

# Leitbild „Ultraeffizienzfabrik“ Maschinenbaubranche



## Vision

Wie sieht die Vision einer Ultraeffizienzfabrik in der Maschinenbaubranche im Jahre 2050 aus?



## Vergleich

Wie ist der Status-Quo der Branche bezüglich ausgewählter Umweltkennzahlen?



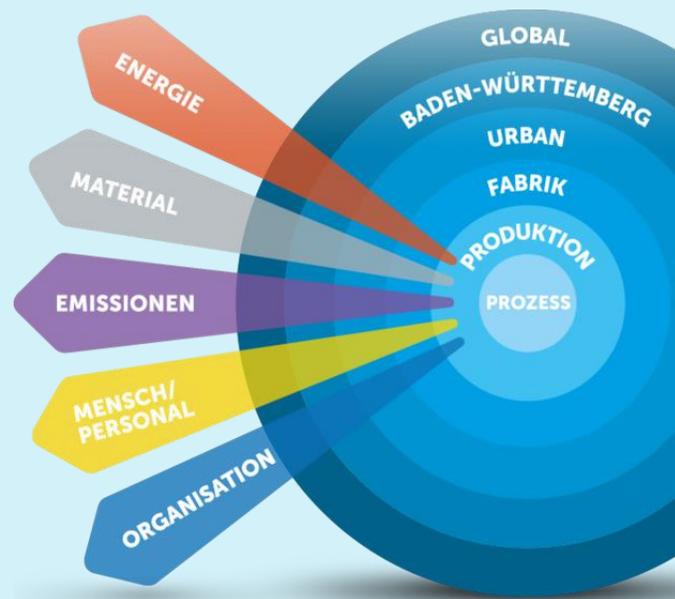
## Hemmnisse

Welche Hemmnisse treten bei der Umsetzung der Vision der Ultraeffizienzfabrik auf?



## Enabler

Welche Enabler helfen bei der Erreichung der Vision der Ultraeffizienzfabrik?



# Leitbild „Ultraeffizienzfabrik“

Die Ultraeffizienzfabrik ist ein Ansatz, um **effizient** mit so wenig Material und Energie wie nötig **effektiv** zu produzieren.

Material und Energie fließen im Kreislauf und dienen immer wieder als Ausgangspunkt der Produktion.

Die anpassungsfähige, emissionsfreie Fabrik sichert ein ökologisches und soziales Umfeld, integriert in die urbane Umgebung.

## Handlungsfelder

### MATERIAL

Die Material-Ultraeffizienz strebt eine **vollständige Kreislaufwirtschaft** an: Sie schließt eine Weiter-, Um- oder Wiedernutzung von Rest- und Abfallstoffen sowie von Produkten oder Produktteilen nach ihrem Gebrauch mit ein.

Die Vision: ausschließlich Material verwenden, das vollständig ohne kritische Stoffe auskommt, das zu 100 Prozent aus lokalen Ressourcen stammt und zu 100 Prozent kreislauffähig ist.

### ENERGIE

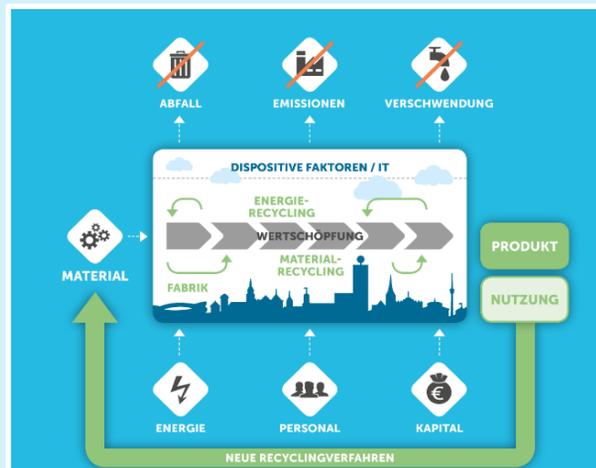
Regenerative Energien werden höchst effizient und effektiv eingesetzt und der Energiebedarf optimal abgestimmt, mit dem Ziel, ihn so weit wie möglich zu minimieren. Die Vision: Einsatz ausschließlich erneuerbarer Energie; mehr Energie erzeugen als verbrauchen (**Plusenergiefabrik**).

### MENSCH / PERSONAL

Ultraeffizient ist es, so viel Personalkapazität zur Erreichung der Produktionsziele einzusetzen wie nötig und dabei einen so **positiven Beitrag für Unternehmen, Mitarbeiter und Nachbarn** zu erzeugen wie möglich.

### EMISSIONEN

Ultraeffiziente Unternehmen lassen möglichst **keine Emissionen** als Begleiterscheinung ihrer Produktion entstehen. Falls sie unvermeidlich sind, sollen sie bestenfalls vollständig in der Produktion verwertet werden.



