Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0?

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Jahrestagung Öko-Institut, Berlin 24.10.2019

Bildquelle: Dominic Schindler Creations/Igus/VDI nachrichten

Prof. Dr. Liselotte Schebek

Institut IWAR
Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft

Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

www.iwar.tu-darmstadt.de/sur

Bildquelle: www.vdi.de

Industrie 4.0 vs. Digitale Transformation

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Industrie 4.0:

„[…] bezeichnet […] ***die Verbindung der digitalen Welt des Internets mit den konventionellen Prozessen und Diensten der produzierenden Wirtschaft****.“*

(BMWi 2015)

- Cyber-physische Systeme (CPS)
- Internet der Dinge (Internet of Things, IoT)

Digitale Transformation:

*„****Übergang zur durchgängigen Vernetzung aller Wirtschaftsbereiche*** *[…].“*

(Roland Berger Strategy Consultants 2015)

Bildquelle: https://www.centerdevice.de/wp-content/uploads/Digitale_Transformation.jpg

SuR IWAR

Digitale Transformation und Ressourcen - „Great Expectations“ (I)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

„Die virtuelle Welt der IT nähert sich der realen Welt der Produktion an. Die wesentlichen Effekte lauten: mehr Flexibilität und Individualität in der Produktion, mehr Ressourceneffizienz und Kosteneinsparungen sowie neue Geschäftsmodelle.“
(VDMA 2017)

„Die Produktion wird hochflexibel, hochproduktiv (bis zu +50 %), ressourcenschonend (bis zu -50 %) und urbanverträglich.“
(Plass 2015)

SuR IWAR

Digitale Transformation und Ressourcen - „Great Expectations“ (II)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

„ ***Kaum thematisiert wird hingegen die Nachhaltigkeit der Digitalisierung. Durch die enorme Steigerung des Bedarfs an Energie, Rohstoffen, Logistik und Transport, Produktion und Entsorgung entstehen große Problemfelder.“*** **(Sühlmann-Faul & Rammler 2018)**

„Gleichzeitig steigt der absolute Energie- und Ressourcenverbrauch mit der zunehmenden Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien kontinuierlich an.“
(Nachhaltigkeitsrat 2019)

SuR IWAR

Studie „Ressourceneffizienz 4.0“

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

„Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 – Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes“

Projektlaufzeit: 07.03.2016 – 31.03.2017

Beauftragt durch:

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

NATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE

Baden-Württemberg MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

HESSEN Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung

RheinlandPfalz MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, KLIMASCHUTZ, ENERGIE UND LANDESPLANUNG

SuR IWAR

Studie „Ressourceneffizienz 4.0“: Forschungsfragen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Systematische Untersuchung der Auswirkungen der digitalen Transformation auf die Ressourceneffizienz im verarbeitenden Gewerbe:

- Welches sind „ressourceneffiziente Maßnahmen“ der digitalen Transformation und welche Ressourcen werden eingespart?
- Inwieweit sind „ressourceneffiziente Maßnahmen“ schon in der Praxis angekommen und welche Erfahrungen gibt es?
- Wie können die Chancen der digitalen Transformation zur Steigerung von Ressourceneffizienz gezielt gefördert werden?

➡ „Gute-Praxis-Beispiele“ für KMU

➡ Handlungsempfehlungen KMU, Wissenschaft, Politik

SuR IWAR

Studie „Ressourceneffizienz 4.0“: Vorgehen und Partner

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Technologien und Systemlösungen	Fallstudien	Workshop & Tagung	Ressourcen-effizienz-potenziale	Voraussetzung, Herausforderung und Chancen	Handlungs-felder
Recherche und Auswertung Literatur/Experten wissen	Vor-Ort-Untersuchung von Unternehmen (v.a. KMU)	**Diskussion mit Akteuren** in Interaktive Workshops zur Digitalisierung	**Methodik** zur Bewertung **Ermittlung von RE-Potenzialen**	**Analyse** von Voraussetzungen, Herausforderungen und Chancen	**Ableiten von Handlungs-feldern** für Unternehmen, Politik und Wissenschaft

