

Abschlussbericht

Die Ultraeffizienzfabrik (UltraEff-UP) - Ressourcenschonende Produktionstechnologien ohne Emissionen im urbanen Umfeld

von

Dr. J. Mandel, Dr. U. Schließmann, J. Lentes
und Dr. S. Stender

Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)
Fraunhofer Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik (IGB)
Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

Förderkennzeichen: FKZ L75 13009

Laufzeit: 15.11.2013- 29.02.2016

Die Arbeiten dieses Projekts wurden mit Mitteln
des Landes Baden-Württemberg durchgeführt.

Juni 2016



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
Was ist die Idee hinter der "Ultraeffizienzfabrik" ?	5
Was wurde im Projekt in den 2 Förderphasen erreicht?	8
Projektphase1: Übersicht über die Arbeitspakete	10
Phase1/AP1 Definition Ultraeffizienzfabrik	12
Vorgehensweise zur Definitionsentwicklung	12
Definition Ultraeffizienz	16
Vision Ultraeffizienz	18
Leitbilder der Handlungsfelder und Betrachtungsebenen	19
Phase1/AP2 Reifegradmodell	21
Ausgangssituation und Zielsetzung	21
Vorgehensweise	22
Validierung	23
Projektergebnisse Phase1/AP2	25
Phase1/AP3 Industrielle Best-Practice	26
Durchführung einer online-Studie zur Abfrage nach Effizienztechnologien	27
Best-Practice Datenbank	31
Phase1/AP4: Umsetzungsempfehlungen	34
Pilothafte Validierung des Reifegradmodell an einem theoretischen Fabrikmodell („Plast-AG“)	34
Phase1/AP5: Visualisierung und Simulation	37
Konzepthafte Visualisierung der Ultraeffizienzfabrik	37
Simulator	39
Phase1/AP6: Öffentlichkeitsarbeit	43
Veröffentlichungen und Vorträge	43
Informationsmaterialien	44
Von Projektphase1 zu Projektphase2	47
Phase2: Übersicht über die Arbeitspakete und begleitenden Arbeiten	49

Phase2/AP1 – Wirtschaftliche Perspektive des Rahmenmodells „Ultraeffizienzfabrik“ ..	52
Erweiterung des Rahmenmodells der Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld um die wirtschaftliche Perspektive für eine monetäre Bewertung	52
Phase2/AP2 – Perspektive Rohstoffversorgung des Rahmenmodells »Ultraeffizienzfabrik«	56
Erweiterung des Rahmenmodells zur Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld um die Perspektive „Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe“	56
Phase2/AP3 Schulungs- und Multiplikatorenkonzept	60
Entwicklung eines modularen Konzepts und Bereitstellung von Schulungsunterlagen für Qualifizierungsmaßnahmen zur Zertifizierung von Ultraeffizienz-Beratern.....	60
Hierarchisches Stufenkonzept.....	64
Phase2/AP4 IT-basierte Umsetzung – Plattform, Cockpit und Portal	69
Erarbeitung IT-basierter Werkzeuge (Ultraeffizienz-Cockpit) sowie einer Informationsplattform	69
Ultra-F-Check Basic	71
Ultra-F-Check Professional.....	73
Phase2/AP5 Konzeption der Demonstration	76
Entwicklung eines mehrstufigen Konzepts für Demonstrationszentren einer Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld	76
Kleindemonstrator	76
Umsetzung des Demonstrators während der Konferenz Ultraeffizienzfabrik Dezember 2015.....	78
Demonstrationslabor – Einrichtung eines UEFab-Lab am Fraunhofer IAO.....	79
Konzeption eines Demonstrationszentrums	81
Erste Ausbaustufe des Demonstrationszentrums für „Ultraeffizienz“	81
Evaluierung des Stufenkonzeptes	83
Phase2/AP6 Öffentlichkeitsarbeit und Vermarktung.....	84
Verbreitung des Konzepts der Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld soll durch die Verbreitung und Vermarktung der Projektergebnisse erfolgen	84
Ultra-F-Checks	87
Drei-stufiges Vorgehen zum Einstieg, zur Positionierung und zum Wegweiser zur Ultraeffizienzfabrik.....	87
Ultra-F-Check.....	88

Anwendung der Ultra-F-Checks	95
Rieger Metallveredlung	95
Würth Elektronik.....	101
Firma C & C Bark	106
Konferenz Juli 2015	110
Konferenz Dezember 2015	111
Abbildungsverzeichnis.....	114

Einleitung

Was ist die Idee hinter der "Ultraeffizienzfabrik"?

Zu den großen Herausforderungen unserer Zeit gehört das Stichwort Nachhaltigkeit: eine lebenswerte Umwelt zu schaffen, den Ressourcenverbrauch drastisch zu reduzieren und trotzdem den wirtschaftlichen Erfolg unserer Unternehmen sicherzustellen. Das erfordert ein neues Denken in den Unternehmen, von der Effizienz zur Ultraeffizienz.

Versucht man die tägliche Nachrichtenflut auf einige grundsätzliche Tendenzen und Aussagen zu fokussieren, so gehören das rasante Weltbevölkerungswachstum, die Endlichkeit von Ressourcen auf unserem Planeten sowie die zunehmende Verstädterung sicher zu den drängenden Herausforderungen hinsichtlich unseres aktuellen Handelns und Wirtschaftens. Dabei fallen dann Stichworte wie lebenswerte Umwelt, Ressourcenverbrauch und Nachhaltigkeit.

Unternehmen, die sich diesen Herausforderungen aktiv stellen wollen, müssen dabei einen Spagat vollziehen. Einerseits heißt es für sie, verantwortungsbewusst mit den von ihnen benötigten (meist endlichen) Ressourcen umzugehen. Andererseits benötigen sie auch zukünftig Wachstum, denn dieses ist notwendig, um dauerhaft / nachhaltig wirtschaftlich erfolgreich sein zu können.

Wenn nun ein Unternehmen die Konsequenz zieht, seinen Ressourcenverbrauch drastisch zu reduzieren, so ergibt sich daraus logischerweise die Folge, alle seine Prozesse zur Herstellung seiner Produkte hinterfragen zu müssen:

- a) nach der Notwendigkeit des Prozesses mit dem Ziel, unnötige Vorgänge einzusparen, um Verschwendung zu vermeiden und
- b) nach der Optimierung des Prozesses dahingehend, mit weniger Ressourcen auskommen zu können, beispielsweise durch energiesparende Anlagen oder durch höhere Prozessgeschwindigkeiten bei gleichem Ressourceneinsatz womit der spezifische Ressourceneinsatz sinkt.

Die Antwort heißt effizienter Umgang mit Ressourcen – wobei die Suche nach Effizienz in der Produktion nicht neu ist und gerade erfolgreiche Unternehmen bereits sehr viel getan haben. Nur war der Blick bisher meist ausschließlich auf die Produktion gerichtet und der Treiber hierzu die Wettbewerbsfähigkeit am Markt sowie die Reduktion der Herstellungskosten. Nun jedoch müssen sich die Unternehmen viel intensiver mit dem Ressourcenverbrauch an sich und der Frage nach der Art der eingesetzten Ressourcen auseinandersetzen. Denn es ist natürlich ein Unterschied, ob beispielsweise zum Betreiben einer Produktionsanlage konventionell erzeugter Strom verwendet wird oder ob der Strom aus regenerativen Quellen stammt. Ähnlich verhält es sich mit dem

eingesetzten Material. Aus welcher Quelle stammt es und wie wird es nach dem Gebrauch des Produktes, wenn es veraltet oder defekt ist, entsorgt – oder kann es weiterverwendet werden unter dem Aspekt des Up-, Re- oder Down-cycling, was langfristig zu Wertstoffkreisläufen führen soll.

Es geht also weiterhin um Effizienz, aber die Blickrichtung verändert sich, das Umfeld des Produzierens rückt in den Fokus und damit neben der Effizienz auch vielmehr die Effektivität.

Die Zielsetzung ultraeffizienter Fabriken ist es, den Einsatz an Material, Energie, Personal und Kapital so zu gestalten, dass Abfall, Abluft und Abwasser eliminiert und der Nutzungsgrad der eingesetzten Produktionsfaktoren maximiert wird – von der Wertschöpfung zur Wertschaffung. Für einzelne Perspektiven einer Ultraeffizienzfabrik existieren bereits Teillösungen, bisher fehlte jedoch eine ganzheitliche, umfassende Betrachtungsweise.



Abbildung 1: Von der Wertschöpfung zur Wertschaffung

»Energie« soll unter den Aspekten Umwandlung, Verteilung und Rückführung betrachtet werden. Zur Energiewandlung stehen diverse regenerative Energiequellen zur Verfügung, die Energieverteilung kann beispielsweise mit Smart Grids (z.B. lokale Micro Grids) und Speichertechnologien wie Redox Flow unterstützt werden.

Energierückgewinnung kann unter anderem durch Verwertung von Energiepotentialen aus Abfall- und Abwasserströmen durch Umwandlung organischer Bestandteile, Verstromung von Abwärme (z.B. Organic Rankine Cycle), Rekuperation (z.B. Supercaps) und Energy Harvesting (z.B. Thermoelektrik) realisiert werden.

»Materialien« lassen sich ressourcenschonend herstellen, indem nachwachsende, reichlich verfügbare Ersatzstoffe genutzt und verarbeitet werden oder sie lassen sich durch den Einsatz neuer Verfahren teilweise sogar einsparen. Anwendung finden des Weiteren die Wertschöpfung in Kreisläufen, Zero-Waste- und Zero-Emission-Produktionstechnologien in kurzen, hybriden Prozessketten ohne Verschnitt sowie eine ganzheitliche Gestaltung des Produktlebenszyklus. Damit lassen sich Emissionen und Abfall signifikant reduzieren bzw. entstehen erst gar nicht mehr.

»Produktivität«, kann beispielsweise durch neue Effizienz-Ansätze maximiert werden, bei denen Mitarbeiter soweit wie möglich von verschwenderischen Aktivitäten entlastet und sinnvoll über eine flexible, ggf. auch partizipative Kapazitätsplanung eingesetzt werden. Dazu gehören auch neue Ansätze zur zukünftigen Gestaltung von Arbeitsplätzen, indem der Mitarbeiter immer weniger der eigentlich Ausführende ist – das übernehmen Maschinen und automatisierte Prozesse – sondern immer mehr zum Gestaltenden, Kreativen wird, der die automatisierten Prozesse plant und überwacht. Damit verändern sich zwar bisherige Arbeitsinhalte, aber die Arbeitsplätze in der Produktion werden deutlich attraktiver. Dies ist ein Baustein, um dem Mangel an qualifiziertem Personal entgegenzuwirken. Ein weiterer Baustein ist die Schaffung von Arbeitsplätzen in einem attraktiven urbanen Umfeld bei hoher Lebensqualität und einer ausgezeichneten Work-Life-Balance und -Integration. Dazu zählen entsprechende Angebote für Teilzeitarbeitsplätze und einer flexiblen Gestaltung der üblichen Lebensarbeitszeitgrenze.

Wie kann ein Unternehmen ultraeffizient werden? Dazu wurde ein Orientierungsrahmen, ein 3-stufiger Ansatz entwickelt, der Unternehmen zur Ultraeffizienz führt. Denn Ultraeffizienz bedeutet für ein Unternehmen ein mehrjähriges Vorhaben: alle bisherigen Vorgehensweisen werden hinterfragt, neues „Denken“ ist zu implementieren und viele Prozesse sind neu zu gestalten. Dies kann nur in einem auf die jeweilige Unternehmenssituation angepassten Vorgehen umgesetzt werden, dass auch die Möglichkeiten und Potenziale des Unternehmens im Auge behält und dabei immer auch die wirtschaftlichen Vorteile für das Unternehmen berücksichtigt.

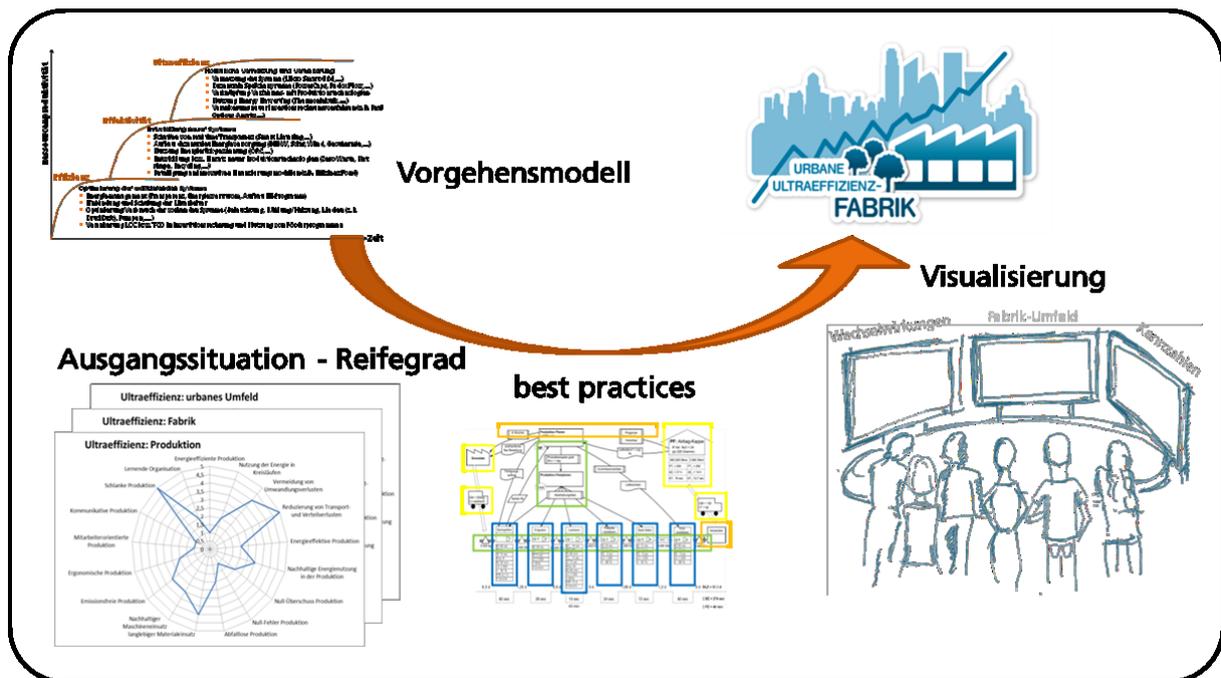


Abbildung 2: Vorgehensmodell zur Ultraeffizienzfabrik

Langfristig gesehen entsteht so aus dem Spagat zwischen Ressourcenverbrauch und Wachstum ein geschlossenes Bild eines wirtschaftlich erfolgreichen Unternehmens, das in lebenswerter Umgebung verlustfrei produziert.

Was wurde im Projekt in den 2 Förderphasen erreicht?

In der ersten Förderphase des Projektes ging es um Eigenschaften und Definitionen zu einer Ultraeffizienzfabrik, wie lässt sich eine Ultraeffizienzfabrik realisieren und welche Methoden, Visualisierung und Simulationen begleiten Unternehmen auf diesem Weg. Daraus wurde dann in der zweiten Förderphase eine 3-stufige Vorgehensweise entwickelt, einerseits sehr pragmatisch aber andererseits auch sehr anspruchsvoll, da mit ihr den Unternehmen ein Werkzeug zur Orientierung und Entscheidungsfindung an die Hand gegeben werden soll. Diese Vorgehensweise wurde im Praxiseinsatz getestet und optimiert, dazu wurden begleitende Werkzeuge zur Wirtschaftlichkeit und zur Simulation entwickelt, die grundsätzlichen Fragen zu Schulung und Verbreitung von Expertenwissen angegangen und eine internetbasierte Plattform zur Kommunikation der Inhalte geschaffen.

Mit dieser Vorgehensweise kann ein Unternehmen sich in der ersten Stufe mittels eines internetbasierten „Ultra-F-Check Basic“ erste Ideen zur Ultraeffizienz einholen und in einer einfachen Art und Weise mit der Thematik auseinandersetzen. Dann wird es

unternehmensspezifisch, durch Unterstützung von ausgewiesenen Experten wird in 2 - 3 Tagen der „Ultra-F-Check“ zur Ultraeffizienz vor-Ort durchgeführt. Damit erfährt das Unternehmen eine Bewertung bzgl. seiner Fitness zur Ultraeffizienz – vergleichbar mit einem Marathonläufer, der sich mit den richtigen Trainingsmethoden auseinanderzusetzen hat. In der dritten Stufe geht es dann an die Realisierung und Umsetzung, wobei hierzu Analysen und insbesondere auch detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchgeführt werden. Das Ergebnis ist ein detaillierter Vorgehensplan mit zahlreichen Einzelschritten, wobei sich die Experten einer umfangreichen Best-Practice Datenbank bedienen, Simulationsmodelle sowie das sogenannte „Ultraeffizienz-Cockpit“ einsetzen und den Umsetzungsprozess beratend begleiten.

Alles das wurde in 2 Konferenzen der Öffentlichkeit vorgestellt. Die erste im Juli 2015 hatte noch eher den Charakter einer Entwicklerkonferenz mit begrenzter Teilnehmerzahl. Die zweite Konferenz im Dezember 2015 dagegen hat dann das vollständige Ergebnis und Potenzial dieses Ansatzes in einem hoch professionellen Format über 200 Teilnehmern aus Industrie, Politik und Forschung präsentieren können.

Projektphase1: Übersicht über die Arbeitspakete

Die Arbeiten zu Projektphase1 gliedern sich in 5 entwicklungsbezogene (AP1 – 5) und zwei begleitende Arbeitspakete (AP0 und AP6):

Arbeitspakete Projektphase 1
AP0: Koordination
AP1: Definition Ultraeffizienzfabrik
AP2: Reifegradmodell
AP3: Industrielle BestPractice
AP4: Umsetzungsempfehlungen
AP5: Visualisierung und Simulation
AP6: Öffentlichkeitsarbeit

Phase1/AP1 Definition Ultraeffizienzfabrik

Zum Start des Projektes wurde der Betrachtungsrahmen zur Ultraeffizienzfabrik aufgespannt, welche Aspekte/Funktionen zu berücksichtigen sind. Die Ultraeffizienzfabrik wurde definiert und detailliert mittels eines Ebenenmodells mit 5 Handlungsfeldern beschrieben.

Phase1/AP2 Reifegradmodell

Zu den Betrachtungsebenen Prozess, Produktion, Fabrik und urbanes Umfeld wurde ein Reifegradmodell entwickelt mit Bewertungskriterien zur absoluten und

relativen Skalierung der einzelnen definierten Funktionen innerhalb der jeweiligen Ebene.

Phase1/AP3 Industrielle Best-Practice

Mittel einer online-Studie wurde der bisherige Entwicklungsstand von Effizienztechnologien (weltweit) abgefragt und in einer Best-Practice Datenbank im Hinblick auf die erarbeiteten Ultraeffizienzkriterien katalogisiert und aufbereitet.

Phase1/AP4: Umsetzungsempfehlungen

Für das Reifegradmodell wurde ein Umsetzungskonzept (Quick-Check) zur Anwendung in Industrieunternehmen erarbeitet, welches dann pilothaft in einem theoretischen Fabrikmodell („Plast-AG“) validiert wurde.

Phase1/AP5: Visualisierung und Simulation

Es wurde prototypisch ein Analyse- und Optimierungswerkzeug (Ultraeffizienz-Cockpit) erstellt, mit dem die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen der einzelnen Aspekte der Ultraeffizienz visualisiert und mittels dessen Veränderungen getestet und visualisiert werden können.

Phase1/AP6: Öffentlichkeitsarbeit

Die Ergebnisse der Arbeiten im Projekt wurden in mehreren Veröffentlichungen und Vorträgen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Phase1/AP1 Definition Ultraeffizienzfabrik

Vorgehensweise zur Definitionsentwicklung

Das erste Arbeitspaket „Definition Ultraeffizienzfabrik“ zielt darauf ab, ein gemeinsames Grundverständnis der Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld zu schaffen und dieses zu dokumentieren. Die Definition der Ultraeffizienzfabrik bildet dabei die Grundlage für die sich anschließenden Arbeitspakete. Zu diesem Zweck fand zunächst eine Analyse der Anforderungen und Rahmenbedingungen statt. Dazu wurde ein gedankliches Hilfskonstrukt entwickelt, welches dem Zweck dienen sollte, strukturiert Informationen und Ideen zu sammeln und zu generieren. Dieses Hilfskonstrukt beinhaltet die Handlungsfelder Energie, Material, Emission, Mensch / Personal und Organisation. Zudem werden die Ebenen Prozess, Produktion, Fabrik, Urban, Baden-Württemberg und globale Ebene (siehe Abbildung 3) unterschieden.

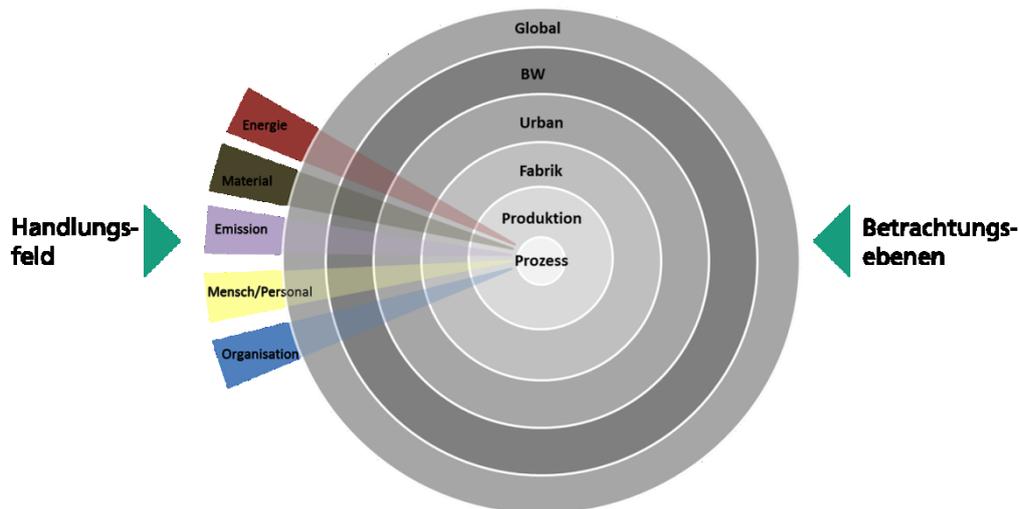


Abbildung 3: Hilfskonstrukt – das Ultraeffizienz „Schalenmodell“

Das Ultraeffizienz „Schalenmodell“ wurde zunächst verwendet, um eine Abgrenzung zu anderen (Forschungs-)Projekten durchzuführen. Hierzu fand eine Internetrecherche zu aktuellen Projekten statt, welche im Anschluss hinsichtlich der genannten Betrachtungsebenen und Handlungsfelder bewertet und dokumentiert wurden (siehe Abbildung 4).

Titel der Studie	Fraunhofer - e* Fabrik	innocAT 4 - Energie- und ressourceneffizienter Karosseriebau im Lebenszyklus	ETA Fabrik	ARENA2036	Daimler - Nachhaltigkeitsbericht 2012	BMW - Nachhaltigkeitsbericht 2012	Volkswagen - Nachhaltigkeitsbericht 2012
Speicherort/Quelle	Link	Link	Link	Link	Link	Link	Link
Bemerkungen (z.B. Branche)		Automobilbau		Automobilbau, Leichtbau, Wandlungsfähigkeit	Automobilbau, Bewertung bezieht sich auf Ziele sowie Umsetzungen	Automobilbau, Bewertung bezieht sich auf Ziele sowie Umsetzungen	Automobilbau, Bewertung bezieht sich auf Ziele sowie Umsetzungen
Betrachtungstiefe	operativ/strategisch	strategisch	strategisch	strategisch	operativ/strategisch	operativ/strategisch	operativ/strategisch
Betrachtungsbereich							
Betrachtungsbereich							
Prozess							
Energie							
Material							
Emission							
Mensch/Personal							
Organisation							
Produktion							
Energie							
Material							
Emission							
Mensch/Personal							
Organisation							
Fabrik							
Energie							
Material							
Emission							
Mensch/Personal							
Organisation							
Urbanes Umfeld							
Energie							
Material							
Emission							
Mensch/Personal							
Organisation							
BaWü							
Energie							
Material							
Emission							
Mensch/Personal							
Organisation							
Global							
Energie							
Material							
Emission							
Mensch/Personal							
Organisation							

Abbildung 4: Bewertung von aktuellen Projekten im Bereich Nachhaltigkeit

Im Anschluss wurde im Rahmen von zahlreichen Workshops mit den Projektteilnehmern der Betrachtungsbereich freigeschnitten und es wurden Systemgrenzen definiert.

Zu diesem Zweck wurden zunächst Themenfelder gesammelt und anschließend drei verschiedenen Bereichen zugeordnet:

- Gestalten – Themenfelder welche im Rahmen des Projekts aktiv gestaltet werden
- Berücksichtigt – Themenfelder, welche mit als Input in das Projekt einfließen, jedoch nicht aktiv gestaltet werden
- Ausgeklammert – Themenfelder die bewusst (zunächst) ausgeklammert werden

Abbildung 5 zeigt die unterschiedlichen Themenfelder der Betrachtungsbereiche.

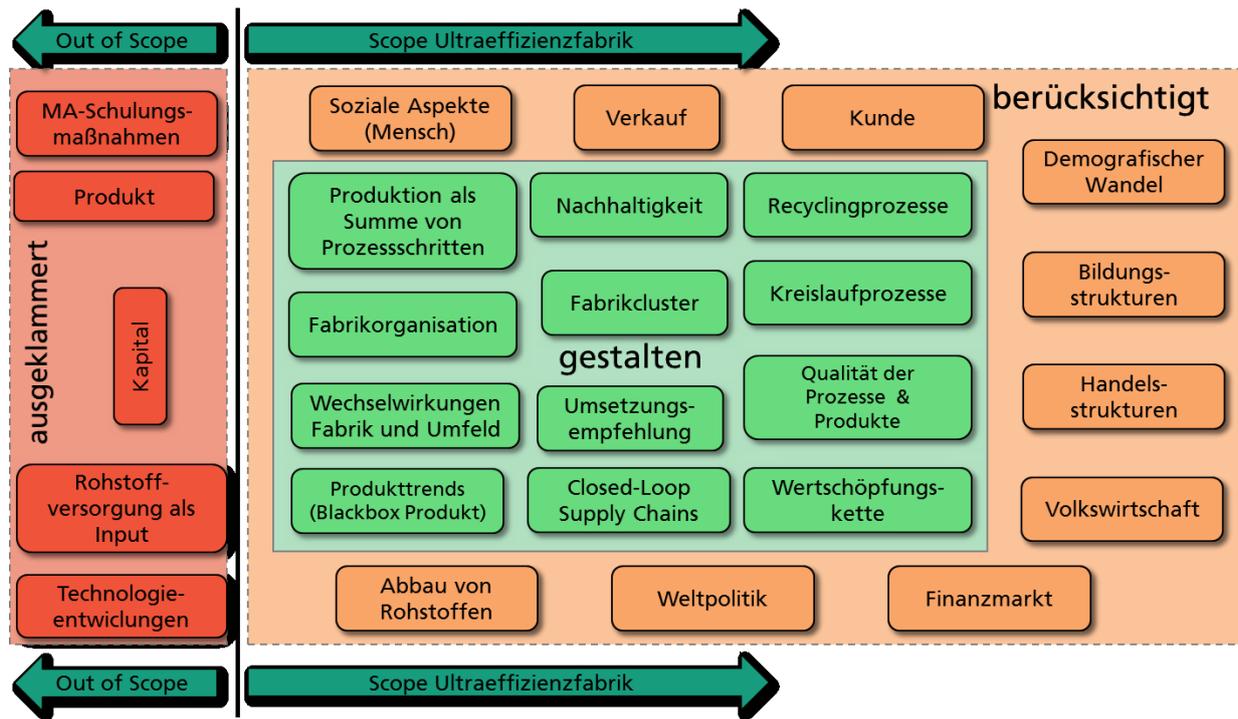


Abbildung 5: Betrachtungsrahmen Ultraeffizienzfabrik

Im Anschluss an die Bestimmung des Betrachtungsrahmens im Projekt wurde ein Fragebogen erstellt, welcher von den Projektteilnehmern ausgefüllt wurde. Der genannte Fragebogen beinhaltete gezielte Fragen hinsichtlich der Vorstellung der Projektteilnehmer, was Ultraeffizienz bedeutet. Abbildung 6 zeigt einen Auszug aus dem Fragebogen. Die Ergebnisse des Fragebogens wurden verdichtet, durch diverse Recherchen erweitert und sowohl in eine Definition und Vision für Ultraeffizienz, als auch in Leitbilder hinsichtlich der Handlungsfelder und Betrachtungsebenen überführt.

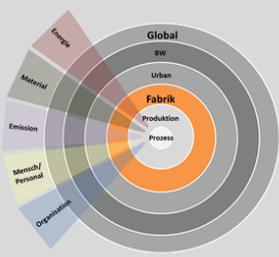
<p style="text-align: center;">Fabrik</p> 	Energie	Eine Fabrik ist aus meiner Sicht ultraeffizient bzgl. Energie, wenn:	Welche Kennzahlen sind für eine Fabrik relevant um als ultraeffizient bzgl. Energie zu gelten?	Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz von Fabriken (unter Berücksichtigung von z.B. Layout, regenerative Energie, Rückgewinnung, Kreisläufe, Verkettung, Intralogistik, ... etc...)	
	Material	Eine Fabrik ist aus meiner Sicht ultraeffizient bzgl. Material, wenn:	Welche Kennzahlen sind für eine Fabrik relevant um als ultraeffizient bzgl. Material zu gelten?	Möglichkeiten zur Steigerung der Materialeffizienz von Fabriken (unter Berücksichtigung von z.B. Rückgewinnung, Recycling, Kreisläufe, ... etc...)	
	Emission	Eine Fabrik ist aus meiner Sicht optimal bzgl. Emissionen wenn: ...	Welche Kennzahlen sind für eine Fabrik relevant um als emissionsoptimal zu gelten?	Möglichkeiten zur Reduzierung von Emissionen in Fabriken (unter Berücksichtigung von z.B. Fertigungsabläufen, Kreisläufen, Materialausschuss- und Abfall etc, Filter, Rückgewinnung, Energie ...)	
	Mensch und Personal	Eine Fabrik ist aus meiner Sicht optimal für Mensch und Personal wenn: ...	Welche Kennzahlen sind für eine Fabrik relevant um als optimal hinsichtlich Mensch und Personal zu gelten?	Möglichkeiten zur Optimierung der Fabrik hinsichtlich Mensch und Personal (Gestaltung des Arbeitsumfelds / des Gebäudes, Infrastruktur, unter Berücksichtigung Biorhythmus, Belastungen, soziale Bedürfnisse, Gesundheits- und Arbeitsschutz, Informationsfluss, etc.)	

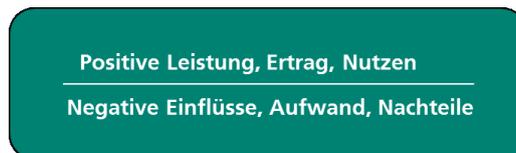
Abbildung 6: Fragebogen zu Ultraeffizienz

Definition Ultraeffizienz

Im Rahmen der Definition des Begriffs Ultraeffizienz fand zunächst eine Abgrenzung der Begriffe Effektivität und Effizienz statt.

Effizienz:

- „Verhältnis zwischen dem erzielten Ergebnis und den eingesetzten Mitteln“ (ISO 9000:2000).
- Verhältnis der Leistung zu den Kosten oder zu anderen Nachteilen/Opfern, also eine relative Betrachtung des Outputs. (Vereinfacht: „Die Dinge richtig tun“). Effizienz ist wichtig, aber die falschen Dinge effizient zu tun bleibt Verschwendung.
- Effizienz ist das kurzfristig optimale Handeln, das mit möglichst geringem Aufwand eine möglichst große Wirkung erzielen will.



Effektivität:

Das Wort Effektivität geht auf den gleichen Wortstamm wie Effizienz zurück. Lateinisch „effectus“ bedeutet Ausführung, Wirkung, Erfolg. Im allgemeinen Sprachgebrauch und nach Duden ist Effektivität daher auch gleichbedeutend mit Effizienz.

- Wirksamkeit, Grad der ...
- „Ausmaß, in dem geplante Tätigkeiten verwirklicht und geplante Ergebnisse erreicht werden“ (ISO 9000:2000).
- Im Verwaltungsmanagement vor allem: Ausmaß, in dem die Produkte (Output) die damit beabsichtigten Wirkungen (Outcome) erreichen. Es geht also um die Frage „Tun wir die richtigen Dinge?“. Auch: Nutzen für den „Kunden“ bzw. den Adressaten oder die Allgemeinheit.
- Beurteilungskriterium, mit dem sich beschreiben lässt, ob eine Maßnahme geeignet ist, ein vorgegebenes Ziel zu erreichen.

- Effektiv ist demnach eine Handlungsalternative, die zu dem gewünschten Ziel führt.
- Effektivität dagegen das mittel- bis langfristig orientierte Entscheiden, welche Wirkungen erzielt werden sollen, um insgesamt ein optimales Ergebnis zu erreichen.
- Beispiel: $OEE = \text{Verfügbarkeit} \times \text{Leistung} \times \text{Qualität}$

- **Setzt eine Planung von Tätigkeiten und Zielen voraus**
- **Beurteilt die Wirksamkeit der Tätigkeiten das Ziel zu erreichen**

In Abgrenzung zur ursprünglichen Abhängigkeit zwischen Effektivität und Effizienz, in welcher Effizienz weder eine hinreichende noch notwendige Bedingung für die Effektivität darstellt, beinhaltet Ultraeffizienz die Anforderung, dass Effizienz für die Effektivität notwendig ist.