### ORGANISATION

Die unternehmerische Organisation soll Strukturen und Regeln zur Verfügung stellen, die es ermöglichen, Maßnahmen schnell und reibungslos einzuführen und umzusetzen. Die Vision: möglichst flexibel, wandlungsfähig und resilient wirtschaften. **Transparenz als Leitmaxime** in der Unternehmenskultur verankern.

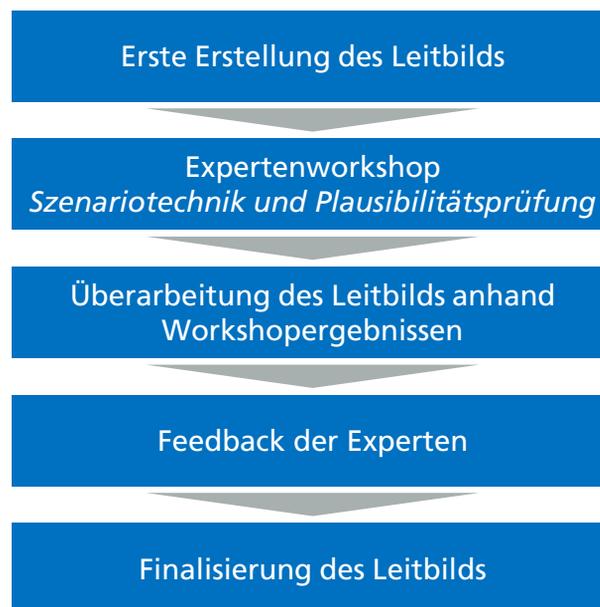
## Vorwort

Das vorliegende Leitbild ist im Rahmen des Forschungsprojekts „Ultraeffizienzfabrik – symbiotisch-verlustfreie Produktion im lebenswerten Umfeld“ entstanden und stützt sich auf bestehende – beispielsweise durch die Bundesregierung beschlossene – Ziele oder Selbsteinschätzungen der Branche durch Experten. Es soll als Diskussionsgrundlage für Unternehmen zur Entwicklung ihrer Branche dienen.

## Methodik

Das Leitbild „Ultraeffizienzfabrik“ für die Maschinenbaubranche besteht zum einen aus **Kennzahlen**, die die Erreichung eines jeweiligen Zielzustands für das Jahr 2030 bewerten. Diese Zielzustände wurden aus politischen Zielen, Studien und statistischen Daten abgeleitet. Darüber hinaus wird eine für die entsprechende Branche spezifische **Vision der Ultraeffizienzfabrik bis 2050** beschrieben. Identifizierte **Hemmnisse** zeigen auf, an welcher Stelle für Unternehmen potentielle Herausforderungen bestehen. Im Gegensatz dazu weisen die **Enabler** darauf hin, welche Technologien, Vorgehensweisen und Ansätze eine Umsetzung unterstützen.

Die Inhalte des Leitbilds wurden mithilfe von **Experten aus der Industrie** und **Literaturrecherchen** erstellt. Innerhalb von Expertenworkshops wurden mittels qualitativer Szenariotechnik die wichtigsten Trends für die Vision, die Hemmnisse und die Enabler ermittelt. Die Plausibilität des Leitbildes wurde durch Iteration mit den Experten der Branche sichergestellt.



**Abbildung 1: Methodik zu Erstellung der Leitbilder**

## Zusammenfassung

Die **Vision** der Ultraeffizienzfabrik bis zum Jahr 2050 ist insbesondere durch die Themen Energie und Digitalisierung geprägt. Schon im Jahr 2025 sollen Fabriken als **autonome, vollständig vernetzte und dezentrale Wertschöpfungsnetzwerke** funktionieren. Mithilfe des Zukaufs von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten kann die Produktion bis 2030 bedingt klimaneutral und kurz darauf auch energieautark gestaltet werden. Jedoch ist nach Einschätzung der Experten eine vollständige Klimaneutralität (ohne den Zukauf von Zertifikaten) erst weit nach dem Jahr 2050 möglich. Ab dem Jahr 2040 sind auch die **digitalen Innovationsthemen** weitestgehend implementiert, sodass das digitale Abbild der Produktion sowie selbstoptimierende und –heilende Maschinen und Systeme zum Standard gehören.

Zusammenfassend besteht im Maschinenbau in allen fünf Handlungsfeldern Handlungsbedarf. Die Definition der entsprechenden Defizite als Abweichung vom Sollzustand ist auf der nachfolgenden Seite näher beschrieben.

Im Bereich der **Emissionen** ist ein Anstieg des Gesamtabfallaufkommens (Effektivitätskennzahl) zu beobachten. Bei der Effizienz Kennzahl des Gesamtabfallaufkommens in Bezug zur Bruttowertschöpfung ist zwar keine negative Entwicklung (und demzufolge ein Anstieg) zu beobachten, jedoch wird auch hier der Sollzustand knapp verfehlt. Die weiteren Kennzahlen THG-Emissionen und Abwassermenge liegen teils deutlich oberhalb des Sollzustands.