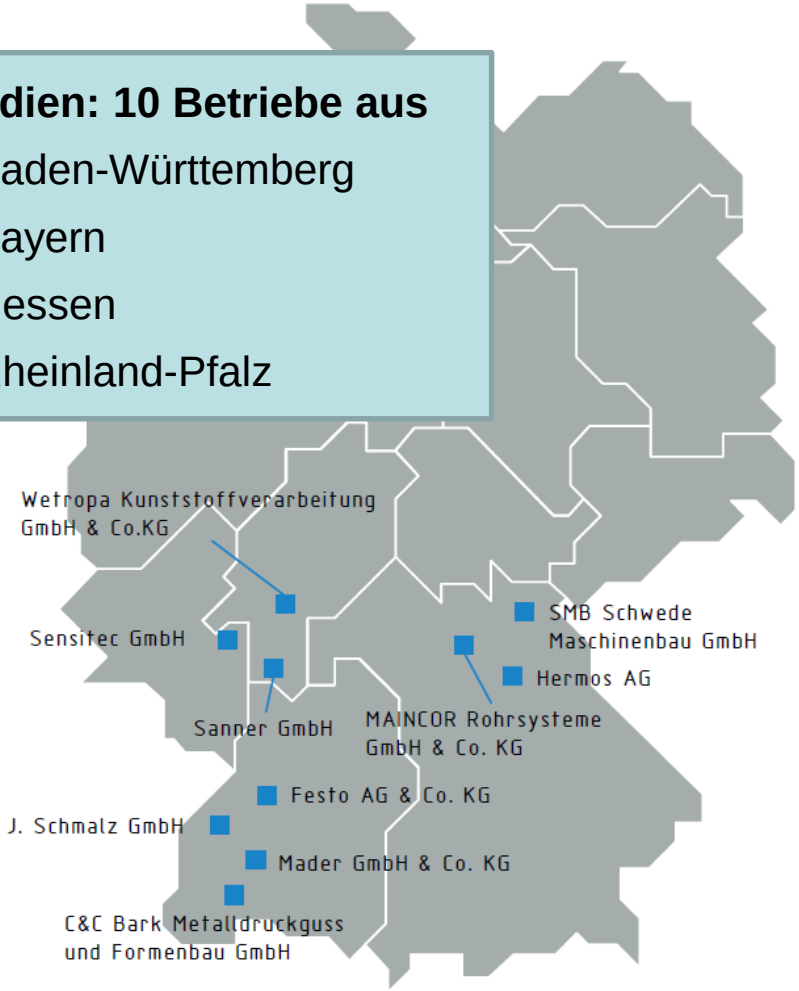
Datengrundlagen:
Literatur, Fallstudien, Workshop

Fallstudienanalyse – Branchen und Unternehmen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Fallstudien: 10 Betriebe aus

- Baden-Württemberg
- Bayern
- Hessen
- Rheinland-Pfalz



Bildquelle: mintastisch.de

Bildquelle: bilder.t-online.de

Bildquelle: www.all-electronics.de

SuR IWAR

Einspareffekte betrieblicher Ressourcen in den Fallbeispielen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Einspar-effekte	Praxisanwendungen									
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	PA9	PA10
	Optimierte Geschäfts-prozesse	Druckluft-Leckage-App	One Piece Flow	Warehouse Management System	Data on a Stick	Virtuelle Produkt-simulation	Business-Warehouse-System	Virt. Produkt-fertigung im Prototypenbau	Cloud-basierte Fertigung	Foam Creator
Betriebliche Einsparungen										
Abfall	bis 25%	n. r.	bis 25%	n. r.	bis 25%	n. r.	n. r.	n. r.	k. A.	n. r.
Fehlerrate	bis 25%	n. r.	> 50-75%	n. r.	bis 25%	k. A.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.
Lagerraum	n. r.	n. r.	k. A.	k. A.	n. r.	n. r.	k. A.	k. A.	n. r.	n. r.
Material	n. r.	k. A.	n. r.	k. A.	bis 25%	bis 25%	bis 25%	<50%[a)], k. A. [b)]	k. A.	25%
Strom	n. r.	33%	n. r.	n. r.	> 20%	bis 25%	bis 25%	k. A.	k. A.	n. r.
Transport	bis 25%	n. r.	bis 25%	k. A.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	n. r.	33%

a) Einsparungen durch die reduzierte Anzahl an produzierten Musterwerkzeugen
b) Einsparungen durch 3D-Druck-Verfahren
k. A.: Es liegen keine quantitativen Angaben zum jeweiligen Einspareffekt vor
n. r.: Die Maßnahme ist nicht relevant für den jeweiligen Einspareffekt oder die natürlichen Ressourcen