Im Rahmen von weiteren Workshops des Projektteams wurden vier Bereiche erarbeitet, welche die wesentlichen Inhalte des Begriffs Ultraeffizienz ausdrücken. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7 dargestellt.

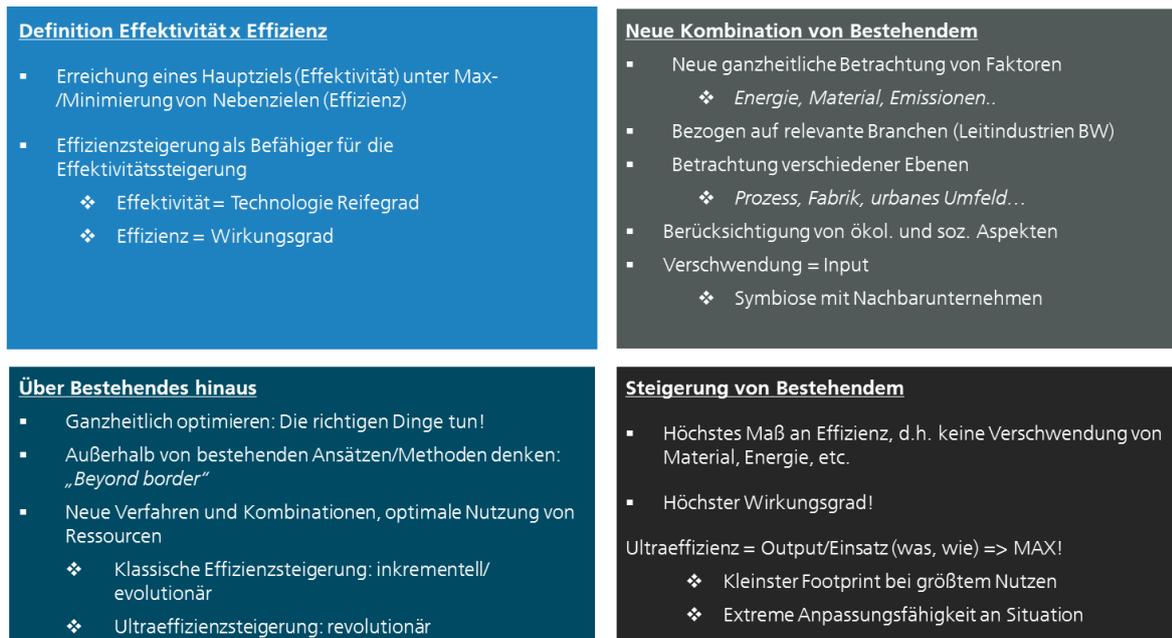


Abbildung 7: Ergebnisse Workshop - Definition Ultraeffizienz

Vision Ultraeffizienz

Auf Basis der zuvor dargestellten Definition von Ultraeffizienz und den im nachfolgenden Abschnitt beschriebenen Leitbilder der unterschiedlichen Handlungsebenen wurde eine Vision entwickelt, welche die Kernaussage der Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld vermitteln soll. Diese wird in Abbildung 8 gezeigt.



Verlustfrei produzieren in lebenswerter Umgebung

Die Ultraeffizienzfabrik ist ein neuartiger 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.

Abbildung 8: Vision Ultraeffizienz

Leitbilder der Handlungsfelder und Betrachtungsebenen

Ausführlich wurden die Leitbilder der Handlungsfelder und Betrachtungsebenen herausgearbeitet und in einem eigenständigem Dokument beschrieben (Beispiel Abbildung 9):

- Handlungsfeld Energie
- Handlungsfeld Material
- Handlungsfeld Emissionen
- Handlungsfeld Mensch
- Handlungsfeld Organisation

<p>5. Energie in der Produktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siehe oben genannte Maßnahmen <p>2. Finden des Gesamtoptimums der Produktion / Prozesskette bzgl. Energie mit zusätzlicher Betrachtung der Anordnung der Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Energieverbrauch muss transparent und messbar sein um Optimierungspotenziale zu identifizieren • Energieoptimales Materialhandling, insbesondere bezüglich Bewegung (Optimierung von Prozessführung, Logistik, etc.) • Mehrfache Nutzung der Energie durch energetische Kreisläufe. Abwärme wird beispielsweise für einen anderen Zweck verwendet • Wiederverwendung von Komponenten und Baugruppen • Hoher Wirkungsgrad der Maschinen und Anlagen anstreben, kontinuierliche Reduzierung des Energieverbrauchs • Analyse und Verbesserung der Wechselwirkung von Prozessen (z.B. Wiederverwendung von entstehender Wärme) • Kombination von Prozessschritten oder Integration von Arbeitsschritten (Nutzung von Synergieeffekten zwischen einzelnen 	<p>5. Energie in der Produktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bessere Möglichkeiten der Energiespeicherung <p>6. Energie im Prozess</p> <p>Energetische Ultraeffizienz auf Prozessebene bedeutet, den (energie- bzw. gesamt-) optimalen Prozess zu verwenden, bzw. den Prozess zu verwenden, welcher es ermöglicht, das übergeordnete Produktionsziel „finden des Gesamtoptimums“ zu erreichen. Dabei wird der Prozess an sich und in Wechselwirkung mit anderen Prozessen möglichst effizient gestaltet.</p> <p>1. Deckung des gesamten Energiebedarfs durch Einsatz erneuerbarer Energien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siehe oben genannte Maßnahmen <p>2. Minimaler Energieverbrauch</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimierung des Wirkungsgrads, im Optimum gesamte Energie im Zielprodukt 	<p>6. Energie im Prozess</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energie- und Materialeffizienz in mechanischen, thermischen und chemischen Fertigungsprozessen und -systemen (z.B. Integrative Produktion und Prozessverkürzung, Reduzierung von Energieverlusten durch Steuerungskonzepte, energieeffiziente Umformung und Net-Shape-Techniken, Optimierung von Lackier- und Beschichtungsprozessen) • Geschlossene Ressourcenkreisläufe/Ressourcenvernetzung in Prozessketten und Systemen. Energierückgewinnung, -umwandlung, -transport und -speicherung, Recycling • Energetische Vernetzung von unterschiedlichen Prozessen (evtl. Fabrikübergreifend), mehrfache Nutzung von Energie in Kreisläufen • Flexibilität bzgl. der Produktionsgeschwindigkeit und dem damit einhergehenden Energieverbrauch • Optimale Auslastung • Prozesse überprüfen hinsichtlich energieeffizienterer Prozesse mit gleicher Funktion
--	---	--

Abbildung 9: detaillierte Definitionen zu den einzelnen Handlungsfeldern (hier Auszug aus „Energie“)

Zu Beginn der Betrachtung des jeweiligen Handlungsfelds wird zunächst auf dessen Wichtigkeit und globale Problematiken diesbezüglich eingegangen, zudem wird der Betrachtungsbereich abgesteckt. Das jeweilige Handlungsfeld wird auf den zuvor beschriebenen Ebenen betrachtet und es wird ein anzustrebender Zielzustand beschrieben. Die dargestellten Inhalte basieren auf dem durch Recherchen erweiterten Fragebogen des Projektteams. Ergänzend wird darauf eingegangen

- welche Akteure das jeweilige Handlungsfeld maßgeblich beeinflussen können,
- welches die wichtigsten Indikatoren des jeweiligen Handlungsfelds sind,
- welche Hemmnisse und Barrieren bei Nichteinhaltung der Leitbilder bestehen sowie
- welche Risiken und Chancen bezüglich der genannten Punkte die Folge sein können.

Phase 1/AP2 Reifegradmodell

Ausgangssituation und Zielsetzung

Um Unternehmen hinsichtlich der zuvor durchgeführten Definition von Ultraeffizienz zu klassifizieren und auf dieser Basis systematisch Verbesserungspotenziale abzuleiten standen folgende Fragen im Vordergrund:

- Mit welchen Kriterien ist es möglich den Reifegrad hinsichtlich Ultraeffizienz zu prüfen?
- Welche Faktoren werden für diese Kriterien herangezogen?
- Wie können diese Kriterien / Faktoren bewertet werden? (Gewichtung, Quantifizierung, etc.)
- Wie können diese Kriterien / Faktoren gemessen werden?
- Wie können diese Kriterien für eine Eignungsbeurteilung entsprechend der Bewertung verknüpft werden?
- Wie lassen sich hieraus Handlungsempfehlungen für Unternehmen ableiten um diese auf dem Weg zum höchsten Reifegrad zu unterstützen?



Abbildung 10: Ultraeffizienz-Reifegrade

Vorgehensweise

Um die zuvor genannte Zielsetzung zu erreichen wurde zunächst eine Vorgehensweise entwickelt. Diese ist in Abbildung 11 dargestellt. Den Ausgangspunkt bildet hierbei die Definition Ultraeffizienzfabrik aus Phase1/AP1. Es wurden auf Basis einer Recherche zunächst Defizite in vorhanden Ansätzen und aktuellen Forschungsprojekten aufgezeigt. Anschließend wurde ein umfangreicher Fragenkatalog erstellt, um die Teilvisionen Ultraeffizienzfabrik je Handlungsfeld und Ebene zu erstellen.

Hieraus wurde ein Kriterienkatalog mit ca. 100 Kriterien erstellt, welche mit Kennzahlen hinterlegt wurden. Des Weiteren wurden „weiche“ Kriterien ermittelt, die nicht mit Hilfe einer Kennzahl quantifizierbar sind sondern qualitativ bewertet werden. Einen weiteren Aspekt bildet hierbei die Bewertung der Maßnahmen welche bereits im Unternehmen umgesetzt werden auf Basis der Reifegradstufen, wie sie in Abbildung 10 zu sehen sind. Dies wird als Maß für die „Fitness“ des Unternehmens herangezogen. Um die genannten Kriterien und zugrunde liegende Faktoren zu quantifizieren wurde ein Bewertungsschema entwickelt. Dies wurde in der ersten Ausbaustufe in Phase1 mit „Quick-Check“ bezeichnet, in Phase2 insbesondere auch im Zusammenhang mit den Praxistests in den 3 Anwendungsfällen evaluiert und dabei zu den Ultra-F-Checks weiterentwickelt.

Der in Phase1/AP3 erstellte Maßnahmenkatalog, bestehend aus Best-Practices führender Unternehmen auf dem Gebiet der Nachhaltigkeit, dient im Folgenden als möglicher Ausgangspunkt zu Generierung von Verbesserungspotenzialen.

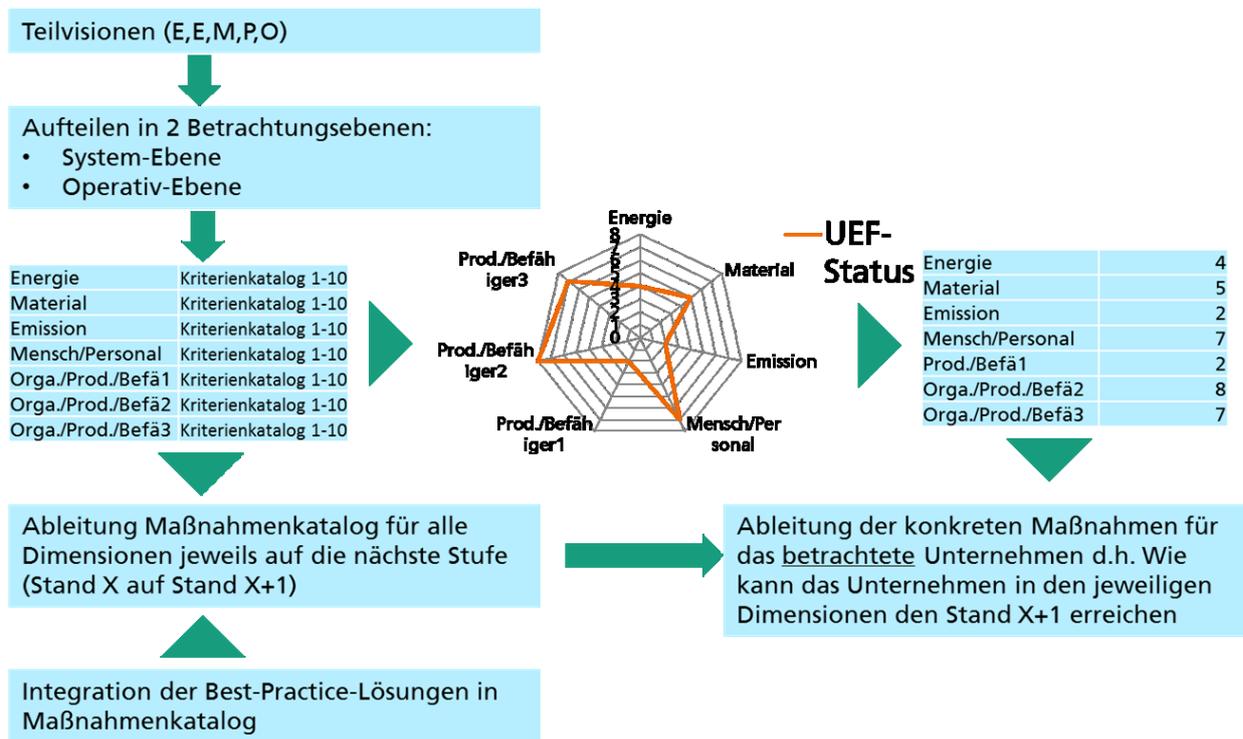


Abbildung 11: Vorgehensweise Entwicklung Reifegradmodell

Validierung

Um das theoretische Vorgehen zur Reifegradbestimmung zu validieren wurde die in Abbildung 12 gezeigt Vorgehensweise verfolgt. Die Validierung des Reifegradmodells inkl. der Verwendung der Best-Practices fand erst an einem fiktiven Unternehmen, der sogenannten Plasta AG (Phase1/AP4), sowie anschließend bei mehreren Pilotanwendern aus der Industrie statt (Rieger Metallveredelung, Würth Elektronik und C&C Bark).

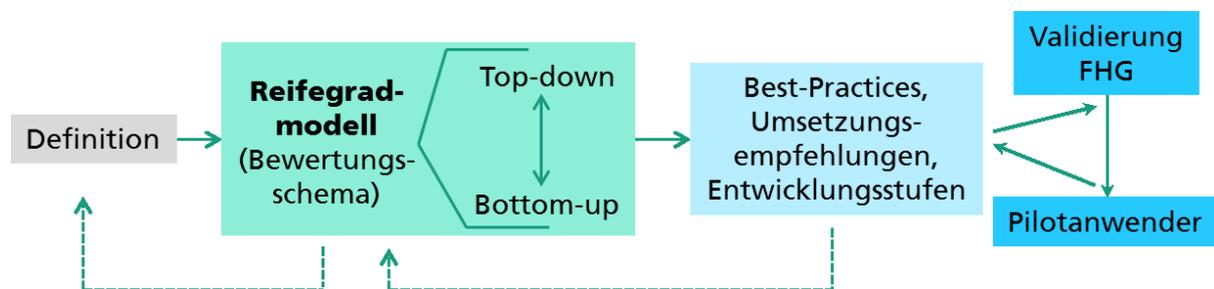


Abbildung 12: Validierung Vorgehensmodell

Die hier in Phase1 grundsätzlich entwickelte Vorgehensweise wurde so auf ihre Anwendbarkeit geprüft sowie kontinuierlich (auch in Phase2) weiterentwickelt und verfeinert. Schließlich wurde die Vorgehensweise in den Stufen Ultra-F-Check Basic,

Ultra-F-Check und Ultra-F-Check Professional umgesetzt und in Phase2 um die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sowie die Perspektive Rohstoffversorgung erweitert.

Projektergebnisse Phase 1/AP2

Das Reifegradmodell lässt sich grundsätzlich in zwei Haupt Betrachtungsbereiche untergliedern:

Die Prozessbewertung stellt eine Absolutbewertung der Unternehmensprozesse hinsichtlich des Reifegrads dar. Hierzu wird anhand umgesetzter Optimierungsmaßnahmen auf Basis der ermittelten Kriterien ein Reifegrad für die „Unternehmens-Fitness“ hinsichtlich Ultraeffizienz festgestellt. Diese bildet den Ausgangspunkt für Prozess-bezogene Optimierungspotenziale.

Die Kriterienbewertung stellt eine Möglichkeit für das Unternehmen dar, die eigene Entwicklung hinsichtlich der Ultraeffizienzkriterien zu steuern und zu verfolgen. Dies basiert auf dem umfangreichen Kennzahlen-Kriterienkatalog, welcher jeweils für die einzelnen Ebenen und Handlungsfelder spezifische Kennzahlen vorgibt. Dies geschieht, im Gegensatz zur Prozessbewertung, relativ zum Ausgangspunkt des Unternehmens, da hier aufgrund der Inhomogenität der Unternehmen – selbst innerhalb der gleichen Branche – kein absoluter Vergleich möglich bzw. sinnvoll ist.

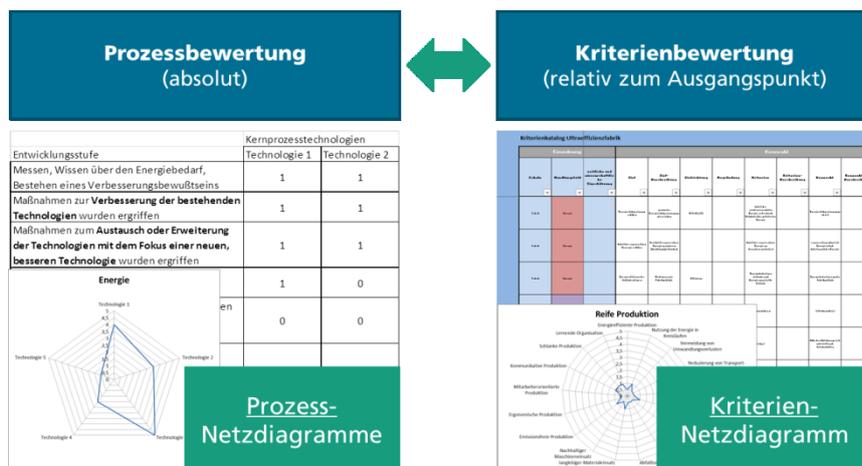


Abbildung 13: Bewertung Reifegrad Ultraeffizienz

Phase1/AP3 Industrielle Best-Practice

Ziel des AP3 in Phase1 war die Ermittlung und Dokumentation von Best-Practice Beispielen im industriellen Umfeld. In Phase1/AP1 „Definition Ultraeffizienzfabrik“ wurde zuvor der Betrachtungsrahmen der Ultraeffizienzfabrik definiert. Als Ergebnis wurden die Handlungsfelder Energie, Material, Emissionen, Mensch und Personal, sowie die Organisation identifiziert. Weiter wurden auch die Systemgrenzen der Ultraeffizienzfabrik festgelegt und in die Betrachtungsebenen Global, Urban, Fabrik, Produktion und Prozess eingeteilt. Auf dieser Grundlage konnten nun Best-Practices zu den einzelnen Handlungsfeldern sowie in den verschiedenen Betrachtungsebenen recherchiert und ausgewählt werden. Die Best-Practices verschiedener Industriezweige sollten dabei einerseits dazu dienen, Unternehmen gute und zielführende Beispiele als Handlungsempfehlungen zur Verfügung zu stellen, andererseits sollte damit der Stand hinsichtlich der im Projekt definierten Ultraeffizienzkriterien anderer Unternehmen identifiziert werden. Neben bereits umgesetzten Best-Practice Beispielen aus Unternehmen sollten auch Erkenntnisse aus dem Forschungsumfeld mit aufgenommen werden. Womit gewährleistet werden sollte, dass auch neue und innovative Verfahren aus der angewandten Forschung bspw. zur Steigerung der Ressourceneffizienz interessierten Unternehmen bereitgestellt werden können. Zur Durchführung des Phase1/AP3 Industrielle Best-Practices wurden die Inhalte in eine Analysephase, eine Auswertung der Analyseergebnisse und der Dokumentation der Ergebnisse in ein geeignetes Format untergliedert.

Innerhalb der Analysephase konnten, basierend auf Erfahrungen der drei beteiligten Fraunhofer-Institute IAO, IGB und IPA, während des Arbeitspakets verschiedene Best-Practice Beispiele identifiziert und diskutiert werden. Neben der Steigerung der Energieeffizienz durch bspw. Rekuperation innerhalb der Produktion oder der Erhöhung der Materialeffizienz und des Rohstoffeinsatzes durch die Nutzung von Reststoffen in Unternehmen, wurden auch Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen theoretisch ermittelt. Durch integrierte Verfahrenstechnik, die eine Verkürzung der Prozesskette darstellt, können bspw. im Bereich der Abwasserreinigung metallhaltiger Prozesswässer neben der Verringerung der Metallionenkonzentration unterhalb der in der Abwasserverordnung geforderten Grenzwerte, auch noch Flächenbedarfe für die Anlagen und Chemikalien eingespart werden. Die Diskussionen unter den drei beteiligten Instituten dienten so als Expertengespräche, um innovative Lösungen als Best-Practice Beispiele zu identifizieren und Unternehmen bereitstellen zu können.

Durchführung einer online-Studie zur Abfrage nach Effizienztechnologien

Zur Ermittlung von bereits umgesetzten Best-Practice Maßnahmen sowie zum aktuellen Entwicklungsstand in Unternehmen verschiedenster Branchen wurde eine Online-Studie durchgeführt. Innerhalb der Studie wurde gezielt nach Optimierungsmaßnahmen in den unterschiedlichen Handlungsfeldern und Betrachtungsebenen gesucht, um die für die Ultraeffizienzfabrik relevanten Kriterien abdecken zu können. Die Recherche nach verschiedenen Best-Practice Maßnahmen wurde dabei nach Ländern unterteilt. So wurden gezielt Maßnahmen deutscher Unternehmen mit einer Anzahl an Mitarbeitern von über 10.000 und unter 10.000 separat recherchiert. Auch wurden weitere Maßnahmen auf internationaler Ebene, darunter Europa, Amerika, Asien und dem Nahen Osten ermittelt. Hierfür wurden u.a. Datenbanken analysiert, wie sie bspw. bei Effizienzagenturen oder städtischen Umweltschutzabteilungen verfügbar sind, auch Nachhaltigkeitsberichte verschiedener Unternehmen wurden für die Recherche herangezogen. Die so ermittelten Best-Practice Beispiele wurden in einer Exceltabelle gesammelt. Um den Ultraeffizienzcharakter der Best-Practice Beispiele und ihren Beitrag hin zur Ultraeffizienzfabrik einschätzen zu können, wurden diese durch ein Bewertungsverfahren in die Kategorien „nicht Ultraeffizient, evtl. Ultraeffizient und potenziell Ultraeffizient“ eingeteilt. Die Datensammlung umfasst dabei neben dem Namen der entsprechenden Firma, die die Maßnahme umgesetzt hat, auch die Zuordnung zu den in Phase1/AP1 definierten Handlungsfeldern. Damit ist das jeweilige Beispiel adressiert, und es wird dann aufgeführt, welche Wirkungen und mögliche Nebeneffekte sich durch diese Maßnahme ergeben haben. Diese dergestalt charakterisierte Maßnahme wurde jeweils in Stichworten beschrieben sowie ein Link für weiterführende Informationen mit aufgenommen. Weiter wurde berücksichtigt, ob die durchgeführte Maßnahme als Einzelverfahren zu verstehen ist oder ob sie Auswirkungen auf die gesamte Produktionslinie hat. Dabei wurden die Betrachtungsebenen Prozess, Produktion, Fabrik, Urban und Global aus Phase1/AP1 mit aufgenommen, um die Wirkungen der Maßnahmen in den verschiedenen Ebenen ermitteln zu können. Die folgende Abbildung 14 zeigt einen Ausschnitt des Bewertungsschemas der industriellen Best-Practice Beispiele in der Ultraeffizienzfabrik.

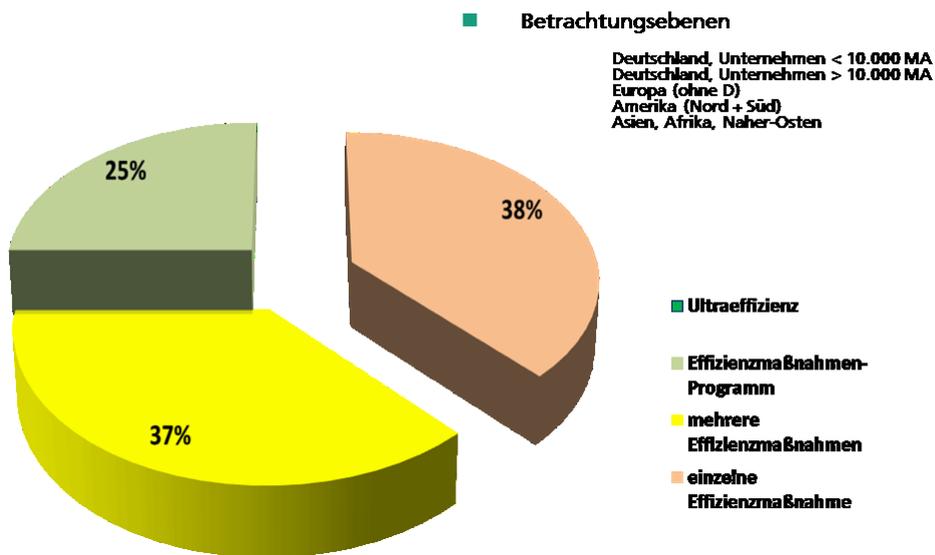


Abbildung 15: Auswertung der ermittelten Best-Practice Beispiele

Im Sinne der Definition der Ultraeffizienzfabrik, sowie dem Bewertungsschema, das zur Einstufung der Best-Practice Beispiele herangezogen wurde, konnte keines der aufgeführten Beispiele als ultraeffizient bewertet werden. Abbildung 16 zeigt die Verteilung der Best-Practices in den verschiedenen Betrachtungsebenen der Ultraeffizienzfabrik. Der Grafik kann entnommen werden, dass sich der Schwerpunkt der umgesetzten Best-Practice Maßnahmen in den verschiedenen Betrachtungsebenen im Bereich der Fabrik befindet (34%), gefolgt von der Produktionsebene (32%), der Prozessebene (22%) und schließlich der Ebene Urban (12%).

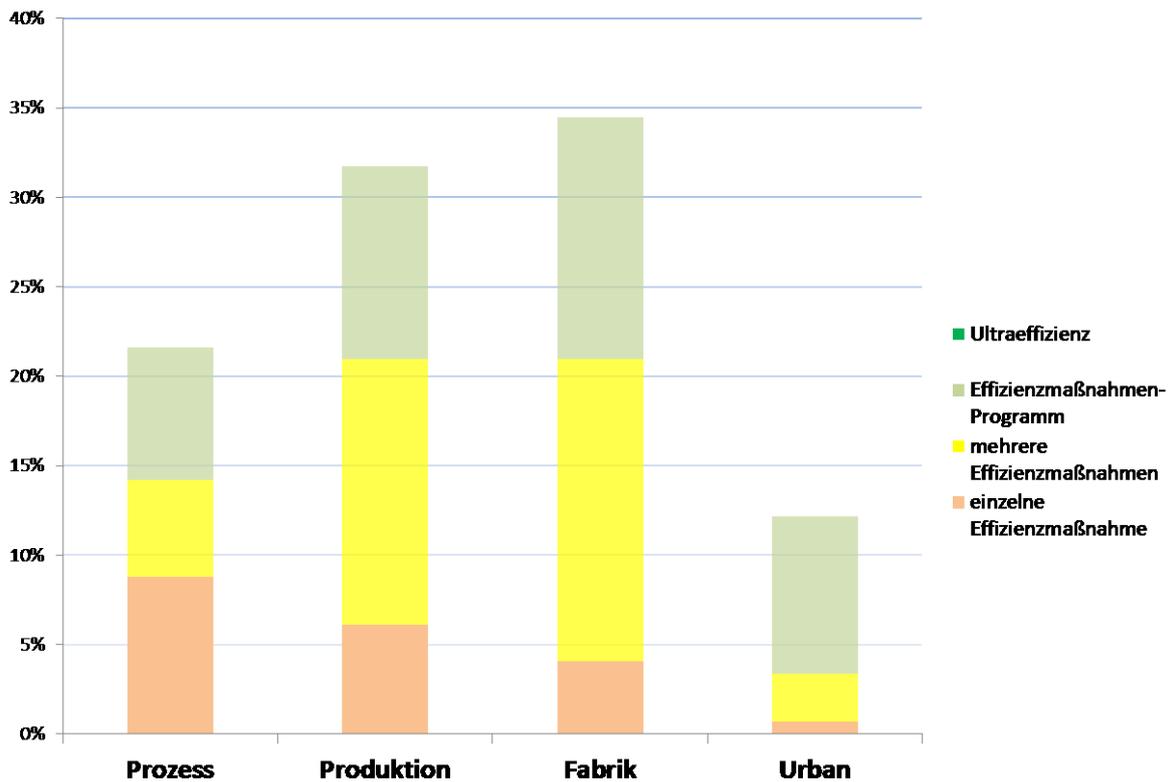


Abbildung 16: Verteilung der Best-Practices in den verschiedenen Betrachtungsebenen

Im Vergleich zur Fabrik- und Produktionsebene konnte nur eine geringe Anzahl von Maßnahmen ermittelt werden, die direkte Auswirkungen auf das urbane Umfeld besitzen (12%). Die Recherche hat ergeben, dass die Maßnahmen vorrangig noch mit Innensicht auf das Unternehmen umgesetzt wurden. Jedoch geht der Trend hin zu einer erweiterten Perspektive, so dass vermehrt die Frage nach den Wechselwirkungen zwischen Unternehmensentscheidungen und Stakeholder-Bedürfnisse im urbanen Umfeld beantwortet werden muss. In diesem Bereich liegen zukünftig großes Potenzial und Optimierungsmöglichkeiten.

Betrachtet man die folgende Abbildung 17, so wird deutlich, dass sich der Großteil der umgesetzten Maßnahmen auf das Handlungsfeld Energie beziehen (35%), des Weiteren konnten viele Best-Practices im Bereich Material (27%) und Emissionen (26%) ermittelt werden. Im Handlungsfeld Mensch und Personal sowie der Organisation konnten hingegen nur wenige Beispiele ermittelt werden (12%), was auf einen weiteren Optimierungsbedarf in diesem Handlungsfeld hinweist.

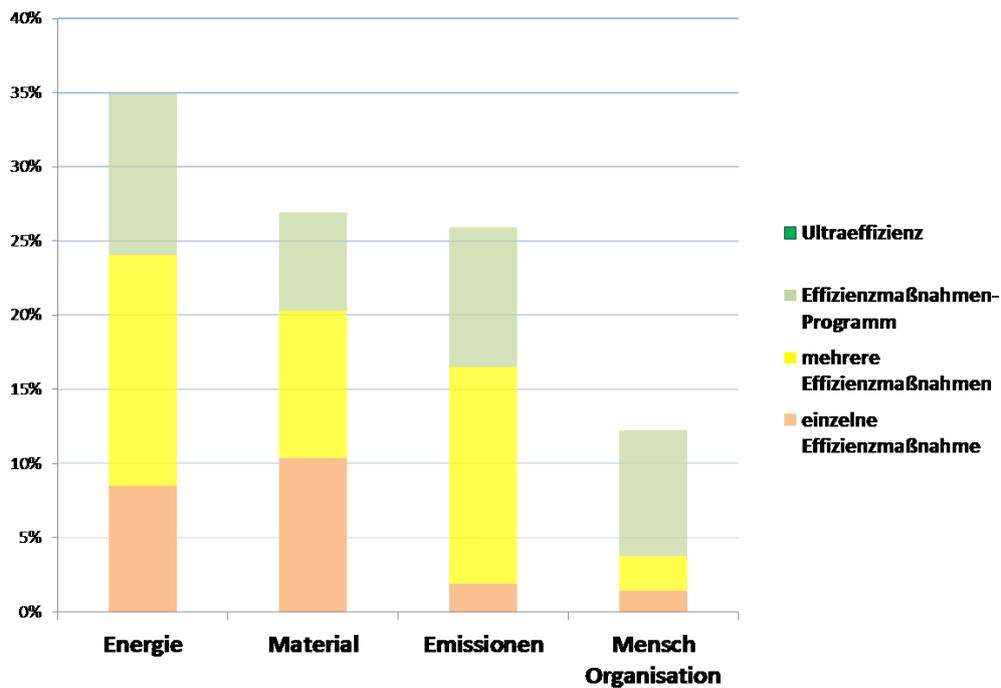


Abbildung 17: Verteilung der Best-Practices in den verschiedenen Handlungsfeldern

Best-Practice Datenbank

Um die ermittelten Best-Practice Beispiele interessierten Unternehmen in einer übersichtlichen Form darstellen zu können, wurde eine Access-Datenbank entwickelt.

Ziel des Datenbank-basierenden Auswahltools für Best-Practice Lösungen ist das schnelle Auffinden der Lösung durch eine benutzerunterstützende Suche. Dabei gliedert sich das Übersichtsfenster in 4 Bereiche: Suchbereich, Übersichtsbereich, Unternehmensprofil und Best-Practice Beschreibung.

Abbildung 18: Frontend der Ultraeffizienz-Datenbank

Der Suchbereich ist der Einstieg für den Nutzer. Hier kann entweder mittels Freitext, über die Zielrichtung der Maßnahme, gegliedert nach Handlungsfeld, Betrachtungsebene und Ziel der Maßnahme oder über das in der Ultraeffizienzfabrik definierten Handlungsfeld in Kombination mit einem Suchkriterium nach Lösungen gesucht werden. Als Suchkriterien wurden 64 unterschiedliche Lösungsansätze, beispielsweise Abfallvermeidung, nachhaltige Materialien oder Null-Unfall-Politik definiert. Diese werden über die Handlungsfelder gefiltert und bieten dem Nutzer die Möglichkeit schnell zu interessanten, geeigneten Best-Practice Lösungen anderer Unternehmen zu gelangen.