Im Bereich **Energie** ist ein deutliches Defizit im Bereich des Anteils der erneuerbaren Energien am Energieverbrauch zu beobachten. Mit Blick auf den angestrebten Zielwert von 27% im Jahr 2030 und das derzeit stagnierende Niveau von knapp über einem Prozent, muss der Anteil erneuerbarer Energien signifikant gesteigert werden. Hingegen hat sich der Primärenergieverbrauch im Vergleich zu 2010 stark reduziert und überschreitet somit den Sollzustand.

Im Bereich **Material** erreicht nur der Wasserbrauch den Sollzustand. Sämtliche anderen Kennzahlen wie die Rohstoffproduktivität, der Anteil der Unternehmen mit Einsatz von Recyclingmaterial, sowie der Anteil der Unternehmen, die eine Rücknahme von Maschinen ermöglichen, bleiben deutlich hinter dem Sollzustand zurück.

Im Bereich **Organisation** erreicht ebenfalls nur eine Kennzahl den Sollzustand – der Anteil der Unternehmen mit zertifizierten Umweltmanagementsystemen ist bei gleichbleibender Entwicklung auf einem guten Weg das Ziel im Jahr 2030 zu erreichen. Besonders negativ fällt hingegen die Verringerung des Anteils der Unternehmen mit Produkt- und Prozessinnovationen auf.

Im Bereich **Mensch/Personal** kann keine der Kennzahlen den Sollzustand für das Jahr 2015 erreichen. Der Anteil der Unternehmen mit Weiterbildungsangeboten ist im Vergleich zu 2010 sogar leicht gesunken.

Als **Hemmnis** zur Umsetzung einer Ultraeffizienzfabrik wurde vor allem die **fehlende Motivation** genannt. Hierfür konnten unterschiedliche Gründe identifiziert werden. So ist die **Wirtschaftlichkeit** ein elementarer Aspekt: Einkaufspreise von Energie und Material sind derzeit noch so niedrig, dass sich viele Effizienzmaßnahmen nicht bzw. zu langsam amortisieren. Darüber hinaus werden **Investitionskosten** nicht ganzheitlich und über den gesamten Lebenszyklus betrachtet. Ein weiterer Grund kann in der **Unternehmensorganisation und -kultur** gefunden werden. Es wird keine Strategie und somit auch kein Fokus auf zentrale Kernaspekte der Ultraeffizienzfabrik gelegt. Dies resultiert in mangelnder Transparenz durch fehlendes Monitoring der jeweiligen Kennzahlen. Des Weiteren wurde genannt, dass die **Politik** durch die Etablierung undurchsichtiger Regularien und mangelhafter Anreizsysteme wenig Unterstützung bietet.

Demgegenüber wurden unterschiedliche **Enabler** identifiziert: Das **Monitoring** über alle Handlungsfelder und Unternehmensbereiche ist von besonderer Bedeutung, da hierdurch Handlungsbedarfe aufgedeckt und Verbesserungen nachverfolgt werden können. Auf der Ebene Prozessverbesserungen stehen **automatische Stofftrennverfahren, die additive Fertigung und Produkt-/Prozessoptimierung** wie Eco-Design im Fokus. Außerdem sind Baukastensysteme für Effizienztechnologien sowie klare Vorgaben der Politik sehr hilfreich für Unternehmen.