SuR IWAR

Erkenntnisse aus den Fallstudien

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Vielfältige Effizienzsteigerungen und **Einsparungen von betrieblichen Ressourcen**, u. a. durch Verringerung von Fehlerraten, Ausschuss sowie Stromverbrauch.
- **Ressourceneffizienz** wird von Betrieben meist als **Nebeneffekt der Digitalisierung** angesehen, der z. B. mit der Prozess-Automatisierung einhergeht.
- Es fehlen betriebliche **Datengrundlagen zu spezifischen Ressourcenverbräuchen** in der Produktion.

Bildquelle: mintastisch.de

Bildquelle: bilder.t-online.de

Bildquelle: www.all-electronics.de

SuR IWAR

Studie „Ressourceneffizienz 4.0“: Ermittlung von Ressourceneffizienzpotenzialen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Technologien und Systemlösungen	Fallstudien	Workshop & Tagung	Ressourcen-effizienz-potenziale	Voraussetzung, Herausforderung und Chancen	Handlungs-felder
Recherche und Auswertung Literatur/Experten wissen	Vor-Ort-Untersuchung von Unternehmen (v.a. KMU)	**Diskussion mit Akteuren** in Interaktive Workshops zur Digitalisierung	**Methodik** zur Bewertung **Ermittlung von RE-Potenzialen**	**Analyse** von Voraussetzungen, Herausforderungen und Chancen	**Ableiten von Handlungs-feldern** für Unternehmen, Politik und Wissenschaft

Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft SuR IWAR

TU DARMSTADT

Datenverarbeitung in der Konstruktion

Fraunhofer IPA

Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft SuR IWAR

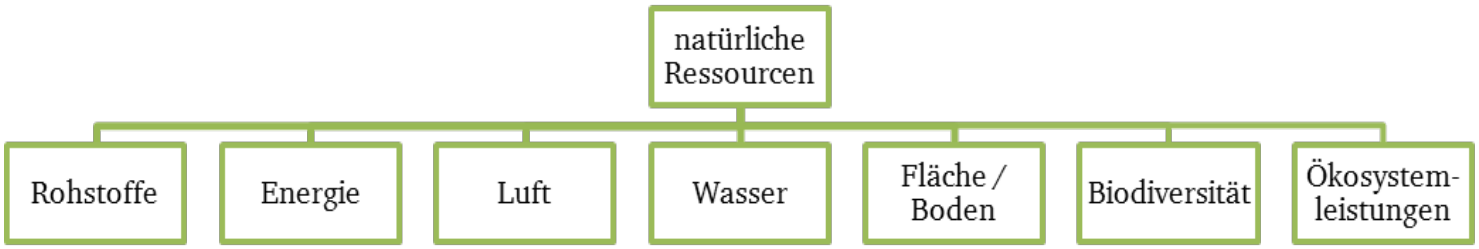
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH

SuR IWAR

Natürliche Ressourcen

“Ressource, die Bestandteil der Natur ist; hierzu zählen erneuerbare und nicht erneuerbare Primärrohstoffe, physischer Raum (Fläche), Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), strömende Ressourcen (z.B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) sowie Ökosystemleistungen und Biodiversität.“ [4]

[in Anlehnung an KOM (2005) 670: Thematische Strategie zur Nutzung natürlicher Ressourcen]



Bildquelle: in Anlehnung an [5]

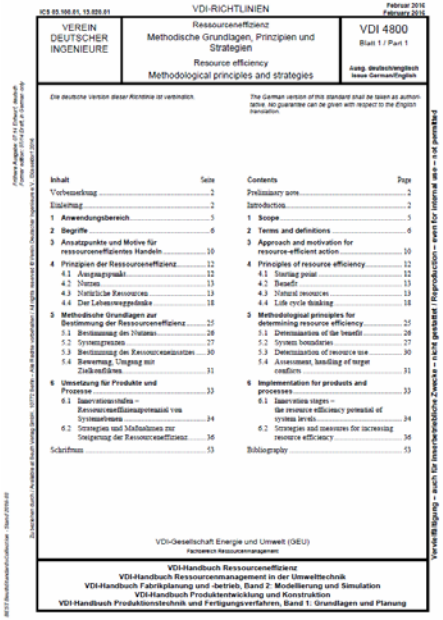
Ressourceneffizienzpotenzial (REP)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Grundlage: VDI 4800 Ressourceneffizienz

- Ressourceneffizienz: Verhältnis eines bestimmten **Nutzens** … zum dafür nötigen **Ressourceneinsatz**.
- Erfassung des vollständigen **Lebenswegs** (Ökobilanz)

(VDI 4800 Blatt 1, 2016:
Ressourceneffizienz - Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien)



VDI-RICHTLINIEN

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Ressourceneffizienz
Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien
Resource efficiency
Methodological principles and strategies

VDI 4800
Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt — Seite

Vorbemerkung ... 2
Einleitung ... 2
1 Anwendungsbereich ... 5
2 Begriffe ... 6
3 Ansatzpunkte und Motive für ressourceneffizientes Handeln ... 10
4 Prinzipien der Ressourceneffizienz ... 12
4.1 Ausgangspunkt ... 12
4.2 Nutzen ... 13
4.3 Natürliche Ressourcen ... 13
4.4 Der Lebensweggedanke ... 18
5 Methodische Grundlagen zur Bestimmung der Ressourceneffizienz ... 25
5.1 Bestimmung des Nutzens ... 26
5.2 Systemgrenzen ... 27
5.3 Bestimmung des Ressourceneinsatzes ... 30
5.4 Bewertung, Umgang mit Zielkonflikten ... 31
6 Umsetzung für Produkte und Prozesse ... 33
6.1 Innovationsstufen – Ressourceneffizienzpotenzial von Systemebenen ... 34
6.2 Strategien und Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz ... 36
Schrifttum ... 53

Contents — Page

Preliminary note ... 2
Introduction ... 2
1 Scope ... 5
2 Terms and definitions ... 6
3 Approach and motivation for resource-efficient action ... 10
4 Principles of resource efficiency ... 12
4.1 Starting point ... 12
4.2 Benefit ... 13
4.3 Natural resources ... 13
4.4 Life cycle thinking ... 18
5 Methodological principles for determining resource efficiency ... 25
5.1 Determination of the benefit ... 26
5.2 System boundaries ... 27
5.3 Determination of resource use ... 30
5.4 Assessment, handling of target conflicts ... 31
6 Implementation for products and processes ... 33
6.1 Innovation stages – the resource efficiency potential of system levels ... 34
6.2 Strategies and measures for increasing resource efficiency ... 36
Bibliography ... 53

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)
Fachbereich Ressourcenmanagement

VDI-Handbuch Ressourceneffizienz
VDI-Handbuch Ressourcenmanagement in der Umwelttechnik
VDI-Handbuch Fabrikplanung und -betrieb, Band 2: Modellierung und Simulation
VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion
VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 1: Grundlagen und Planung

Ressourceneffizienzpotenzial:

- **mögliche Steigerung** der Ressourceneffizienz durch die **digitale Transformation** für einen bestimmten **Nutzen**

SuR IWAR

Ermittlung von Ressourceneffizienzpotenzialen (REP)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ermittlung der Veränderung des Ressourceneinsatzes (vgl. VDI 4800)

