachsende Märkte und globaler Wettbewerb (Si-Solarzellen, Li-Batterien, PEM-Brennstoffzellen)
- Zunehmende Komplexität und Vielfalt der Produkte
- Zunehmende Produktivität der Produktion
- Steigende Anzahl der Akteure und Sensoren (Big Data)

Angestrebter Nutzen Digitalisierung

- Verbesserung der Performanz
- Reduktion der Kosten



Photovoltaik-Produktion

Silicium-Technologie

PV-
Produkte

Quarz



Silizium



Wafer



Zelle



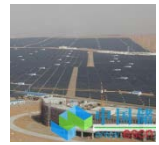
Modul



Array



System



Photovoltaik-Produktion

Silicium-Technologie

PV-
Produkte

Quarz



Silizium



Wafer



Zelle



Modul



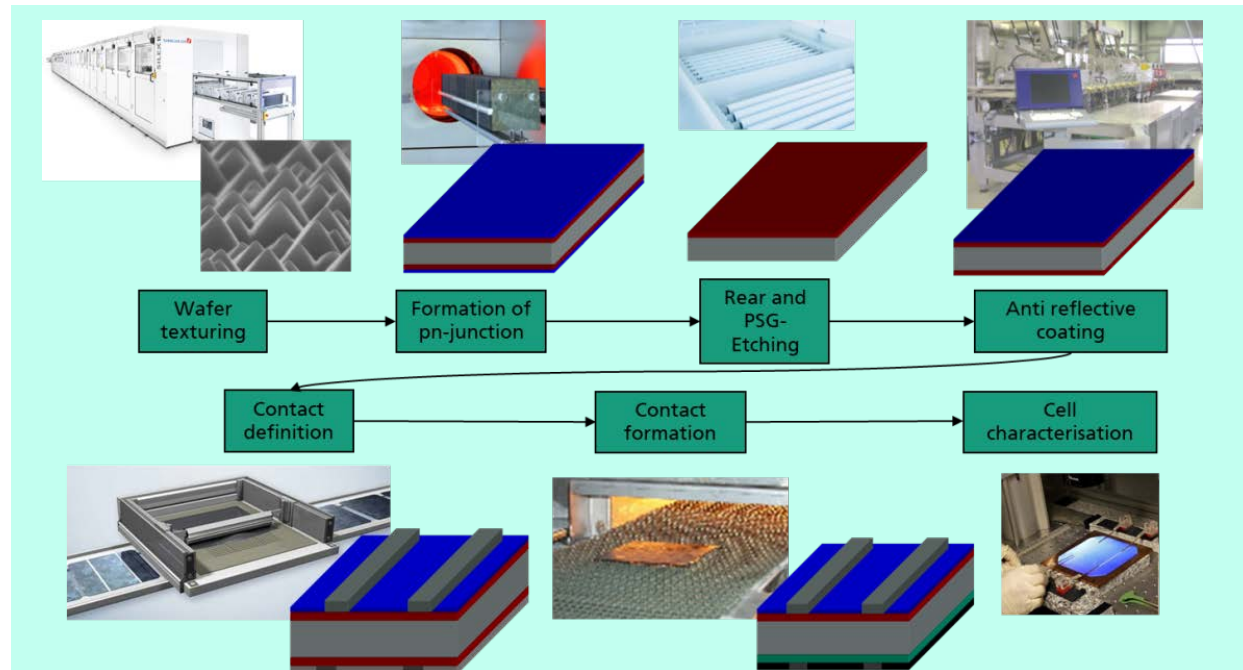
Array



System



Solarzellen
Produktion



PV-TEC (Technologie-Evaluations-Centrum)

Forschungsfabrik für Solarzellen



Fotos © Fraunhofer ISE/Fotograf: Dirk Mahler

- Entwicklung industrienaher Produktionstechnologie für hocheffiziente Solarzellen entlang der ganzen Prozesskette
- Produktive Prozess- und Charakterisierungsanlagen
- Produktionskontrolle