## Vision des Zielzustands

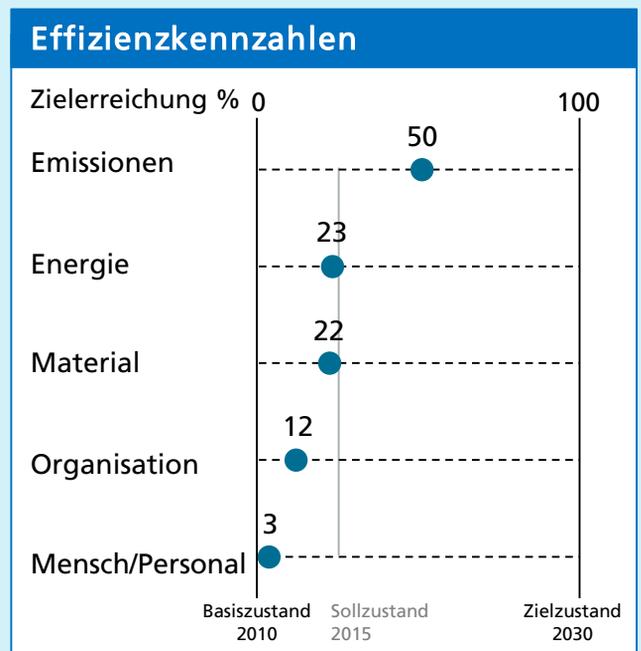
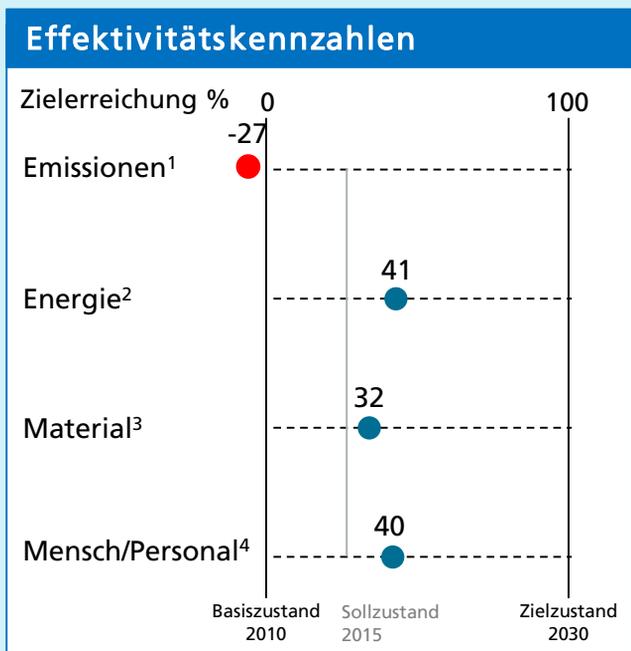
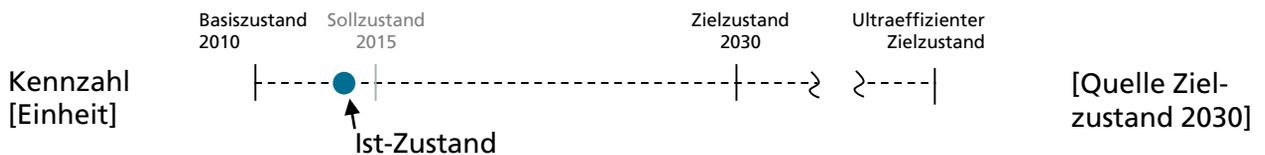
Bis zum Jahr 2050 werden in der Maschinenbauindustrie folgende Technologien und Systeme umgesetzt sein:



## Erklärung zu den Kennzahlen

Die Struktur der Kennzahlen sowie deren Interpretation wird zum besseren Verständnis im Folgenden kurz erklärt.

Generell wurde in Effektivitäts- und Effizienz Kennzahlen unterschieden. Die **Effektivitätskennzahlen** beschreiben die notwendige **absolute** Senkung des Gesamtverbrauchs. Die **Effizienzkennzahlen** beziehen die jeweiligen absoluten Kennzahlen auf die Bruttowertschöpfung (BWS) der Branche oder stellen per Definition schon **relative** Kennzahlen dar. Falls im Vergleich zum **Basisjahr 2010** eine Verschlechterung der Kennzahlen zu beobachten ist, werden diese außerhalb der Skala in rot dargestellt. Aufgrund der schwierigen Datenlage stammt die überwiegende Anzahl der Ist-Daten aus den Jahren 2014-2016. Daher wird die **Soll-Entwicklung** der Branche durch ein entsprechendes Skalenintervall für das Jahr 2015 dargestellt. Dabei wird eine lineare Entwicklung der Zielerreichung unterstellt. Bezogen auf das Basisjahr 2010 muss dementsprechend **bis 2015 ein Viertel des 2030er-Ziels** erreicht sein. Eine Unterschreitung dieses Intervalls deutet an, dass die Branche hier ein Defizit aufweist und die Erreichung des 2030er-Ziels somit gefährdet ist. Sofern auf Grund unzureichender Datenverfügbarkeit auf Daten aus einem anderen Basisjahr zurückgegriffen wurde, ist dies bei der entsprechenden Kennzahl markiert. Weiterhin wurden die Kennzahlen in die einzelnen Handlungsfelder der Ultraeffizienz eingeteilt. In den beiden unteren Grafiken wurden die Kennzahlen der jeweiligen Handlungsfelder aggregiert und der Anteil der Zielerreichung bis 2030 in % dargestellt. Die Aggregation der Effektivitätskennzahlen kann unter den Fußnoten 1-4 nachvollzogen werden. Die aggregierten Effizienzkennzahlen setzen sich jeweils aus den nachfolgenden Effizienzkennzahlen innerhalb des jeweiligen Handlungsfelds zusammen. Aufgrund fehlender Effektivitätskennzahlen für das Handlungsfeld Organisation wird dieses nicht betrachtet.