Im Übersichtsbereich werden die in der Datenbank vorhandenen Best-Practice Lösungen aufgelistet. Dabei erhält der Nutzer Informationen in Form einer kurzen Beschreibung, wie die Maßnahme wirkt und das Unternehmen, in dem die Maßnahme bereits umgesetzt wurde. Wird die konkrete Maßnahme ausgewählt erscheinen detaillierte Informationen zum Unternehmen und zur Maßnahme selbst. Der Nutzer gelangt so schrittweise zu den Informationen, die er benötigt, wenn er im Rahmen eines kreativen Lösungsfindungsprozesses nach geeigneten Lösungsideen für seine konkreten Ultraeffizienzdefizite sucht.

Bei der Entwicklung der Datenbank wurde eine verteilte Architektur umgesetzt. Dabei befinden sich die Daten in einer zentralen Datenbank, auf die unterschiedliche Nutzer zeitgleich dezentral zugreifen können. Zusätzlich ermöglicht diese Form der Trennung von Frontend und Daten eine gemeinsame, zentrale Datenpflege sowie die Möglichkeit unterschiedliche Clients anzubinden. Somit wären auch Web-Anwendungen prinzipiell realisierbar.

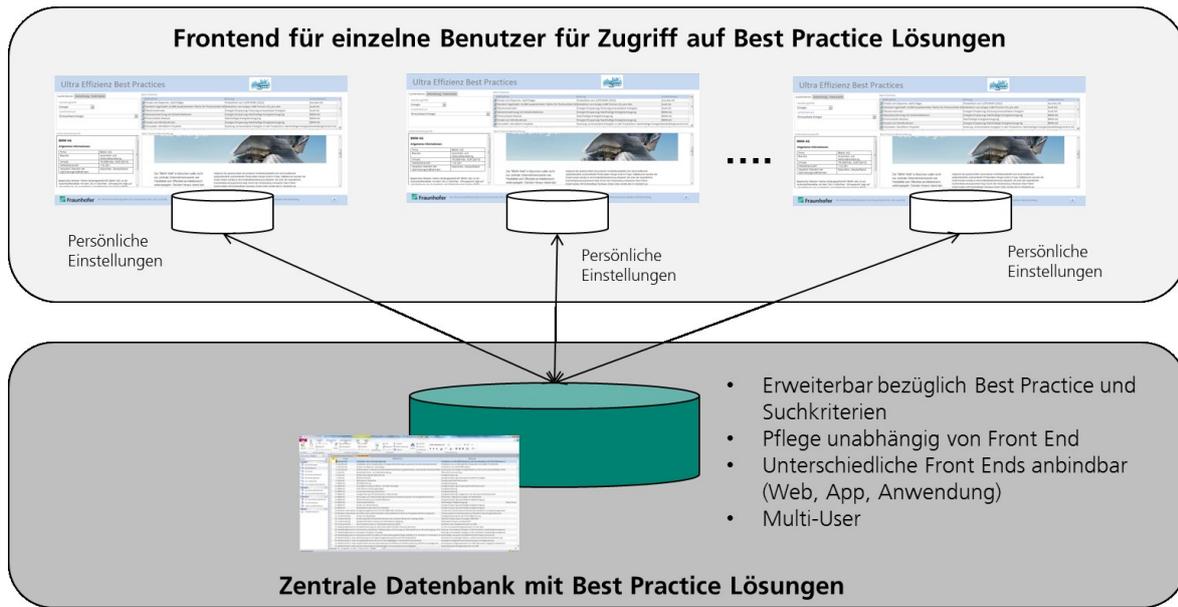


Abbildung 19: Architektur der Best-Practice Datenbank

Phase1/AP4: Umsetzungsempfehlungen

Pilothafte Validierung des Reifegradmodell an einem theoretischen Fabrikmodell („Plast-AG“)

Das Reifegradmodell aus Phase1/AP2 wurde zunächst pilothaft an dem theoretischen Fabrikmodell „Plast-AG“ angewendet. Dieses Fabrikmodell dient als Schulungsbeispiel beim Thema „Energiewertstromdesign“ und wurde dem Projektteam zur Validierung des Ultraeffizienzansatzes zur Verfügung gestellt. Ziel der pilothaften Anwendung war die Überprüfung des Ansatzes hinsichtlich Vollständigkeit in seiner Abbildung und Anwendbarkeit bezüglich der Erhebung der notwendigen Daten und Informationen.

Zu Beginn wurde das Fabrikmodell der Plast-AG um die zusätzlichen Ebenen Produktion, Fabrik und urbanes Umfeld erweitert. Diese Erweiterung war notwendig, da das Energiewertstromdesign lediglich die Prozessebene adressiert und damit für die Validierung der Ultraeffizienzfabrik zu eng gefasst ist.

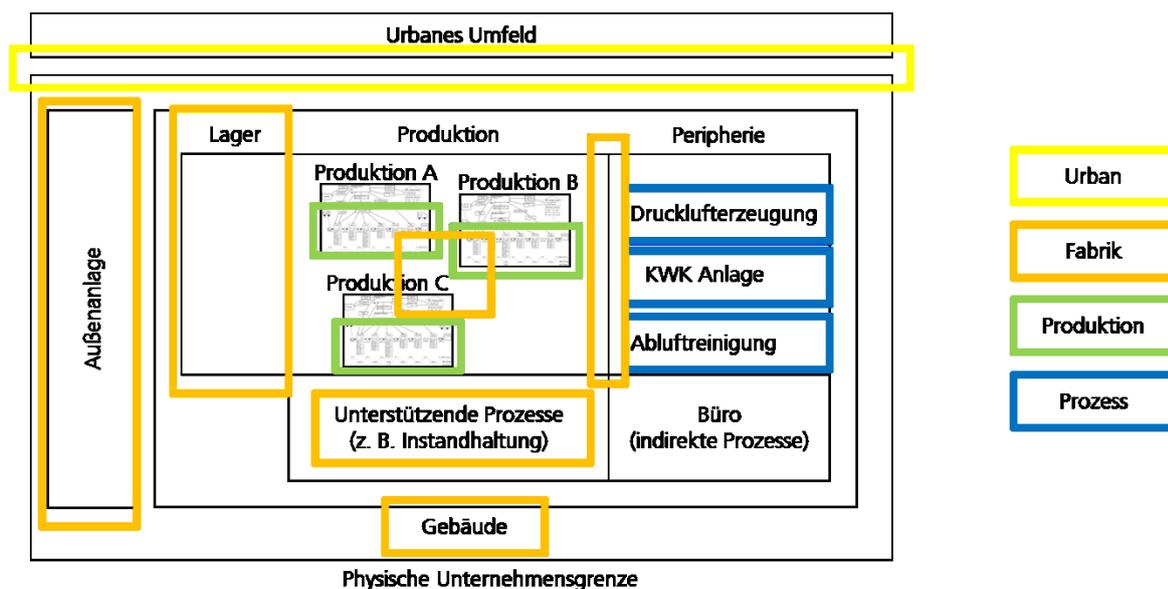


Abbildung 20: Betrachtungsrahmen der pilothaften Validierung "Plast-AG"

Wird der Energiewertstrom, der dem klassischen Materialwertstrom ergänzend um Informationen zum Energieverbrauch entspricht, zu Grunde gelegt, so ergibt sich für den Prozess mit den Schnittstellen zu den weiteren Betrachtungsebenen folgendes Bild.

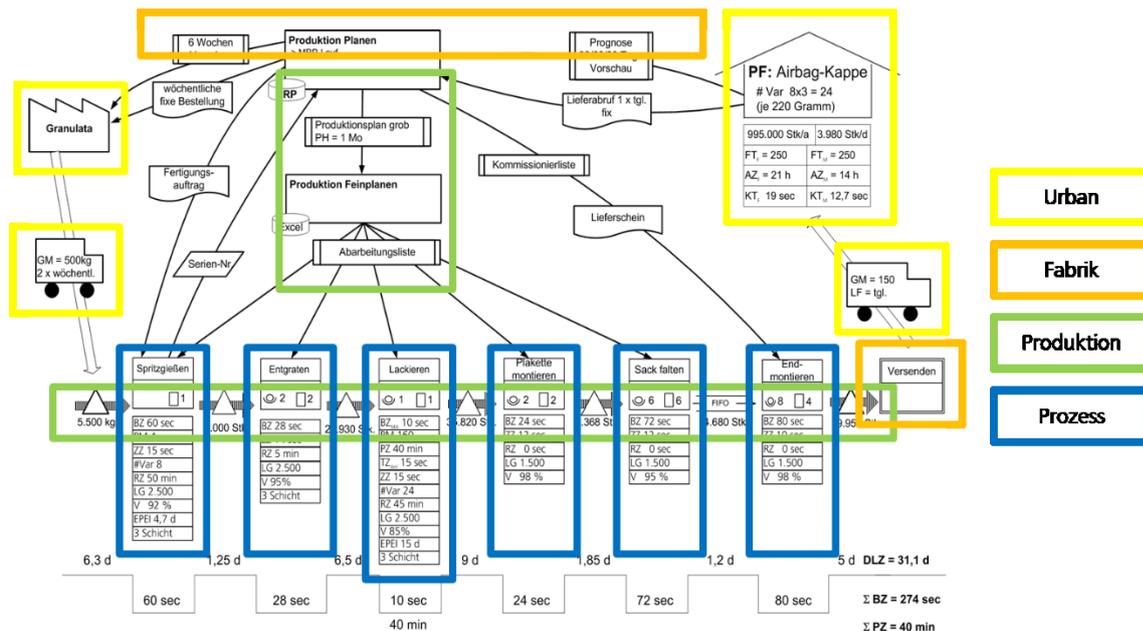


Abbildung 21: Wertstrom der Plast-AG

Während der Validierung wurden zunächst die einzelnen Prozessschritte einzeln analysiert und hinsichtlich der Kriterien zur Ultraeffizienz überprüft. Die Angaben aus der Wertstromanalyse / Energiewertstromdesign waren eine erste hilfreiche Datenbasis. Es zeigte sich jedoch, dass zusätzlich Daten und Informationen erhoben werden mussten. Insbesondere fehlten detaillierte Daten zu den Materialverlusten, sowie zum Lärm und zu weiteren Emissionen.

Ähnlich sieht es bei den über der Prozessebene befindlichen Ebenen Produktion, Fabrik und Urbanes Umfeld aus. Im Rahmen von internen Workshops mit Fachexperten der beteiligten Fraunhofer Institute wurden die entwickelten Kriterien der Betrachtungsebenen Produktion, Fabrik und Urbanes Umfeld der Ultraeffizienzfabrik an der Modellfabrik „Plast AG“ diskutiert und auf Anwendbarkeit überprüft.

Spritzgießen und Entgraten			
	1		2
Wertstrom Leistungsdaten			
<ul style="list-style-type: none"> • Eingangsenergie: 54 kWh Strom; 230 Wh Druckluft • Rückgespeiste Energie je Zyklus: 0 kWh • Wärme als Differenz von Eingangs- und Ausgangsenergie: 54,23 kWh • Masse Eingangsmaterial je Teil: 4*232g • Masse Ausgang je Teil: 4*220g • Masse Betriebsstoffe: ca. 6 t/h • Abfallart: Kunststoffschrott • Masse Abfall: 4*12g • Masse Anfahrverluste: 20 Teile • Emissionskennzahlen je Eingangsmaterial: • Emission (aus Kennzahl gewichtet mit Masse): • Lärm: ca. 70 dB 			

Abbildung 22: Erweiterter „Prozesskasten“ (prozessbeschreibende Daten) zur Ultraeffizienz

Ergebnis ist, dass der Kriterienkatalog als sehr umfangreich eingestuft wird. Eine vollständige Beantwortung aller Fragen wird als sehr schwierig erachtet. Allerdings ist davon auszugehen, dass nicht alle Bereiche gleichermaßen von dem jeweiligen Unternehmen fokussiert werden. Dieses hängt stark von der Größe, den Produkten und damit eingehend mit dem Produktionsprozess sowie dem Standort des Unternehmens zusammen. Die Anzahl der Kriterien stellt jedoch sicher, dass kein Bereich unbeabsichtigt unberücksichtigt bleibt.

Offen war zu dem Zeitpunkt die schnelle, aufwandsarme und in Stufen detaillierte Vorgehensweise der Unternehmenserhebung. Dies wurde dann anschließend in den 3 Anwendungsfällen evaluiert und zu dem methodische Ansatz „Ultra-F-Check“ weiterentwickelt, der wie sich in der Evaluierung gezeigt hat für die schnelle Erfassung die geeignete Hilfestellung bietet (siehe Kapitel „Anwendung der Ultra-F-Checks“).

Phase1/AP5: Visualisierung und Simulation

Zielsetzung des Arbeitspakets 5 Visualisierung und Simulation war die grafische und visualisierungsbezogene Aufarbeitung der in Phase1/AP1 und AP2 erarbeiteten Konzepte und ermittelten Wirkzusammenhänge. AP5 wurde dazu in zwei Teile eingeteilt: in die konzepthafte Visualisierung der Ultraeffizienzfabrik sowie in einen Simulationsanteil.

Konzepthafte Visualisierung der Ultraeffizienzfabrik

Für die konzepthafte Visualisierung der Ultraeffizienzfabrik wurde auf der Grundlage einer Softwareauswahl zunächst ein Basismodell für die Visualisierung erarbeitet. Die betrachteten Softwaresysteme für die Visualisierung wie Unity 3D und Lightning wurden unter anderem gemäß ihrer Verfügbarkeit, Lizenzbedingungen sowie Leistungsfähigkeit analysiert. Auf Basis der durchgeführten Analyse, wurde das Softwarepaket Unity 3D ausgewählt, da es unter anderem die kostenfreie Weitergabe von Viewer-Modulen erlaubt sowie einen hohen Verbreitungsgrad aufweist, der eine langfristige Pflege und Weiterentwicklung der Modelle aus dem Vorhaben Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld erlaubt.

Im Rahmen des AP5 wurden nun darzustellende Kernkonzepte der Ultraeffizienzfabrik identifiziert und sukzessive unter Verwendung des Visualisierungssystems Unity 3D modelliert. Anschließend erfolgte eine anwenderbezogene Optimierung des entwickelten Gesamtmodells. Ein Zwischenstand der Modellierung ist in der folgenden Abbildung 23 dargestellt, die finale Visualisierung im Kapitel Phas2/AP4 des Vorhabens in diesem Bericht.

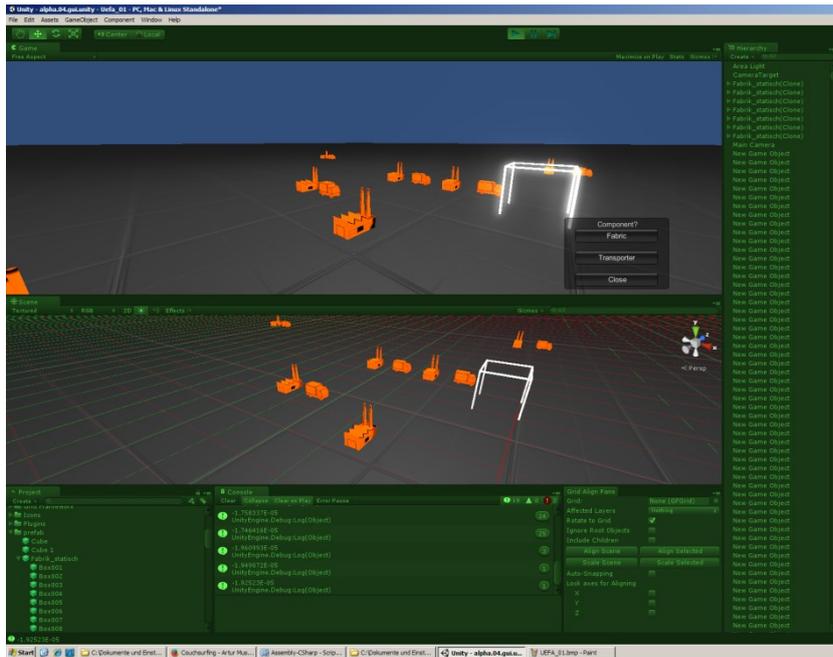


Abbildung 23: Zwischenstand der 3D-Modellierung von Kernkonzepten der Ultraeffizienzfabrik

Simulator

Zur Entwicklung des Simulators „SimUEffFactory“ wurden zunächst wesentliche Wirkmechanismen auf Grundlage der Arbeitspakete Phase1/AP1 bis AP3 identifiziert und neutral unter Verwendung der Methode System Dynamics modelliert. Folgende Abbildung 24 zeigt ein frühes Wirkmechanismen-Modell, das sukzessive weiter entwickelt und verfeinert wurde.

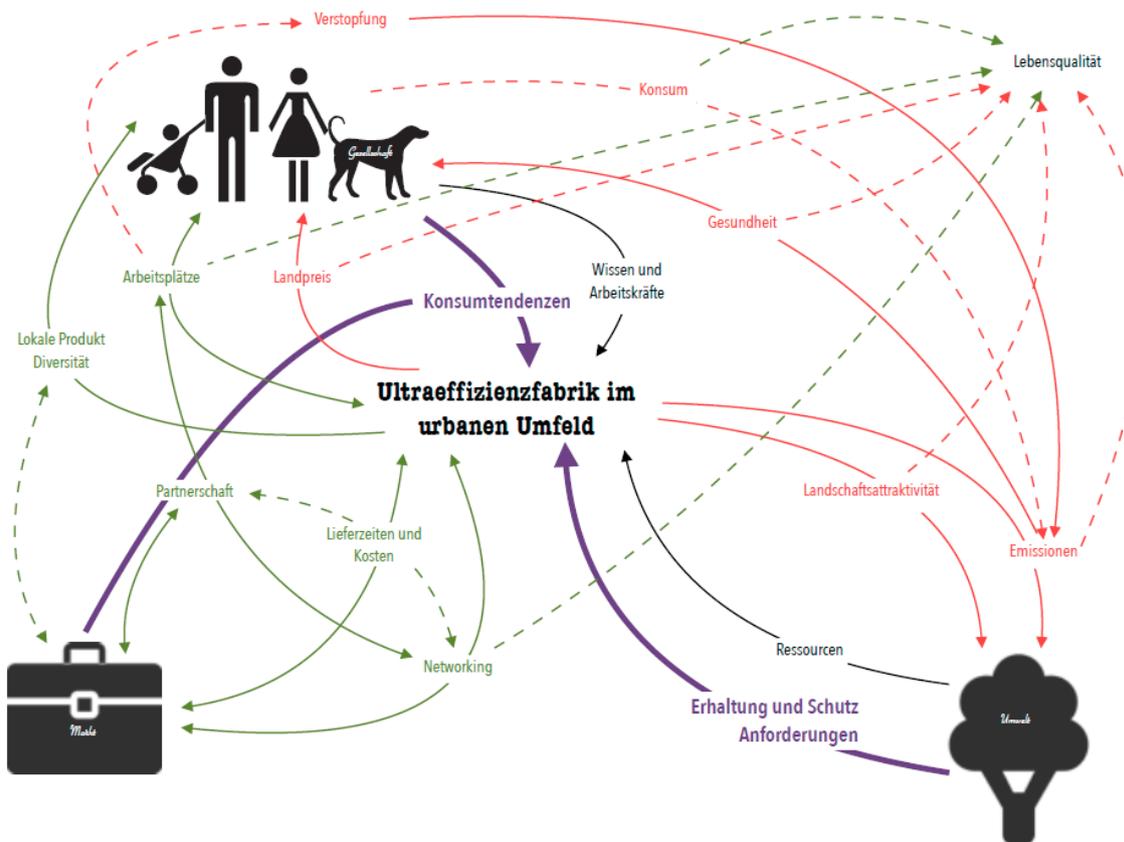


Abbildung 24: Wirkmechanismen einer Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld (stark vereinfacht)

Unter Berücksichtigung verfügbarer System-Dynamics-Plattformen wurden auf Basis der modellierten Wirkmechanismen Basismodell und –umgebung für Simulation und Visualisierung entwickelt. Der dabei erarbeitete Gesamtansatz basiert auf der Verwendung einer Open Source-basierten Lösung für die Integration in das Visualisierungs-Simulationssystem und dem Einsatz der am Markt verfügbaren professionellen Umgebung Vensim für komplexe Betrachtungen realer Produktionsumgebungen bzw. Betriebsstätten.

Im Rahmen dieser ersten Phase des Vorhabens wurde eine Systemarchitektur entworfen und umgesetzt, die es erlaubt, die verschiedenen Welten aus 2D-Modellierung und System-Dynamics-Simulation sowie 3D-Visualisierung kombiniert einzusetzen. Durch diesen Ansatz wird es möglich, die eher abstrakten Ergebnisse der Methode System Dynamics zu veranschaulichen und damit dem Nicht-Methoden-Experten auch im Kontext komplexer Systemmodelle zugänglich zu machen. Die in der ersten Phase entwickelte Architektur aus 2D-Editor, System-Dynamics-Simulator und per XML-Transfer angekoppeltem 3D-Visualisierungswerkzeug ist in der folgenden Skizze (Abbildung 25) dargestellt und wurde in der zweiten Phase des Vorhabens weiterentwickelt und im Ultraeffizienz-Cockpit realisiert.

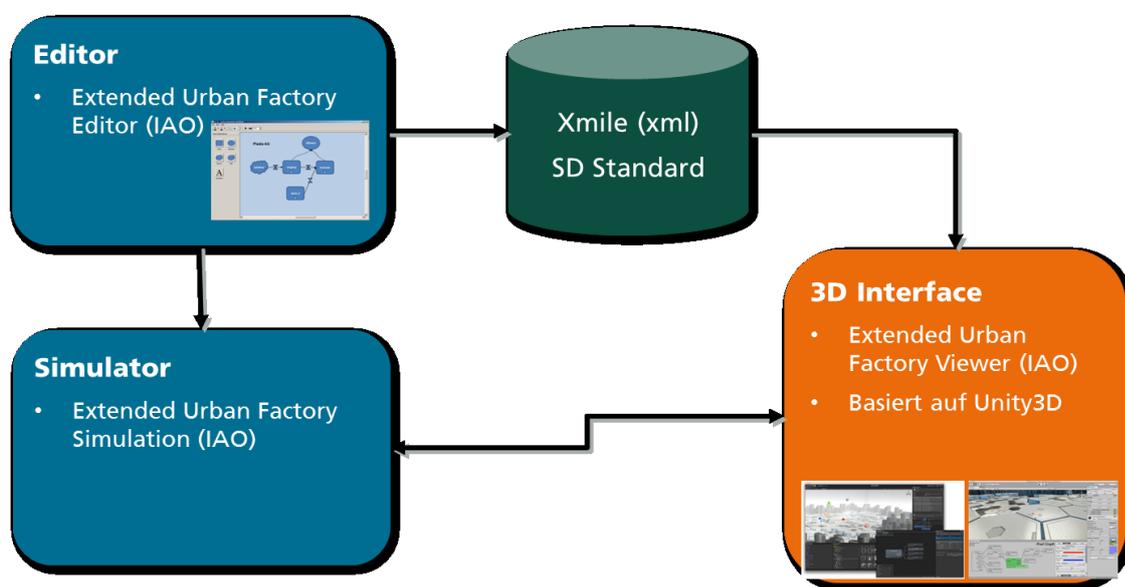


Abbildung 25: Systemarchitektur zur Verbindung der Softwarewerkzeuge aus der Phase1 des Vorhabens

Zur Vereinfachung der Modellierung einer Betriebsstätte und der Wechselwirkungen mit ihrer Umgebung wurde ein browserbasierter 2D-Editor entwickelt, der den Softwarezugang per Standardinternettechnologien und damit eine einfache Softwareverteilung erlaubt. Zur Vermeidung unnötigen Entwicklungsaufwands basiert der 2D-Editor auf frei verfügbaren Softwarebibliotheken wie QT. Der entwickelte Editor ist in der folgenden Abbildung 26 dargestellt.

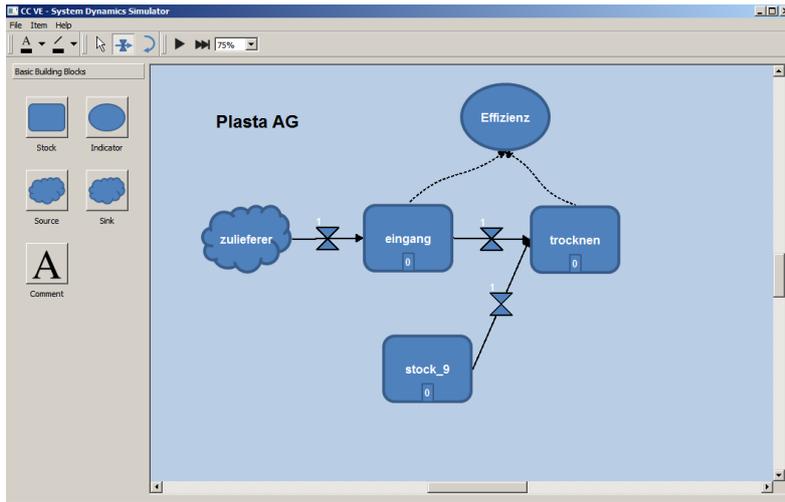


Abbildung 26: Browserbasierter 2D-Editor für die Modellierung von Betriebsstätten und deren Wechselwirkungen mit ihrer Umgebung

Für die Modellierung des Systems Fabrik-Umfeld wurde ein ebenen basierter Ansatz entwickelt, der eine zoom-artige Darstellung und damit die Arbeit des Simulanten auf einem für seine jeweilige Arbeitsaufgabe angemessenen Detailgrad erlaubt; ein entsprechendes Scribble aus einer frühen Phase der Bearbeitung des Arbeitspakets ist in der folgenden Darstellung (Abbildung 27) abgebildet. Im Scribble sind die Ebenen Werkhalle/Produktionssystem, Fabrikgelände sowie Quartier bzw. Umfeld dargestellt.

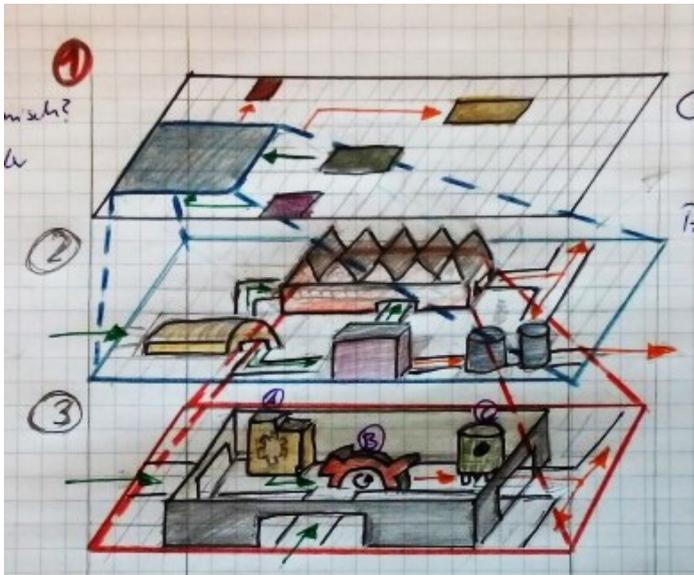


Abbildung 27: Ebenen der Modellierung im entwickelten Softwarewerkzeug

Die mit dem endgültigen 3D-Visualisierungswerkzeug mit handelsüblichen Laptops in Quasi-Echtzeit erreichbare Darstellungsgüte wird beispielhaft in folgendem Bildschirmabdruck (Abbildung 28) aufgezeigt. Bemerkenswert dabei ist, dass die Darstellung live erzeugt wird, so dass ein „filmhaftes“ Erleben der 3D-Szene möglich wird und das Gesamtmodell auch während der Programmlaufzeit mit zusätzlichen Modellelementen und deren Verbindungen als Repräsentation von Wechselwirkungen direkt per Drag-and-Drop erweitert und geändert werden kann. Dazu wurde eine auch von Laien einfach bedienbare Benutzungsoberfläche für die Interaktion mit Simulation und Visualisierung entworfen und umgesetzt.



Abbildung 28: 3D-Visualisierungswerkzeug

Abschließend wurden die entwickelten Softwarewerkzeuge und Simulationsmodelle erprobt.

Phase1/AP6: Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurde die angemessene Öffentlichkeitsarbeit des Projekts sichergestellt. Das Ziel der Öffentlichkeitsarbeit war die Verbreitung von Informationen und Wissen über das Projekt und seine Ergebnisse, die Verbesserungen und Optimierungen im Kontext der Ultraeffizienz produzierender Unternehmen ermöglichen. Damit wurden Ergebnisse, welche aus öffentlichen Mitteln durch Fördergelder entstanden sind für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Wesentliche Mittel dazu waren Vorträge, Veranstaltungen, Publikationen, Marketingmaterialien sowie Demonstrationen, wobei gerade bei Publikationen der Übergang von der ersten zur zweiten Phase des Vorhabens fließend war.

Veröffentlichungen und Vorträge

Titel	Redner	Veranstaltungsinformation
Die Ultraeffizienzfabrik; Herausforderungen für die Oberflächentechnik	T. Bauernhansl	Stuttgarter Kongress für Oberflächentechnik, 19.06.2013, Stuttgart
Renaissance der Produktion – Nachhaltigkeit als Treiber eines neuen Paradigmas	T. Bauernhansl	3. Kongress Ressourceneffiziente Produktion, 27.02.2013, Leipzig
Zukünftige Rahmenbedingungen und Entwicklungstendenzen in der Produktionstechnik	T. Bauernhansl	35. Ulmer Gespräch, Produktionsprozesse – Anforderungen und aktuelle Entwicklungen, 25./26.04.2013, Neu-Ulm
Effektive Strategien und effiziente Konzepte für die industrielle Lackiertechnik – ein Muss für künftigen Erfolg	T. Bauernhansl	Die besten Lackierbetriebe und ihre Erfolgsstrategien: besser lackieren. Benchmark-Konferenz, 26./27.11.2013, Bad Nauheim
Die Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld – Ressourcenschonende Produktionstechnologien ohne Emissionen im urbanen Umfeld	T. Bauernhansl	3. Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress Baden-Württemberg, 25./26.09.2014, Karlsruhe
Impulse aus der Forschung	M. Hertwig	Innovationswerkstatt Zukunftsfähige Produktion im urbanen Umfeld, 28.04.2015, Stuttgart

Titel	Autor	Veröffentlichung
Ganzheitliche Lösungen sind gefragt – Ressourceneffizienz in der Produktion rückt näher	J. Mandel; E. Dückert; S. Wahren	Handling (2014), No.4, pp.6-7; 2014

Informationsmaterialien

Im Rahmen des Projektes wurde im Austausch mit Experten im Bereich Marketing und Grafik ein KeyVisual entwickelt (Abbildung 29). Dieses KeyVisual stellt die grundsätzliche Idee des Projektes einfach und klar strukturiert da. Der Hintergrund adressiert das Thema Urbanität und Stadt, indem eine Silhouette einer Großstadt mit Hochhäusern dargestellt ist. Im Vordergrund wird mit einem Fabrikgebäude ohne rauchenden Schornstein und den Bäume der positive Beitrag bzw. auch die Nachhaltigkeit kommuniziert. Die Mittelgrund integrierte Kurve zeigt bewusst nach oben, um Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit darzustellen, welche auch unter Aspekten der Entkopplung von Ressourcen- und Energieverbrauch möglich gemacht werden soll.



Abbildung 29: KeyVisual Ultraeffizienzfabrik

Darüber hinaus wurde ein Flyer erarbeitet (Abbildung 30), in dem die Inhalte des Projekts transparent aufbereitet dargestellt sind. Ziel war der Einsatz bei öffentlich wirksamen Veranstaltungen und bei Vorträgen mit Teilnahme von Industrievertretern, als Informationselement. Im Flyer wird das Projekt mit den angestrebten Ergebnissen dargestellt. Weiterhin wird erläutert, wie die Umsetzung der Projektergebnisse in der Praxis angegangen werden kann und wer von dem neuartigen Ansatz des Projekts mit welchen Mehrwerten profitieren kann.



Abbildung 30: Außenseiten des entstandenen Flyers

Von Projektphase1 zu Projektphase2

Aus den im vorigen Teil dieses Dokuments dargestellten Überlegungen heraus wurden in der ersten Förderphase des Projektes die Grundlagen und Definitionen zu einer Ultraeffizienzfabrik geschaffen die in der nun im Folgenden beschriebenen zweiten Phase vertieft und pilothaft in die Anwendung überführt werden sollen.

In der ersten Förderphase wurde ein Konzept erarbeitet, das als Orientierungsrahmen für die Vision der Ultraeffizienzfabrik dient. Damit wurde ein erster und wesentlicher Schritt zu einem nachhaltigen Wirtschaften mit einer Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch erreicht. Die Überlegungen in der ersten Phase erfolgten dabei eher aus einer übergeordneten Sichtweise und zeigen Handlungsfelder und Entwicklungspfade für Unternehmen auf dem Weg zu einer ultraeffizienten Fabrik auf. Für eine effektive und messbare Entkopplung des gesamtwirtschaftlichen und unternehmerischen Wachstums vom dafür notwendigen Ressourcenverbrauch sind die gewonnenen Erkenntnisse in die betriebliche Praxis zu transferieren.