Von der Fab zur Smart Fab

Herausforderungen und Lösungsansätze

Herausforderungen

- Rohdatenanalyse
 - Signaturextraktion
 - Wirkungsvorhersage
 - Messdaten-Kondensation
- Regelung von Einzelprozessen (Feed-Back)
- Prozessanlagenüberwachung
- Identifikation kritischen Kenngrößen / Wechselwirkungen
- Zentrale Fab-Steuerung zur Performanz-/Kostenoptimierung

Digitale Lösungsansätze

- Mustererkennung/Bildverarbeitung
- Maschinelles Lernen
- Deep Learning
- Prozesssimulation
- Datenanalyse
- Predictive Maintenance
- Multivariate Korrelationsanalysen
- Metamodeling

Konzept des digitalen Zwillings

Digitale Repräsentation eines Objekts der realen Welt

- eines Produktes
- einer Produktion
- einer Performanz¹

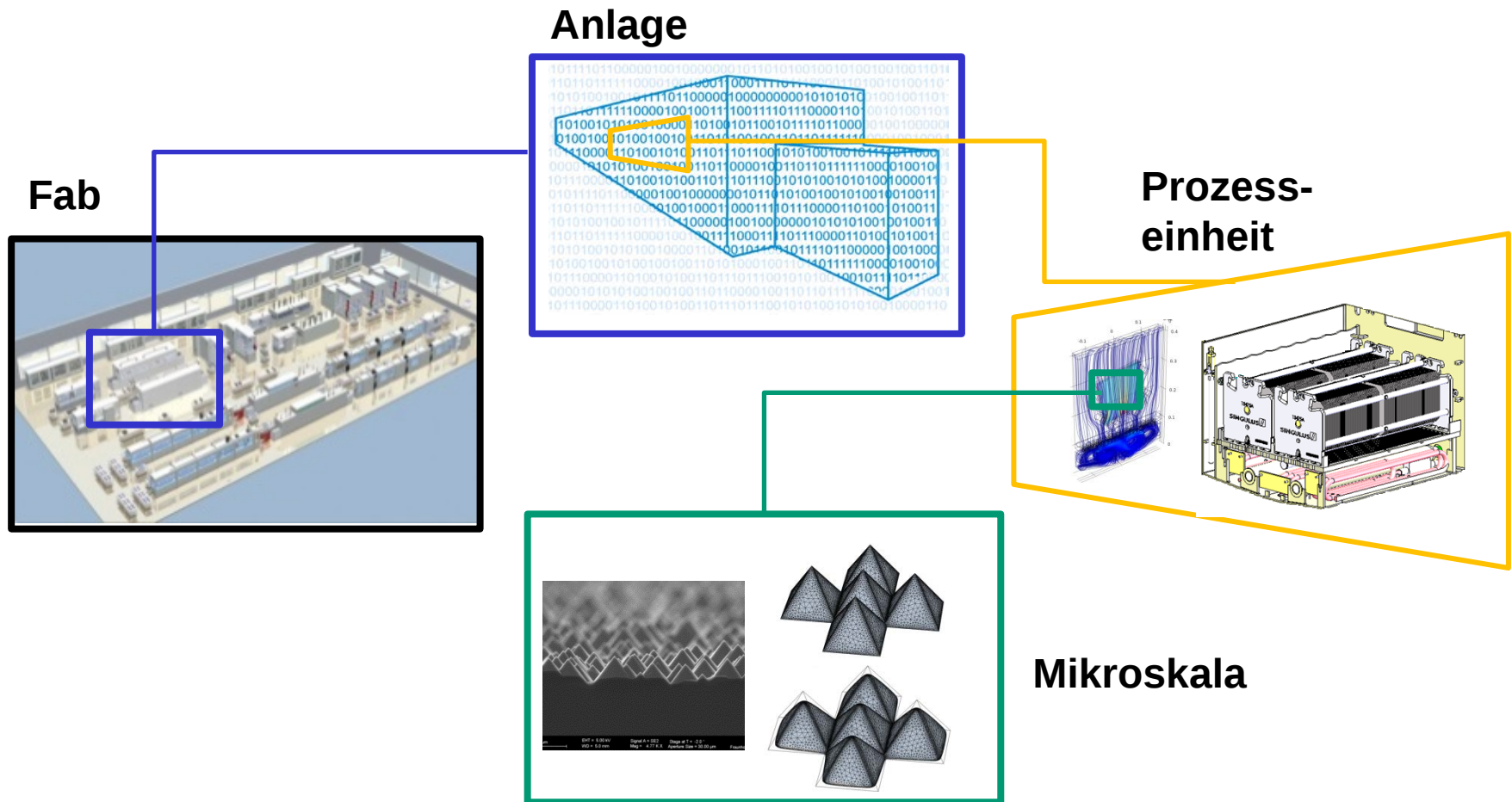


¹ <https://www.siemens.com/customer-magazine/de/home/industrie/digitalisierung-im-maschinenbau/der-digitale-zwilling.html>



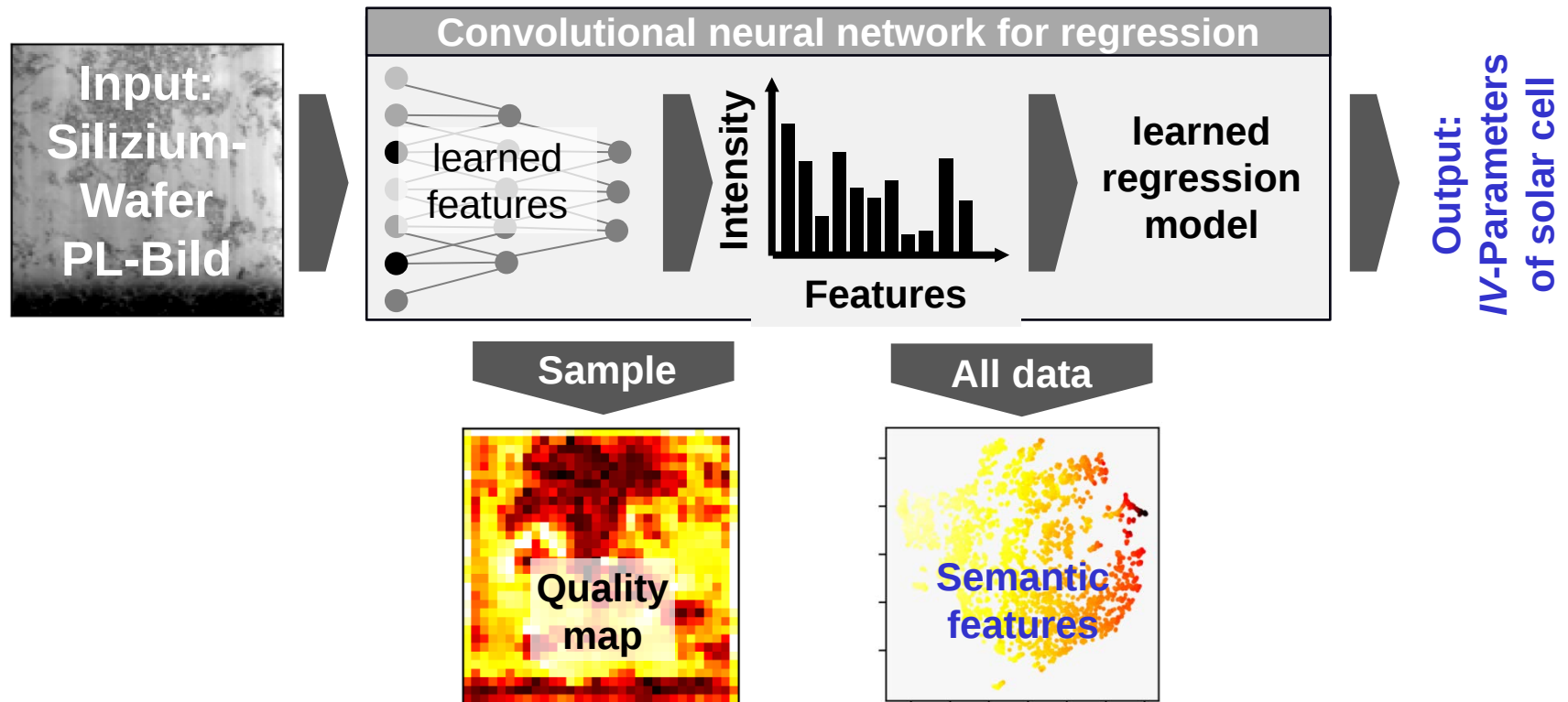
Skalen des digitalen Zwilling

Solarzellen-Produktion



Selbstlernende Bilderkennung

Machine Learning in der Produktion¹

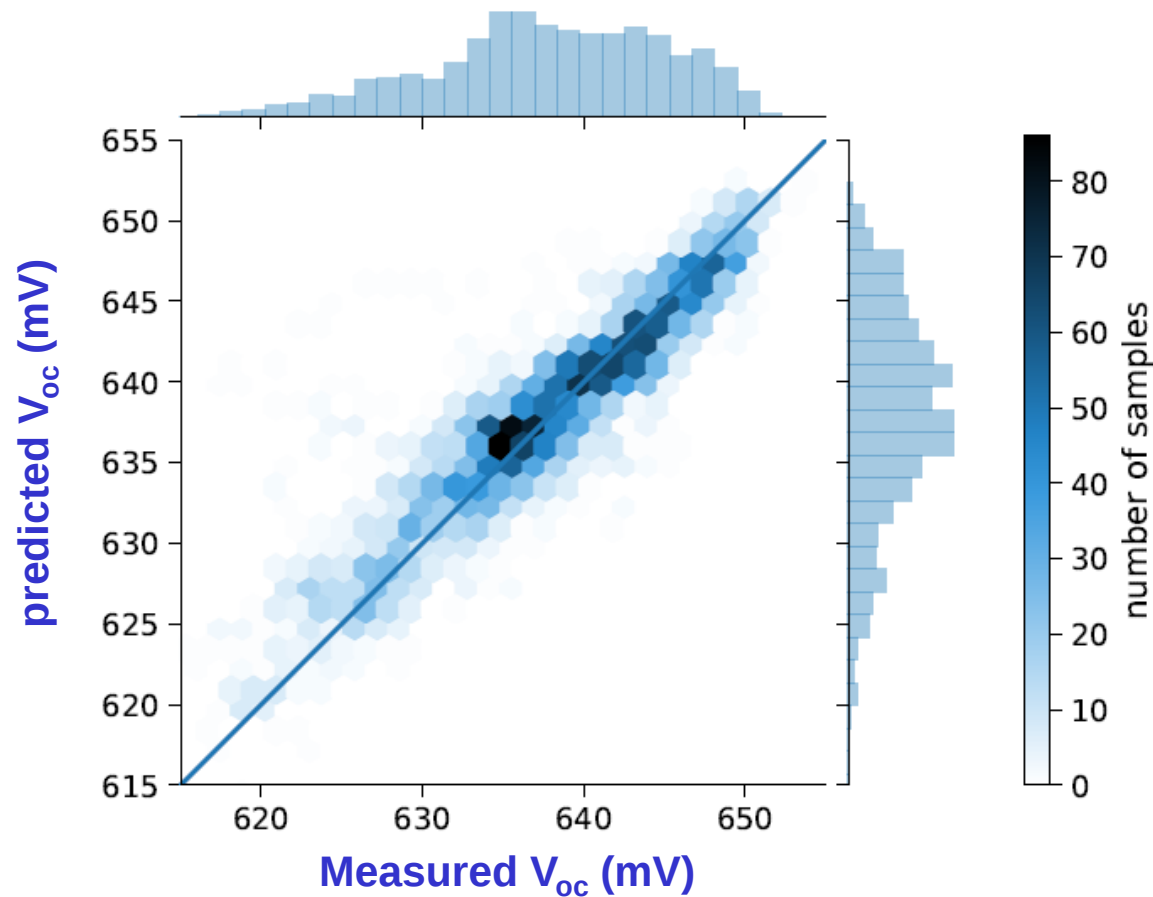


PL=Photolumineszenz

¹M. Demant et al., submitted to *IEEE JPV*. 2018

Selbstlernende Bilderkennung

Machine Learning in der Produktion¹



¹M. Demant et al., submitted to *IEEE JPV*. 2018

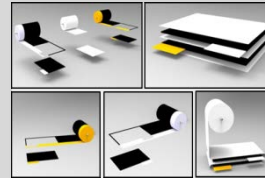
KIT Batterietechnikum für die Lithium-Ionen Zellfertigung



Mischen/Beschichten



Kalandrieren



Stapelbildung



Ableitermontage



Befüllen/Siegeln

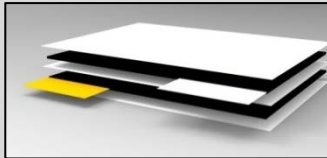
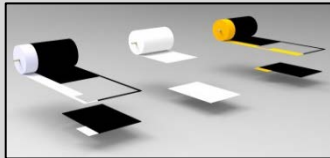


Formieren

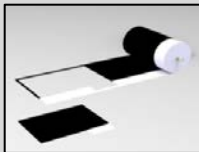
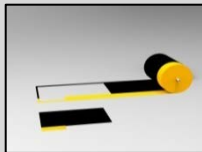
Quelle: KIT

Diskontinuierlich

Einzelblattstapeln

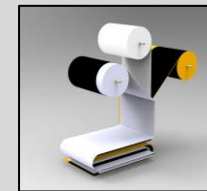


Z-Falten mit Einzelblättern

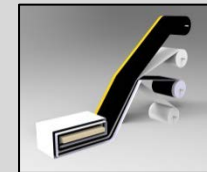


Kontinuierlich

Z-Falten



Wickeln



Digitalisierung der Produktion am Beispiel des Einzelblattstapelbildungsverfahrens

Motivation

- Die Zellherstellung ist einer der größten Kostentreiber im Produktionsprozess