<sup>1</sup> THG-Emissionen, Gesamtabfallaufkommen

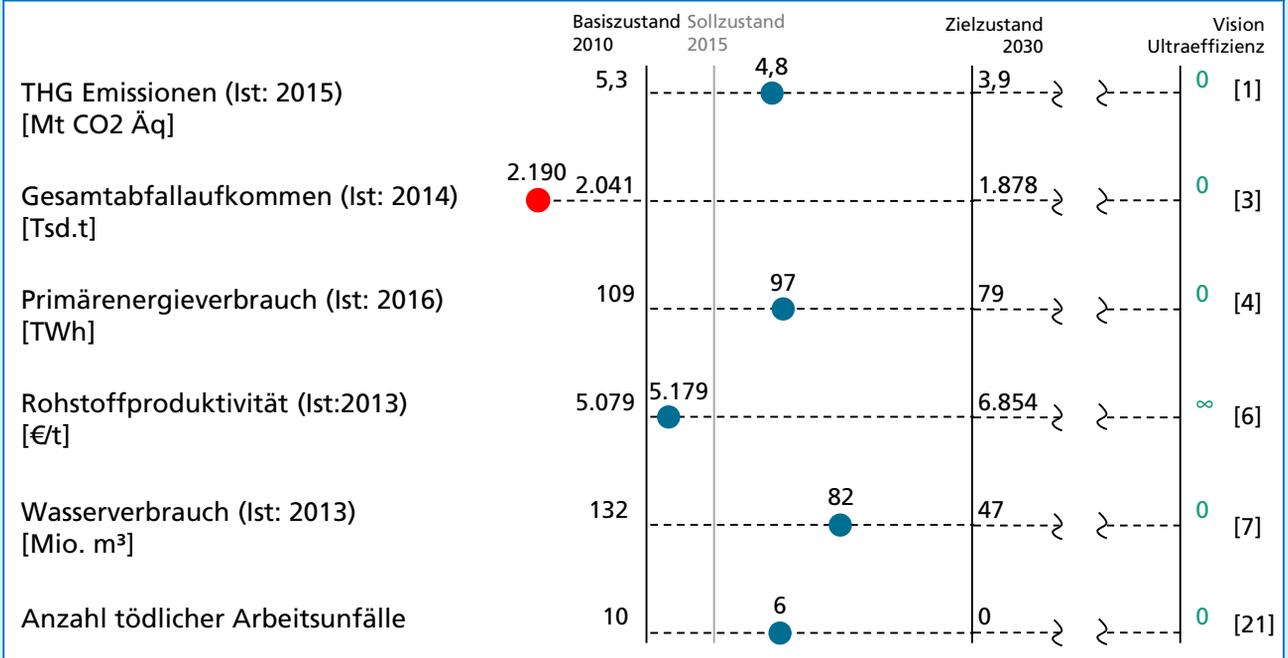
<sup>2</sup> Primärenergieverbrauch

<sup>3</sup> Rohstoffproduktivität, Wasserverbrauch

<sup>4</sup> Anzahl tödlicher Arbeitsunfälle

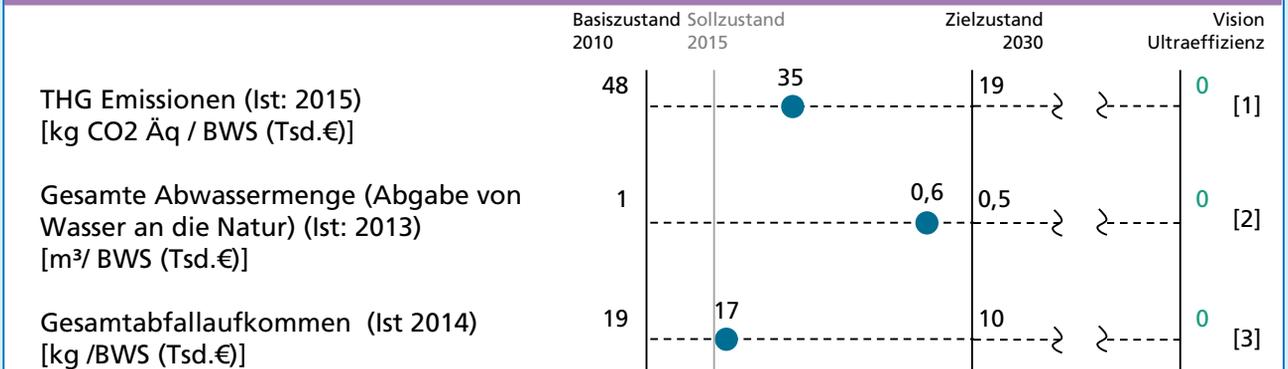
## Profil

### Effektivitätskennzahlen



### Effizienzkenzahlen

#### EMISSIONEN

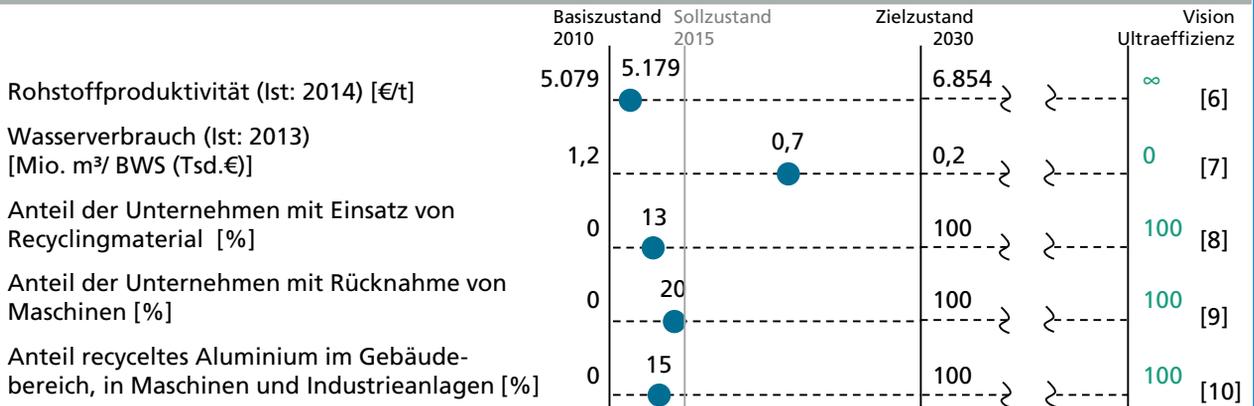


#### ENERGIE

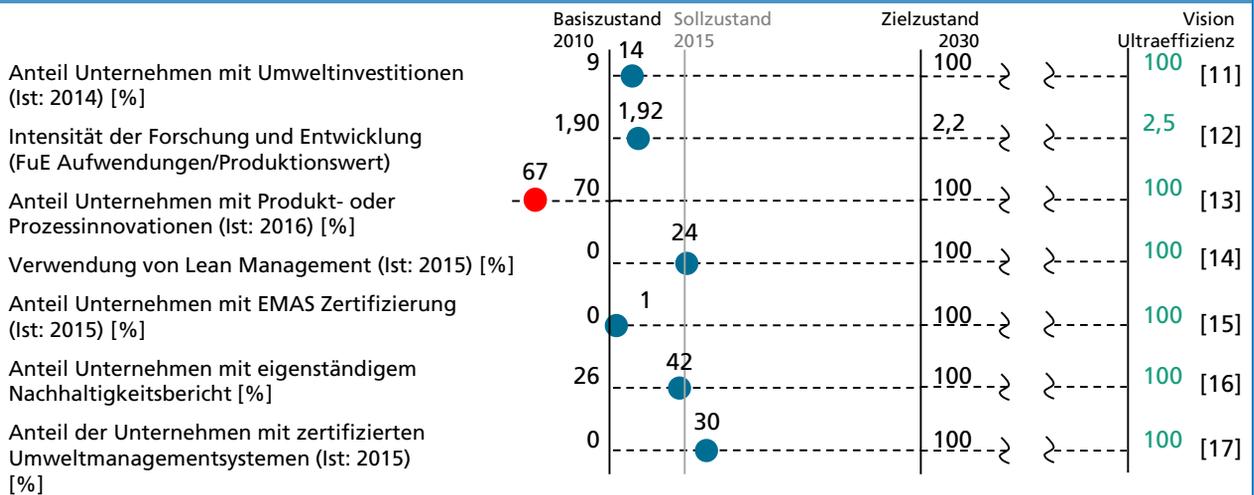


## Effizienzkenzzahlen

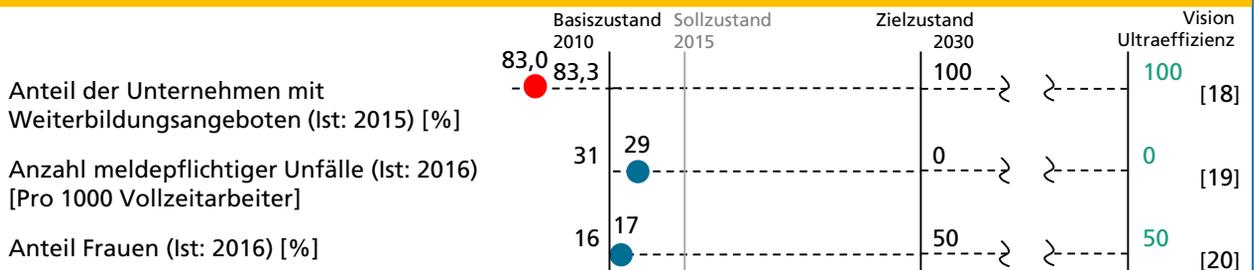
### MATERIAL



### ORGANISATION



### MENSCH / PERSONAL



## Quellen

#### [1] Reduktion der THG-Emissionen um 51% im Vergleich zu 1990

Bundesministerium für Umwelt, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Naturschutz Ziele der Bundesregierung, [online] <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/19.11.2018>

[2] lineare Regression

#### [3] Reduktion des Abfalls um 8% in Bezug zum Jahr 2010

Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban/ Dipl.-Ing. Gerhard Halm (2013): UNIKAT-Fachtagung Abfallvermeidung, [online] <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-86219-652-4.volltext.frei.pdf> [19.09.2018]

#### [4] Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 27% im Vergleich zu einer Entwicklung ohne Effizienzmaßnahmen