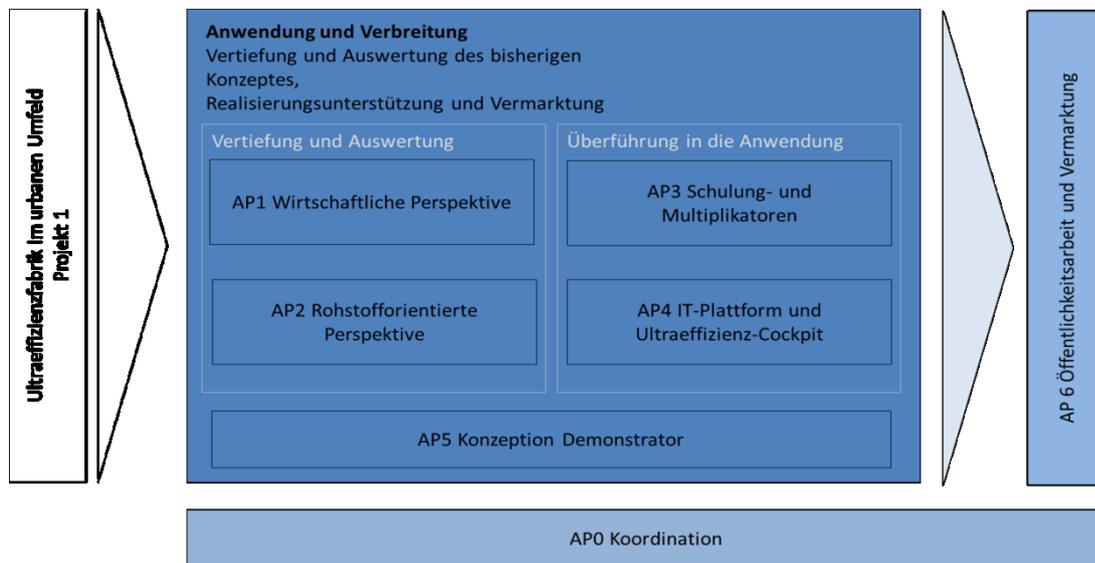
Dies ist der Schwerpunkt der zweiten – im Folgenden beschriebenen – Phase, in der verschiedene Maßnahmen definiert und umgesetzt sowie passende Tools bereitgestellt werden.

Dazu ist/sind

- das Rahmenmodell der Ultraeffizienzfabrik um eine wirtschaftliche und rohstofforientierte Perspektive zu erweitern
- das schon in der Phase1 konzipierte Ultraeffizienz-Cockpit pilothaft zur Bewertung und Unterstützung von Unternehmen zu realisieren,
- eine webbasierte Plattform zum Informationsaustausch zwischen Fachexperten und Anwendern zu schaffen,
- die Voraussetzungen für ein Schulungsprogramm zur Qualifizierung zum Ultraeffizienz-Berater zu erarbeiten,
- ein stufenweises Konzept zur Demonstration der Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld in Ultraeffizienz-Innovationszentren aufzustellen.

Zu beachten ist, dass es im Fortschritt des Projekts in Phase2 zu einer inhaltlichen und kapazitätsmäßigen Verschiebung der ursprünglichen im Antrag zu Phase2 formulierten Arbeiten gekommen ist. Dabei wurde ein Schwerpunkt auf die Verbreitung der Projektergebnisse in Form der im Dezember durchgeführten Konferenz gelegt, weshalb Inhalte in den Arbeitspaketen Phase2/AP3 „Schulungs- und Multiplikatorenkonzept“ sowie Phase2/AP5 „Konzeption Demonstrator“ gekürzt wurden, um im Rahmen der ursprünglich kalkulierten und genehmigten Mittel zu bleiben.

Phase2: Übersicht über die Arbeitspakete und begleitenden Arbeiten



Phase2/AP1 Wirtschaftliche Perspektive des Rahmenmodells »Ultraeffizienzfabrik«

Entwickelt wurde ein erweitertes Rahmenmodell zur Ultraeffizienzfabrik, welches über eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung potenzielle Maßnahmen und deren Auswirkungen bewertet.

Phase2/AP2 Perspektive Rohstoffversorgung des Rahmenmodells »Ultraeffizienzfabrik«

In Ergänzung zu den Definitionen in Projektphase1 wurde das Modell zur Ultraeffizienzfabrik mit Kennzahlen, Reifegraden und Best-Practice-Beispielen für die Perspektive „Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe“ erweitert.

Phase2/AP3 Schulungs- und Multiplikatorenkonzept

Für den Aufbau eines Schulungs- und Zertifizierungskonzept »Ultraeffizienz-Berater« wurden die Marktbedürfnisse sowie die Anforderungen ermittelt, in welcher Form und mit welchem methodischen Ansatz diese Qualifizierungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen.

Phase2/AP4 IT-basierte Umsetzung – Plattform, Cockpit und Portal

Hierzu wurde das in Projektphase1 konzipierte Software- und Hardwarebasierte Ultraeffizienz-Cockpit für die Anwendung in Demonstrationszentren sowie im WWW realisiert. Dies dient als Plattform und Portal zur Informationsversorgung über die Ultraeffizienzfabrik. Hierzu ist angedacht (und in weiteren Projekten detaillierter zu spezifizieren) beispielsweise der Austausch von Best-Practices oder ein Info-Portal für zukünftige (zertifizierte) Ultraeffizienz-Berater (Auditoren).

Phase2/AP5 Konzeption der Demonstration

Ein Konzept für das Ultraeffizienz-Innovationszentrum wurde aufgestellt und Möglichkeiten aufgezeigt, wie Ultraeffizienz-Kleindemonstratoren etabliert werden können.

Phase2/AP6 Öffentlichkeitsarbeit und Vermarktung

Mit diesem Arbeitspunkt wurde die Breitenwirkung des Projekts durch Verbreitung und Vermarktung der Projektergebnisse sichergestellt.

Separat aufgeführt werden weiterhin die arbeitspaktübergreifend erstellten Arbeiten. Sie wurden in Phase1 entwickelt und zeitlich in Phase2 in die Anwendung gebracht, dabei weiterentwickelt und anschließend in der Öffentlichkeit vorgestellt:

Ultra-F-Checks

Aus dem ursprünglich in der ersten Projektphase erstellten „Quick-Check“ wurde ein dreistufiger Check für Unternehmen entwickelt zur Hinführung und begleitenden Einführung der Ultraeffizienzfabrik: Ultra-F-Check Basic, Ultra-F-Check und Ultra-F-Check Professional

Anwendung der Ultra-F-Checks

Die Ultra-F-Checks wurden im Internet bzw. in mehreren Unternehmen pilothaft angewendet, validiert und weiter ausgebaut.

Konferenz Juli 2015

Auf dieser Konferenz mit ca. 60 Teilnehmern wurde das Konzept der Ultraeffizienzfabrik der Öffentlichkeit vorgestellt mit ersten Aussagen von Unternehmen zur Anwendung des Ultra-F-Checks sowie der Vorstellung des internetbasierten Ultra-F-Checks Basics zur allgemeinen freien Nutzung.

Konferenz Dezember 2015

Auf dieser deutlich größeren Konferenz mit ca. 250 Teilnehmern wurde die Ultraeffizienzfabrik einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt, mit Praxisberichten und Erfahrungen über die Ultra-F-Checks und den Weg zu einer Ultraeffizienzfabrik. Begleitend dazu wurden in einem „Labor“ den interessierten Teilnehmern alle Stufen zur Ultraeffizienzfabrik vorgestellt.

Phase2/AP1 – Wirtschaftliche Perspektive des Rahmenmodells „Ultraeffizienzfabrik“

Erweiterung des Rahmenmodells der Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld um die wirtschaftliche Perspektive für eine monetäre Bewertung

Ziel des Phase2/AP1 ist die Bewertung von Ultraeffizienz-Maßnahmen hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen – monetären – Wirkung im Unternehmen. Hierfür sind zunächst die Kosten und der Nutzen zu differenzieren. Hinsichtlich der Kosten entstehen durch eine Maßnahmenumsetzung einmalige und laufende Kosten. Die einmaligen Kosten hängen von der Investition inklusive der damit verbundenen Kosten wie beispielsweise Installation und Inbetriebnahme ab. Diese sind sehr eng mit der konkreten, individuellen Maßnahmenumsetzung (Anlagenhersteller, spezielle Konditionen) verknüpft. Hier kann durch entsprechende Angebote sehr schnell Transparenz hergestellt werden. Diese werden daher bei den weiteren Arbeiten dieses APs nicht berücksichtigt. Vielmehr werden laufende Kosten, die mit der Ultraeffizienz zusammenhängen betrachtet, insbesondere Energie- und Materialverbräuche oder Emissionen. Denen gegenüber steht der Nutzen durch eine entsprechende Reduzierung von Energie- und Materialverbräuchen sowie von Emissionen. Das Berücksichtigen von organisatorischen und menschlichen Nutzen durch entsprechende Maßnahmen, wie beispielsweise durch eine Erhöhung der Vereinbarkeit von Beruf und Familie oder Jobenrichment konnten auf Grund fehlender fundierter Wirkbeziehungen nicht in das Modell einfließen. Daher konzentriert sich das entwickelte Bewertungsmodell auf die Erfassung von Veränderungen im Energie- und Materialverbrauch sowie im Emissionsaufkommen in der Produktion und stellt diese in einem Vorher-Nachher-Vergleich gegenüber. Dabei können die einzelnen Szenarien monetär bewertet werden.

Das Modell fußt auf Kostenarten in Unternehmen, so wie sie in Kostenartenplänen nach Industriekontenrahmen (IKR) Klasse 6, Gemeinschaftskontenrahmen (GKR) Klasse 3 & 4 oder DATEV-Kontenrahmen SKR 03 formuliert werden. Ergänzend wurde das MFCA (Material flow cost accounting) nach ISO 14051:2011 betrachtet und entsprechend seiner Kostenstruktur integriert. Die Kosten werden beeinflusst durch den Produktionsbetrieb. Hier bestehen Wirkbeziehungen, die einzeln erarbeitet wurden.

Parallel wurde ein vereinfachtes Modell der Produktion entwickelt, in dem die Parameter der Kostenwirkmodelle mit den produktionstechnischen Zusammenhängen in Beziehung gesetzt wurden. Dieses Modell ist strukturgleich für Aufträge, Energie und Material, was zu einer einheitlichen und skalierbaren Modellierung führt [1]. Das Modell wurde im Rahmen der Projektarbeit in ein System Dynamics Modell überführt und in der Software Vensim modelliert.

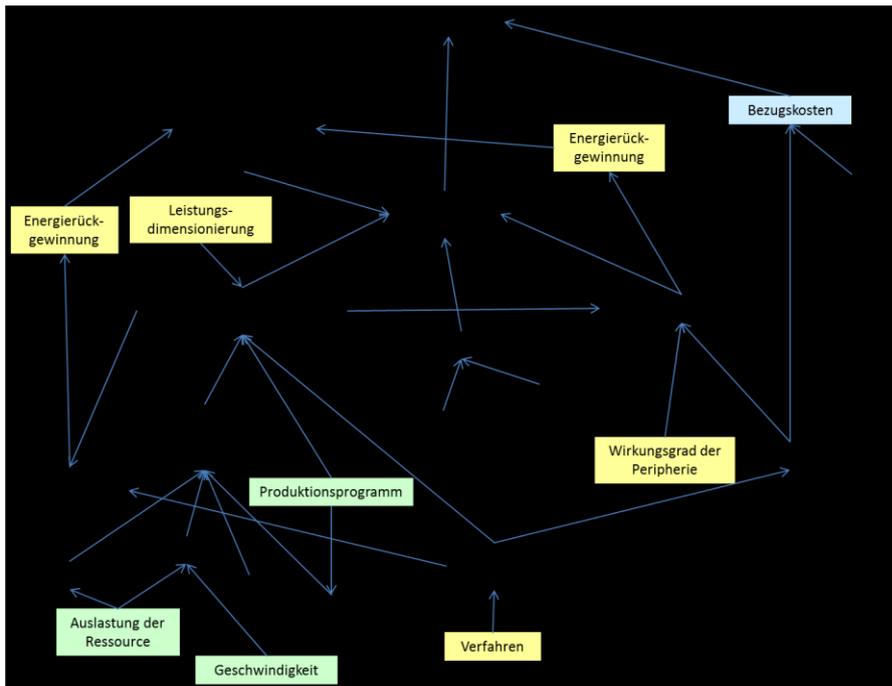


Abbildung 32: Exemplarisches Kostenwirkmodell, hier für Energiekosten

Das produktionstechnische Modell wurde anschließend mit dem Kostenwirkmodell erweitert. Es entstand ein skalierbares, parametrierbares Modell der Produktion, welches erlaubt die Wirkbeziehungen zwischen den einzelnen Größen, insbesondere Energie, Material und Emissionen in ihrem zeitlichen Verlauf zu untersuchen und anschließend nicht nur monetär zu bewerten, sondern auch in ihrer absoluten Größe.

Dabei erlaubt das Modell die Analyse nicht nur der gesamten Fabrik, sondern auch einzelner Teilbereiche oder Maschinen. Aber auch Wertschöpfungskreisläufe, z. B. bei Materialkreisläufen können mit dem Modell betrachtet werden [2]. Gleichzeitig können unterschiedliche Entwicklungsszenarien der Fabrik, z. B. unterschiedliche Produktionsmengen, sowie Entwicklungsszenarien der Umwelt, z. B. veränderte Energiepreise betrachtet und in die Wirtschaftlichkeitsbewertung mit einbezogen werden.

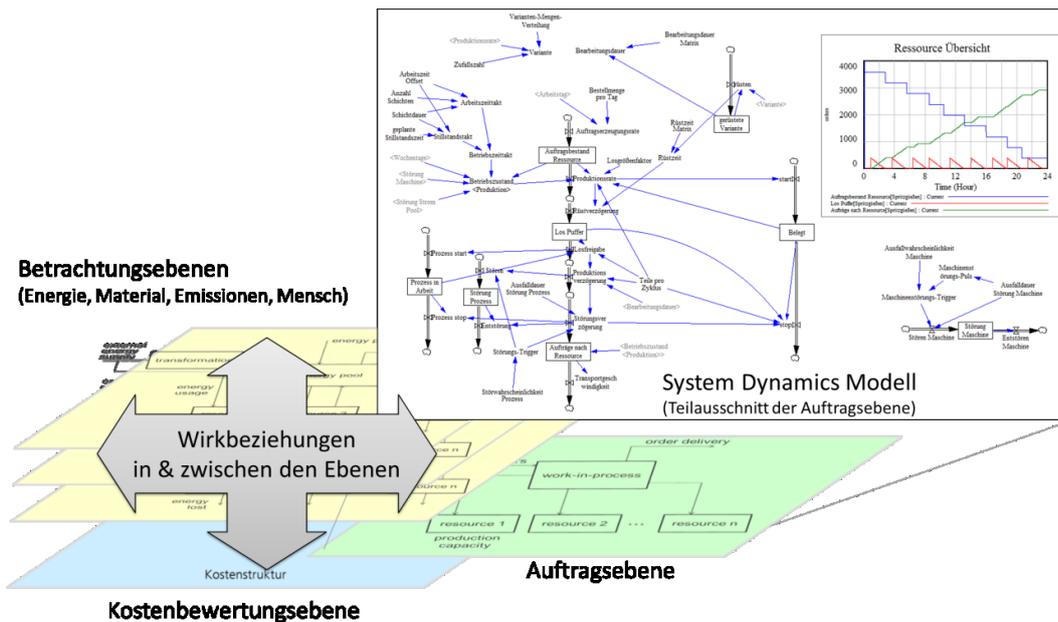


Abbildung 33: Produktionstechnisches Modell und Kostenwirkmodell als gemeinsames Ebenenmodell, abgebildet in System Dynamics

Werden im Rahmen der Ultraeffizienzaktivitäten des Unternehmens Maßnahmen als aussichtsreich identifiziert, z. B. nach Anwendung des Ultra-F-Checks, so werden die Maßnahmen in ihrer Wirkform auf die Produktion in das Modell integriert. Beispielsweise würde ein energieeffizienterer Prozess den zeitlichen, charakteristischen Energiebedarf einer Ressource verändern. Das könnte zu einer Verschiebung von Spitzenlasten führen, die durch entsprechende Steuerungen, Puffer oder die Integration von eigenerzeugter Energie abgefangen werden sollten. Hier sind entsprechend ergänzende Maßnahmen zu planen, die in ihrer Wirkdimension mit dem Modell erarbeitet und überprüft werden können. Zwei kleine Beispiele wurden simuliert und publiziert [3]. Dabei ging es zum einen um die Nutzung von Photovoltaik Anlagen in Kombination mit Speichern und einem BHKW sowie um Maßnahmen zur direkten Wiederverwertung im Produktionsprozess in direkter Wirkung mit Energie- und Materialbedarf. In einem weiteren Beispiel [4] ist die Abhängigkeit von Losgrößen und Reinigungshäufigkeit von Fertigungsgestellen mit dem Energie- und Materialbedarf untersucht worden. In allen Beispielen hat sich das Modell als überaus hilfreich für die Analyse und die Bewertung der einzelnen Maßnahmen erwiesen. Neben der reinen Bewertung konnten auch Dimensionierungsvorschläge für die jeweiligen Maßnahmen abgeleitet bzw. Grenzen aufgezeigt werden.

Veröffentlichungen

- [1] Kuhlmann, T; Bauernhansl, T.: Method for designing an energy-agile energy system for industrial manufacturing. In: Proceedings of the 22nd CIRP Conference on Life cycle engineering; Sydney; 2015
- [2] Sheehan, E.; Braun, A-T.; Kuhlmann, T.; Sauer, A.: Improving material efficiency for ultra-efficient factories in closed-loop value networks. In: Proceedings of the 13th CIRP Global Conference on Sustainable Manufacturing Ho Chi Minh City; 2015
- [3] Kuhlmann, T.; Mandel, J.; Sauer, A.: Bewertung von Ultraeffizienzmaßnahmen – Skalierbarer, ganzheitlicher Ansatz zur Bewertung von Ultraeffizienzmaßnahmen in der Produktion. In wt Werkstattstechnik online. - Düsseldorf : Springer-VDI Verlag; 2016
- [4] Sheehan, E.; Kuhlmann, T.; Sauer, A.: Simulating the effect of factory improvement efforts on material and energy efficiency. In: Proceedings of the 23rd CIRP Conference on Life cycle engineering; Berlin; 2016 - GEPLANT

Phase2/AP2 – Perspektive Rohstoffversorgung des Rahmenmodells »Ultraeffizienzfabrik«

Erweiterung des Rahmenmodells zur Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld um die Perspektive „Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe“

Ziel des Phase2/AP2 ist die Erweiterung des Reifegradmodells zur Ultraeffizienzfabrik aus Phase1, um die Perspektive Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe. Es sollten Teilaspekte dieser Perspektive identifiziert sowie weitere Best-Practice-Beispiele zu diesem Themenfeld erarbeitet werden. In der ersten Phase wurde das Reifegradmodell zur Ultraeffizienzfabrik unter der Berücksichtigung der Handlungsfelder Energie, Emissionen, Material, Mensch/Personal und der Organisation, aufgestellt. Eine weitere, wichtige Komponente die in der ersten Phase nur Ansatzweise durch das Handlungsfeld Material betrachtet wurde, wurde in der zweiten Phase durch das Handlungsfeld Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe erweitert. Das Handlungsfeld Material aus Phase1 bezog sich auf den Materialeinsatz innerhalb eines Unternehmens, so wurde bspw. das Materialhandling sowie die Art des einzusetzenden Materials hinsichtlich der Ultraeffizienz analysiert und die dafür notwendigen Kriterien aufgestellt. Die Betrachtungsebenen dieses Handlungsfelds waren dabei im Wesentlichen die Fabrik, die Produktion sowie der Prozess. Durch die Erweiterung des Ultraeffizienzmodells durch das Handlungsfeld Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe in Phase2 wurden nun auch verstärkt der urbane Raum und die Versorgung mit Rohstoffen in das Reifegradmodell der Ultraeffizienzfabrik miteinbezogen. Zur Erarbeitung der Ultraeffizienz-Kriterien der verschiedenen Handlungsfelder wurde bereits in Phase1 ein Fragebogen erstellt, wodurch diese in den verschiedenen Ebenen Global, Baden-Württemberg, Urban, Fabrik, Produktion und Prozess ermittelt werden konnten. Da sich dieses Vorgehen bereits bewährte, wurde dieser Fragebogen in Phase2 speziell auf das zu erarbeitende Handlungsfeld Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe angepasst. Dabei wurden die Themenfelder »Versorgung mit Primärrohstoffen«, »Einsatz von Sekundärrohstoffen« und »Rohstoffkreisläufe« in den unterschiedlichen Schalen abgefragt, um so unter Berücksichtigung der Definition der Ultraeffizienz, Kriterien für dieses Handlungsfeld zu erhalten. Der Fragenbogen wurde durch das Projektteam sowie weitere Experten der beteiligten Fraunhofer-Institute beantwortet. Anschließend wurde der Fragenbogen ausgewertet und die Ergebnisse innerhalb des Projektteams diskutiert.

Zusätzlich zum genannten Fragebogen wurde für das Themenfeld Rohstoffkreisläufe eine intensive Recherche durchgeführt, mit dem Ziel der Identifikation von potenziellen Sekundärrohstoffen sowie von Geschäftsmodellen zur Schließung von Stoffkreisläufen verschiedener Unternehmen. Hierfür wurde das Themenfeld Rohstoffkreisläufe in interne (innerhalb des Unternehmens) und externe Rohstoffkreisläufe (Ende der Nutzungsphase und End-of-Life-Produkte) unterteilt. Als Ergebnis wurden insgesamt 15

FactSheets verschiedener Unternehmen erstellt, welche Informationen über den jeweiligen Recyclingansatz, die daraus resultierenden Einsparpotenziale, die Herausforderungen sowie das Geschäftsmodell beinhalten. Die FactSheets wurden entwickelt, um interessierten Unternehmen eine Hilfestellung sowie Anreize zum eigenen Einsatz von Sekundärrohstoffen zu verschaffen. Auch wurden in diesem Themenfeld die klassischen Rohstoffkreisläufe inklusive deren Geschäftsmodelle, Funktion und Hemmnisse von Glas, Altpapier und Elektronikgeräten dargestellt. Als gut funktionierende Geschäftsmodelle haben sich bei vielen Unternehmen Rücknahmemodelle mit Pfandwert, Leasing- und Mietverträge sowie Tauschgeschäfte bewährt. Um den Wiedererhalt von Produkten nach ihrer Nutzungsphase zu gewährleisten müssen ersichtliche Vorteile für die Verbraucher geschaffen werden, da sonst die Produkte anderweitig entsorgt werden. Nach aktuellem Stand können hauptsächlich dadurch Rohstoffkreisläufe außerhalb der Produktion geschlossen werden. Voraussetzungen für den erneuten Einsatz dieser Produkte im Unternehmen sind einerseits, je nach Branche, rohstofftolerante Prozesse, andererseits ist das Produktdesign bspw. beim Rückbau von Altgeräten und bei der Wiederverwendung verschiedener Komponenten eine entscheidende Komponente.

Aus den Ergebnissen des Fragebogens sowie der Inhalte der Recherche zum Themenfeld Rohstoffkreisläufe wurde das neue Handlungsfeld Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe abgeleitet und äquivalent zu den Handlungsfeldern aus Phase1 in Textform niedergeschrieben.

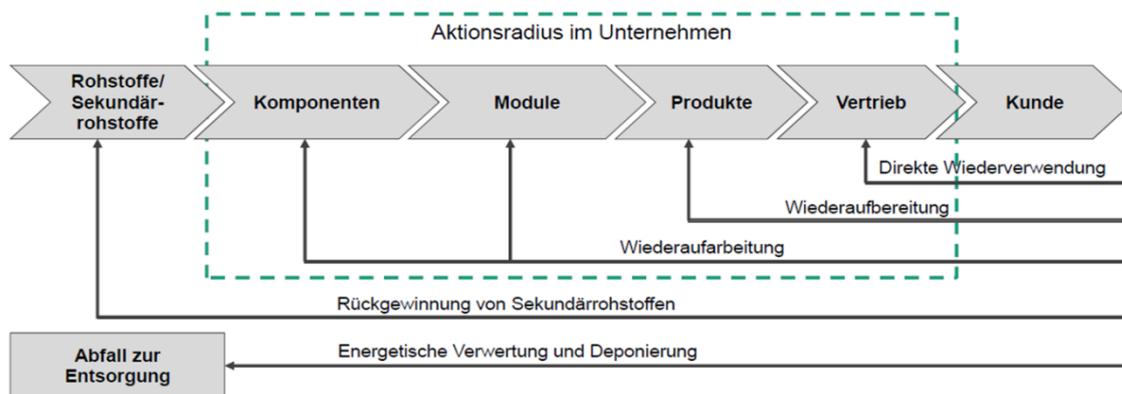


Abbildung 34: Ansätze für das industrielle Recycling, Quelle: Braun, A.-T.: Ressourceneffizienz – Optimales Bestandsmanagement bei Materialrückflüssen. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, München. Jahrg. 107 (2012)12, p. 941-943

Das Handlungsfeld beinhaltet die Definition der Ultraeffizienz bezüglich der Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe auf globaler, regionaler und urbaner Ebene

sowie aus der Produktions- und Prozesssicht. Es enthält übergeordnete Maßnahmen zur Erreichung der Ultraeffizienz in den verschiedenen Ebenen sowie die dazugehörigen Kennzahlen für deren Bewertung. Des Weiteren wurden, ebenfalls äquivalent zu den Handlungsfeldern aus Phase1, die für das Verständnis dieses Handlungsfelds notwendigen Grundbegriffe definiert und erläutert. Die globale Problematik bezüglich der Rohstoffversorgung sowie mögliche Folgen für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg wurden andiskutiert. Hierzu wurde zusätzlich die Studie „Analyse kritischer Rohstoffe für die Landesstrategie Baden-Württemberg“ in das Handlungsfeld integriert. Als Ergebnis konnte so das Handlungsfeld Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe erarbeitet werden.



Abbildung 35: Erarbeitung des Handlungsfelds "Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe"

Die im Handlungsfeld erarbeiteten Kriterien und Kennzahlen zur Ultraeffizienz hinsichtlich der Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe wurden anschließend, unter Berücksichtigung der verschiedenen Ebenen, in das bestehende Reifegradmodell aus Phase1 integriert. Als Ergebnis konnte das Reifegradmodell um insgesamt 16 weitere Kennzahlen erweitert werden, wobei sich der Großteil der Kennzahlen auf die Ebenen Fabrik und Urban (12 Kennzahlen) beziehen. Die Kennzahlen und erarbeiteten Kriterien beziehen sich dabei einerseits auf die Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen aus dem urbanen Umfeld, unter Berücksichtigung von Logistikprozessen sowie der Infrastruktur, andererseits auf den Einsatz dieser Rohstoffe innerhalb der Fabrik. Das so entstandene Reifegradmodell zur Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld deckt damit einen weiteren wichtigen Eckpfeiler im Sinne der Ressourceneffizienz auf dem Weg zu einer Green Economy ab.

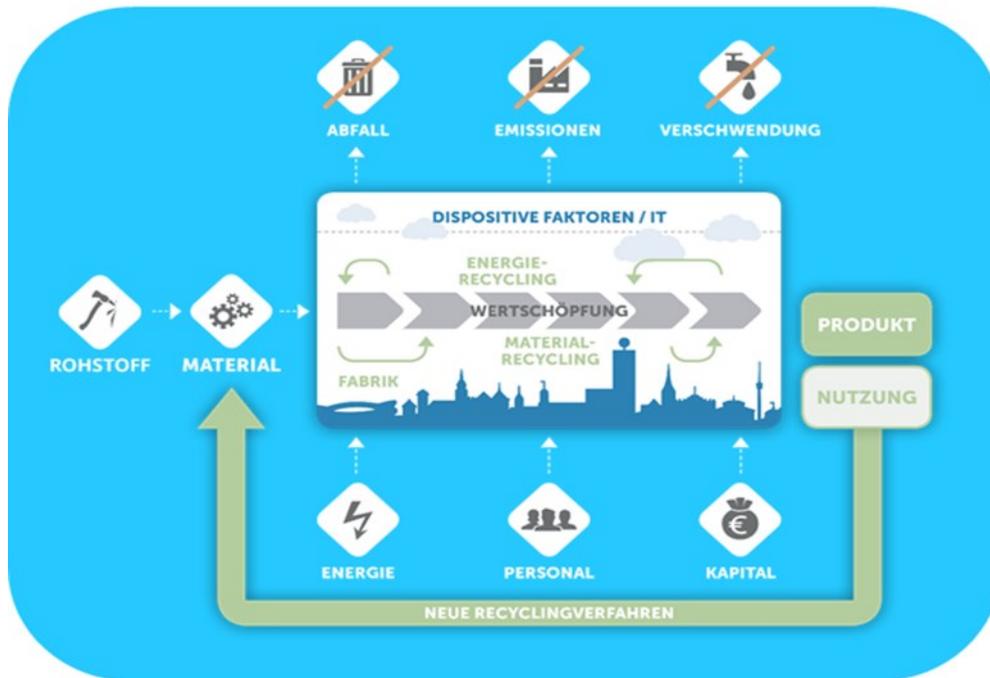


Abbildung 36: Ganzheitlicher Ansatz zur nachhaltigen Produktion

Für die Verwertung von Abfallstoffen gelten in Deutschland, je nach Abfallart, unterschiedliche Gesetze, Richtlinien und Verordnungen. Beim Einsatz von Sekundärrohstoffen, vor allem wenn diese aus Abfallstoffen stammen sollen, sind diese zu berücksichtigen. Für ein allgemeines Verständnis dieser Gesetze wurden die für die Verwertung relevantesten in einer übersichtlichen, leichtverständlichen Tabelle aufgeführt. Wie auch die bereits erwähnten FactSheets, sollen diese interessierten Unternehmen zur Verfügung gestellt werden, um ihnen einen Einblick in die vorherrschenden Gesetze zu bieten. So wurden insgesamt 11 relevante Gesetze aufgearbeitet.

Als weiterer Inhalt des Phase2/AP2 wurden weitere Best-Practice-Beispiele zur Perspektive Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe recherchiert, um die bereits vorhandene Sammlung an Beispielen zu erweitern. So wurden durch eine intensive Internetrecherche sowie durch Veranstaltungen und diverse Vorträge weitere für das Arbeitspaket relevante Beispiele in die Liste übertragen. Als Ergebnis umfasst die vorhandene Best-Practice-Datenbank nun einen Gesamtumfang zum Themenfeld Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe von 46 ausführlichen Beispielen aus verschiedenen Branchen und Unternehmen.

Phase2/AP3 Schulungs- und Multiplikatorenkonzept

Entwicklung eines modularen Konzepts und Bereitstellung von Schulungsunterlagen für Qualifizierungsmaßnahmen zur Zertifizierung von Ultraeffizienz-Beratern

Ziel des Phase2/AP3 ist die Entwicklung eines Konzeptes, um die im Projekt erarbeiteten Inhalte weiter zu geben. Fokus bei der Weitergabe von Projekthinhalten ist die Schulung und Qualifizierung von möglichen Nutzern. Durch die Recherche möglicher Schulungs- und Qualifizierungskonzepte sollen etablierte Ansätze untersucht werden, wobei geeignete Ansätze in das Qualifizierungskonzept für Ultraeffizienzfabrik einfließen sollen. Bei der Recherche ist auch die Marktanforderung hinsichtlich Struktur, Kosten und Dauer zu berücksichtigen. Denn nur, wenn das Schulungskonzept gängigen und erfolgreich etablierten Qualifizierungsmaßnahmen entspricht, ist von Akzeptanz durch die Stakeholder auszugehen. Dabei ist die Entwicklung des Konzeptes hinsichtlich Grad der Qualifizierung, Anforderungen an Schulungsteilnehmer und mögliche Zertifizierung der Qualifizierungsmaßnahmen als zentral zu betrachten. Bei der Erstellung des Konzeptes ist auch die langfristige wissenschaftliche Forschung als Impulsgeber und nachhaltiger Innovationsträger mit zu berücksichtigen. Besonders die Beratungs- und Schulungsleistung der Ultraeffizienz-Experten untereinander als Austausch soll langfristig etabliert werden. Die Ausdetaillierung der konkreten Schulungsinhalte sowie deren didaktische Aufbereitung war aufgrund der Repriorisierung der Projekthinhalte nicht ausreichend möglich.

Das gesamte Schulungskonzept ist fokussiert auf das allgemeine Verständnis, wie Ultraeffizienz erreichbar ist. Dabei spielt immer der Ausgangszustand – also der IST-Zustand – eine zentrale Rolle. Ohne die Ausgangslage zu kennen ist die Festlegung möglicher Ziele wert- und sinnlos. Durch die Erhebung der aktuellen Situation mit entsprechenden Kennwerten bzw. Fragesammlungen lassen sich Defizite und daraus ableitbare Potenziale identifizieren. Die Abstimmung von Potenzialen mit Unternehmenswerten und –zielen erlaubt die Auswahl von geeigneten Ultraeffizienzmaßnahmen, welche dann entsprechend implementiert werden können. Mit der Implementierung ist der Kreislauf abgeschlossen, wobei dann die nächste Ebene eines höheren Ausgangszustandes erreicht ist, welche als Basis für weitere Ultraeffizienzoptimierungen dient.

Aufgrund dieses Kreislaufes erscheint ein aufeinander aufbauendes Schulungskonzept als erfolgsversprechende Variante. Kern des Schulungskonzeptes sind vier Ebenen.

- 1) Verständnis schaffen und Überzeugung leisten
Viele Ultraeffizienzmaßnahmen adressieren das Unternehmen bzw. die produktiven Bereich als gesamtes. Die Maßnahmen sind jedoch nur dann effektiv wirksam, wenn auch die Mitarbeiter diese Notwendigkeit verstehen und gar

Fehler beheben bzw. zu melden. Für die Realisierung dieses Anspruches ist es nötig die Beteiligten zu sensibilisieren. Denn vielfach kann allein das Verständnis sowie bewusste Umgang im Unternehmen über Erfolg entscheiden.

2) Erfahrungen ausbauen und Kenntnisse vertiefen

Ist das Verständnis vorhanden, sind positive Erfahrungen wertvoll für den langfristigen Erfolg der Ultraeffizienz. Durch Erfahrungen werden aus den theoretischen Ansätzen Best-Practices und die Beteiligten können sogar die Erfolge selbst erleben. Hilfreich kann auch sein, das technische Verständnis bzw. die vorhandenen Kenntnisse zu vertiefen. So können Beteiligte auch eigene Impulse setzen und größere Befriedigung und Erfolge erfahren.

3) Befähigung zu Bewertung von Veränderungsmaßnahmen schaffen

Erfolge als Basis-Motivation sind hilfreich als Unterstützung bei der Implementierung und Aktivierung von Maßnahmen. Aber die Initiative der Beteiligten kann nur dann langfristig als Erfolg gewertet werden, wenn die vorgeschlagenen Maßnahmen eine echte Verbesserung gegenüber den aktuellen IST darstellt. Dazu ist es nötig, dass eine Bewertung der Maßnahme erfolgen kann und so bereits frühzeitig die Einschätzung über den Einfluss der Maßnahme getroffen werden kann.

4) Langfristige Betrachtung, Bewertung und Analyse von Informationsrückführung anstreben.

Sind die ersten Schritte noch häufig von schnellen Verbesserungen und Potenzialhebungen ausgerichtet, kommt im weiteren Verlauf vor allem die Fokussierung auf die Langfristigkeit. Dazu wird eine Verstetigung von Informationsflüssen mit relevanten Informationen wichtiger. Auch die Definition von Prozessen und Verantwortlichkeiten wird relevant, um geeignete Maßnahmen aus den entsprechenden Informationen ableiten zu können. Weiterhin wird so auch die Rückverfolgbarkeit von Entscheidungen bzw. Gründen die Entscheidungen herbei zu führen besser nachvollziehbar und kann auch Basis für die langfristige Zielentwicklung und –erreicherung sein.



Abbildung 37: Kreislauf zu langfristigen Erreichung von Ultraeffizienz

Das vorgeschlagene Qualifizierungskonzept ist ein hierarchisches Stufenkonzept. Jede höhere Hierarchiestufe setzt die vorherige Stufe voraus. Der „normale“ Mitarbeiter wird durch die erste Qualifizierung zum Ultraeffizienz-Mitarbeiter. Durch weitere Qualifizierung wird aus ihm ein Ultraeffizienz-Experte im Unternehmen. Auf dieser Basis kann er sich zum Ultraeffizienz-Berater weiterentwickeln. Die höchste Stufe ist die Qualifizierung zum Auditor, der andere Berater trainiert und qualifiziert. Langfristig ist eine Zertifizierung von durchgeführten Maßnahmen denkbar.

Alle Schulungsinhalte können somit von interessierten Mitarbeitern - insbesondere von Forschungs- und Beratungseinrichtungen aus einem noch zu definierenden Ultraeffizienz-Konsortium - genutzt werden für die eigene Ausbildung mit Orientierung zur Ultraeffizienz. Wenn der Mitarbeiter alle Stufen erfolgreich durchlaufen hat und bereits an Ultraeffizienzfabrik-Projekten beteiligt war und diesem Bereich auch Forschung betreibt, ist eine Berufung in die Ultraeffizienz-Expertenrunde möglich. Hier werden neue Technologien und organisatorische Ansätze diskutiert und entwickelt. Damit werden neue Impulse für ultraeffiziente Unternehmen gesetzt und die

qualifizierten Experten, Berater und Auditoren erhalten eine Erweiterung des Spektrums an interessanten Methoden.

Hierarchisches Stufenkonzept

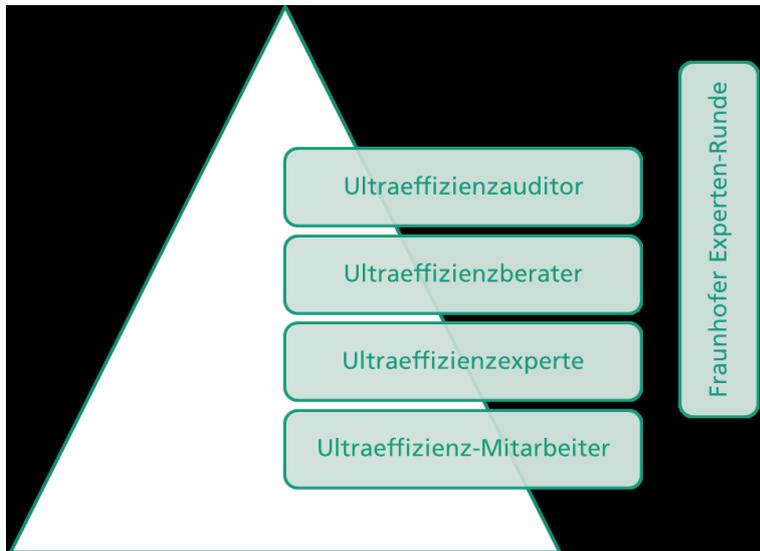


Abbildung 38: Konzeption des hierarchischen Stufenkonzepts

Ultraeffizienz-Mitarbeiter (UE-MA)

Vorkenntnisse	Keine speziellen Vorkenntnisse nötig
Anforderungsprofil	Mitarbeiter im technischen Umfeld (Produktion, Arbeitsvorbereitung, Qualitätsmanagement, Auftragsabwicklung, o.ä.) Der Mitarbeiter sollte die Möglichkeiten haben im Bereich der Handlungsfelder kleinste Einflüsse und Veränderungen herbeiführen zu können.
Mögliches Aufgabenspektrum	Der UE-MA ist befähigt Schwachstellen aufzudecken und zu identifizieren. Weiterhin kann er von Experten ausgewählte Maßnahmen implementieren und umsetzen, sowie deren korrekte Nutzung bzw. Funktion überprüfen. Außerdem kann er für Kollegen als Ansprechpartner dienen und so andere überzeugen bzw. diesen beratend zur Seite stehen.
Kommunikations- und Projektebene mit Ultraeffizienz-Konsortium	Teilnahme an einem Basiswissens-Workshop, um Grundverständnis zu schaffen. Der UE-MA ist optimal geeignet bei Ultraeffizienz-Projekten (Einrichtungen des Ultraeffizienz-Konsortiums als kompetente Ansprechpartner) zu unterstützen bzw. die fachliche Umsetzung durchzuführen und zu betreuen.
Qualifizierungsansatz	Basis-Schulung (Dauer ca. ¾ Tag) ➤ Einführungsvortrag über Konzept und Idee der Ultraeffizienzfabrik

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Workshop – zu Grundverständnis ➤ Workshop – für Schulung zur Identifikation von Schwachstellen und Optimierungspotenzialen
--	---

Ultraeffizienz-Experte (UEExp)

Vorkenntnisse	Basiswissen Ultraeffizienz (UE-MA)
Anforderungsprofil	Führungskraft bzw. Prozessverantwortlicher im technischen Umfeld Befähigung zur Einflussnahme auf Handlungsfelder
Mögliches Aufgabenspektrum	Schwachstellenanalyse im eigenen Bereich / Prozess Ultraeffizienzmaßnahmen auswählen und adaptieren Kollegen und Mitarbeiter über Maßnahmen und Aktionen informieren
Kommunikations- und Projektebene mit Ultraeffizienz-Konsortium	Grundwissen-Schulung mit Basis-Verständnis der Ultraeffizienz-Werkzeuge Potenzieller Projektleiter eines Ultraeffizienz-Projekt im Unternehmen (Ultraeffizienz-Konsortium Ansprechpartner auf Projektebene)
Qualifizierungsansatz	Intensiv Aufbau-Schulung für Ultraeffizienz-Mitarbeiter (Dauer ca. 1 ½ Tage) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Wiederholung von Inhalten aus Basis-Schulung ➤ Workshop – Grundverständnis ➤ Workshop – für Schulung zur Identifikation von Schwachstellen und Optimierungspotenzialen

Ultraeffizienz-Berater (UEBer)

Vorkenntnisse	Ultraeffizienz-Experte Ggf. Energiebeauftragter, Umweltschutzbeauftragter oder Arbeitsschutzbeauftragter
Anforderungsprofil	Querschnittfunktion im technischen Umfeld, bestenfalls übergreifenden Überblick und begrenzten Zugang zu KPIs des Unternehmens Befähigung zur Einflussnahme auf Handlungsfelder auf verschiedenen Betrachtungsebenen
Mögliches Aufgabenspektrum	Kennzahlenanalyse und Auswertung durch Nutzung von Ultraeffizienz-Werkzeugen Recherche von Ultraeffizienzmaßnahmen (Nutzung von Datenbanken) Ansprechpartner für alle Ultraeffizienz-Experten
Kommunikations- und Projektebene mit Ultraeffizienz-Konsortium	Teilnahme an einem Basiswissens-Workshop, um Grundverständnis zu schaffen. Der UEBer ist optimal geeignet bei Ultraeffizienz-Projekten.

	Er hält regelmäßig Kontakt zum Ultraeffizienz-Konsortium um aktuelle Entwicklungen und Forschungsergebnisse aus dem Bereich der Ultraeffizienz schnell in die Anwendung zu überführen.
Qualifizierungsansatz	<p>Intensivworkshop für Vertiefung der Ultraeffizienz-inhalte (Dauer ca. 5 Tage Präsenz und ca. 15 h online)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Einführung in alle 3 Tools (Ultra-F-Check Basic, Ultra-F-check & Ultra-F-Check Professional) ➤ Erprobungsworkshops in alle 3 verfügbaren Tools ➤ Einführung in Datenbank ➤ Praxis-Planspiel zur Erprobung und Nutzung aller Tools in Realität ➤ Zertifizierungsprüfung

Ultraeffizienz-Auditor (UEAu)

Vorkenntnisse	Ultraeffizienz-Berater Ggf. Energiemanagementauditor, Umweltschutzauditor o.ä.
Anforderungsprofil	Langjährige Erfahrung im technischen Umfeld besonders mit interdisziplinären Aufgaben, z.B. Energiemanager, Qualitätsbeauftragter, etc. Umfangreiche Kenntnisse in komplexen Querschnittsthemen,
Mögliches Aufgabenspektrum	Konzeption, Durchführung und Auswertung einer Ultraeffizienzbewertung Auswahl und Adaptionbetrachtung von Ultraeffizienzmaßnahmen (Nutzung von Datenbanken) Schulungsberechtigter gegenüber Ultraeffizienz-Experte und -Mitarbeiter
Kommunikations- und Projektebene mit Ultraeffizienz-Konsortium	Kontinuierlicher Austausch über Neuerung aus der Ultraeffizienz-Forschung Einrichtungen des Ultraeffizienz-Konsortiums sind Ansprechpartner auf bei neuen, innovativen Ansätzen ohne bestehende Nutzererfahrung – Adaption von Modell sowie Plausibilitätsdiskussion
Qualifizierungsansatz	Workshop und begleitetes Projekt im Realeinsatz (Dauer ca. 14 Wochen parallel zum Beruf) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Workshop zur Vorbereitung auf Auditoraufgaben und -pflichten ➤ Kundenprojekt begleitet durch Mitglied der Fraunhofer-Expertenrunde ➤ Projektevaluierung des Anwärterers auf Basis des Projektes (Maßnahmen, Erfolge, Ergebnis)

Ultraeffizienz-Konsortium Experten-Runde

Bestehend aus:	Wertstromanalytiker Wissenschaftler in den Bereichen Energie, Ressourcen und Qualitätsmaßnahmen Wissenschaftler im Bereich Kreislaufwirtschaft und Verfahrenstechnik Experten aus dem Bereich Produktionstechnologie, digitale Prozessanalyse, urbane Produktion, etc. Professoren verschiedener Fraunhofer-Institute als Steuerkreis mit allgemeinem Wissen über Märkte, Potenziale, Technologien und Trends
Anforderungsprofil	Langjährige Erfahrung aus Forschung und Wissenschaft (mind. 3 Jahre) Ingenieurwissenschaftliche, naturwissenschaftliche und betriebswissenschaftliche Studienabschlüsse für Beherrschung der hohen Komplexität und Themenvielfalt
Mögliches Aufgabenspektrum	Beratungen und Unterstützung von Unternehmen Durchführung von Schulungen, Schulungsinhalte und –unterlagen erstellen und aktualisieren, Forschung zu neuen Fragestellungen im Kontext UEF
Qualifizierungsansatz	Wissenschaftler-Stelle am einem der Fraunhofer-UEF-Kompetenz-Institute (Dauer ca. 3 Jahre Tätigkeit für Fraunhofer-Gesellschaft) ➤ Besuch aller Schulungen im UEF ➤ mind. Projektleitung bei einem UEF-Projekt bei einem Unternehmen

Abhängig von der Unternehmensgröße wird auch die Möglichkeit der internen Verfügbarkeit von Kapazitäten zur entsprechenden Ausfüllung der Aufgabenstellung der einzelnen Qualifizierungsstufen gesehen. Je größer das Unternehmen, desto wahrscheinlicher ist die Kapazität für Mitarbeiter sich verstärkt um die ganzheitliche und langfristige Entwicklung zu kümmern. Eine erste Einschätzung hinsichtlich welcher Qualifizierungsstufe in welcher Unternehmensform bzw. -größe denkbar ist, kann der Abbildung 39 entnommen werden.

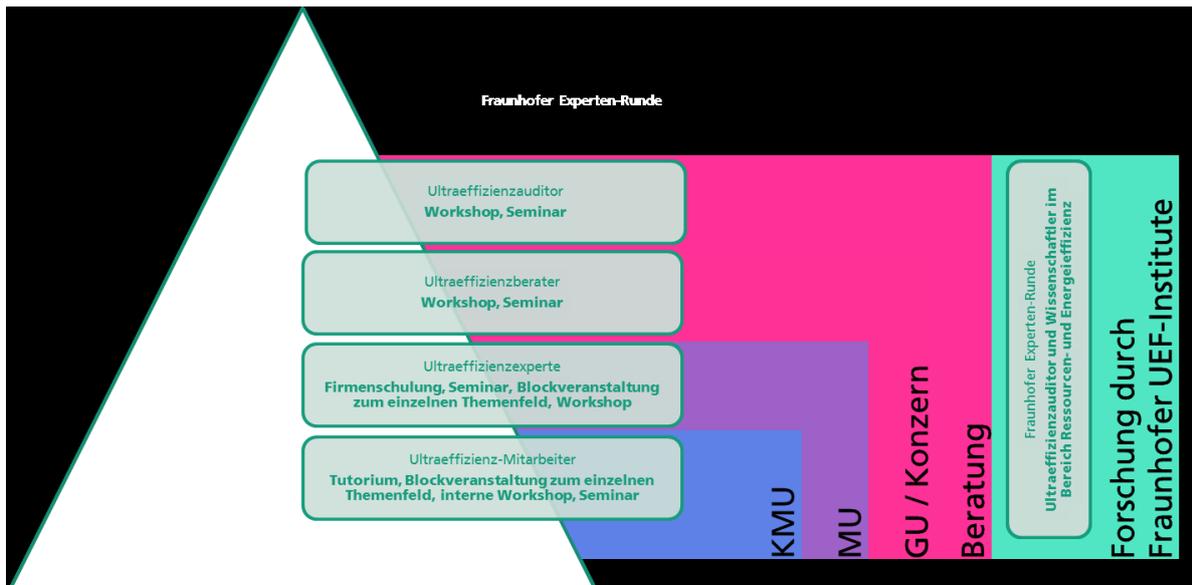


Abbildung 39: Ansiedelung bzw. Integration der einzelnen Qualifizierungsstufen im Unternehmen

Phase2/AP4 IT-basierte Umsetzung – Plattform, Cockpit und Portal

Erarbeitung IT-basierter Werkzeuge (Ultraeffizienz-Cockpit) sowie einer Informationsplattform

Das Phase2/AP4 dient der Unterstützung zur Darstellung und Visualisierung der in anderen Arbeitspaketen entwickelten Projektinhalte. Das Ziel des Arbeitspaketes ist es Ergebnisse aus dem Projekt IT-unterstützt bereitzustellen und ggf. einen Zugriff über das Internet zu erlauben.

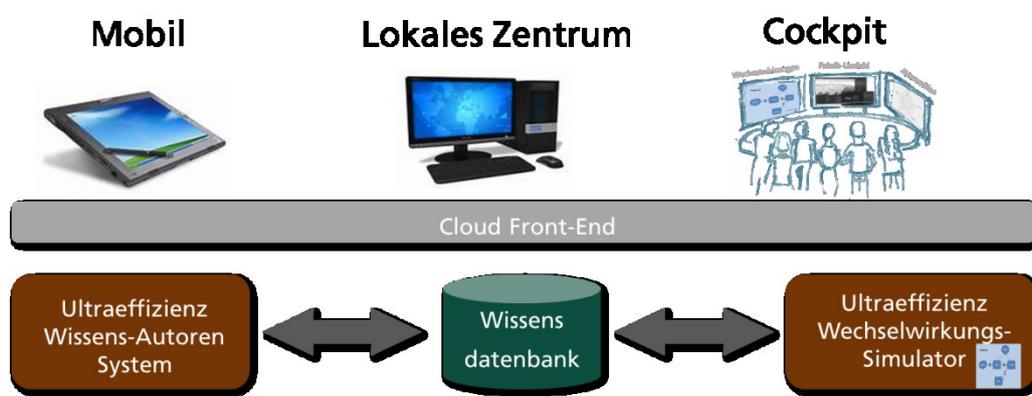


Abbildung 40: Konstruiertes Nutzungsszenario, wie im Antrag beschrieben, aufgrund der Komplexität einzelner Module nur teilweise wie dargestellt umsetzbar.

Im Antrag ist für die IT-basierte Umsetzung ein Online-Zugriff für alle Tools vorgesehen gewesen. Im Rahmen des Projekts wurde erkannt, dass nicht alle Tools und Inhalte geeignet sind für alle Nutzer gleichermaßen genutzt zu werden. Insbesondere die system-dynamische Modellierung ist ausschließlich mit ausreichender Erfahrung effektiv nutzbar. Aufgrund dieser Erkenntnisse ist eine vollständige Integration aller Inhalte auf eine Website wenig sinnvoll. Die entwickelte Ansätze und Daten sind momentan von den Projektpartnern und später vom noch zu definierenden Projekt-Konsortium frei erhältlich. Direkten Online-Zugriff hat der Nutzer insbesondere auf den »Ultra-F-Check Basic«. Da die Best-Practice-Datenbank ebenfalls Unternehmensbeispiele beinhaltet, deren Freigabe noch aussteht bzw. nicht durch die Unternehmen erteilt wurde ist eine freie Veröffentlichung z. Zt. nicht möglich. Die detaillierten Beispiele werden nach individueller Rücksprache mit den Best-Practice-Unternehmen an Interessenten herausgegeben. Interessierte Nutzer können jedoch an Arbeitsplätzen der Projektpartner am Fraunhofer-Campus Zugriff erhalten und hier ihre Recherche

durchführen. Das Tool »Ultra-F-Check Professional«, welche zur Modellierung der Wechselwirkungen mittels System-Dynamik mit 3D-Visualisierung dient, liegt ebenfalls ausschließlich auf einzelnen Arbeitscomputern der Fraunhofer-Institute vor, da nur mit Einweisung und entsprechender Vorkenntnis die Bedienung sowie sinnvolle Resultate möglich sind.

Ultra-F-Check Basic

Das Tool »Ultra-F-Check Basic« dient dem Nutzer als Einstieg in die Thematik. Anders als die anderen Tools, welche im Rahmen des Projektes entstanden sind, ist eine Art Benchmarking erwünscht. Es wird auch hauptsächlich der aktuelle Stand erfragt, wobei die Datenerhebung mittels Fragebogen erfolgt. Die gestellten Fragen haben verschiedene Orientierungen auf Handlungsfelder. Durch einen Berechnungsalgorithmus mit Gewichtungsfaktoren erfolgt die Bestimmung der aktuellen Ausprägung der Ultraeffizienz bzgl. der Handlungsfelder »Energie«, »Material«, »Emission«, »Mensch« und »Organisation«.

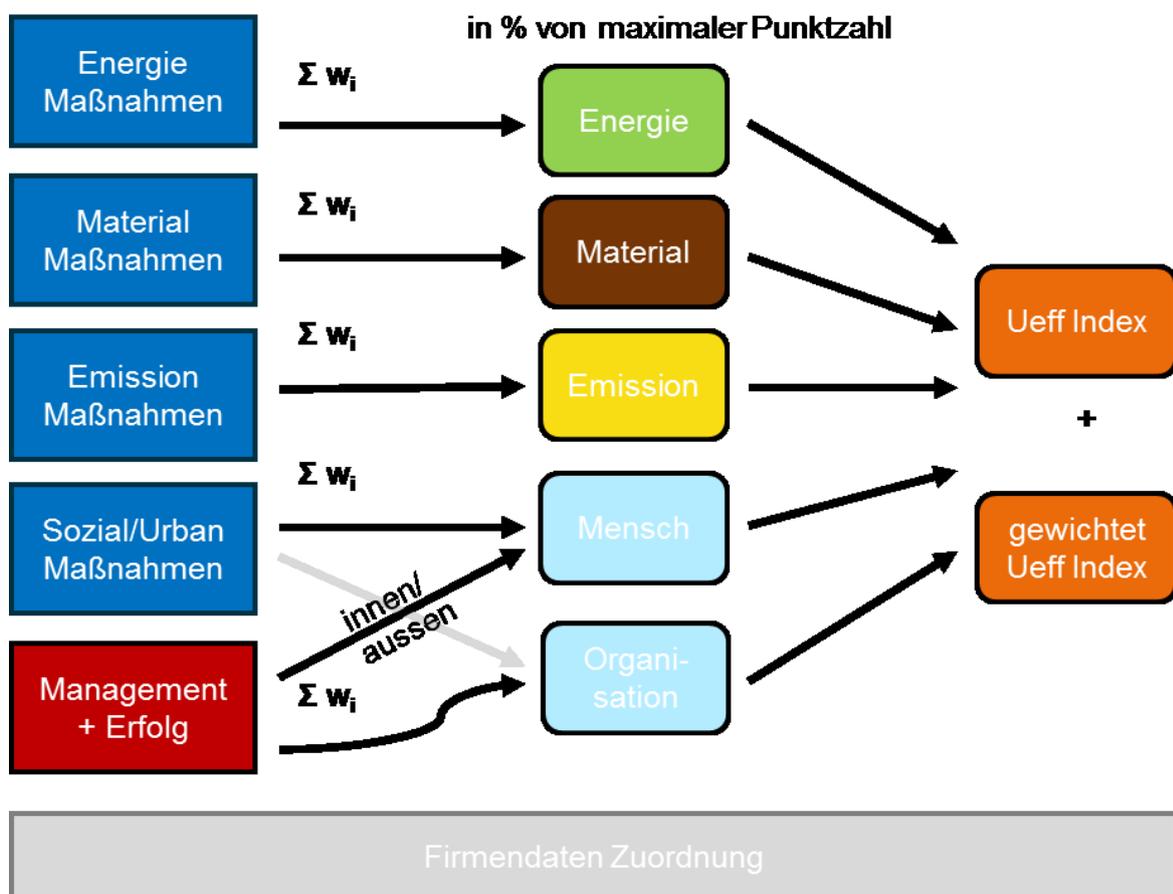


Abbildung 41: Konzept der Index-Berechnung

Je geringer die Ausprägung, desto größer ist das Potenzial durch geeignete Maßnahmen eine Verbesserung zu erzielen. Die Ausgabe erfolgt als Spinnendiagramm (Abbildung 42), wobei immer ein Benchmark über alle Unternehmen, die Informationen

bereitgestellt haben, dargestellt ist. Durch die Angabe von unternehmensspezifischen Informationen können auch deutlich spezifischere Benchmarks angeboten werden.

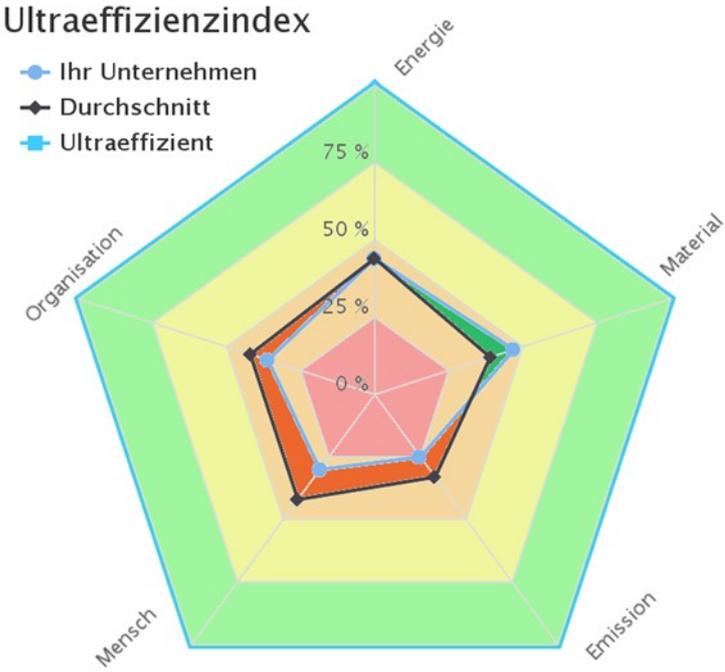


Abbildung 42: Benchmark-Darstellung zur Ausprägung des Unternehmens hinsichtlich Ultraeffizienz

Ultra-F-Check Professional

Für die System-Dynamische Modellierung mit Anbindung an eine 3D-Visualisierung musste eine entsprechende Systemarchitektur entwickelt werden, die diese Anbindung unterstützt. Dabei spielen für die System-dynamische Simulation drei Komponenten eine wichtige Rolle, Editor-Funktion, Simulationskern und Datenbank.

Die Editor-Funktion dient zur Erstellung der Wechselwirkung bzw. der S-D-Diagramme als Basis für die Simulation. Die Funktionalität orientiert sich und nutzt teilweise Funktionsmodule kommerzieller Software zur Erstellung von System-Dynamik-Modellen. Diese Modelle werden im Simulationskern in eine Berechnungslogik überführt. Die Berechnungslogik greift beim Ablauf der Simulation auf geeignete Datenbanken und gespeicherte Daten zurück. Weitere benötigte Funktionalität ist die Darstellung von Ergebnissen in geeigneter Diagramm-Form. Dazu sind entsprechende Visualisierungsmodule ausgewählt und eingebunden, um eine Darstellung entsprechend sicher zu stellen.

Für die 3D-Visualisierung wird das System Unity3D eingesetzt. Durch die Entwicklung einer geeigneten Schnittstelle werden die Daten aus dem S-D-Diagramm (grafische Abhängigkeitsmodellierung) in die virtuelle 3D-Welt übertragen, um die entsprechenden Elemente dort zu versinnbildlichen. Zusätzlich ist eine Schnittstelle zum Simulationskern nötig, um die Simulationsabläufe und -ergebnisse ebenfalls in die virtuelle Welt zu übertragen. Die Aktualisierung erfolgt manuell durch Aufruf und Start der Simulation.

Basierend auf den eingesetzten Modulen sind verschiedenen Darstellungsoptionen möglich. Diese sind vor dem ersten offiziellen Einsatz prototypisch einmal getestet worden, um deren Funktion zu testen und hinsichtlich Eignung zur Integration in ein Cockpit zu überprüfen.

Innerhalb der Darstellung können komplexe Stock-Flow-Diagramme als System-Dynamik-Modelle erstellt werden. Ebenso kann in der Darstellung deren Eigenschaft, Berechnungsmethodik und Randbedingungen, sofern relevant, definiert werden.

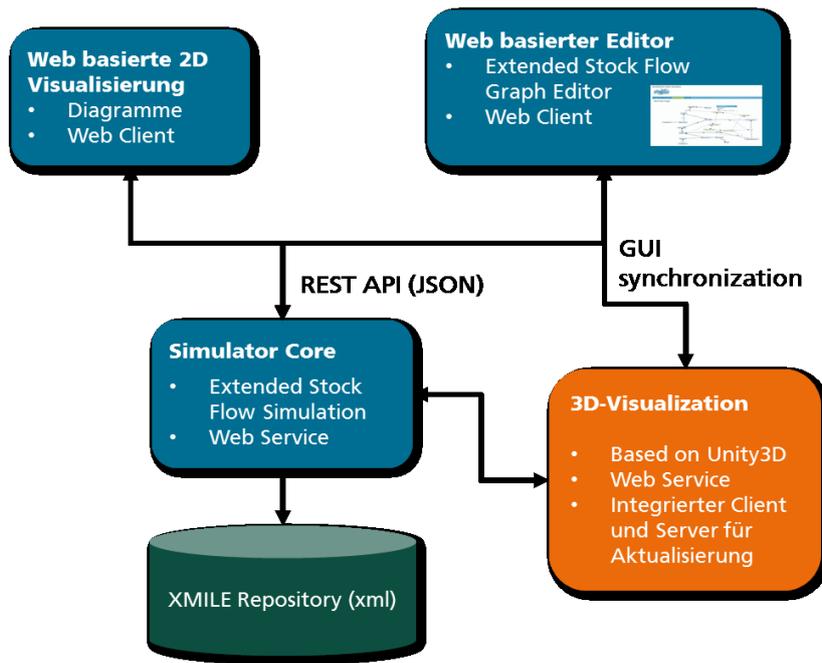


Abbildung 43: IT-Architektur zur Realisierung der System-Dynamik Modellierung mit 3D-Visualisierung

Diese Stock-Flow-Diagramme werden 1:1 in die 3D-Visualisierung übertragen, wo dann eine Art künstliche Umgebung erstellt werden kann. Alle Simulationsabläufe sind in der 3D-Visualisierung nachvollziehbar und vollständig vorhanden. Diese Darstellung erlaubt eine physische Fassbarkeit und Nachvollziehbarkeit auch bei geringem Verständnis zu System-dynamischer Modellierung.

Es sind verschiedene Arten der Ergebnisdarstellung möglich. So sind zeitabhängige (über den Verlauf der zeitlichen Simulation) Informationen möglich ebenso wie Bewertungsdarstellungen von Veränderungen von IST- zum ZIEL-Zustand.



Abbildung 44: Prototypische Umsetzung des IT-Unterstützungswerkzeug »Ultra-F-Check Professional«

Phase2/AP5 Konzeption der Demonstration

Entwicklung eines mehrstufigen Konzepts für Demonstrationszentren einer Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld

Im Rahmen des Phase2/AP5 soll eine Möglichkeit für interessierte Unternehmer, Bürger und anderer Stakeholder geschaffen werden sich mit dem Thema Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld auseinander setzen zu können. Um den im Projekt erarbeiteten Ansatz entsprechend kritisch bewerten und diskutieren zu können, besteht der Bedarf der Information und ggf. des Erlebens. Das Erlebnis schafft Verständnis und erlaubt auch vertiefend Erkenntnisse zu schaffen, welche mit ersten Informationen zwar logisch aber vielleicht nicht immer eingängig und nachvollziehbar sind. So lassen sich Technologie und Konzept harmonisch miteinander verknüpfen. Innerhalb des Projektes sollte ein Entwurf für ein mehrstufiges Konzept zur Erstellung und Inhalten eines Innovationszentrums mit Fokus Ultraeffizienzfabrik und ultraeffiziente Technologien geschaffen werden. Als Beispiel für die kleinste Ausbaustufe sollte ein Kleindemonstrator geschaffen werden. Dieser Kleindemonstrator soll bis zur Fertigstellung eines Innovationszentrums als Erprobungs-, Projekt- und Workshop-Räumlichkeit im Kontext Ultraeffizienzfabrik dienen.

Kleindemonstrator

Bei der Anforderungsanalyse zu möglichen Inhalten, die innerhalb der Räumlichkeiten wichtig sind, konnten Informationsbereitstellung, Workshop-Situation sowie Besprechungsformate identifiziert werden. Demnach soll der Kleindemonstrator Bildschirm und Projektionsfläche für die Präsentation und Bereitstellung von Informationen im Kontext Ultraeffizienz besitzen. Bestenfalls sind diese auch interaktiv, um sie in Workshops möglichst ohne zusätzliche Soft- und Hardware umsetzen zu können, was pragmatisch ist und Aufwand und Kosten spart. Für den Austausch ist eine Besprechungsinsel sinnvoll, welche weiterhin den Zugriff auf die Ultraeffizienz-Tools erlaubt. Um das Konzept abzurunden, sollen weitere Informationstools integriert werden, um aktuelle Themen mit aufzunehmen, die ebenfalls mit Ultraeffizienz adressiert aber nicht so detailliert sind. Damit lassen sich Themen wie Ressourcen- und Energieeffizienz sowie Emissionsvermeidung adäquat ansprechen.

Angestrebt ist ein Konzept, welches sowohl im mobilen Einsatz auf einem Messestand als auch im Workshopeinsatz verortet als Kleindemonstrationszentrum nutzbar ist. Diese Anforderung ist bei der Auswahl der Hardware und Erstellung von Software zu beachten.

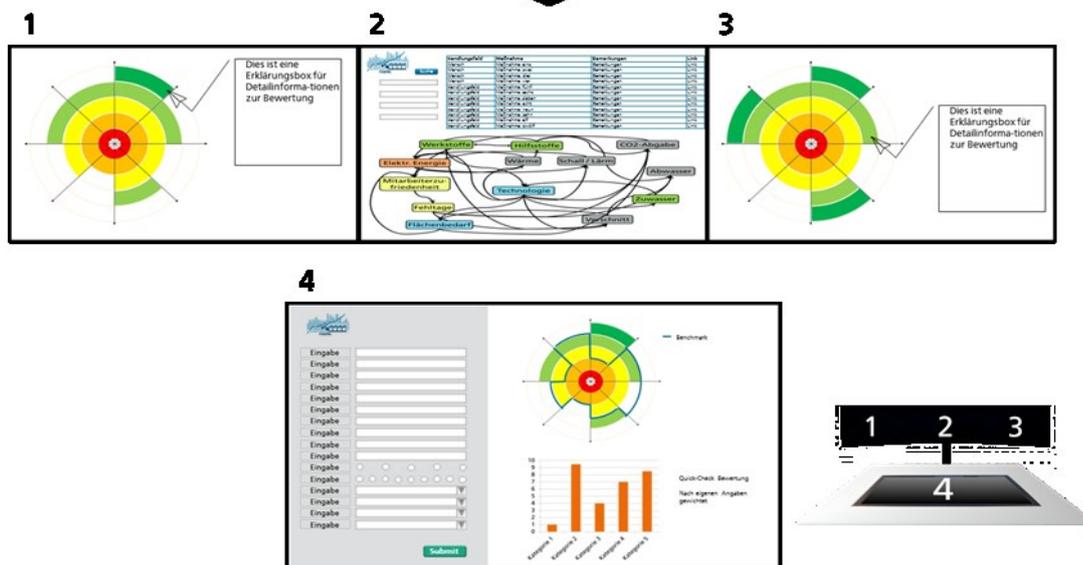
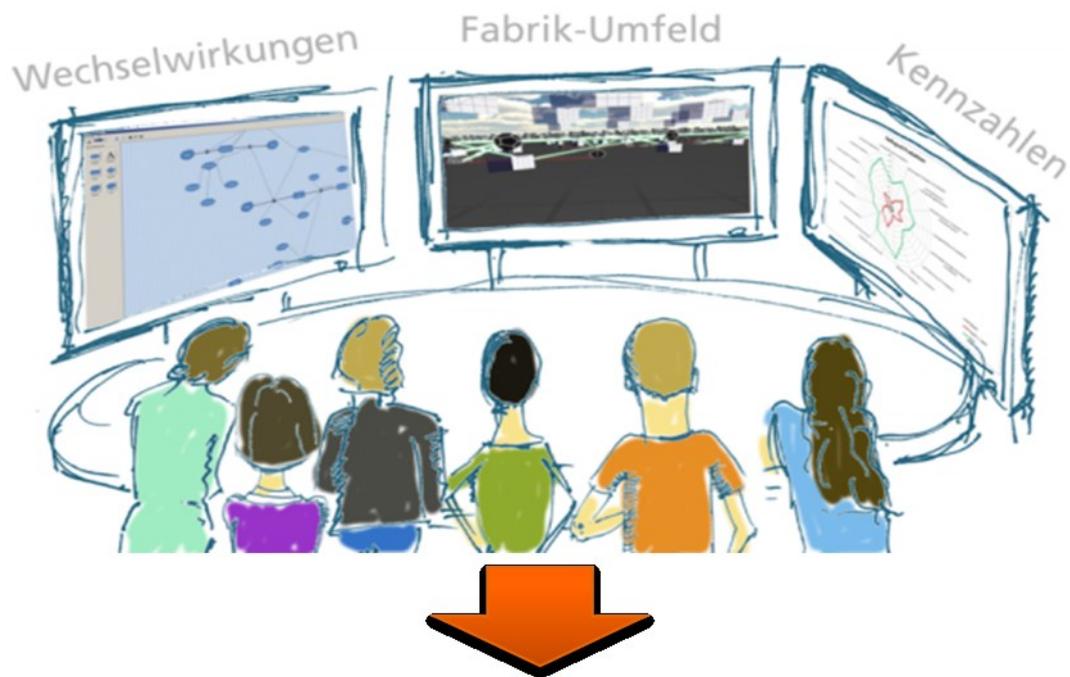


Abbildung 45: Ursprünglicher Entwurf eines Diskussionsstandes mit inhaltlich nötiger Weiterentwicklung geeignet Basis für Demonstrationskonzept

Ein früher Entwurf war ein „Diskussionsstand“. Dieser wurde inhaltlich weiterentwickelt. Die allgemeine Form erschien aufgrund der verfügbaren Informationen geeignet auch wenn die ursprüngliche Art der Informationsbereitstellung deutlich verändert werden musste. Der Aufbau mit mehreren Bildschirmen erscheint zweckdienlich, da so verschiedene Informationsinhalte parallel und gleichzeitig darstellbar sind. Um in Workshops mit Unternehmen einsetzbar zu sein, ist eine Gegenüberstellung von aktuellen Stand (IST-Zustand siehe Abbildung 45 – Bildschirm 1) und möglichem

Zielzustand bzw. prognostizierbarem Zielzustand (Zielzustand siehe Abbildung 45 – Bildschirm 3) zielführend. Unternehmensvertreter haben so die Möglichkeit die potenzielle Veränderung bzw. Verbesserung sofort zu sehen und zu bewerten. Damit kann die Akzeptanz auch von Maßnahmen, die keinen direkten wirtschaftlichen Benefit versprechen gesteigert werden. Wichtig ist im Rahmen von Workshops auch der Aufruf bzw. die Darstellung weiterer Inhalte (Informationsdarstellung siehe Abbildung 45 – Bildschirm 2). Hier können verschiedene Informationen aufgerufen und eingeblendet werden. Das unternehmensspezifische System-Dynamic-Diagramm als Repräsentation der Wechselwirkung kann ebenso wie konkrete Ergebnisse von Simulationsszenarien (verschiedene Varianten von Maßnahmen mit deren simuliertem Impact) dargestellt werden. Auch der Zugriff aus Informationsdatenbanken ist denkbar und sinnvoll, besonders wenn Zugriff auf im projekterstellte Best-Practice Datenbanken besteht. Weiterhin wird der Zugriff auf allgemeine Informationen gewährt, so stehen allgemeine Erläuterungspräsentationen, sowie Erklärungsdokumente ebenso zur Verfügung wie durch Internetzugang die Möglichkeit passende Online-Suchen zu starten sowie eine Informationshomepage zu besuchen. Für die effektive Umsetzung von Workshops ist es wichtig auch Dateneingaben vornehmen zu können. Bei der Eingabe von Daten (Eingabeoberfläche siehe Abbildung 45 – Bildschirm 4) sind unternehmensspezifische Anpassungen vom Simulationsmodell denkbar ebenso wie die Auswahl und Information über mögliche Optimierungsvarianten. Zusätzlich können über die Eingabeoberfläche Darstellungsoptionen ausgewählt und die Position der Ausgaben auf den Monitoren angepasst werden. So kann der Kleindemonstrator vielfältig und situativ adaptiert eingesetzt werden.

Umsetzung des Demonstrators während der Konferenz Ultraeffizienzfabrik Dezember 2015

Der Demonstrator wurde für die Konferenz im Dezember 2015 realisiert und setzt sich aus 3 Präsentationsbildschirmen sowie ein Touch-Bildschirm sowie Tastatur und 3D-Maus zusammen. Für die Konferenz ist durch das Projektteam ein beispielhaftes systemdynamisches Modell eines fiktiven Unternehmens unter Einbeziehung von realen Daten erstellt worden. Durch entsprechende Variablenänderungen kann die Simulation angepasst werden. Die Anpassung funktioniert ähnlich der Implementierung von geeigneten Maßnahmen, wodurch sich die Wechselwirkungen verändern. Dieser Ansatz diente besonders zur Erläuterung und Erkenntnisschaffung bei interessierten Besuchern, da die Abhängigkeiten weniger komplex gestaltet und somit einfacher nachvollziehbar sind. Zusätzlich zur Visualisierung der Wechselwirkungen durch das System-Dynamik-Diagramm ist dieses auch in einer virtuellen 3D-Welt durch geeignete Visualisierung dargestellt. Jede Variable kann sowohl zeitabhängig im Verlauf als auch als Beitrag zur Ultraeffizienz dargestellt werden, um so die Bewertung zu vereinfachen.

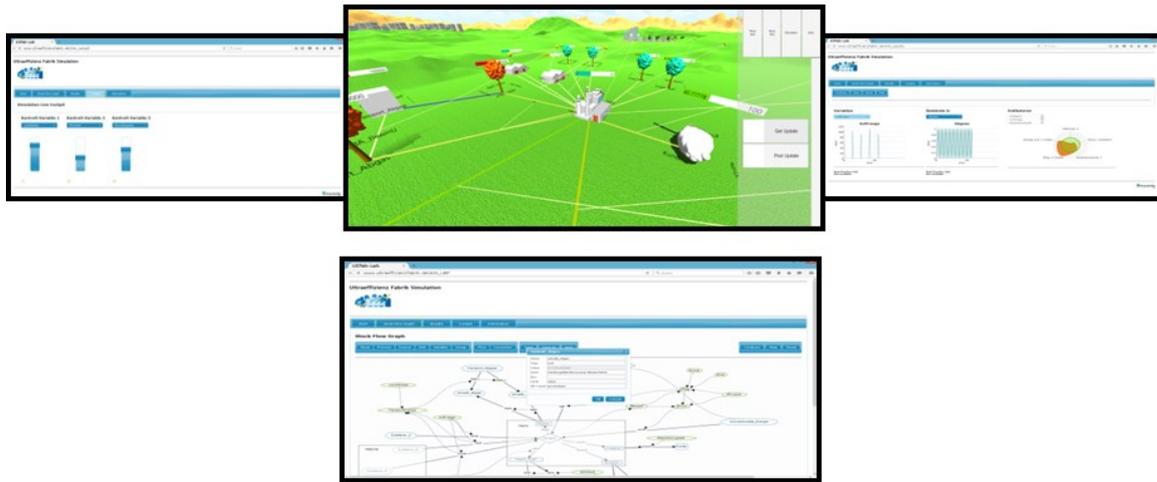


Abbildung 46: Bildschirmdarstellung des Kleindemonstrators während der Konferenz Ultraeffizienz am 9.12.2015 in Fellbach

Demonstrationslabor – Einrichtung eines UEFab-Lab am Fraunhofer IAO

Die Verortung des Kleindemonstrators ist am Fraunhofer IAO in Form eines UEFab-Labs erfolgt. In einem geeigneten Raum im Zentrum für Virtuelles Engineering am Fraunhofer-Campus in Stuttgart-Vaihingen ist unter Einsatz geeigneter Software ein Set-Up aufgebaut, das Informationsveranstaltungen mit Interessierten unterstützt.

Der Einstieg über den Ultra-F-Check Basic ist über mobile Endgeräte (Tablets) realisiert. Dabei können über die Projekthomepage der Bereich mit den Fragen aufgerufen werden. Durch die Eingabe individueller Daten durch die Teilnehmer erhalten sie zeitnah ein Gefühl über ihren aktuellen Ist-Zustand. Die Daten können die Teilnehmer direkt via E-Mail erhalten oder als Bild exportiert und für die weitere Diskussion nutzen.



Abbildung 47: Ultra-F-Check Basic nutzbar über mobile Endgeräte

Weiterhin sind Bildschirmarbeitsplätze eingerichtet, die für Recherche geeignet sind. Es besteht neben dem Zugriff zu bekannten Rechercheportalen auch der Zugang zur Best-Practice Datenbank, die im Rahmen des Projektes erstellt wurde. Weiterhin ist - soweit freigegeben - auch der Zugang zu weiteren korrespondierenden Datenbanken geschaffen. So können auch Datenbanken zu Ressourcen- und Energieeffizienz abgerufen werden.



Abbildung 48: Recherche-Arbeitsplatz mit Zugang zur Best-Practice Datenbank

Als Zentrales Element ist im UEFab-Lab jedoch der Kleindemonstrator mit der Software zur verknüpften System-dynamischen Modellierung und virtuellen 3D-Visualisierung zu sehen. Mit diesem etablierten Demonstrator inkl. Software sollen Projekte zusammen mit Unternehmen unterstützt werden. So können im UEFab-Lab Workshops mit Fokus Ultraeffizienz stattfinden, wobei durch den Demonstrator Impulse gesetzt bzw. diese direkt in ein spezifisches Modell überführt werden können. Die Workshops können auch zielgruppenorientiert angepasst werden und damit auch Unternehmen als Überzeugungstool für Mitarbeiter und Nachbarn (Urbanität) dienen. Im Fokus des Labor-Konzeptes steht der interdisziplinäre Austausch mit dem Ziel die beste ganzheitliche Lösung zu finden und in die Implementierung zu überführen.



Abbildung 49: Potenzieller Einsatz des Kleindemonstrators im UEFab-Lab mit 3D-Visualisierung sowie System-Dynamischer Modellierung

Konzeption eines Demonstrationszentrums

Die Zielvorstellung beim Demonstrationszentrum ist eine Art Ausstellungskonzept von Technologien und technischen Ansätzen, die als ultraeffizient bewertet werden können. Dazu zählen ultraeffiziente Maschinen und Prozesse. Weiterhin soll ein einheitliches und stimmiges Kommunikationskonzept erstellt werden und als Basis dienen, um Interessierte über das Thema Ultraeffizienzfabrik zu informieren. Dieses Konzept soll auch für das Demonstrationszentrum weiterentwickelbar sein, um dieses Erlebniszentrum bekannt zu machen.

Erste Ausbaustufe des Demonstrationszentrums für „Ultraeffizienz“

Die erste Ausbaustufe, welche deutlich über die Möglichkeiten eines Kleindemonstrators mit Workshop-Fläche hinausgeht ist eine bestehende Lernfabrik mit Erkenntnissen aus dem Ansatz Ultraeffizienz anzureichern. Hierbei sollen Prozesse real existieren. Durch den Einsatz von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) sollen zusätzliche Informationen eingeblendet werden. Werden Prozesse und Abläufe durch Ultraeffizienzmaßnahmen verändert und optimiert, werden diese Änderungen ebenfalls

mit den Visualisierungstechnologien anschaulich dargestellt. Außerdem können ebenfalls nicht elementare (harte) Veränderungen, wie Flussveränderungen, Organisationsanpassungen ebenso sichtbar gemacht werden, wie konkrete KPIs (Key-Performance-Indicators).

Als entsprechende Überwachungsstation und Planungselement wird ein entsprechendes Ultraeffizienz-Cockpit aufgebaut, wo alle Informationen zusammengeführt und visualisiert sind. Am Cockpit werden die Ultraeffizienzmaßnahmen geplant und nach der Implementierung bewertet.



Abbildung 50: Einblick in eine Lernfabrik mit KPI zur Ultraeffizienz durch AR angereichert

Demo-Zentrum für ultraeffiziente Technologien

Als Demo-Zentrum sieht das Konzept eine Räumlichkeit von zentraler, gut zugänglicher Lage vor, wo Unternehmen – insbesondere Maschinen-, Anlagen- und Prozessanbieter ihre technologische Lösung vor- und ausstellen können. Dies erfolgt unter dem Fokus Beitrag zur Ultraeffizienz. Langfristiges Ziel ist es, im Demo-Zentrum eine Produktion für ein fiktives Produkt zu etablieren, wobei ausschließlich ultraeffiziente Technologien und Prozesse zum Einsatz kommen. So sollen die Potenziale für Nachhaltigkeit, Verträglichkeit, Effizienz und Effektivität für alle sichtbar und erlebbar sein.

Evaluierung des Stufenkonzeptes

	Erweiterung des Kleindemonstrators	Ausbaustufe „Ultraeffizienz“	Demo-Zentrum für ultraeffiziente Ideen
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf kann auch als mobiles Konzept ausgelegt werden • Kein zusätzliches Gebäude nötig • Klein und kostengünstig, ggf. auch anderweitig nutzbar • Einfache technologische Anforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kann direkt ins Schulungskonzept integriert werden • Lernfabrik müsste entsprechend eingerichtet oder adaptiert werden • praktisches Erleben möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrationskonzept mit Unternehmensbeteiligung • Technologiepräsentation • Direkte Info zu Nutzbarkeit ohne Fraunhofer • Offenes Zentrum für jedermann
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Hauptsächlich software-basiert – wenig konkret • Klein und als allein stehendes Zentrum ungeeignet 	<ul style="list-style-type: none"> • Räumlich begrenzt • Lokal fixiert • Kein allein stehendes Zentrum ohne Beteiligung von Fraunhofer möglich • Mittlere Kosten für Betrieb und Nutzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Betreuung und Betrieb schwierig • Bereitstellung von Maschinenteknik im Kontext Ultraeffizienz schwierig • Nicht mit Fraunhofer verbunden – Betreuung schwierig

Phase2/AP6 Öffentlichkeitsarbeit und Vermarktung

Verbreitung des Konzepts der Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld soll durch die Verbreitung und Vermarktung der Projektergebnisse erfolgen

Das Phase2/AP6 hat die Kernaufgabe Aktivitäten zur Außendarstellung zu koordinieren und mögliche Aktionen anzuschließen bzw. zu organisieren. Zu den konkreten Aufgaben in diesem Arbeitspaket steht die Abstimmung von Teilnahmen an möglichen Konferenzen und Kongressen zur wissenschaftlichen Verbreitung der Projektergebnisse. Im Rahmen des Projektes sind einige Teilnahmen an Kongressen realisiert worden. Projektbeteiligte waren mit wissenschaftlichen Vorträgen auf folgenden Veranstaltungen vertreten.

Veranstaltung	Datum, Ort	Teilnehmer
Ressourcenkreislaufkongress	07.-08.10.2015, Stuttgart	J. Mandel, A. Sauer, Projektteam
Jahrestagung des Deutschen Verband angewandter Geologen (DVAG)	17.04.2015, Solingen	M. Hertwig
13th Global Conference on Sustainable Manufacturing	16.-18.09.2015, Vietnam	A.-T. Braun, T Kuhlmann
23rd International Conference for Production Research	31.07.-06.08.2015, Philippinen	J. Lentés
Kongress Ultraeffizienzfabrik im Fokus	09.07.2015, Stuttgart	J. Lentés, U. Schließmann, J. Mandel, A. Sauer, Projektteam
Konferenz Ultraeffizienzfabrik	09.12.2015, Fellbach	W. Bauer, T. Bauernhansl, J. Mandel, A. Sauer, Projektteam

Tabelle 1: Teilnahme an Veranstaltungen mit Vorträgen und anderen Beiträgen zur Ultraeffizienzfabrik

Neben den Vorträgen auf Veranstaltungen sind auch Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften erfolgt oder in Arbeit. So gibt es bereits Veröffentlichungen in der Werkstatt online und im Tagungsband der 13th GCSM. In Arbeit (im Review Prozess) ist ein Beitrag für das International Journal of Production Research

Zusätzlich konnten weitere Ansätze zur Verbreitung der Bekanntheit des Projekts genutzt werden. So erfolgte die Beteiligung am Wettbewerb »Land der Ideen«, welche leider nicht positiv für das Projekt entschieden wurde. Prof. Sauer nutzte seine Funktion als Professor der Universität Stuttgart, des Instituts für Energieeffizienz in der Produktion, in einem Interview mit dem Universitätsmagazin ausführlich über das Projekt zu berichten. Weiterhin erfolgten weitere populärwissenschaftliche Veröffentlichungen durch Blog-Beiträge im Fraunhofer IAO-Blog.

Weitere Maßnahmen zur Vermarktung ist die Erstellung einer Website (Abbildung 51). Dazu wurde die Domain »www.ultraeffizienzfabrik.de« für das Projekt vom Fraunhofer IPA reserviert. Der erste Lauch der Website erfolgte im üblichen Fraunhofer-Webdesign. Im Verlauf des Projektes entwickelte sich der Wunsch eines Fraunhofer-unabhängigen Webdesigns. Für eine ansprechende und moderne Seitendarstellung erfolgte eine Beratung durch einen externen Dienstleister mit Spezialisierung auf Außenauftritt. Die Inhalte auf den Websites sind Informationen und Daten, welche im Projekt erarbeitet und entsprechend angepasst wurden, um die Verständlichkeit für den Erstkontakt zu vereinfachen. Die Website dient heute als Hauptinformationsmedium für Interessierte, da jederzeit alle Informationen online zugänglich sind.

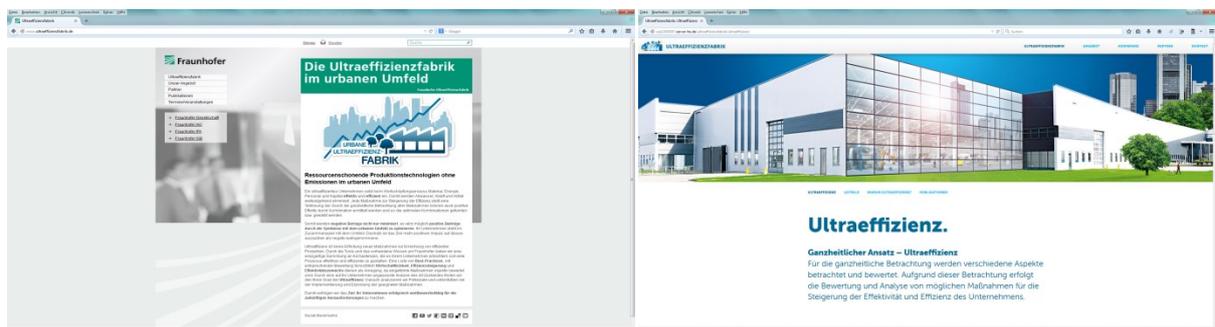


Abbildung 51: Website – erster Launch (links) gegenüber aktuell genutztem Design (rechts)

Weiteres Informationsmedium ist ein Booklet (Abbildung 52), in dem alle Projektrelevanten Informationen zusammengefasst sind. Im Booklet wird der allgemeine Ansatz der Ultraeffizienzfabrik beschrieben. Weiterhin erfolgt eine Erklärung der Betrachtungsweise sowie des Bewertungsansatzes, um die Optimierung zu ermöglichen. Dieses Booklet kann unabhängig von Veranstaltungen und Projekten als Informationsbroschüre eingesetzt werden, um den Ansatz weiter zu verbreiten.



Abbildung 52: Booklet Ultraeffizienzfabrik

Aus dem Projekt heraus organisierte Veranstaltungen

- *Kongress Ultraeffizienzfabrik im Fokus – 09.07.2015*
- *Konferenz Ultraeffizienz – 09.12.2015*

Ultra-F-Checks

Drei-stufiges Vorgehen zum Einstieg, zur Positionierung und zum Wegweiser zur Ultraeffizienzfabrik

Im Rahmen der Phase2 des Projektes wurde das ursprüngliche Konzept des „Quick-Checks“ (siehe Phase1/AP2) erweitert zu einem 3-stufigen Vorgehen. Mit der ersten Stufe, dem webbasierten Ultra-F-Check Basic, können sich Unternehmen einen ersten Überblick über den Ansatz der Ultraeffizienzfabrik verschaffen (beschrieben in Kapitel Phase2/AP4, Ultra-F-Check Basic).

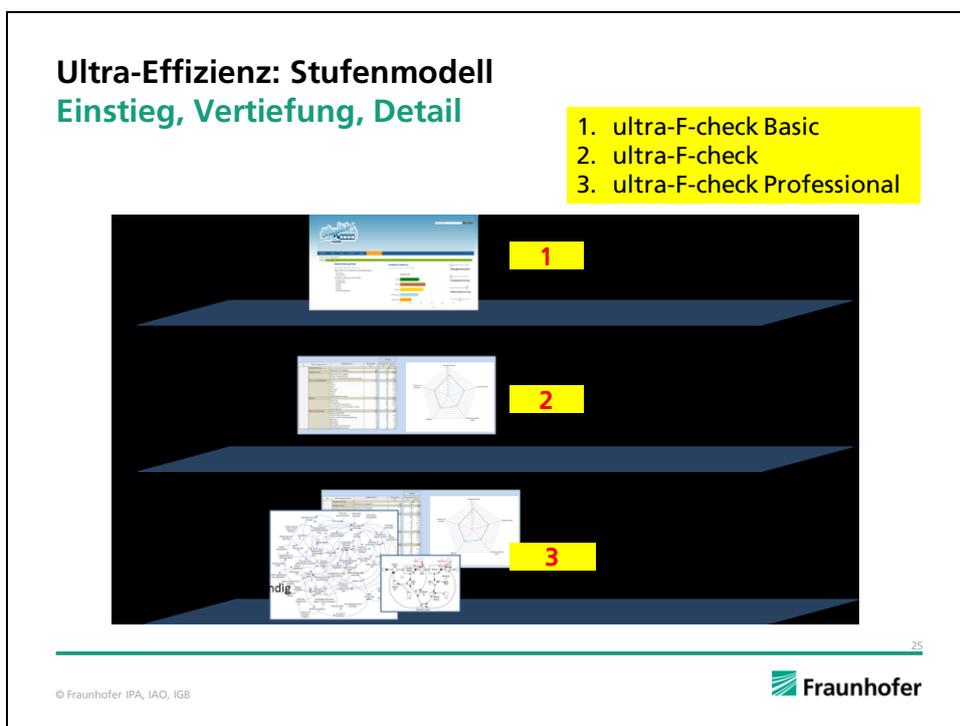


Abbildung 53: 3-stufiges Vorgehen – Einstieg, Vertiefung, Detailanalysen

Mit der 2. Stufe Ultra-F-Check erhalten Unternehmen eine Einschätzung, wie sie bzgl. Ultraeffizienz stehen und was möglich nächste Schritte sein können (im Weiteren beschrieben). Mit der dritten Stufe können Unternehmen diese erarbeiteten Schritte vertiefen und einen langfristigen Weg zur Ultraeffizienz beschreiten. Teilaspekte hierzu wurden in diesem Projekt bearbeitet, wie die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen mittels Kostenwirkdiagramm (Kapitel Phase2/AP1) oder die graphische,

simulationsbasierte Darstellung der Zusammenhänge mittels des Ultraeffizienz-Cockpits (Kapitel Phase2/AP4, Ultra-F-Check Professional).

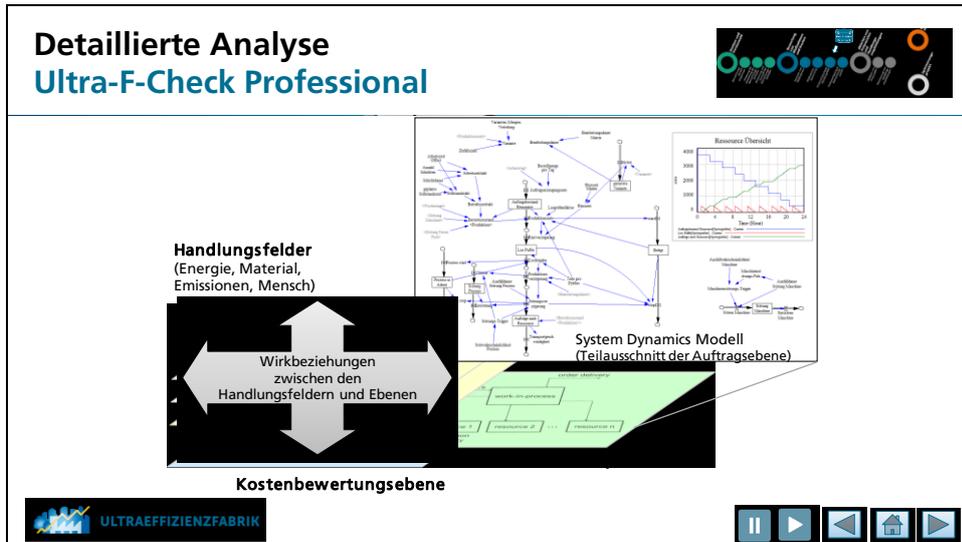


Abbildung 54: Detailanalysen im Rahmen von vertiefenden Arbeiten

Die vertiefenden Arbeiten zur Umsetzung der dritten Stufe sind aber nicht Gegenstand dieses Vorhabens, hier ist zu anderen Projekten und Kompetenzen der beteiligten Institute zu referenzieren.

Ultra-F-Check

Ausgehend von der Tatsache, dass Ressourceneinsparungen durchaus mit Kosteneinsparungen einhergehen können, Unternehmen die vorhandenen Potenziale jedoch nur unvollständig ausnutzen,¹ zielt der Ultra-F-Check darauf ab, zielgerichtet und ganzheitlich Optimierungsmaßnahmen im Unternehmen aufzudecken und zu initiieren.

Hierzu wurde eine Vorgehensweise entwickelt, Optimierungspotenziale systematisch aufzudecken, kostenseitig zu bewerten und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Die Vorgehensweise beinhaltet die in Abbildung 55 aufgezeigten Phasen. An den Unternehmen Rieger Metallveredelung, Würth Elektronik und C&C Bark wurde die Vorgehensweise anschließend auf die Anwendbarkeit überprüft und weiter optimiert.

¹ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz, 2011. Identifizierung wesentlicher Hemmnisse und Motivatoren im Entscheidungsprozess von KMU bei der Inanspruchnahme öffentlicher Förderprogramme zur Steigerung der Ressourceneffizienz, VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH, Berlin.

Im Detail kann der Ultra-F-Check Unternehmen bei der Erreichung folgender Ziele unterstützen:

- Ausschöpfung des Innovationspotenzial, da über das Bestehende hinaus gedacht wird
 - Innovative Geschäftsmodelle (z.B. produktionsnahe Dienstleistungen)
- Ganzheitliche Optimierung der Wertschöpfung
 - Verschwendungsarme Prozesse
 - Betrachtung des gesamten Fabrik-Produktlebenszyklus
- Verbesserung der Wettbewerbssituation
 - Wissensvorsprung gegenüber der Konkurrenz
 - Vorteil beim «Ringeln» um Fachkräfte (saubere Fabrik)
- Kostenreduktion durch Steigerung der Ressourcenproduktivität
 - Senkung von Energie- und Materialkosten
 - Eliminierung von Abfall, Abluft und Abwasser in der Produktion
- Soziale Verantwortung
 - Mitarbeiterzentrierte Fabrik
 - Vorbereitung auf zukünftige Entwicklungen wie Demographie, Fachkräftemangel und weitere Verstärkung
 - Synergien und Symbiosen mit dem urbanen Umfeld

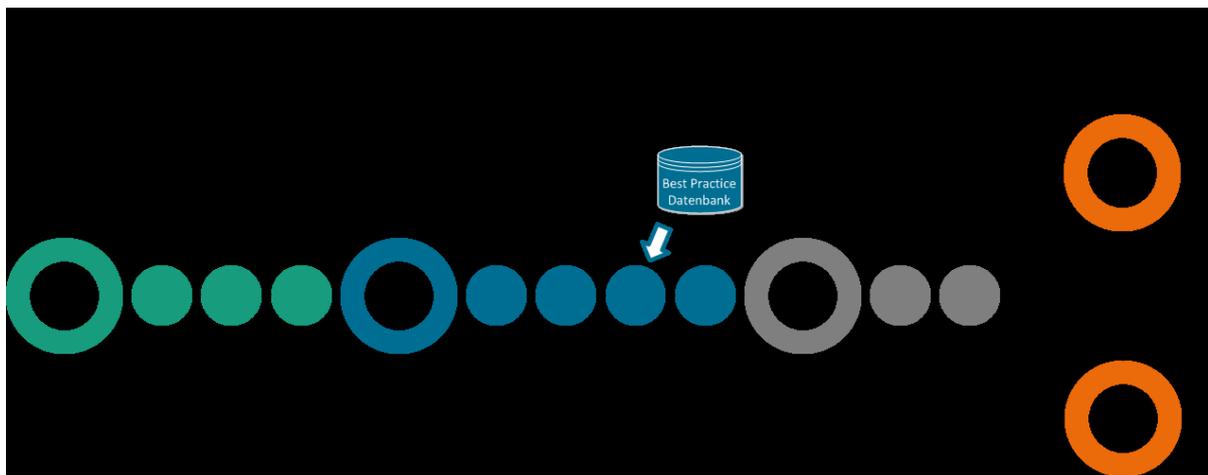


Abbildung 55: Der Fahrplan zur Ultraeffizienzfabrik

Analyse und Vorauswahl

In der ersten Phase wird zunächst der Betrachtungsbereich eingegrenzt. Der Betrachtungsbereich beinhaltet die im Rahmen des Projektes definierten Betrachtungsebenen Prozess, Produktion, Fabrik, Urban sowie die Ebene Global. Zusätzlich werden die Handlungsfelder Energie, Material, Emissionen, Personal und Organisation betrachtet. Im Rahmen der Eingrenzung des Betrachtungsbereichs findet eine Einschränkung der betrachteten Ebenen und der betrachteten Handlungsfelder statt, damit nichtrelevante Ebenen und Handlungsfelder von vornherein ausgeschlossen werden können und die Komplexität somit reduziert wird.

Im nächsten Schritt wird die Verkettung der Betrachtungseinheiten auf Prozess und / oder Produktionsebene aufgenommen. Anschließend findet eine erste Priorisierung der Betrachtungseinheiten der ausgewählten Ebenen hinsichtlich der Betrachtungsbereiche statt, beispielsweise mit Hilfe eines paarweisen Vergleichs.

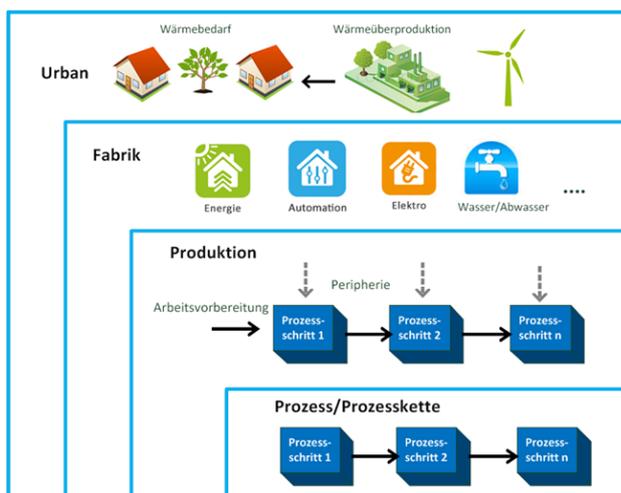


Abbildung 56: Verkettung der Betrachtungseinheiten

Bewertung von Maßnahmen und Kosten

Der nächste Schritt beinhaltet eine zielgerichtete Kostenerfassung, eine Zielwertermittlung hinsichtlich der Handlungsfelder und das Ableiten von Maßnahmen. In dem zu optimierenden Bereich werden hierzu zunächst die Prozesse bezüglich der Inanspruchnahme von Ressourcen bewertet. Anschließend werden die Ressourcen monetär bewertet, beispielsweise über die Kosten für Energie, Material, Personal, Emissionsvermeidung. Hieraus ergibt sich, wie in Abbildung 57 beispielhaft zu sehen ist, das theoretisch einsparbare Potenzial, sollte der Prozess (in diesem Fall bezogen auf unterschiedliche Maschinen und den Prozess Abwasserbehandlung) wegfallen.

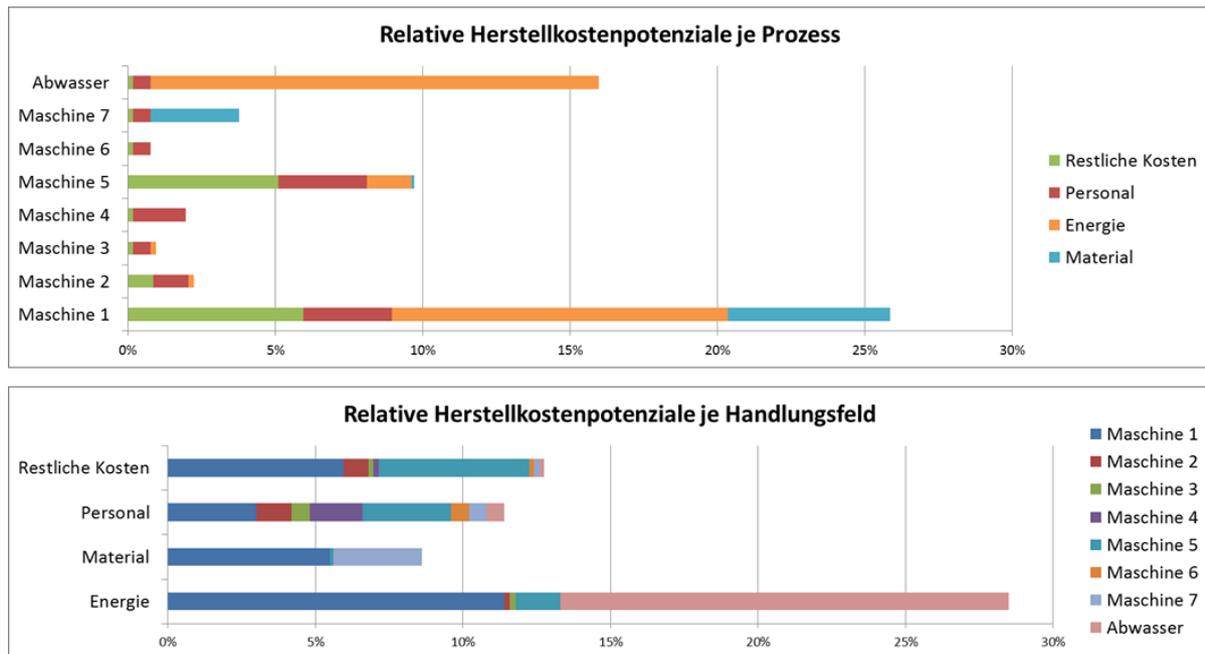


Abbildung 57: Relative Herstellkostenpotenziale

Auf Basis der so geschaffenen Datengrundlage beginnen die systematische Zielausrichtung und das Ableiten von Maßnahmen. Hierzu werden zunächst Kennzahlen für jedes Handlungsfeld definiert und für jede Kennzahl ein Ist- und ein Zielwert bestimmt. Als Hilfestellung kann der im Rahmen des Projektes erstellte Kriterienkatalog herangezogen werden, welcher eine umfangreiche Sammlung von relevanten Kennzahlen beinhaltet.

Im Anschluss werden auf Basis der Zielrichtung, welche durch die Kennzahlen vorgegeben ist, vorhandene Optimierungsmaßnahmen bewertet und geplante Maßnahmen aufgenommen. Die im Rahmen des Projektes erstellte Best-Practice Datenbank beinhaltet eine umfangreiche kategorisierte Sammlung an Optimierungsmaßnahmen und kann zur Planung von Maßnahmen herangezogen werden.

Es wird zunächst die Reife der Maßnahmen bestimmt. Dies geschieht unter Zuhilfenahme des entwickelten Reifegrad-Schemas, welche die folgenden Reifegradstufen unterscheidet:

- Verwendung einer bestehenden (am Markt verfügbaren) Technologie
- Verwendung einer verbesserten Technologie (über das am Markt verfügbare hinausgehend)
- Durchführung von Monitoring und Anwendung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses

- Erschließung von zusätzlichen Marktpotenzialen durch die Maßnahme (z.B. in Form eines Wettbewerbsvorteils)

Zur Bewertung des Ist-Stands und zum späteren Ableiten von Potenzialen wurde in einem Excel-Tool eine mathematische Verknüpfung zwischen den relativen Herstellkosten und den bewerteten Handlungsempfehlungen hergestellt. Dabei kann der Benutzer des Tools die Einbeziehung des Reifegrads der Maßnahmen nach den Unternehmenspräferenzen individuell ausrichten.

Auf dieser Basis wird für jede Maßnahme der sogenannte *Maturity Factor* (MF_i) bestimmt. Dieser gibt an, zu welchem Grad der maximale Reifegrad MF_{MAX} erreicht ist.

Im Anschluss werden die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit für jedes Handlungsfeld relativ zu einander mit einem sogenannten Impact Factor bewertet. Um dies zu erreichen, bewertet ein Team aus Experten die Maßnahmen und legt für jede Maßnahme für jedes Handlungsfeld einen *Impact Factor* (IF_{ij}) fest.

So kann für jede Maßnahme i und für jedes Handlungsfeld j der *Ultra-Efficiency Factor* bestimmt werden:

$$UEF_{ij} = MF_i * IF_{ij}$$

Betrachtungseinheit	Prozess	Maßnahmenbeschreibung	Impact-Faktor					Prozessoptimierung realisiert	in Planung	bestehenden Technologie	verbesserte Technologie	Monitoring / KVP	Markt-Potentiale
			Energie	Material	Emission	Personal	Prozessoptimierung						
													
Maschine 1	Vorbereitung	Bestückungsoptimierung	0	0,5	0	0,4	0,4	1	0	1	0	1	0
Maschine 1	Vorbereitung	Höhere Auslastungsgrade	0,2	0,2	0,6	0,3	0,3	0	1	1	0	1	1
Maschine 1	Vorbereitung	Digitale Planung	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	1	0	1	0	1	0
Maschine 1	Vorbereitung	Prozessoptimierung: Mensch	0	0	0	0,7	0,7	1	0	1	1	1	1
Maschine 1	Hauptprozess	Maschinen Retrofit	1,1	0,6	0,5	0,8	0,8	1	0	1	1	1	1
Maschine 1	Hauptprozess	Prozessoptimierung: Maschine	0,9	0,2	0,5	0,6	0,6	0	1	1	0	1	1
Maschine 1	Hauptprozess	Einsatz von Wärmetauschern beim Bädertausch	0,2	0	0	0,1	0,1	0	1	0	1	1	0
Maschine 1	Hauptprozess	Isolierung der Rohre	0,3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Maschine 1	Hauptprozess	Deckel für Behälter implementieren (Verdichterbecken)	1	0,5	0,9	0,3	0,3	0	1	0	1	1	0
Maschine 1	Hauptprozess	Dosierte Zugabe von Chemie/Verdichterbad (Sonden)	0,3	0,6	0,7	0,3	0,3	0	1	0	1	1	0
Maschine 1	Hauptprozess	Retardationanlage (rein für Eloxalbad)	0,6	1	1	0,4	0,4	1	0	0	1	1	0
Maschine 1	Nachbereitung	Sackloch ausblasen optimieren	0,5	0	0	0,9	0,9	0	1	0	1	1	1
Maschine 1	Nachbereitung	Automatische Fehlererkennung	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
Maschine 1	Nachbereitung	Automatisches Kennzeichnen	0	0	0	0,9	0,9	0	1	0	1	1	1
Maschine 1	Nachbereitung	Automatisches Verpacken	0	0	0	0,9	0,9	0	1	0	1	1	1

Abbildung 58: Ableitung und Bewertung von Maßnahmen

Ableiten von Potenzialen und Handlungsempfehlungen

Im nächsten Schritt wird das Ultraeffizienz-Potenzial bestimmt. Hierzu wird zunächst der maximal erreichbare *Ultra-Efficiency Factor* bestimmt:

$$UEF_{MAX\ ij} = MF_{MAX} * IF_{ij}$$

Das erreichbare Potenzial, würde man die betrachtete Maßnahme auf die höchste Reifegradstufe bringen entspricht folglich:

$$\Delta UEF_{ij} = (MF_{MAX} - MF_i) * IF_{ij}$$

Für eine bessere Vergleichbarkeit und für die Gegenüberstellung mit den Kostenpotenzialen sind die *Ultra-Efficiency Factors* auf 1 normiert.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m UEF_{ij} = 1$$

Der nächste Schritt betrachtet die Wirtschaftlichkeit. Hierzu werden die zuvor ermittelten Herstellungskosten je Handlungsfeld prozentual zueinander aufgenommen. Für jedes Handlungsfeld h wird auf diese Weise ein *Cost Impact Factor* (CIF_h) bestimmt, diese ergeben im Summe 1.

$$\sum_{h=1}^m CIF_h = 1$$

Diese können dann auf die einzelnen Betrachtungseinheiten, wie in Abbildung 57 zu sehen ist, runtergebrochen werden. Somit ergeben sich die *Estimated Cost Potentials*:

$$\sum_{k=1}^l ECP_{hk} = CIF_h$$

Abbildung 59 zeigt schematisch die Zusammenhänge der Variablen. Durch den Abgleich des Ultra-Efficiency Factor mit den Estimated Cost Potentials wird schließlich überprüft, ob sich die realisierten und geplanten Maßnahmen im Unternehmen decken.

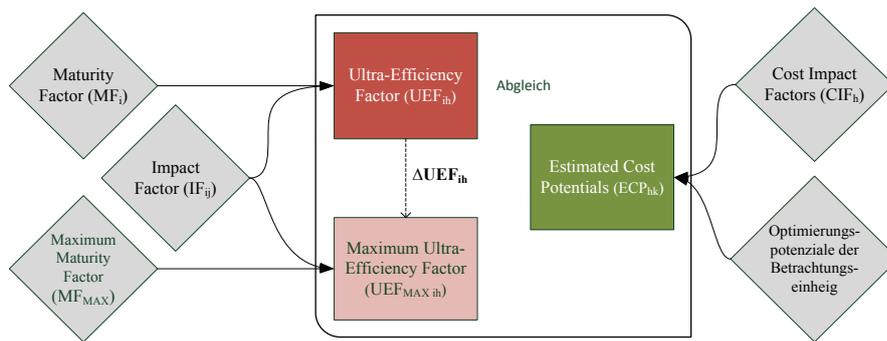


Abbildung 59: Schematische Darstellung der Zusammenhänge

Auf Basis der aufgezeigten Vorgehensweise können im nächsten Schritt Potenziale aufgezeigt und Maßnahmen empfohlen werden um die angestrebten Ziele bestmöglich zu erreichen. Somit ist eine optimale Allokation im Sinne der Zielausrichtung bzw. Effektivität der im Unternehmen verfügbaren Ressourcen für Optimierungsprojekte gewährleistet.

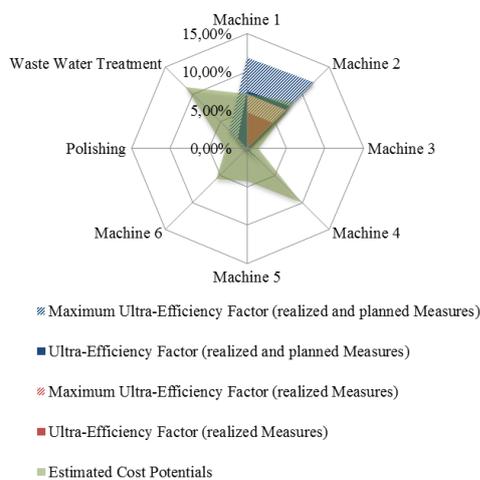


Abbildung 60: Ableitung von Potenzialen, Bestimmen von Handlungsempfehlungen

Anwendung der Ultra-F-Checks

Der Ultra-F-Check ist zur Validierung in zwei Industrieunternehmen pilothaft angewendet und weiterentwickelt worden und konnte in einem dritten Unternehmen nochmals auf seine Praxistauglichkeit geprüft werden.

Rieger Metallveredlung

Die Firma Rieger ist ein mittelständisches Unternehmen mit dem Schwerpunkt auf Veredlung (Galvanisierung) von Metallteilen in kleinen Mengen (100 Stück pro Jahr) bis zu großen Mengen (ca. 1 Mio Stück pro Jahr). Die Teile werden von den Kunden aus unterschiedlichsten Branchen zur Veredlung angeliefert. Im Wesentlichen erfolgt bei der Firma Rieger eine rein auftragende Veredlung (galvanischer Prozess), nur für einige Kleinserien erfolgt auch ein Polieren der Teile.

Firmenvorstellung



- Mittelständisches Familienunternehmen
- 36 Mitarbeiter, 3 Auszubildende
- Gegründet am 01.10.1953
- Fortschreitende Weiterentwicklung von einem Handwerksbetrieb zu einem Industriebetrieb mit automatisierten Fertigungsstraßen
- Vorreiter bei der Entwicklung von Verfahren für die Aluminiumgalvanisierung



09.12.2015

Von eigenen Potenzialen zu neuen Ideen
Konferenz Ultraeffizienz Fabrik

2

Abbildung 61: Firma Rieger in Steinheim/Ostalb

Die Idee hinter dem Ultra-F-Check ist es, einen schnellen (aber doch qualifizierten) Überblick auf das Ultraeffizienzpotenzial eines Unternehmens zu erlangen. So waren die Erwartungen vor Durchführung des mehrere Tage dauernden Checks von Seiten des Unternehmens durchaus anspruchsvoll. Dabei ging es insbesondere um den „Blick“ des Außenstehenden, eine Bewertung der gegenwärtigen Situation sowie um eine

Priorisierung von begonnenen oder noch anzugehenden Maßnahmen im Kontext der Ultraeffizienz.

Motivation und Erwartungen zum Ultra-F-Check 

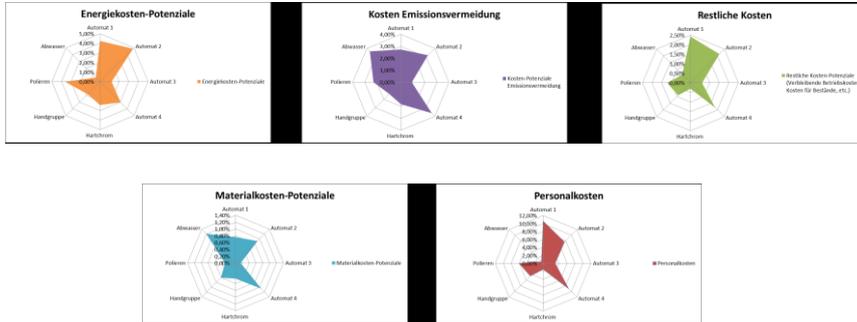
- Außenstehender Blick auf den Betrieb / Betriebsblindheit ablegen
- Andere Denkweise und Sichtweise erhalten
- Neutrale Beurteilung der Effizienz bisher durchgeführter Maßnahmen wie z. Bsp. Retrofit von Anlagen oder das Anbringen einer PV-Anlage
- Neue Maßnahmen verwirklichen wie z. Bsp. die Installation einer neuen Heizungsanlage
- Eine detailliertere Darstellung unserer Daten
 - Vergleichbar
 - Transparent
- Eine bessere Einstufung / Priorisierung von geplanten Maßnahmen
- Planungssicherheit

09.12.2015 Von eigenen Potenzialen zu neuen Ideen
Konferenz Ultraeffizienz Fabrik 3

Abbildung 62: Motivation und Erwartungen an den Ultra-F-Check seitens der Firma Rieger

Die erhobenen Daten wurden nach den Handlungsfeldern / Ebenenmodell der Ultraeffizienz verdichtet und Kostenpotenziale wurden herausgearbeitet und dargestellt. Die besondere Herausforderung lag in dem Spagat, einerseits zügig einen Überblick zu erzielen (deswegen wurde in Phase1 des Projektes von „Quick-Check“ gesprochen) aber andererseits eine genügende qualifizierte Datenaussage zu erlangen, ohne in eine zeitaufwendige Detaillierung einzusteigen. Es wurden verschiedene Varianten von Fragebögen und Analysemethoden angewendet und ausgetestet. Die nachfolgenden Bilder (Abbildung 63 und Abbildung 64) zeigen beispielhaft Ergebnisse und Übersichten aus dem Ultra-F-Check.

Kostenpotenziale, Detail



beachte: Skalierungen **nicht** absolut!
zeigt nur Potenziale, kein Vergleich

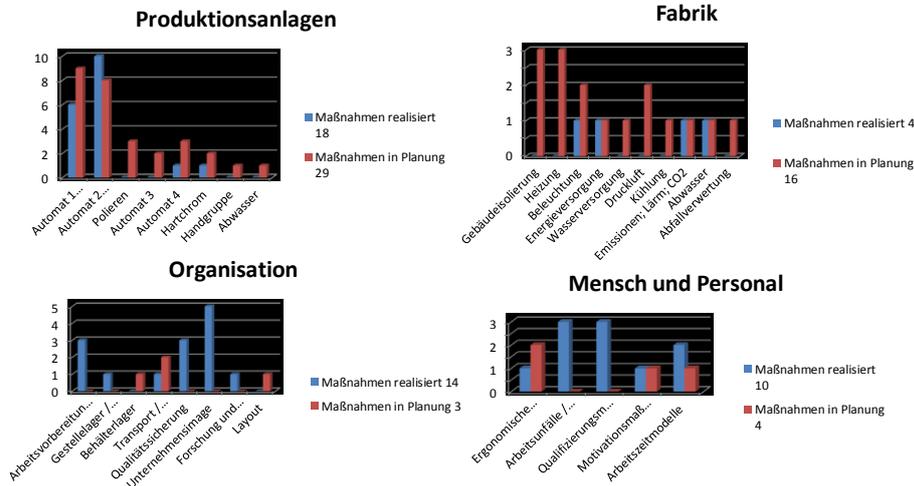
09.12.2015

Von eigenen Potenzialen zu neuen Ideen
Konferenz Ultraeffizienz Fabrik

7

Abbildung 63: Übersicht der Kostenpotenziale nach den Handlungsfeldern der Ultraeffizienzfabrik

Übersicht der Maßnahmen nach Ebenen



09.12.2015

Von eigenen Potenzialen zu neuen Ideen
Konferenz Ultraeffizienz Fabrik

12

Abbildung 64: Übersicht der schon angestoßenen bzw. noch umzusetzenden Maßnahmen nach dem Ebenmodell der Ultraeffizienzfabrik („Prozess“ und „Produktion“ wurden zusammengefasst)

Entscheidend für die Validierung des Ultra-F-Checks war natürlich die Frage, welche Aussagen zur Ultraeffizienz sich aus den erhobenen Daten ableiten lassen. Dazu wurden die aufgenommenen Maßnahmen (Abbildung 64) nach ihrem Reifegrad – Fitness zur Ultraeffizienz – bewertet und es konnte sehr deutlich herausgearbeitet werden, dass bei den bisher (in den letzten 2 Jahren) durchgeführten Maßnahmen das Kriterium „Ultraeffizienz“ eine untergeordnete Rolle gespielt hat, was sich in einem sehr geringem Reifegrad zeigt (Abbildung 65). Anders ist die Situation bei für die nahe Zukunft (ca. 1-5 Jahre) geplanten Maßnahmen, sie genügen schon deutlich mehr dem Kriterium der Ultraeffizienz (bis zu Reifegradstufe 4).

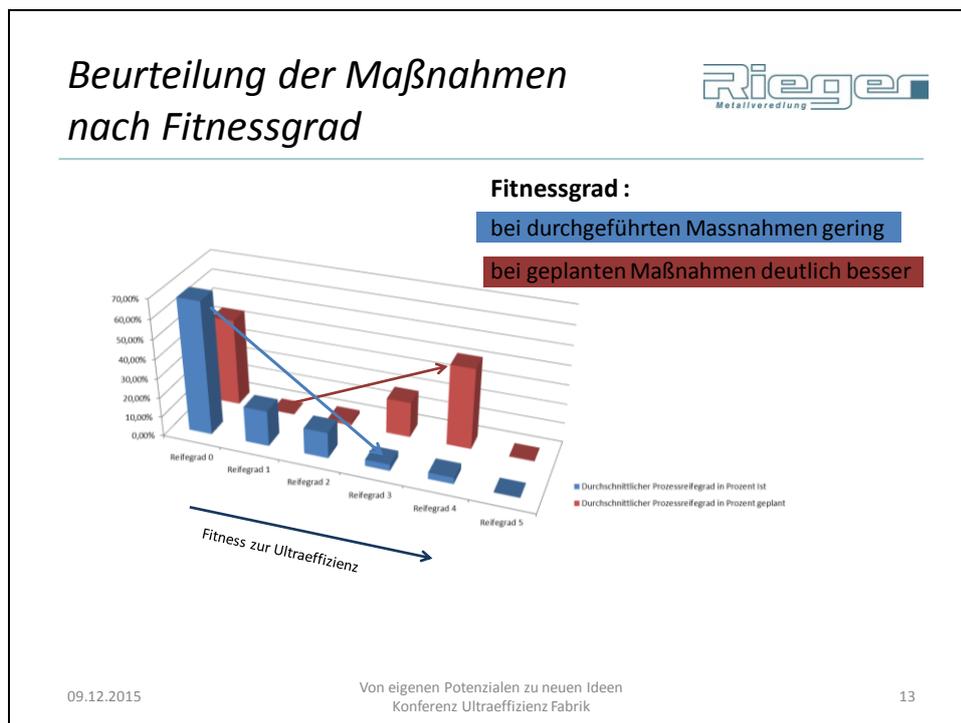


Abbildung 65: Wie entsprechen die durchgeführten und geplanten Maßnahmen dem Kriterium der Ultraeffizienz, dargestellt im Fitnessgrad mit Reifegradstufen 1-5

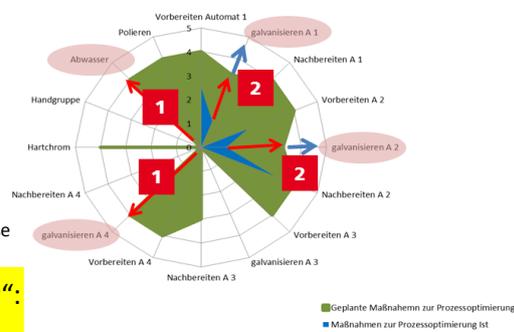
Mit diesem Ergebnis zum Reifegrad erhält die Firma Rieger eine Aussage zu ihrer Fitness bzgl. Ultraeffizienz und damit eine qualitative Aussage zur Einordnung ihrer Maßnahmen. Interessant ist neben der qualitativen Einordnung vor allem die Frage nach der Priorisierung der Maßnahmen in ihrer Wichtigkeit untereinander sowie insbesondere auch im Zusammenhang mit der Bedeutung der einzelnen Produktionsbereiche. Hierzu konnte als ein weiteres Ergebnis die Priorisierung der Maßnahmen nach der Wichtigkeit der Produktionsbereiche herausgearbeitet werden (Abbildung 66), zudem ergab sich eine hohe Bedeutung für den außerhalb der eigentlichen Produktion stehenden Bereich „Abwasser“.

Ergebnis Prozessoptimierung

- Priorisierung
- Prio 1 : „Galvanisieren A4“ und „Abwasser“ haben größten Effekt
- Prio 2: Galvanisieren A1 und A2
- weitere Massnahmen:
Galvanisieren A1 und A2 auf weitere Potenziale untersuchen -> vertiefte Analyse

- Einzelbetrachtung „Abwasser“:
 - Kostenseitig wenig Potenzial
 - aber: bzgl Ultraeffizienz + gesetzliche Relevanz

Maßnahmen zum Handlungsfeld Prozessoptimierung



09.12.2015

Von eigenen Potenzialen zu neuen Ideen
Konferenz Ultraeffizienz Fabrik

15

Abbildung 66: Priorisierung der Maßnahmen und Produktionsbereiche nach Ultraeffizienz

Dazu wurde dann eine weitere Projektaktivität angestoßen, die zur dritten Stufe „Ultra-F-Check Professional“ führt und in einem Detailprojekt mit fachspezifischen Projektpartnern außerhalb dieses Forschungsprojektes mündet.

Abschließend lässt sich aus der Validierung des Ultra-F-Checks bei der Firma Rieger feststellen, dass der Check zur Unterstützung bei der Frage nach der Orientierung und Richtungsentscheidung – „welche Maßnahmen sollen angegangen werden?“ - anwendbar und unterstützend ist - trotz seiner begrenzten Detailtiefe. Ergeben sich vertiefende Fragestellungen, münden diese im Ultra-F-Check Professional, was bei der Firma Rieger ebenfalls validiert werden konnte.

Geplante Maßnahme im Abwasserbereich

Geplante Maßnahme:

- Überführung des löslichen Sulfats in einen Feststoff
 1. Fällung/Flockung bis auf ca. 2000 mg/l
 2. Nachreinigung mittels
 - biologischer Sulfatentfernung
 - physikalisch/chemischer Sulfatentfernung
- Ziele/Vorteile hinsichtlich der betroffenen Handlungsfelder:
 - Prozessoptimierung
 - Einhaltung der Grenzwerte bzgl. Sulfat
 - geringeres zu entsorgendes Feststoffvolumen
 - z. B. biologisch:
 - gut entwässerbare Feststoffe
 - Reduzierung der Emissionen



09.12.2015

Von eigenen Potenzialen zu neuen Ideen
Konferenz Ultraeffizienz Fabrik

17

Abbildung 67: Überführung in Ultra-F-Check Professional am Beispiel Detailprojekt „Abwasser“

Die Firma Würth Elektronik in Niedernhall fertigt Leiterplatten als Vorprodukt zur Bestückung von Elektronikbauteilen nach kundenindividuellen Vorgaben und Konstruktionsplänen. Sie ist damit einer der wenigen noch in Deutschland verbliebenen Hersteller von Leiterplatten. Der Schwerpunkt der weltweiten Produktion findet mittlerweile in Asien statt.

Bei Würth Elektronik konnten Erfahrungen der ersten Validierung bei der Firma Rieger eingebracht und vertieft werden. Zudem ergab sich bei der Firma Würth Elektronik eine besondere Situation verursacht durch einen Großbrand der gesamten Produktionsanlage. Damit änderte sich auch die Fragestellung des Ultra-F-Checks: von der ausschließlichen Durchführung an einer bestehenden Produktion hin zur zusätzlichen Bewertung einer neu zu realisierenden Produktion. Es wurde somit eine alte, durch den Brand zerstörte Produktion mit einer völlig neuen und damit natürlich auch hochmodernen Produktion verglichen.

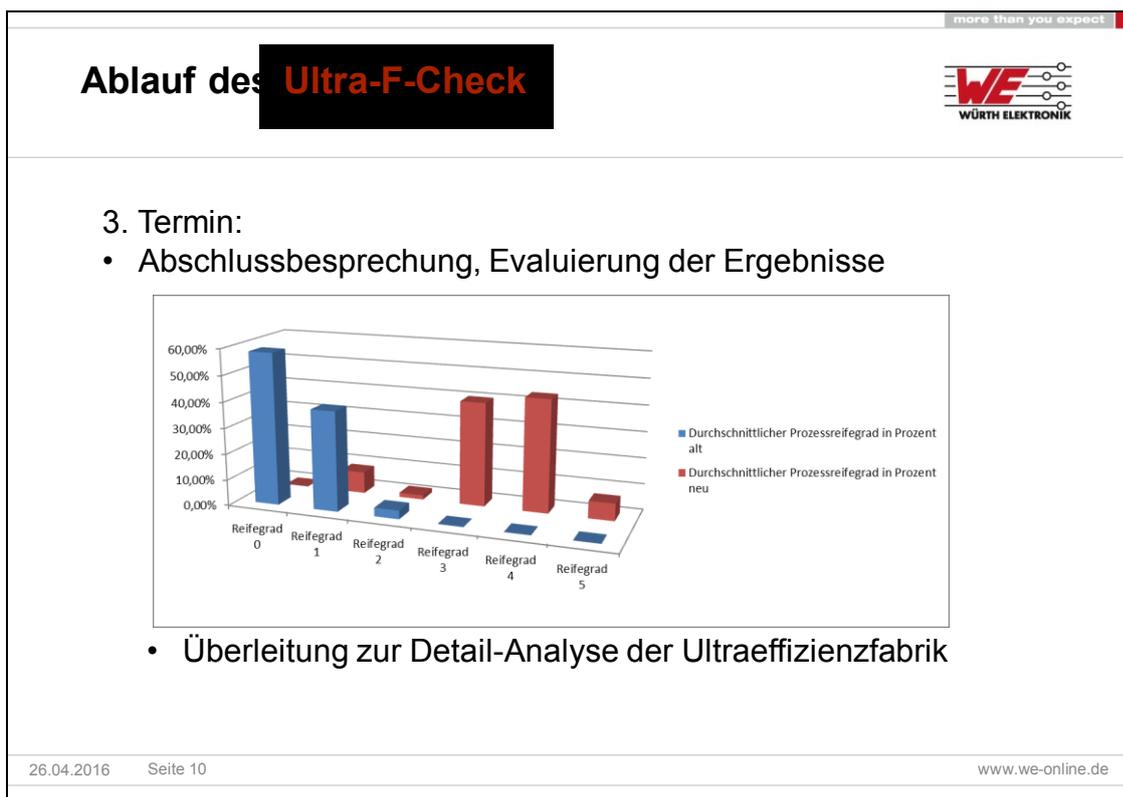


Abbildung 68: Betrachtung des Fitnessgrades zur Ultraeffizienz im Vergleich alte (zerstörte) zu neuer im Aufbau befindlicher Produktion

Die einzelnen Prozesse im Produktionsablauf zu einer Leiterplatte wurden aufgenommen, bewertet und zu einer qualitativen Aussage bezüglich des Fitnessgrades zur Ultraeffizienz zusammengefasst. Dabei wurde die alte (zerstörte, bisherige) Produktion mit der neuen, im Aufbau befindlichen Produktion verglichen (Abbildung 68). Auch hier zeigt sich wie bei der Firma Rieger ein deutlich höherer Fitnessgrad bei der neuen Produktion. Natürlich bezieht sich die Betrachtung der neuen Produktion auf Plandaten. Inwieweit diese Plandaten dann in der Realität erreicht werden, soll zu einem späteren Zeitpunkt noch überprüft werden.

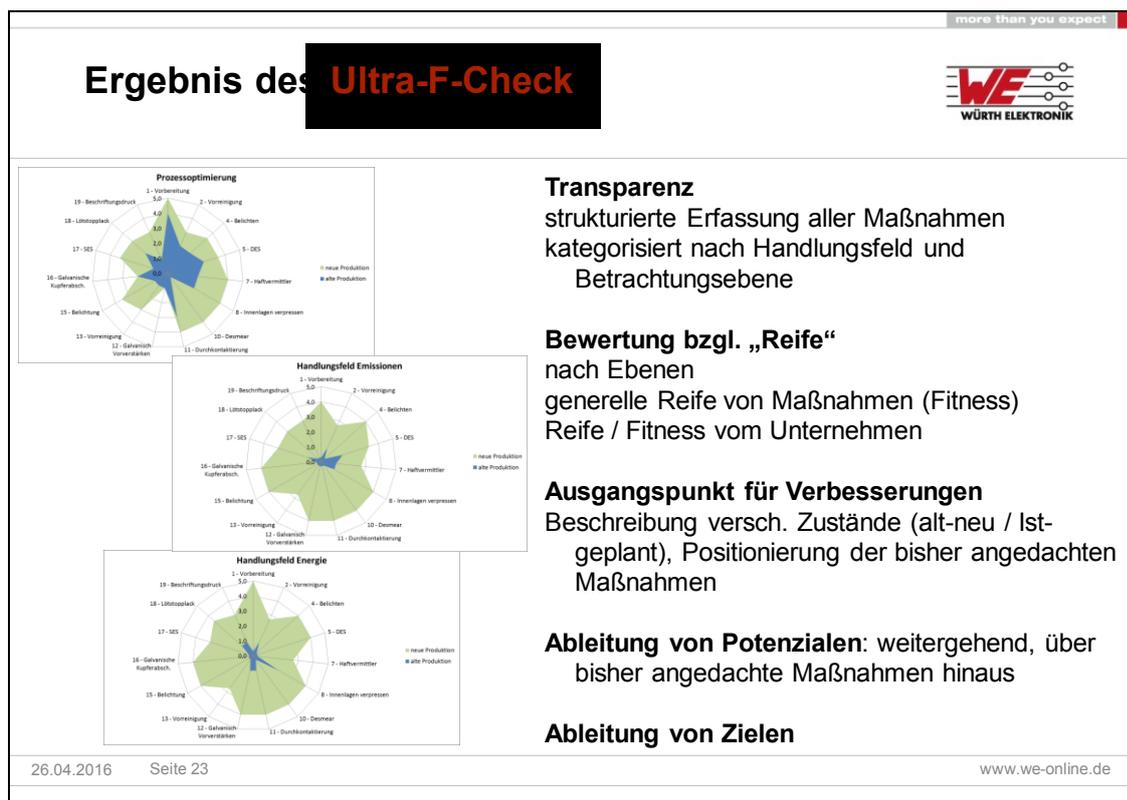


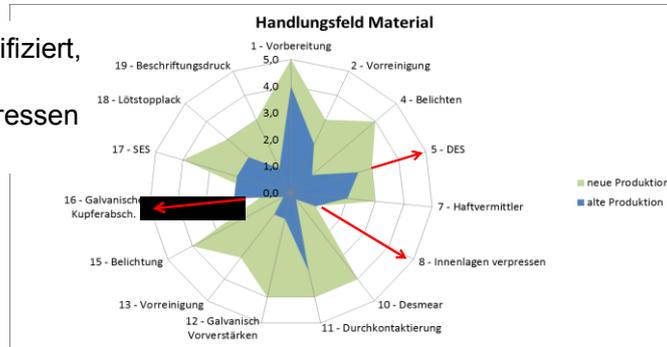
Abbildung 69: Ergebnis der Detailaufnahme aller Prozesse und Maßnahmen in der Übersicht

Die Detailaufnahme aller Prozesse und dazugehöriger Maßnahmen zeigt neben der Transparenz und dem direkten Vergleich alt (blau) gegenüber neu (grün), die Bewertung der Ultraeffizienz-„Reife“ nach Handlungsfeldern und Ebenenmodell (Abbildung 69). Dies ist dann Ausgangspunkt für vorgeschlagene oder noch zu definierende Verbesserungsmaßnahmen und ergibt eine Priorisierung bzgl. Handlungsnotwendigkeit und Kosten.