Einsparungen

- Verbräuche innerhalb des Betriebs

→ z.T. Schätzungen; fehlende Informationen v.a. zu Materialien

- Verbräuche außerhalb des Betriebs

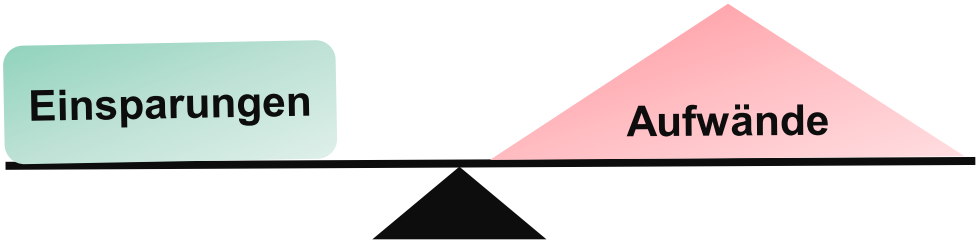
→ Nur qualitative Beschreibung

Aufwände

- Herstellung Hardware
- Betrieb Hardware/Software

→ Literaturrecherche

Ressourceneffizienz-potenzial (REP)



Ökobilanzielle Studien:

- Schwerpunkt auf verbraucher-nahen IKT-Produkten (z.B. Laptop)
- kaum Studien zu Komponenten von CPS (z.B. Sensoren)
- Vielfalt und aktuelle Weiter-entwicklung der IKT wird nur punktuell abgedeckt

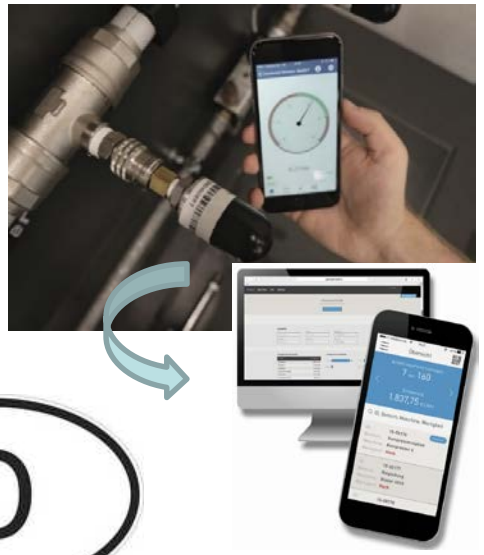
SuR IWAR

REP der Praxisanwendung „Druckluft-Leckage-App“

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

„Druckluft-Leckage-App“

- Digitale Dokumentation des Prüfvorganges des Druckluftsystems beim Anwender und Auswertung der gemessenen Daten mittels der Druckluft-Leckage-App.



Bildquelle: Mader GmbH & Co. KG

Einsparungen:

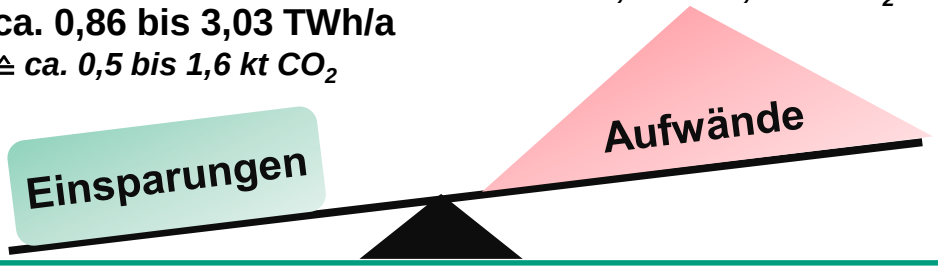
- Bis 35 % Druckluft
- Bis 35 % Energie
- *Material (Papier, Verschleißteile)*

ca. 0,86 bis 3,03 TWh/a
≙ ca. 0,5 bis 1,6 kt CO_2

Aufwände:

- Smartphone
- Computer
- Sensoren

ca. 0,03 bis 0,07 TWh/a
≙ ca. 0,02 bis 0,04 kt CO_2



D

Abschätzung REP Deutschland

⇒ **Erhebliche Netto-Einsparungen**

- Robuste Abschätzung:
  - sehr konservative Betrachtung der Aufwände
  - Ggf. weitere Einspareffekte

SuR IWAR

REP der Praxisanwendung „Data on a Stick“

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

„Data on a Stick“

- Daten werden an Stelle von Reinraumpapier auf digitalem Datenträger gespeichert, der – mit dem Werkstückträger fest verbunden – durch die Produktion reist.

Einsparungen:

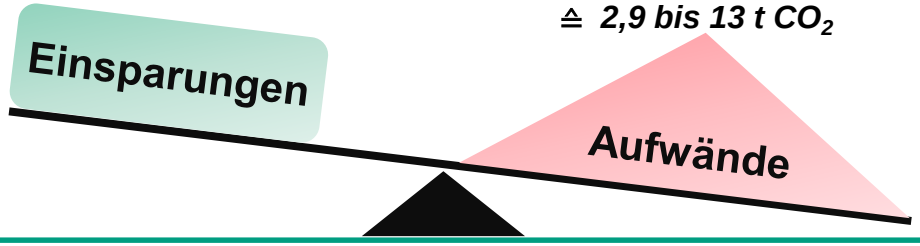
- 100% Reinraumpapier
- Bis 20 % Energie
- *Jeweils bis zu 25 % Abfall, Fehlerrate, Material*

0,2 bis 2 MWh/a
≙ 0,1 bis 1 t CO_2

Aufwände:

- USB-Sticks
- Server
- Computer
- Software

5 bis 25 MWh/a
≙ 2,9 bis 13 t CO_2



Bildquellen: fast-alles.net, https://www.pure11.de/

D

Abschätzung REP Deutschland

⇒ **Aufwände überwiegen, aber:**

- Sehr konservative Betrachtung der Aufwände
- Weitere Einspareffekte nicht berücksichtigt

SuR IWAR

Handlungsempfehlungen…

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

…für KMU:

- Maßnahmen der digitalen Transformation können branchenübergreifend zur Steigerung der Ressourceneffizienz genutzt werden:

  → Umsetzung auf Basis des Reifegrads des Unternehmens

- Industrie 4.0 bietet neue Möglichkeiten für die anlagen- und prozessbezogene Erfassung von Daten zu Ressourcenverbräuchen:

  → Nutzung zur Identifikation von Ressourceneffizienzpotenzialen

- Die Steigerung der Ressourceneffizienz ist mehr als ein „Mitnahmeeffekt“ von Industrie 4.0:

  → gezielte Strategie für Ressourceneffizienz entwickeln

Bildquelle: http://edomexinforma.com

SuR IWAR

Handlungsempfehlungen…

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

…für die Politik:

- Beratungsangebote existieren einerseits im Bereich Industrie 4.0, andererseits im Bereich Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS):

  → Vernetzung und Intensivierung der Beratungsangebote zu einem „Baukasten Ressourceneffizienz 4.0“ mit Fokus auf KMU

- Gesamtwirtschaftlich wird steigender Strombedarf v.a. durch externe Rechenzentren/Cloud-Computing erwartet:

  → Förderung von Kennzeichnung/Labeling für Strom-Verbrauchswerte von IKT und Internetdiensten

- Forschungsförderung kann neue Themen adressieren:

  → Ausrichtung zur Verknüpfung von Industrie 4.0 mit Ressourceneffizienz

Bildquelle: http://klisch.net

SuR IWAR

Fazit

Die Digitale Transformation der Industrie birgt sowohl Chancen als auch Risiken für die Ressourceneffizienz und muss daher aktiv gestaltet werden:

- **Wissens- und Informationsgrundlagen:** Methodik und Daten zur Verbindung betrieblicher Kenngrößen mit Indikatoren für natürliche Ressourcen; Identifikation „ressourceneffizienter“ Maßnahmen
- **Erfassung von Wirkungen auf Gesamtwirtschaft und Gesellschaft:** Labelling für Energieverbräuche IT, Untersuchung von Rebound-Effekten, Analyse des Verbrauchs spezifischer Rohstoffe
- **Aktive Strategien der Ressourceneffizienz:** gezielte Nutzung der Digitalisierung z.B. für langlebige Produkte und Kreislaufwirtschaft

Danke für die Aufmerksamkeit!

Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek

Technische Universität Darmstadt

Institut IWAR
Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft
E-mail: l.schebek@iwar.tu-darmstadt.de
Web: www.iwar.tu-darmstadt.de/sur