- Kosteneffiziente Assemblierungsprozesse sind notwendig
- Bisherige Verfahren erzeugen unsaubere Schnittkanten oder Hitzeeintrag

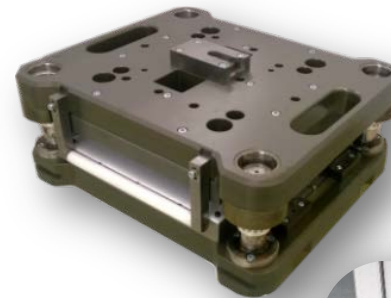
Zielsetzung

- Hohe Stapelgenauigkeit
- Hohe Prozessgeschwindigkeit
- Kosteneffiziente Automation
- Prozessqualität

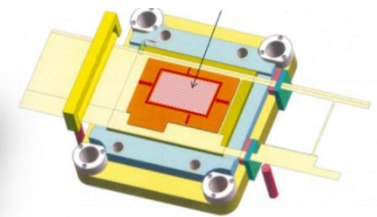


Ansatz

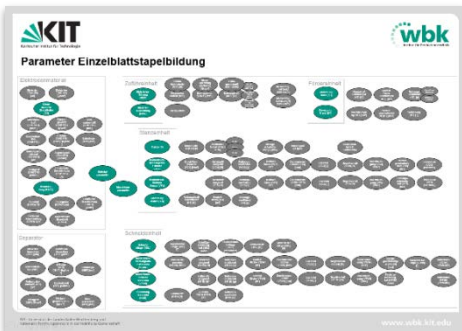
- Neuentwicklung von Handhabungs- und Greifsystemen
- Integration von Sensoren und Aktoren
- Weiterentwicklung bestehender Komponenten
- Entwicklung intelligenter Komponenten



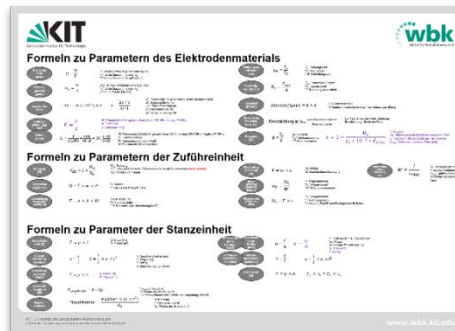
Definierte Elektrodenposition



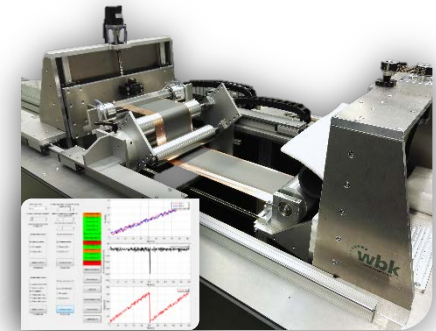
Digitalisierung der Produktion am Beispiel des Einzelblattstapelbildungsverfahrens



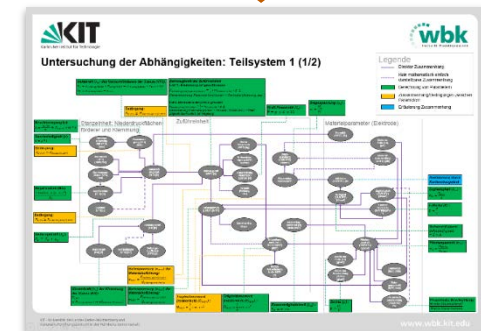
Parameteridentifikation



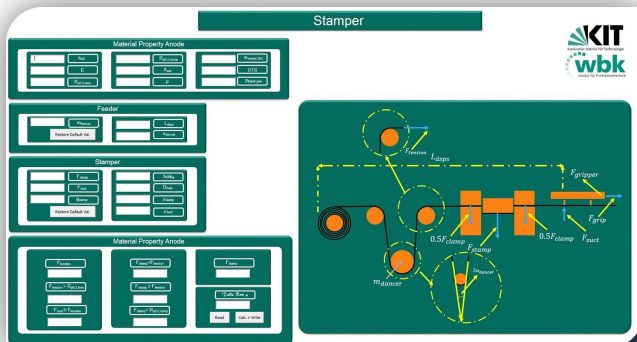
Formale Beschreibung



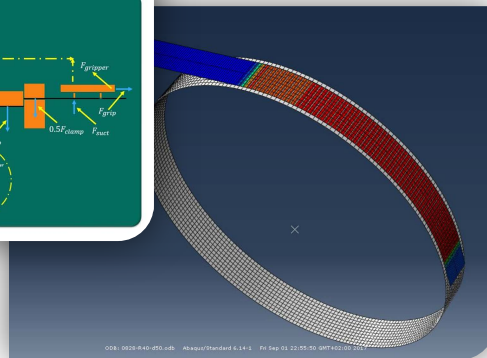
Ermittlung unbekannter
Wirkzusammenhänge



Darstellung von
Wirkzusammenhängen



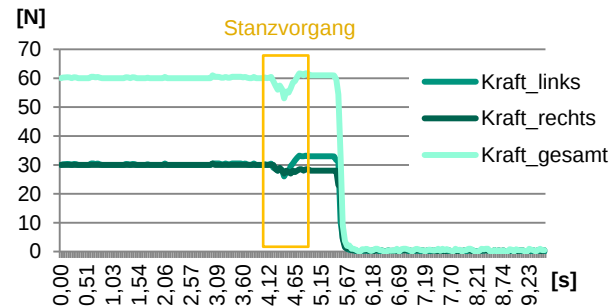
Erstellen eines
digitalen Zwillings



Digitalisierung der Produktion am Beispiel des Einzelblattstapelbildungsverfahrens

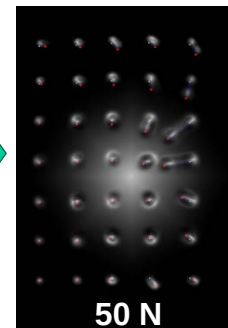
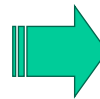
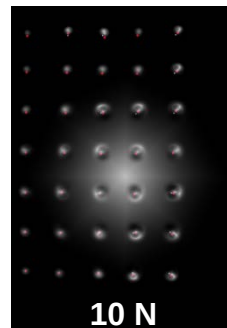
Integration einer adaptiven Regelung der Bahnspannung am Einzelblattstapler zur Optimierung der Materialförderung

- Definierte Bahnspannung beim Stanzvorgang
- Optimierung der Materialförderung möglich

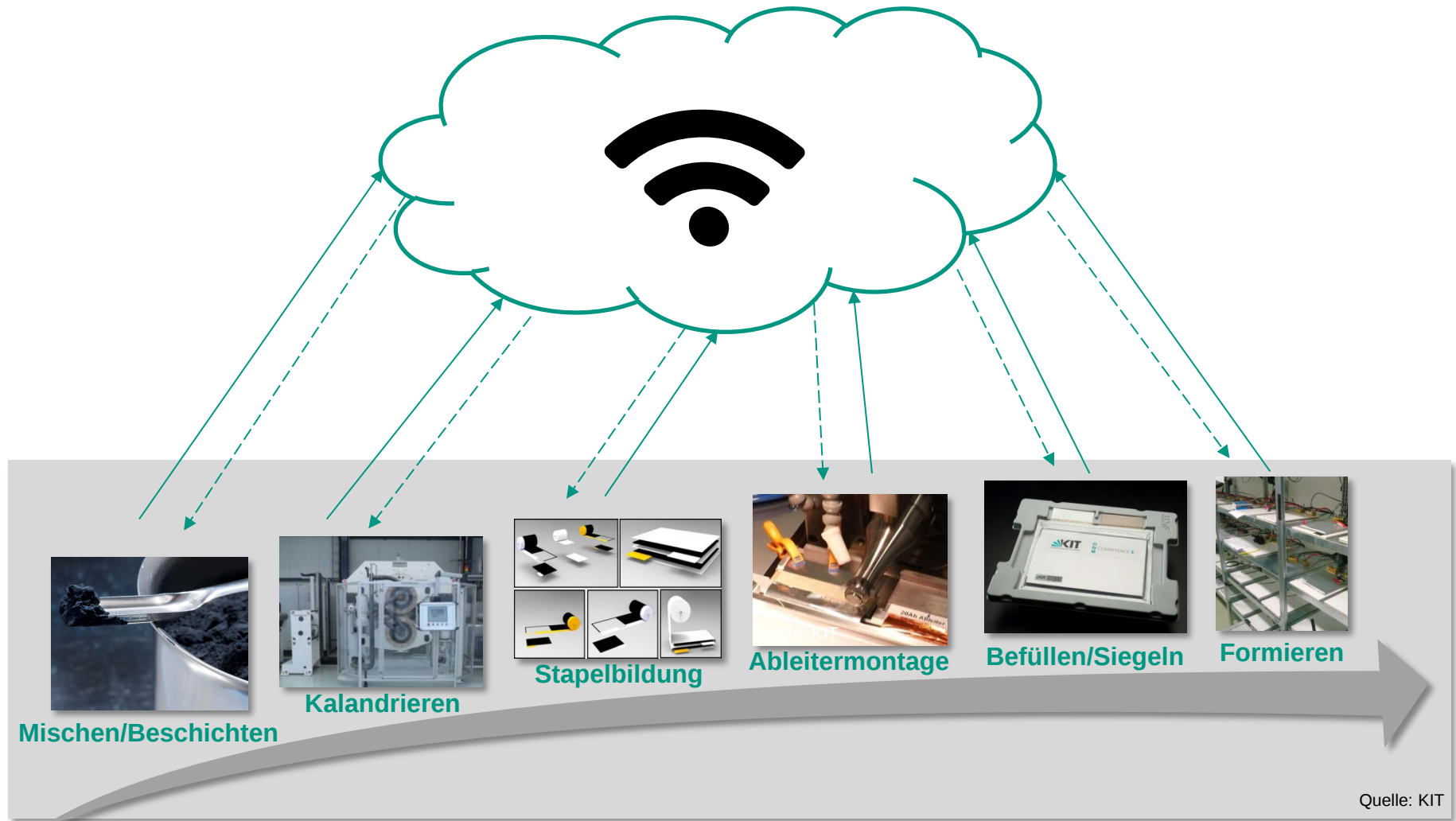


Entwicklung eines Algorithmus zur Visualisierung von Bahnverzügen in der Materialzuführung

- Optimierung der Bahnspannung nach minimalen Bahnverzug
- Implementierung einer Qualitätssicherung vor dem Stanzwerkzeug



Ausblick

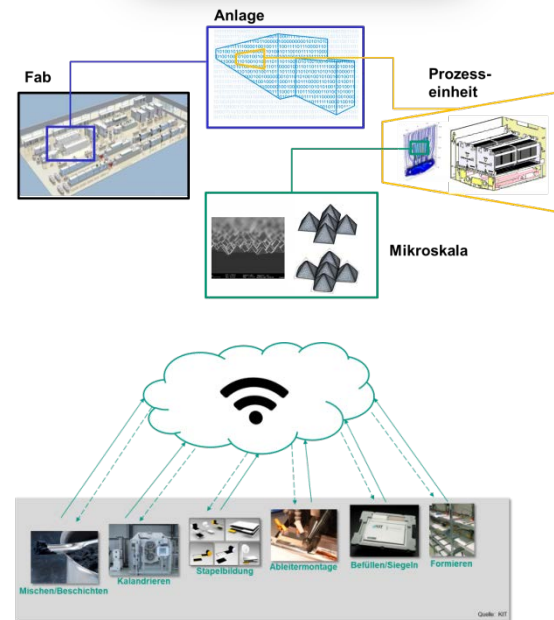


Quelle: KIT

Zusammenfassung

Digitalisierung

- dient seit 500 Jahren der Maschinensteuerung
- viele digitale Lösungsansätze für wachsende Herausforderungen
- Konzept des digitalen Zwilling auf verschiedenen Skalen
- Kommunikation ist essenziell



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr.-Ing. Ralf Preu
Bereichsleiter Photovoltaik
(Produktionstechnologie)

Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg
Tel.: +49 761 4588 5260
ralf.preu@ise.fraunhofer.de

Dr. Stefan Rein
Abteilungsleiter Qualitätssicherung,
Charakterisierung, Simulation

Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg
Tel.: +49 761 4588 5271
stefan.rein@ise.fraunhofer.de

Dr. Martin Zimmer Gruppenleiter
Nasschemische Prozesse

Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg
Tel.: +49 761 4588
martin.zimmer@ise.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
Institutsleiter

Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608 44011
juergen.fleischer@kit.edu
www.wbk.kit.edu

M.Sc. Hannes Weinmann

Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608 28309
hannes.weinmann@kit.edu
www.wbk.kit.edu

M.Sc. Janna Hofmann

Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608 28285
janna.hofmann@kit.edu
www.wbk.kit.edu