Weitere Potenziale im Handlungsfeld Material

drei Prozesse identifiziert,

- P 5, DES
- P 8, IL – verpressen
- P 16, LBA



Priorisierung: Weitere Maßnahmen bzgl. „Material“ zu prüfen

Abbildung 70: Potenziale im Handlungsfeld „Material“, Betrachtung „alt gegenüber „neu“. In 3 Prozessschritten ist „neu“ noch unzureichend.

Beispielhaft ist hier das Handlungsfeld „Material“ aufgeführt (Abbildung 70). Dort wurden 3 Prozesse identifiziert, die kaum eine Verbesserung zur bisherigen Produktion zeigten und bei denen der Bedarf für weitergehende Maßnahmen zur Ultraeffizienz festgestellt wurde. Mögliche Verbesserungsmaßnahmen sind in Abbildung 71 dargestellt.

more than you expect

Material – so viel, wie nötig, so wenig wie möglich

WE
WÜRTH ELEKTRONIK

- Geregelt Prozesse über physikalische Kenngrößen, wie Leitwert, pH - Wert , Schallgeschwindigkeit, Dichte, Konzentration (Photometer) usw.
- Geregelt Wasserzuläufe (Leitwert oder Dosierbehälter), bedeutet: Keine Ware – kein Wasserverbrauch
- Keine manuellen Änderungen der Prozesstechnik möglich – Änderungen nur über Rezeptverwaltung durch den Prozessverantwortlichen

26.04.2016 Seite 27 www.we-online.de

Abbildung 71: Mögliche Verbesserungsmaßnahmen im Handlungsfeld „Material“

Bei Würth Elektronik wurden neben der Ebene „Prozesse“ auch die anderen Ebenen nach der Systematik des Ultra-F-Checks analysiert: Beispielhaft zeigt die Abbildung 72 die Ergebnisse der Ebene „Mensch und Personal“, zu der auch die Fragen nach dem Kriterium „Urbanität“ validiert wurden.

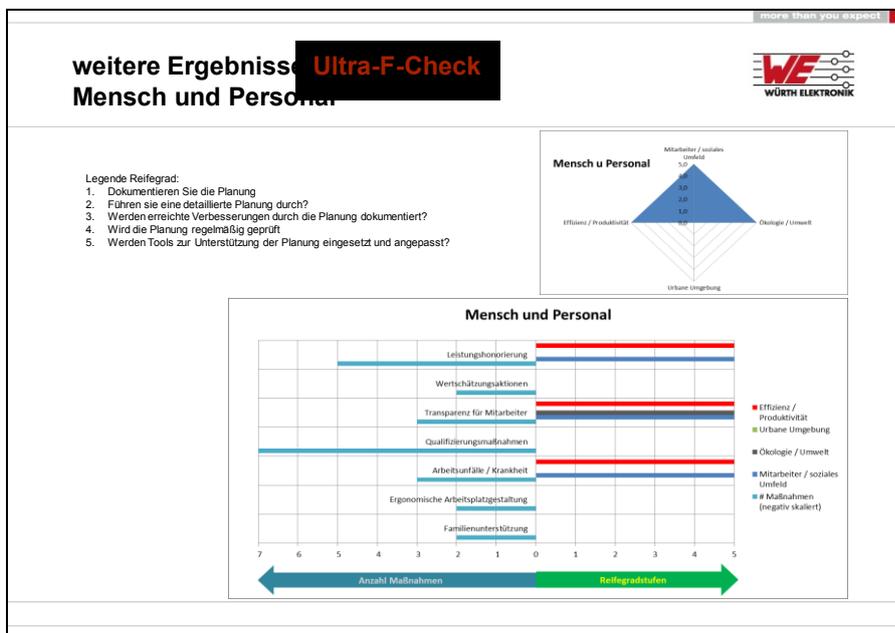


Abbildung 72: Ergebnisse der Ebene „Mensch und Personal“ nach Reifegradstufen

Abschließend lässt sich feststellen, dass auch in dem zweiten Anwendungsfall die Erwartungen an die Methodik des Ultra-F-Checks erfüllt werden konnten. Gerade auch die Sondersituation der Firma Würth Elektronik hat gezeigt, dass die Methodik auch sehr gut zum direkten Vergleich (hier alt gegen neu) geeignet ist.

Insgesamt stellt der Check natürlich immer nur eine Momentaufnahme dar. Interessant ist sicherlich zu sehen, wie sich die Fitness im Zeitverlauf entwickelt. Bei Würth Elektronik erst einmal dahingehend, ob sich die Erwartungen in die geplante und in Bau befindliche Produktion erfüllen. Ansonsten beispielsweise einmal pro Jahr oder alle 2 Jahre: ob die Fitness zur Ultraeffizienz insbesondere bei dann neu geplanten Maßnahmen gehalten oder verbessert werden kann, oder ob nachjustiert werden muss. Ultraeffizienz ist ein extrem hoher Anspruch und kann i.d.R. nur in Teilschritten umgesetzt werden was bedeutet, dass das ein Dauerthema für die Unternehmen ist. Noch kann nicht evaluiert werden, ob der Ultra-F-Check auch dafür geeignet ist den zeitlichen Verlauf des Fitnessgrades zur Ultraeffizienz zu verfolgen und ggfs. zu optimieren, das ist in späteren Arbeiten zu prüfen.

Firma C & C Bark

In diesem 3. Anwendungsbeispiel wurde der Ultra-F-Check ausschließlich angewendet, während in den zwei vorherigen Evaluierungen noch Weiterentwicklungen und Verbesserungen durchgeführt wurden. Jetzt konnte geprüft werden, ob der nun erreichte Entwicklungsstand geeignet ist, in der angestrebten Durchführungszeit von 2 – 3 Tagen, die erwarteten Ergebnisse mit einer genügend hohen Qualität zu erreichen.

Dazu wurde der Check bei der Firma Bark durchgeführt. Bark stellt Magnesiumdruckgussteile her, die durch ihren Gewichtsvorteil in zahlreichen Anwendungsfällen traditionellen Werkstoffen gegenüber im Vorteil sind. Das eingesetzte Material – Magnesium – ist aber im Vergleich sehr teuer, auch sind die Energiekosten sehr hoch, was bedeutet, dass 40% der Gesamtkosten auf die Handlungsfelder Energie und Material entfallen.

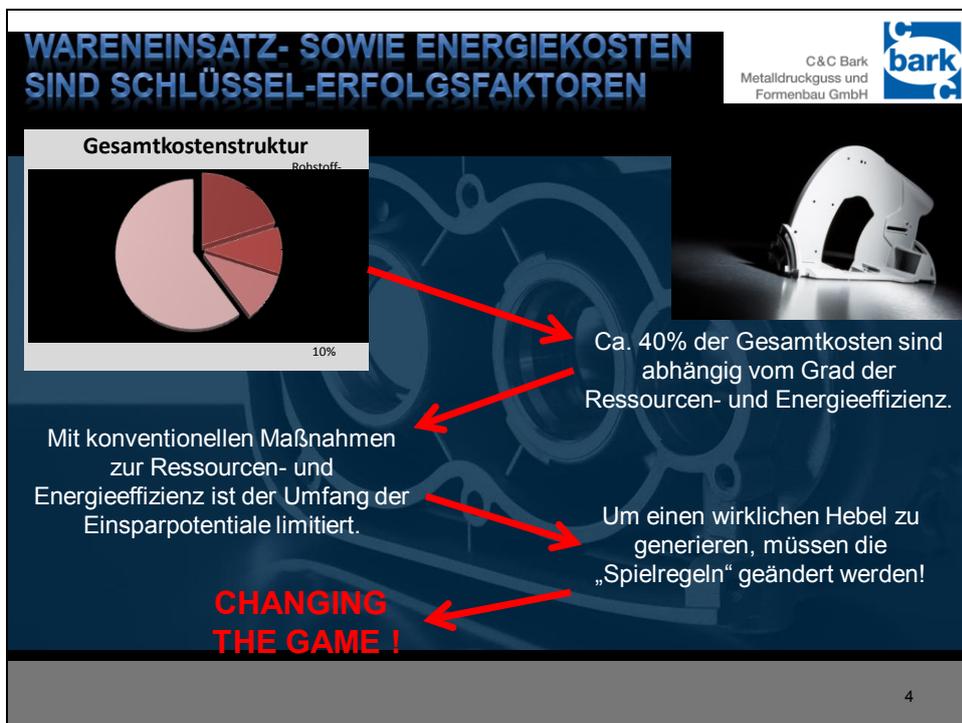


Abbildung 73: Die Handlungsfelder Energie und Material repräsentieren 40% der Gesamtkosten

Die Analysen haben ergeben, dass traditionelle Optimierungsansätze schon zahlreich umgesetzt worden sind, aber zur dauerhaften Aufrechterhaltung der Konkurrenzfähigkeit am Markt alleine nicht ausreichen. Hier kann nun der Ansatz der Ultraeffizienz einen entscheidenden Beitrag leisten: Querdenken. Dazu liefert die Firma Bark ein prägnantes Beispiel. Mit dem Gedanken der Ressourceneffizienz wurde der

Kernprozess der Produktion (Gießprozess) „neu“ analysiert mit dem Ergebnis eines neuen Gießverfahrens (FGS), dass aber neben dem Verbessern der Ressourcenbilanz (40% gegenüber 100% im Angussystem) insbesondere auch die Zykluszeiten reduziert (von 100% auf 75%). Das bedeutet, dass der Ausgangspunkt zwar die Steigerung der Ressourceneffizienz war, das Ergebnis aber „zusätzlich“ in der Prozessoptimierung lag, mit deutlich höherem wirtschaftlichem Potenzial – somit ist dies ein hervorragendes Beispiel für den Weg von der Effizienz zur Ultraeffizienz.

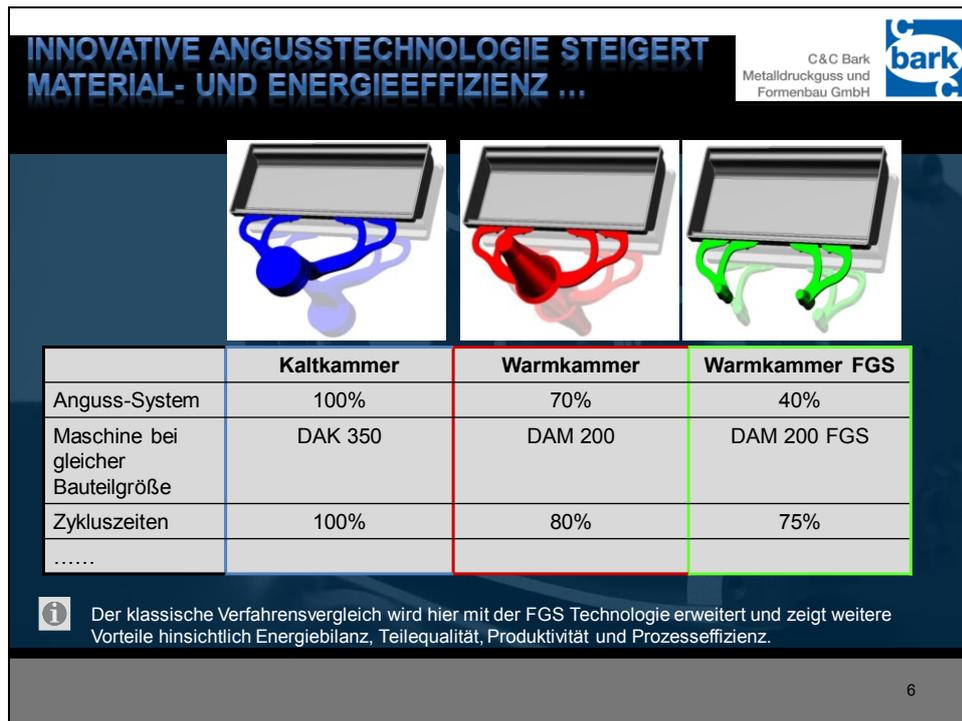


Abbildung 74: Neben der Steigerung der Ressourceneffizienz auch eine deutliche Steigerung der Prozesseffizienz

Der Ultra-F-Check hat ergeben, dass der wesentliche Schwerpunkt für die Suche nach Verbesserungsmöglichkeiten bei der Prozessoptimierung liegen sollte (Abbildung 75). Damit war die Entwicklung dieses neuen Gießverfahrens der richtige Schritt. Solch eine Fokussierung ist natürlich gerade bei einem relativ kleinen Unternehmen wie Bark mit ca. 80 Mitarbeitern einem hohen Risiko unterworfen. Hier konnte der Ultra-F-Check diese Richtungsentscheidung eindeutig bestätigen.

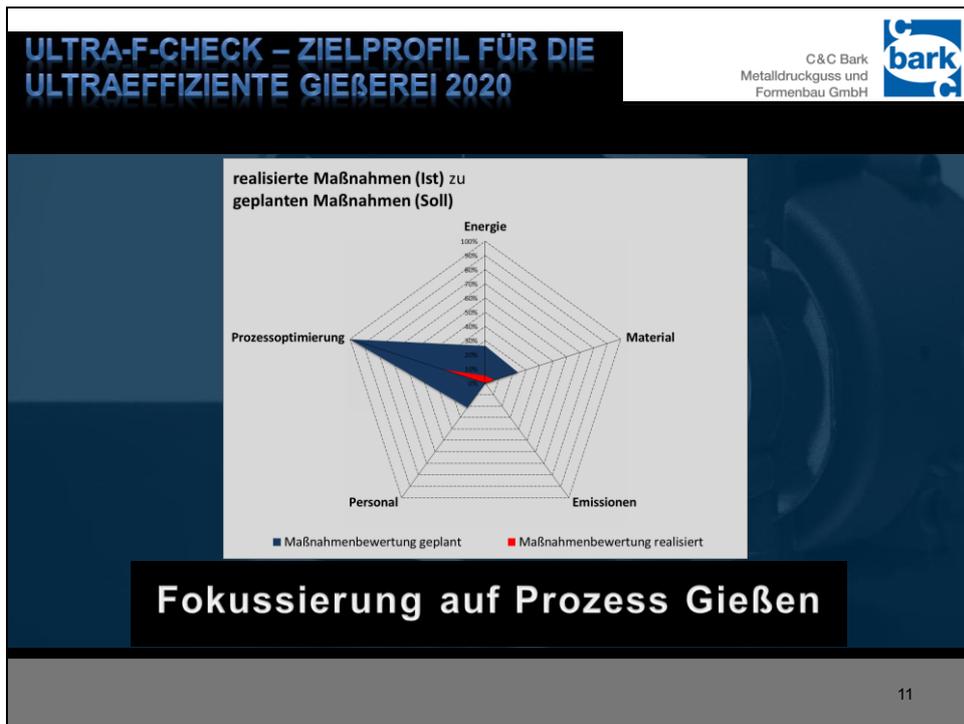


Abbildung 75: Ergebnis des Ultra-F-Check zum Prozess „Gießen“ – Schwerpunkt Prozessoptimierung

Außerdem konnte eine weitere Richtungsentscheidung der Firma Bark bestätigt werden, der geplante Bau der neuen Magnesium Gießerei mit geplantem Endausbaustand in 2020. In dieser Fabrik können dann viele weitere Maßnahmen zur Prozessoptimierung umgesetzt werden.

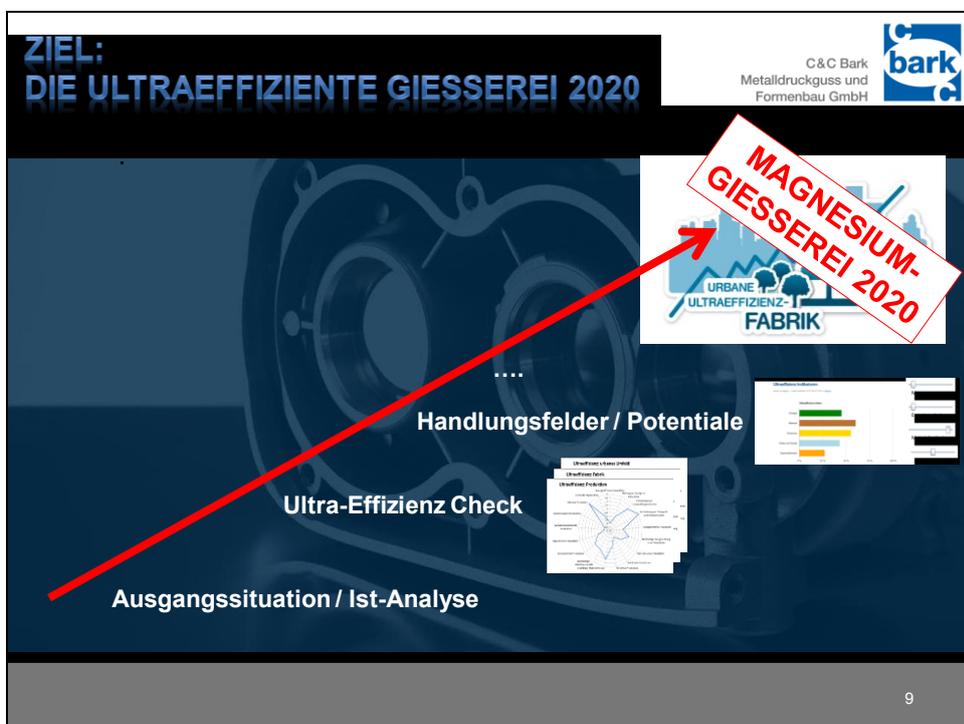


Abbildung 76: Ultra-F-Check, Ergebnisperspektive

So ist beispielsweise die Entkopplung des Energiebedarfes vom aktuellen Stromangebot durch Puffern des Stromes geplant. Der hohe Wärmebedarf zur Produktion soll während der Phasen hohen Stromangebotes gedeckt werden. Durch entsprechende Isolationstechnologie sollen kaum Wärmeverluste entstehen bis die Wärme zur zeitlich entkoppelten Produktion dann abgerufen wird. Auch diese Richtungsentscheidung konnte durch den Check bestätigt werden.

Abschließend ist festzustellen, dass der Ultra-F-Check auch in diesem 3. Anwendungsfall seine Erwartungen erfüllt hat. Die vorgesehene Durchführungszeit von 2 – 3 Tagen ist ausreichend für Unternehmen in dieser Größenordnung (ca. 80 Mitarbeiter). Bei deutlich größeren Unternehmen ist zu segmentieren, wie das bei der Firma Würth Elektronik als Tochterunternehmen des Würth Konzerns (mehr als 20.000 Mitarbeiter) der Fall war.

Konferenz Juli 2015

Die erste Vorstellung des Konzeptes und der Ideen zur Ultraeffizienzfabrik erfolgte im Juli 2015. Diese Konferenz fand am Fraunhofer-Institutszentrum in Stuttgart statt, zu der ca. 60 Teilnehmer sich eingefunden hatten. Neben Vorträgen zur Ultraeffizienz einerseits aus dem Blick der Forschung und andererseits aus ersten Anwendungserfahrungen von Industrieunternehmen konnten sich die Teilnehmer im Rahmen eines am Nachmittag stattgefundenen work-shops ausführlich mit den Ansätzen zur Ultraeffizienz auseinandersetzen. Hier wurde anhand vertiefender Fragen zum Konzept und zur Umsetzung intensiv diskutiert. Diese Fragen dienten auch zur Validierung des in erster Version erstellten Ultra-F-Checks Basic, der im Nachgang zur Konferenz dann weiter entwickelt wurde und zur 2. Konferenz im Dezember dann für die Allgemeinheit übers Internet frei zugänglich geschaltet wurde.

Agenda



09. Juli 2015
Institutszentrum Stuttgart, Hörsaal A+B
Fraunhofer Institute IPA, IAO, IGB

Ultraeffizienz-Fabrik im Fokus

09:30 Uhr Begrüßung / Auftakt
Dr. Jörg Mandel, Fraunhofer IPA
Digitalisierung als Befähiger einer ultraeffizienten Produktion
Prof. Wilhelm Bause, Fraunhofer IAO
Ultra-Effizienz: Perspektive für die Baden-Württembergische Industrie
Heinrich Meinel, Amtschef im Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Die Ultra-Effizienz-Fabrik. Verlustfrei produzieren in lebenswerter Umgebung
Prof. Alexander Sauer, Institut für Energieeffizienz in der Produktion, Universität Stuttgart

11:00 Uhr Pause

11:30 Uhr Quick-Check zur Ultraeffizienz: Aufzeigen der eigenen Potenziale
Franz Rieger, Rieger Metallveredlung
Quick-Check zur Ultraeffizienz: Potenzialschließung von Alt zu Neu
Dr. Klaus Wolfer, Würth Elektronik
Industriebeispiel - techn. Lösungen für die Ultraeffizienz
Dr. Bernd Rosenkranz, PERI GmbH
Der Weg zur Ultraeffizienz – Umsetzung und Ziele
Dr. Ursula Schießmann, Fraunhofer IGB

12:30 Uhr Pause, Mittagessen

13:30 Uhr Fördermöglichkeiten zur Umsetzung von Ultraeffizienzmaßnahmen, Programm "100 Betriebe"
Prof. Mario Schmitt, Institut für Industrial Ecology

14:00 Uhr Ultraeffizienz konkret: Einführung in die Gruppenarbeit zum komprimierten Quick-Check
Dr. Siegfried Stender, Fraunhofer IPA
Im Anschluss: Durchführung des komprimierten Quick-Checks in Arbeitsgruppen
Ergebnis: was bringt Ultraeffizienz? Erkennen möglicher Potenziale

15:30 Uhr Bericht der Arbeitsgruppen, Zusammenfassung + Perspektive für die einzelnen Unternehmen
Abschlussdiskussion
Dr. Jörg Mandel, Fraunhofer IPA

16:00 Uhr Ende der Veranstaltung

1
© Fraunhofer IPA 2015



Abbildung 77: Agenda Konferenz Juli 2015

Konferenz Dezember 2015

Die Konferenz ist als große Informationsveranstaltung für Unternehmensvertreter und potenzielle Anwender konzipiert und durchgeführt worden. Von den Unternehmens- und Wissenschaftsvertretern konnten in ihren Beiträgen viele positive Impulse zur Ultraeffizienz gesetzt werden. Neben allgemeinen Beispielen zu Gedanken von Effizienz und Effektivität (ebm-Papst, Daimler und Wittenstein) sind konkrete Anwendungsbeispiele aus dem Projekt (Würth Elektronik, Rieger Metallveredlung und C&C Bark Formenbau) vorgestellt und der Nutzen des neuartigen Ansatzes präsentiert worden. Aus der Wissenschaft sind zwei allgemeine Impulse (Prof. Bauernhansl und Prof. Bauer) gesetzt worden, wobei die Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch als Paradigma neben der Urbanität als Potenzial wie Herausforderung vorgestellt wurden. Die detaillierte Projektinhaltsvorstellung rundete durch die Erklärung der Unternehmensbeispiele das Verständnis über die Möglichkeiten der Ultraeffizienz ab. Abschließend sind noch einige Schlaglichter für die zukünftige Entwicklung unserer Gesellschaft diskutiert worden, wobei hier innovative Köpfe (Redner Ankersen), Wissenschaftler (Prof. Faulstich) und Gesellschaftsvertreter (Ministerialdirigent Meinel, Gewerkschaftsvertreter Steffen) Ihre Ideen und Gedanken vorstellten.

Das Rahmenprogramm war durch eine Ausstellung bzw. Erlebnis-Demonstration mit Projektinhalten bespielt. Die Konferenz-Teilnehmer hatten so die Möglichkeit unter Beisein der Wissenschaftler und Entwickler die Tools zu erproben und Fragen zu stellen. Diese Möglichkeiten sind sehr rege während der Pausen wahrgenommen worden.

Agenda



Abbildung 78: Agenda Konferenz Dezember 2015

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Von der Wertschöpfung zur Wertschaffung	6
Abbildung 2: Vorgehensmodell zur Ultraeffizienzfabrik	8
Abbildung 3: Hilfskonstrukt – das Ultraeffizienz „Schalenmodell“	12
Abbildung 4: Bewertung von aktuellen Projekten im Bereich Nachhaltigkeit.....	13
Abbildung 5: Betrachtungsrahmen Ultraeffizienzfabrik	14
Abbildung 6: Fragebogen zu Ultraeffizienz	15
Abbildung 7: Ergebnisse Workshop - Definition Ultraeffizienz.....	18
Abbildung 8: Vision Ultraeffizienz	19
Abbildung 9: detaillierte Definitionen zu den einzelnen Handlungsfeldern (hier Auszug aus „Energie“)	19
Abbildung 10: Ultraeffizienz-Reifegrade	21
Abbildung 11: Vorgehensweise Entwicklung Reifegradmodell	23
Abbildung 12: Validierung Vorgehensmodell.....	23
Abbildung 13: Bewertung Reifegrad Ultraeffizienz	25
Abbildung 14: Datensammlung mit Bewertungsverfahren von industriellen Best-Practices in der Ultraeffizienzfabrik	28
Abbildung 15: Auswertung der ermittelten Best-Practice Beispiele	29
Abbildung 16: Verteilung der Best-Practices in den verschiedenen Betrachtungsebenen	30
Abbildung 17: Verteilung der Best-Practices in den verschiedenen Handlungsfeldern ..	31
Abbildung 18: Frontend der Ultraeffizienz-Datenbank	32
Abbildung 19: Architektur der Best-Practice Datenbank.....	33
Abbildung 20: Betrachtungsrahmen der pilothaften Validierung "Plast-AG"	34
Abbildung 21: Wertstrom der Plast-AG	35
Abbildung 22: Erweiterter „Prozesskasten“ (prozessbeschreibende Daten) zur Ultraeffizienz	36
Abbildung 23: Zwischenstand der 3D-Modellierung von Kernkonzepten der Ultraeffizienzfabrik.....	38
Abbildung 24: Wirkmechanismen einer Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld (stark vereinfacht).....	39
Abbildung 25: Systemarchitektur zur Verbindung der Softwarewerkzeuge aus der Phase1 des Vorhabens	40
Abbildung 26: Browserbasierter 2D-Editor für die Modellierung von Betriebsstätten und deren Wechselwirkungen mit ihrer Umgebung.....	41
Abbildung 27: Ebenen der Modellierung im entwickelten Softwarewerkzeug	41
Abbildung 28: 3D-Visualisierungswerkzeug.....	42
Abbildung 29: KeyVisual Ultraeffizienzfabrik	44
Abbildung 30: Außenseiten des entstandenen Flyers	45
Abbildung 31: Innenseite des entstandenen Flyers.....	46

Abbildung 32: Exemplarisches Kostenwirkmodell, hier für Energiekosten	53
Abbildung 33: Produktionstechnisches Modell und Kostenwirkmodell als gemeinsames Ebenenmodell, abgebildet in System Dynamics	54
Abbildung 34: Ansätze für das industrielle Recycling, Quelle: Braun, A.-T.: Ressourceneffizienz – Optimales Bestandsmanagement bei Materialrückflüssen. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, München. Jahrg. 107 (2012)12, p. 941-943	57
Abbildung 35: Erarbeitung des Handlungsfelds "Rohstoffversorgung und Rohstoffkreisläufe"	58
Abbildung 36: Ganzheitlicher Ansatz zur nachhaltigen Produktion	59
Abbildung 37: Kreislauf zu langfristigen Erreichung von Ultraeffizienz	62
Abbildung 38: Konzeption des hierarchischen Stufenkonzepts.....	64
Abbildung 39: Ansiedelung bzw. Integration der einzelnen Qualifizierungsstufen im Unternehmen	68
Abbildung 40: Konstruiertes Nutzungsszenario, wie im Antrag beschrieben, aufgrund der Komplexität einzelner Module nur teilweise wie dargestellt umsetzbar.....	69
Abbildung 41: Konzept der Index-Berechnung	71
Abbildung 42: Benchmark-Darstellung zur Ausprägung des Unternehmens hinsichtlich Ultraeffizienz	72
Abbildung 43: IT-Architektur zur Realisierung der System-Dynamik Modellierung mit 3D-Visualisierung.....	74
Abbildung 44: Prototypische Umsetzung des IT-Unterstützungswerkzeug »Ultra-F-Check Professional«	75
Abbildung 45: Ursprünglicher Entwurf eines Diskussionsstandes mit inhaltlich nötiger Weiterentwicklung geeignet Basis für Demonstrationskonzept	77
Abbildung 46: Bildschirmdarstellung des Kleindemonstrators während der Konferenz Ultraeffizienz am 9.12.2015 in Fellbach.....	79
Abbildung 47: Ultra-F-Check Basic nutzbar über mobile Endgeräte.....	79
Abbildung 48: Recherche-Arbeitsplatz mit Zugang zur Best-Practice Datenbank.....	80
Abbildung 49: Potenzieller Einsatz des Kleindemonstrators im UEFab-Lab mit 3D-Visualisierung sowie System-Dynamischer Modellierung	81
Abbildung 50: Einblick in eine Lernfabrik mit KPI zur Ultraeffizienz durch AR angereichert	82
Abbildung 51: Website – erster Launch (links) gegenüber aktuell genutztem Design (rechts)	85
Abbildung 52: Booklet Ultraeffizienzfabrik	86
Abbildung 53: 3-stufiges Vorgehen – Einstieg, Vertiefung, Detailanalysen	87
Abbildung 54: Detailanalysen im Rahmen von vertiefenden Arbeiten	88
Abbildung 55: Der Fahrplan zur Ultraeffizienzfabrik.....	89
Abbildung 56: Verkettung der Betrachtungseinheiten	90

Abbildung 57: Relative Herstellkostenpotenziale.....	91
Abbildung 58: Ableitung und Bewertung von Maßnahmen	92
Abbildung 59: Schematische Darstellung der Zusammenhänge.....	94
Abbildung 60: Ableitung von Potenzialen, Bestimmen von Handlungsempfehlungen..	94
Abbildung 61: Firma Rieger in Steinheim/Ostalb	95
Abbildung 62: Motivation und Erwartungen an den Ultra-F-Check seitens der Firma Rieger	96
Abbildung 63: Übersicht der Kostenpotenziale nach den Handlungsfeldern der Ultraeffizienzfabrik.....	97
Abbildung 64: Übersicht der schon angestoßenen bzw. noch umzusetzenden Maßnahmen nach dem Ebenmodell der Ultraeffizienzfabrik („Prozess“ und „Produktion“ wurden zusammengefasst).....	97
Abbildung 65: Wie entsprechen die durchgeführten und geplanten Maßnahmen dem Kriterium der Ultraeffizienz, dargestellt im Fitnessgrad mit Reifegradstufen 1-5.....	98
Abbildung 66: Priorisierung der Maßnahmen und Produktionsbereiche nach Ultraeffizienz	99
Abbildung 67: Überführung in Ultra-F-Check Professional am Beispiel Detailprojekt „Abwasser“	100
Abbildung 68: Betrachtung des Fitnessgrades zur Ultraeffizienz im Vergleich alte (zerstörte) zu neuer im Aufbau befindlicher Produktion	101
Abbildung 69: Ergebnis der Detailaufnahme aller Prozesse und Maßnahmen in der Übersicht	102
Abbildung 70: Potenziale im Handlungsfeld „Material“, Betrachtung „alt gegenüber „neu“. In 3 Prozessschritten ist „neu“ noch unzureichend.....	103
Abbildung 71: Mögliche Verbesserungsmaßnahmen im Handlungsfeld „Material“ ...	104
Abbildung 72: Ergebnisse der Ebene „Mensch und Personal“ nach Reifegradstufen .	104
Abbildung 73: Die Handlungsfelder Energie und Material repräsentieren 40% der Gesamtkosten.....	106
Abbildung 74: Neben der Steigerung der Ressourceneffizienz auch eine deutliche Steigerung der Prozesseffizienz	107
Abbildung 75: Ergebnis des Ultra-F-Check zum Prozess „Gießen“ – Schwerpunkt Prozessoptimierung.....	108
Abbildung 76: Ultra-F-Check, Ergebnisperspektive.....	108
Abbildung 77: Agenda Konferenz Juli 2015	110
Abbildung 78: Agenda Konferenz Dezember 2015.....	112