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017): Klimaschutz in Zahlen – Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, [online] [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz\\_in\\_zahlen\\_2017\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_in_zahlen_2017_bf.pdf) [19.11.2018]

#### [5] 27% Anteil an erneuerbaren Energien am Energieverbrauch

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Europäischer Klima- und Energierahmen 2030, [online] [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Recht-Politik/EU\\_Klima\\_Energierahmen/eu\\_klima\\_und\\_energierahmen.html](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Recht-Politik/EU_Klima_Energierahmen/eu_klima_und_energierahmen.html) [19.09.2018]

[6] Verdopplung der Rohstoffproduktivität von 1994 bis 2020 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2016): Ziele und Indikatoren, [online] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/rohstoffe-als-ressource/rohstoffproduktivitaet#textpart-1> [19.11.2018]

#### [7] 43% Wassereinsparungspotential in der Industrie

Ecologic-Institute for International and European Environmental Policy (2007): EU Water saving potential (Part 1 – Report), [online] [https://www.ecologic.eu/sites/files/project/2013/917\\_water\\_saving\\_1.pdf](https://www.ecologic.eu/sites/files/project/2013/917_water_saving_1.pdf) [19.09.2018]

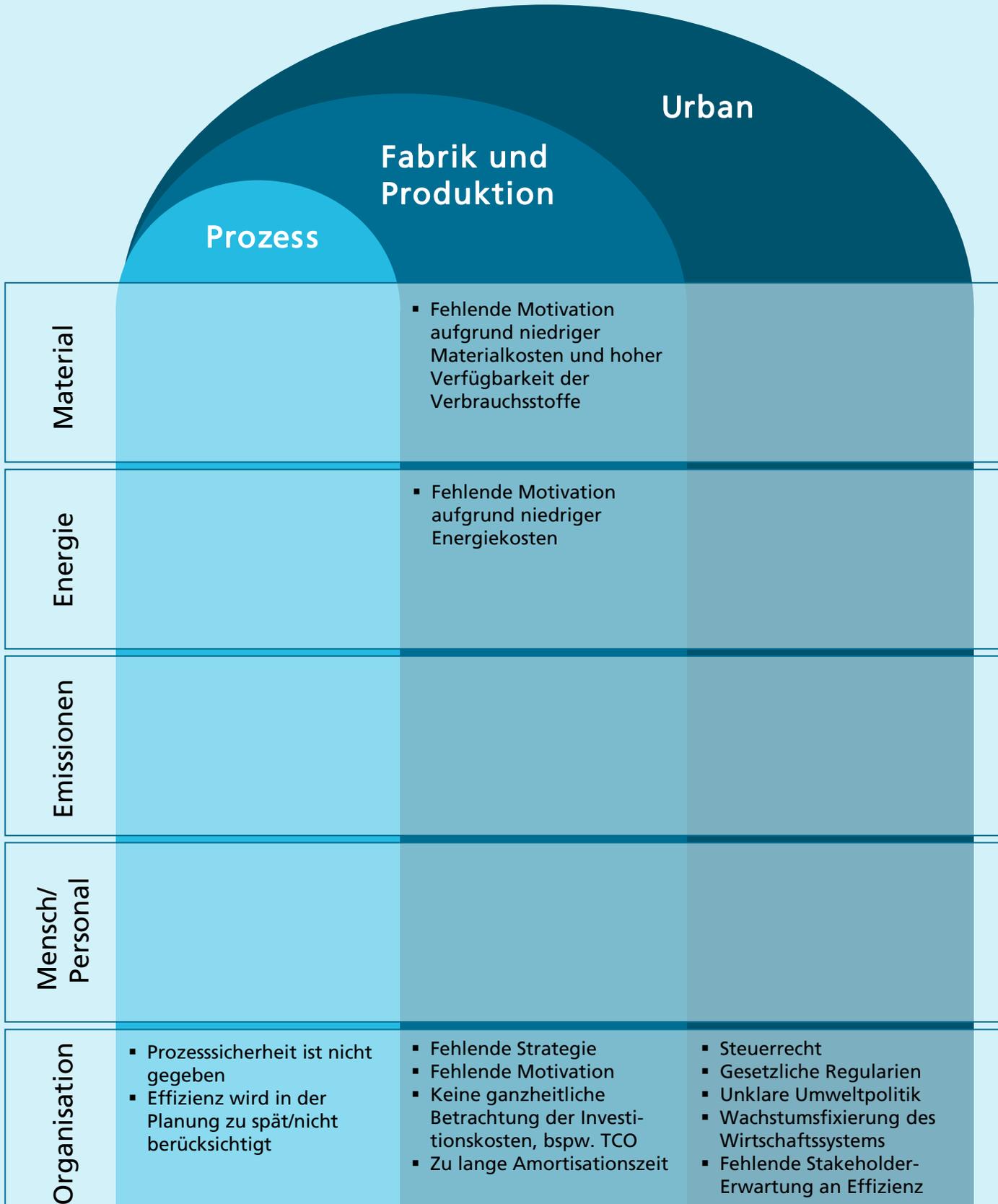
[8], [9] Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung

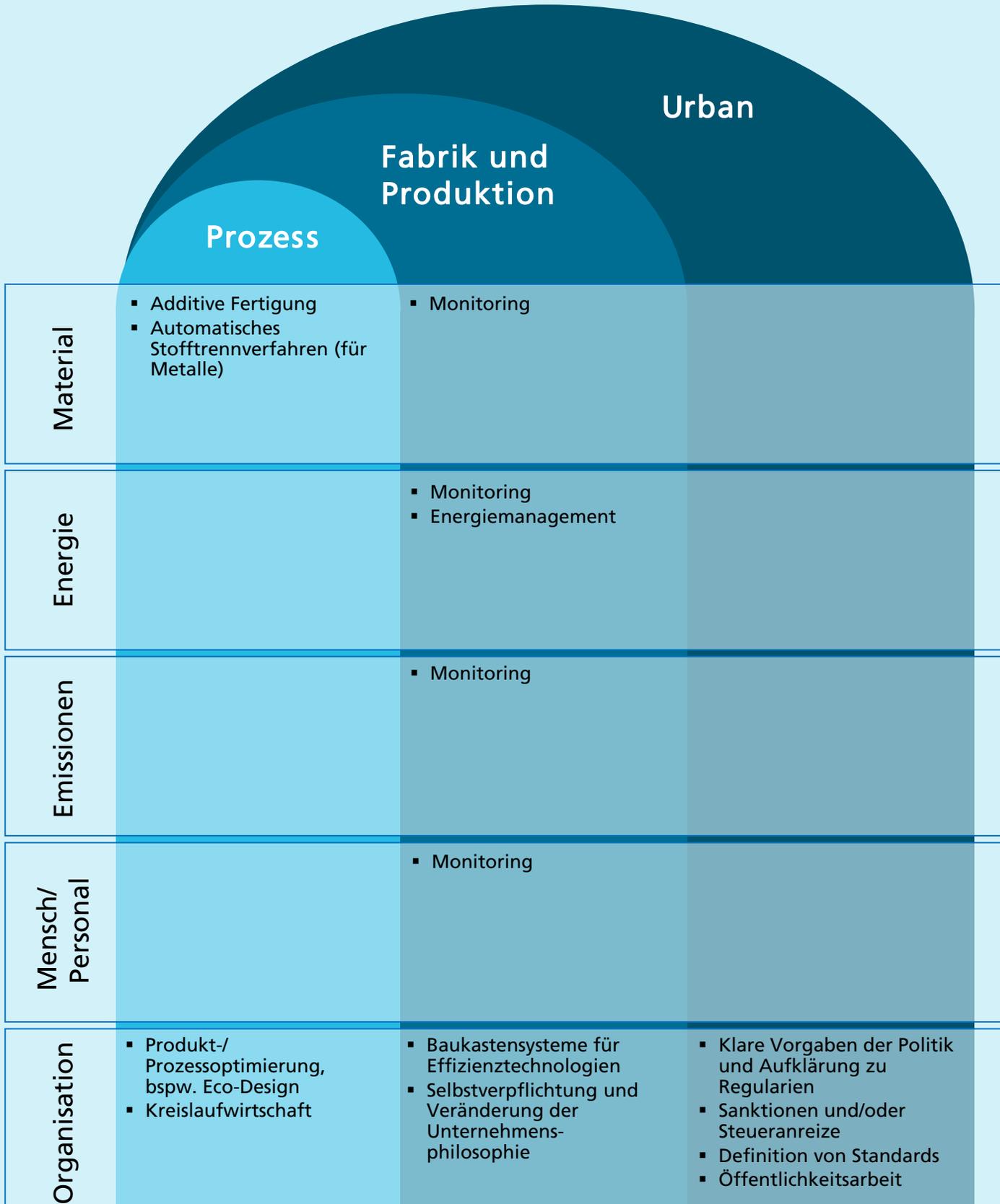
#### [10] theoretisch zu 100% rohstofflich recycelbar

Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Steinbeis-Transferzentrum: Materialeffizienz im verarbeitenden Gewerbe – eine Metastudie

[11] – [21] Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung

## Hemmnisse





# Kontakt

Prof. Alexander Sauer

Fraunhofer IPA

Bereichsleiter Ressourceneffiziente Produktion

Telefon +49 711 970-3600

[alexander.sauer@ipa.fraunhofer.de](mailto:alexander.sauer@ipa.fraunhofer.de)

Dr. Jörg Mandel

Fraunhofer IPA

Abteilungsleiter Nachhaltige Produktion und Qualität

Telefon +49 711 970-1980

[joerg.mandel@ipa.fraunhofer.de](mailto:joerg.mandel@ipa.fraunhofer.de)

Dieses Projekt wird gefördert von



**Baden-Württemberg**  
MINISTERIUM FÜR UMWELT,  
KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT