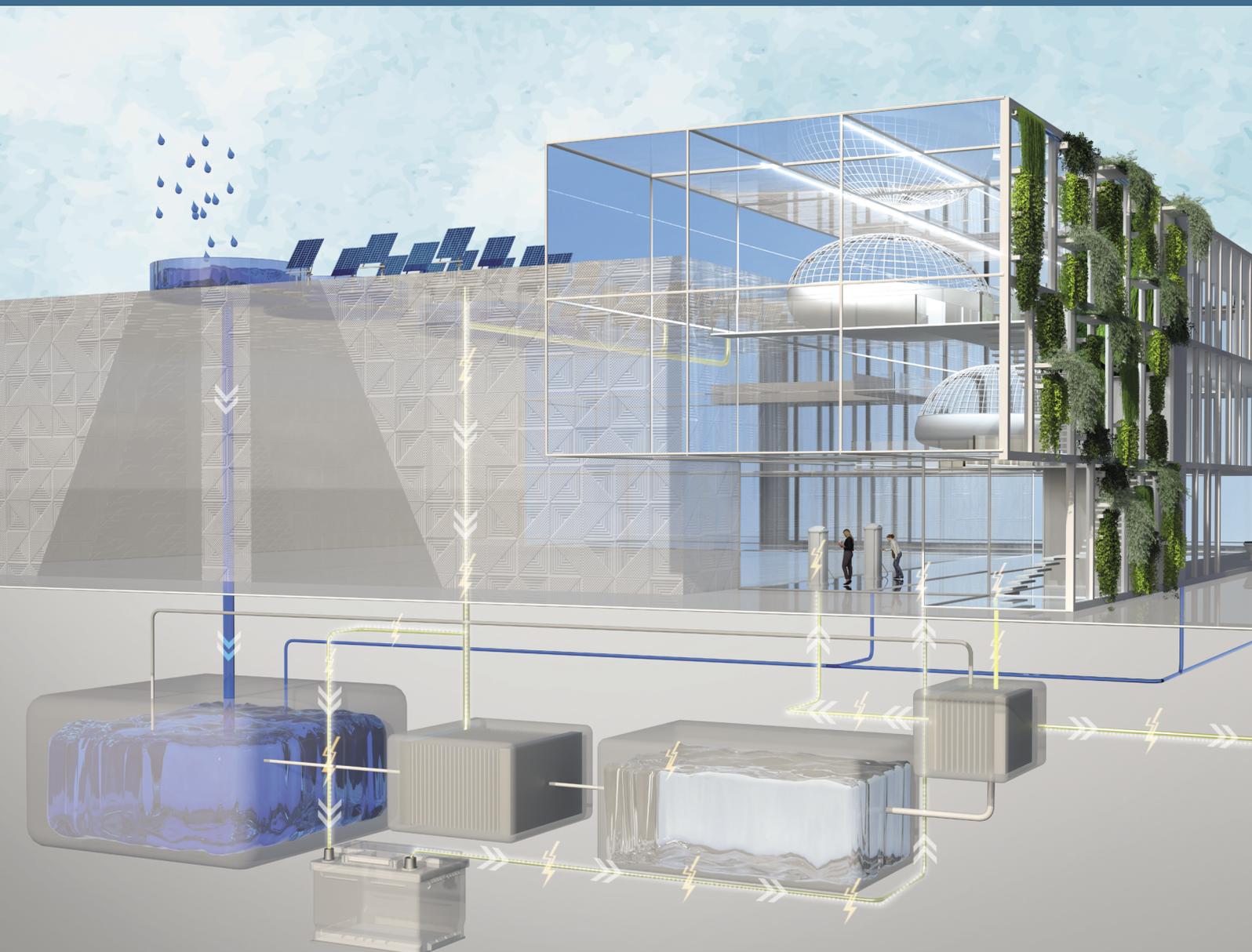


DIE ULTRAEFFIZIENZFABRIK

ZIELE – KONZEPT – METHODEN

HERAUSGEBER: JÖRG MANDEL | ALEXANDER SAUER



Herausgeber:
Jörg Mandel
Alexander Sauer

Die Ultraeffizienzfabrik
Ziele, Konzept, Methoden

Impressum

Das Werk inklusive aller Teile ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten.

Abbildungen: Nach Vorlagen des Fraunhofer IPA
Redaktion: LOG_X Concept

© 2020 LOG_X Verlag GmbH, Ludwigsburg

Der Inhalt

Das Vorwort	5
1. Die Trends	
<i>von Alexander Sauer</i>	
Die Zeichen stehen auf Wachstum	7
Globale Trends, lokale Wirkung	9
Radikal umdenken	10
2. Die Vision	
<i>von Jörg Mandel und Alexander Sauer</i>	
Was ist neu an Ultraeffizienz?	11
Das ganz große Bild	12
Ziel und Richtung der Ultraeffizienz	13
Das Gesamtkonzept	14
Das Bewusstsein wecken	18
Von der Vision in die Praxis	20
Motor für Innovationen	23
3. Die Große Transformation	
<i>von Jörg Mandel und Robert Mieke</i>	
Der Weg ist das Ziel	25
Die digitale Transformation	25
Die biologische Transformation	27

4.	Die Branchen-Leitbilder	
	<i>von Lara Waltersmann und Steffen Kiemel</i>	
	Kein Königsweg zur Ultraeffizienz	30
	Vergleich durch Kennzahlen	31
	Fitnesstest für Unternehmen	35
5.	Die Handlungsfelder	
	<i>von Siegfried Stender</i>	
	Die Grenzen unserer Welt	38
	Das Thema Finanzen	39
	Handlungsfeld Energie	41
	Handlungsfeld Material	41
	Handlungsfeld Emissionen	42
	Handlungsfeld Mensch/Personal	43
	Handlungsfeld Organisation	44
	Der Ausblick	46
	Herausgeber- und Autorenporträts	48
	Literaturverzeichnis	51

Das Vorwort

Ultraeffizienzfabrik? Keine Sorge, Idee und Konzept dieses neuartigen Ansatzes sind attraktiver als die etwas sperrige Bezeichnung. Ich habe im Jahr 2018 erstmals davon gehört, als mich die verlegerische Neugier zu einer gleichnamigen Veranstaltung führte. Und war angetan von den dort gebotenen Inhalten. Erstmals seit langer Zeit ging es nicht ausschließlich um Lean Management, Digitalisierung oder Industrie 4.0, sondern um eine Vision, wie eine nachhaltige Produktion der Zukunft aussehen kann und sollte.

Dabei stachen mir die Parallelen zum Konzept der Fraktalen Fabrik ins Auge, das in den 1990er Jahren ebenfalls am Fraunhofer IPA entwickelt wurde. Und an dessen erster Buchveröffentlichung ich selbst im Jahr 1992 beteiligt war. Diese Parallelen liegen weniger im fachlichen Bereich als vielmehr in der Intention der Forscher, ernsthaft an einem Paradigmenwechsel zu arbeiten.

Stellvertretend dafür sei einer der Leitgedanken der Ultraeffizienzfabrik genannt. Dieser besagt, dass wirtschaftliches Wachstum zukünftig von den Ressourcenverbräuchen zu entkoppeln sei. Wachstum ist schon deshalb notwendig, weil die Weltbevölkerung weiterhin sprunghaft wächst. Dieses Problem wird allein durch Verzicht nicht zu lösen sein. Zumal bis auf Weiteres nicht geklärt ist, wer worauf künftig verzichten soll – und in welcher Reihenfolge. Gefragt ist eine vorwärts gerichtete Vision, die wenigstens die Chance bietet, humane, ökologische und ökonomische Ziele gleichermaßen zu verfolgen.

Ob die Ultraeffizienzfabrik dies leisten kann, weiß ich nicht. Aber ich weiß, dass es sich lohnt, diese Vision zumindest zu skizzieren. Und dass es sich um ein interessantes Zukunftsthema handelt, das die LOG_X Verlag GmbH publizistisch gerne begleitet. Mit dem hier vorliegenden Text ist ein erster, vorsichtiger Schritt gemacht, die Inhalte strukturiert und verständlich zu

transferieren. Denn genau darum geht es: Um den Wissenstransfer aus der Forschung in die Praxis.

Neu daran ist, dass wir mit der Form der Publikation versuchen, dem dynamischen Entwicklungstempo der Inhalte Rechnung zu tragen. Was hier vorliegt, sind erste Texte, die ihren Ursprung in Gesprächen mit den Fachexperten des Fraunhofer IPA haben. Diese Texte sollen dem Leser einen Einstieg in die Vision der Ultraeffizienzfabrik bieten und zum kostenlosen Download bereitgestellt werden.

Für die nähere Zukunft prüfen wir die Option, diese und weitere Inhalte der Ultraeffizienzfabrik in unsere digitale Edition LOGiBits aufzunehmen, um einer Verbreitung – und einem nachhaltigen Wissenstransfer – weitere Schubkraft zu verleihen. Das „Missing Link“ ist hier die erfolgreiche Anwendung in der Praxis. Die aber, so unsere Einschätzung, nicht mehr lange auf sich warten lässt. Dann sind wir wieder am Ball.

Ludwigsburg, im März 2020,

Gerhard Spengler
Verleger

1. Die Trends

von Alexander Sauer

Die Zeichen stehen auf Wachstum

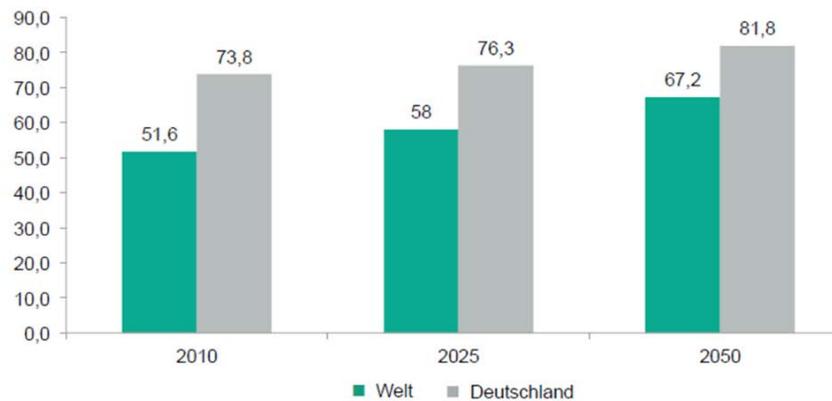
Wer einen näheren Blick auf die globalen Zukunftstrends wirft, kommt um eine anhaltende Entwicklung nicht herum: Wachstum. So wird die Weltbevölkerung auch in den kommenden Jahrzehnten weiter wachsen. Volkswirte ziehen daraus den Schluss, dass parallel dazu auch der weltweite Konsum zunehmen wird, insbesondere in den bis dato weniger weit entwickelten Ländern. Die damit verbundene gute Nachricht lautet vereinfacht, dass es mittel- bis langfristig kein nachfrageseitiges Wachstumsproblem geben wird. Mehr Menschen werden mehr konsumieren (wollen). Das ist gut für die Wirtschaft, eigentlich.

Genau dadurch aber verschärfen sich die Probleme, mit denen wir bereits heute zu kämpfen haben: Wir üben einen massiven, zunehmend bedrohlichen Druck auf die Umwelt aus, was sich unter anderem im Klimawandel und einer schwindenden Artenvielfalt zeigt. Pro Jahr verbrauchen wir die Menge an fossiler Energie, die die Erde in einer Million Jahre gebildet hat – und der Energieverbrauch wird allen Prognosen zufolge weiterhin signifikant steigen. Noch akuter ist der drohende Wassermangel in weiten Regionen der Erde. Bereits in naher Zukunft lebt ein großer Teil der Menschheit in Regionen, die von Wassermangel betroffen sind.

Städte liegen im Trend

Ein weiterer weltweiter Megatrend wird mit dem Schlagwort der Urbanisierung beschrieben: Die Menschen drängen in die Städte. So ist zu erwarten, dass 2050 beispielsweise in Deutschland über 80

Prozent der Menschen in Städten leben werden, weltweit sind es annähernd 70 Prozent (siehe Bild 1).



*Bild 1: Prozentualer Anteil der Stadtbevölkerung in Prozent
(Quelle: de.statista.com)*

Man kann in Summe davon sprechen, dass sich mehrere große Trends überlagern und ein konsequentes Handeln erfordern. Das bezieht sich auch und vor allem auf die Art und Weise, wie in Zukunft für den weiter wachsenden Konsum produziert werden soll. Greift man zwei Gesichtspunkte heraus, so lässt sich feststellen, dass erstens eine Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch notwendig ist. Zweitens erzwingt das Wachstum der Städte eine zunehmend emissionsfreie urbane Produktion.

Diese zweiseitige Betrachtung ist vor allem für ein Land wie Deutschland von strategischer Bedeutung, führt sie doch zu einem Leitbild zukünftiger industrieller Produktion. Auf den Punkt gebracht: Zur symbiotisch-verlustfreien Produktion in einem lebenswerten Umfeld. Zur Ultraeffizienzfabrik.

‚Symbiotisch‘ meint in diesem Zusammenhang übrigens, sich im (stofflichen, energetischen, visuellen) Austausch mit den umgebenden Systemen zu befinden mit dem Ziel, einen Gleichgewichtszustand herzustellen.

Der Weg zu einem neuen Leitbild

Wenn

Wachstum und Ressourcenverbrauch entkoppelt werden

und

urbane Produktionen notwendig sind,

dann

entsteht das Leitbild

einer symbiotisch-verlustfreien Produktion in einem lebenswerten

Umfeld.

Die Ultraeffizienzfabrik.

Globale Trends, lokale Wirkung

Weltweite Trends sind zwar geeignet, Menschen für ein Thema zu sensibilisieren, doch werden die Konsequenzen vor allem dann anschaulich, wenn die eigene Umgebung betroffen ist. Wie wir gesehen haben, wollen immer mehr Menschen in Städten leben. Und möglichst auch dort arbeiten, was sowohl geografische als auch ökologische Fragen aufwirft. In gewachsenen und weiter wachsenden Städten sind Flächen rar, zumal dann, wenn es sich um die Fläche für eine Fabrik handelt. Fabriken haben einen ökologisch eher zweifelhaften Ruf, weshalb man über Jahrzehnte hinweg bestrebt war, Wohnen und Fabrikarbeit räumlich voneinander zu trennen. Womit man Verkehr erzeugte, der fast alle deutschen Ballungsräume mittlerweile an ihre Belastungsgrenze treibt. Oder, was die ökologischen Fragen betrifft, darüber hinaus.

Es wäre also sowohl für die Umwelt als auch für Lebenszeit und Lebensqualität der Menschen besser, wenn man die räumliche

Trennung von Leben und Arbeit wieder aufheben würde. Eine Fabrik in der Stadt oder eine Stadt, um die Fabrik herumgebaut. So war es früher und so könnte es wieder sein. Dass diese Fabrik nicht mehr hässlich, laut und qualmend sein darf, versteht sich heute zum Glück von selbst. Also besteht eine grundlegende Aufgabe darin, Fabriken so „verträglich“ wie möglich zu gestalten – für Menschen und Umwelt gleichermaßen. Mehr noch: Eine Fabrik kann durchaus positive Effekte auf ihre Umgebung haben, man denke an die Nutzung der Abwärme für die Beheizung oder die Erzeugung von Warmwasser.

Radikal umdenken

Eines ist klar: Wenn die eingangs skizzierten Trends so oder so ähnlich eintreten, wird es – bezogen auf die Methoden der Produktion – ein „Weiter so!“ nicht geben. Wir müssen Produktion radikal umdenken. Alle Produktionsfaktoren müssen möglichst verlustfrei beim Produkt ankommen – anders herum sollte alles, was vom Produkt ausgeht (z.B. Material) ebenfalls verlustfrei rückgeführt werden. Das betrifft den technischen Kreislauf ebenso wie den biologischen Kreislauf. Verluste sind möglichst zu vermeiden.

Nun ist das Schlagwort von der Kreislaufwirtschaft keineswegs neu. Bereits zu Beginn der 2000er Jahre war von zu schließenden (Material-) Kreisläufen die Rede, doch gerieten die erarbeiteten Ansätze allmählich wieder in Vergessenheit. Im Unterschied zu damals stehen heute jedoch Technologien und Methoden zur Verfügung, die als so genannte Enabler bezeichnet werden. Diese Enabler, Digitalisierung und Biologie, machen nicht nur ein Umdenken möglich. Sie tragen vielmehr zu einer tiefgreifenden Umgestaltung in Richtung Ultraeffizienz bei. Zu dem also, was wir die Große Transformation nennen wollen.

Näheres dazu im dritten Kapitel.

2. Die Vision

von Jörg Mandel und Alexander Sauer

Was ist neu an Ultraeffizienz?

Wer einen Begriff prägt, muss damit leben, dass er missverstanden wird – und dass der Begriff ein Eigenleben führt. So erging es auch uns mit dem Thema Ultraeffizienz, der Begriff kam auf und wollte nicht wieder verschwinden. Also leben wir damit. Der Begriff „Ultraeffizienzfabrik“ ist zwar im physikalischen Sinne nicht „sachlich richtig“. Aber er hebt werbewirksam die Notwendigkeit einer dramatischen Effizienzsteigerung hervor. Was aber verbirgt sich dahinter?

Eine kurze Definition

Die Ultraeffizienzfabrik ist ein Ansatz, um effizient mit so wenig Material und Energie wie nötig effektiv zu produzieren. Material und Energie fließen im Kreislauf und dienen immer wieder als Ausgangspunkt der Produktion. Die anpassungsfähige, emissionsfreie Fabrik sichert ein ökologisches und soziales Umfeld, integriert in eine lebenswerte Umgebung.

Zur Entwicklung: Effizienz als Thema ist in den Unternehmen und in der angewandten Forschung seit Jahrzehnten bekannt. Nichts Neues also. Da wir in unserem Konzept jedoch nicht nur auf die Effizienz, sondern gleichermaßen auf die Effektivität abzielen, sprechen wir von „mehr als Effizienz“, was eben durch das Attribut „Ultra“ ausgedrückt werden soll. Ob diese Prägung gelungen ist oder nicht, mag die Geschichte entscheiden, das ist für uns nicht entscheidend. Entscheidend ist vielmehr die dahinterstehende Idee, die sich mit dem Halbsatz „produzieren in einem nachhaltigen Umfeld“ umschreiben lässt. Da ist uns „Ultraeffizienz“ tatsächlich lieber.

Das ganz große Bild

Grundsätzlich existieren zwei unterschiedliche Vorstellungen davon, wie die Zukunft aussehen sollte. Vertreter der einen Richtung gehen von tiefgreifenden Einschränkungen aus. Das Suffizienzkonzept besagt: Wir müssten unsere Mobilität einschränken, auf Konsum verzichten, uns von vielen Annehmlichkeiten trennen, die der Welt unserer Kinder schaden.

Die andere Richtung stellt die Wertschöpfung ins Zentrum ihrer Betrachtungen. Wenn diese Wertschöpfung funktioniert, ohne fossile Energie zu verbrauchen, sondern im Gegenteil zusätzliche erneuerbare Energie zu liefern („Plus Energie“). Wenn zudem keine fossilen Ressourcen mehr verbraucht werden, sondern, überspitzt gesagt, die Müllhalden des Industriezeitalters als Quellen dienen („Kreislaufwirtschaft“), bevor das gesamte System der Wertschöpfung auf nachwachsende Rohstoffe umgestellt ist. Wenn schließlich das Problem der Emissionen gelöst wird, bleibt die industrielle Wertschöpfung das volkswirtschaftliche „Perpetuum Mobile“ einer Gesellschaft, die auch zukünftig im Wohlstand leben kann, angetrieben durch die Kraft der Sonne. Und zwar weltweit.

Das ganz große Bild der Ultraeffizienzfabrik zeigt eine Welt, in der Ressourcenverbrauch und Wachstum entkoppelt sind.

Egal wie, der seit mehreren hundert Jahren eingeschlagene Weg, Dinge aus der Erde zu graben, zu verbrennen oder ohne Wiederkehr zu verbrauchen, muss definitiv zu Ende sein. Ein Auto, das aus der Endmontage rollt, darf nicht zwanzig Jahre später zumindest teilweise auf dem Schrottplatz landen, sondern muss mit allen Teilen und Materialien demontiert und in einen Kreislauf zurückgeführt werden. Wir schreiben bewusst „einen“ Kreislauf, denn es muss nicht zwingend der automobiler Kreislauf sein. Nur der Mangel an Fantasie hindert uns heute daran, an andere Optionen auch nur zu denken.

Namen sind Schall und Rauch. Entscheidend ist die Denkweise. Und die Konsequenz, mit der wir den Weg einschlagen und gehen.

Ziel und Richtung der Ultraeffizienz

Wie eigentlich jedes Veränderungsprojekt hat die Ultraeffizienzfabrik einen Ausgangszustand und ein Ziel, besser eine Vision. Also das, was wir das „ganz große Bild“ genannt haben.

Nun ist es eher unrealistisch, diese Vision buchstabengetreu zu verwirklichen. Aber: Wir kennen die Richtung, in der wir uns vom heutigen Zustand aus bewegen wollen. Das ist keineswegs trivial, wie wir aus vielen anderen Veränderungen oder Transformationen wissen. Natürlich gibt es unterwegs zahlreiche Rückschläge, Wechselwirkungen oder so genannte „Trade-Offs“. Darunter versteht man einen ökonomischen Zielkonflikt: Dieser beinhaltet das Abwägen von zwei Aspekten, wenn eine Problemlösung zugleich eine Verschlechterung an anderer Stelle nach sich zieht. Die Vision hilft uns dabei, diese Dinge adäquat und „zielführend“ zu behandeln. Hauptsache, wir bleiben in der richtigen Richtung in Bewegung und sind dabei, mit jedem Schritt voranzukommen, uns ständig zu verbessern.

Bereits diese Wortwahl legt die Analogie mit der „Lean Transformation“ von Unternehmen nahe. Die dort formulierte Vision (100 Prozent Wertschöpfung, Null Verschwendung) weist die Richtung, in der sich die Unternehmen auf dem Wege der kontinuierlichen Verbesserung bewegen müssen. Andere Ziele, vergleichbarer Weg – so könnte man die Ähnlichkeiten mit der Vision der Ultraeffizienzfabrik auf den Punkt bringen.

Auf dem Weg zur urbanen Fabrik werden jede Menge Probleme auftauchen, die wir heute noch gar nicht kennen. Und das ist gut so, geben uns doch erst die Probleme eine Chance, Lösungen zu entwickeln. Genau so funktioniert die so genannte Lean-Reise – und so muss auch die Reise in Richtung Ultraeffizienz ablaufen. Wenn eine Lösung gut ist, wird sie auch tragfähig, sprich wirtschaftlich sein.

Die Ähnlichkeiten mit Lean gehen noch weiter. So können wir im Handlungsfeld Organisation Dinge übernehmen, die sich im Lean-Kontext bewährt haben. Davon haben wir wiederum doppelten Nutzen: Erstens müssen wir das Rad nicht ständig neu erfinden und zweitens ist Verschwendung auch ein zentrales Thema der Ultraeffizienzfabrik. Auch im Umfeld von „Eco Lean“ existieren bereits Ansätze, die Elemente der Ultraeffizienzfabrik in das Lean Management übertragen haben.

Das Gesamtkonzept

Im Fall der Ultraeffizienzfabrik sind die Leitplanken der Transformation durch die bereits skizzierte Definition gesetzt. Demgemäß geht es um eine „symbiotisch-verlustfreie Produktion in einem lebenswerten Umfeld“.

Dabei gelten, wie gesagt, zwei grundsätzliche Anforderungen: Effizienz und Effektivität. Es reicht eben nicht mehr aus, nur über Energie- und Ressourceneffizienz nachzudenken. Wenn wir zusätzlich über Effektivität reden, heißt das mit Blick auf die Energieversorgung beispielsweise, dass so viel erneuerbare Energie eingesetzt werden muss, wie irgend möglich. Das hieße nämlich, die „richtigen Dinge zu tun“ – und genau darum geht es bei der Effektivität. Analog hieße das Diktum in der Materialwirtschaft, je mehr abbaubare oder bio-basierte Materialien Verwendung finden, desto „richtiger“ ist das.

Doch werfen wir, bevor wir uns in den Details verlieren, einen Blick auf das Gesamtkonzept (siehe Bild 2).

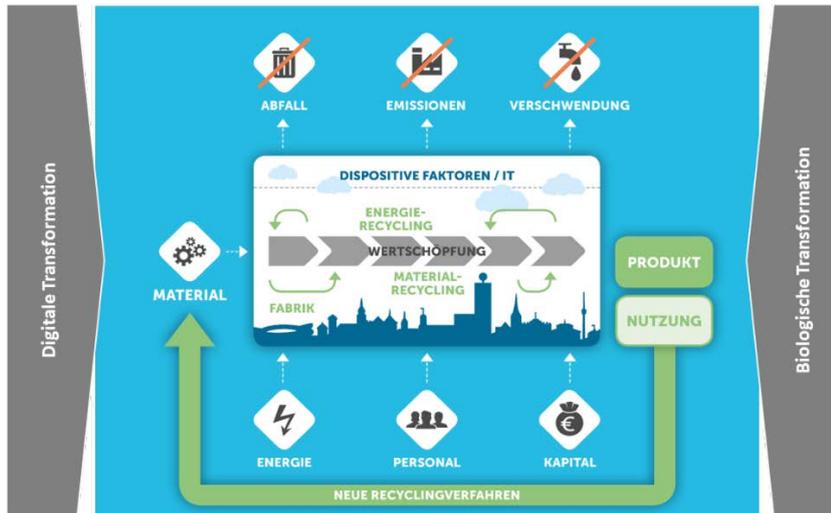


Bild 2: Konzept der Ultraeffizienzfabrik

Emissionen reduzieren

Eine ganz zentrale Forderung in einem lebenswerten Umfeld bezieht sich auf die Emissionen der Fabrik. Die Diskussion um Feinstaub und andere Schadstoffe beherrscht in den meisten deutschen Großstädten die Medien – von den im Internet kursierenden Smogbildern aus chinesischen Städten nicht zu reden. Dass eine Fabrik hier nicht zusätzlich Schadstoffe ausstoßen darf, versteht sich eigentlich von selbst. Setzt man die Vermeidung von Emissionen als einen wichtigen Leuchtturm der Entwicklung, so lässt sich dieses Ziel weiter differenzieren. Eine Fabrik emittiert nicht nur Luftschadstoffe: In einem unserer Projekte ging es bei einem Praxisbeispiel tatsächlich um das Zuschlagen der Autotüren bei Schichtbeginn, also um eine akustische Emission. In einem anderen Praxisbeispiel spielten Geruchsbelästigungen durch LKW-Reifen, die im Außenbereich gelagert waren, eine Rolle. Im Sommer „stank“ es in der Nachbarschaft nach Gummi.

Vom Thema Emissionen sind durchaus auch kleinere Unternehmen betroffen, bis hinunter zur mechanischen Werkstatt. Wer beispielsweise als Zulieferer Teile stanzt oder Pressen betreibt, muss darauf achten, dass sich die entstehenden Vibrationen nicht auf umliegende Wohngebäude übertragen.

Man sieht: Bereits das Thema Emissionen ist sehr vielschichtig und muss sorgfältig bearbeitet werden. Mit der Installation von Luftfiltern oder der Reinigung von Abwässern ist es längst nicht mehr getan.

Verschwendung und Abfall bekämpfen

Das Thema Verschwendung hat nicht nur mit Umwelterfordernissen zu tun, sondern spielt auch für das Management der Prozesse eine wichtige Rolle. So ist das Qualitätsmanagement darauf bedacht, Ausschuss und Fehlteile als offenkundige Verschwendung zu vermeiden. Im Lean Management spielt die Vermeidung jedweder Art von Verschwendung eine geradezu dogmatische Rolle. Was sich 1:1 auf die Ultraeffizienzfabrik übertragen lässt. Verschwendung ist zu bekämpfen, wo immer sie auftritt. Während Verschwendung im Kontext von Lean auf die wertschöpfende Arbeit an einem Produkt fokussiert wird, bezieht sich der Begriff in der Ultraeffizienzfabrik zusätzlich auf die stoffliche Seite. So gilt es beispielsweise, die Verschwendung von Wasser, Sauerstoff und Druckluft zu unterbinden...

Auf den Punkt gebracht arbeitet die ideale Fabrik ohne Abfall, ohne Emissionen und ohne Verschwendung. Dies mag eine Wunschvorstellung sein, doch ist es zumindest ein erstrebenswertes Ziel für die Transformation.

Dem aufmerksamen Leser wird nicht entgehen, dass einige der hier besprochenen und im Bild sichtbaren Themen weiter unten als definierte Handlungsfelder noch einmal aufgegriffen werden (vgl.

Kapitel 5). Allerdings fehlt dort ein explizites Feld „Kapital“ bzw. „Finanzen“. Gleiches gilt für das Thema „Verschwendung“. Hierzu eine Bemerkung: Tatsächlich haben wir uns mit finanziellen Fragestellungen befasst und begleitende Berechnungen angestellt. Mehr darüber im fünften Kapitel.

„Verschwendung“ ist dagegen kein Handlungsfeld im engeren Sinne. Vielmehr ist das Vermeiden von Verschwendung eine Grundvoraussetzung jeder schlanken, ressourcen-effizienten Fabrik und damit in jedem Handlungsfeld – und tief in den Köpfen der Menschen verankert. Hoffentlich.

Die Sicht der Produktionstechnik

Wie in den vorigen Abschnitten gezeigt, gibt es zahlreiche Einflussfelder und -faktoren, die bei der Gestaltung einer Ultraeffizienzfabrik zusammenwirken. Nicht alles fällt in die Zuständigkeit der Produktionstechnik. Dennoch tut man auch künftig gut daran, sich auf die Themen zu konzentrieren, von denen man wirklich etwas versteht. In unserem Fall sind das in erster Linie die besagten fünf Handlungsfelder, die wir im fünften Kapitel noch näher vorstellen. Sie beschreiben die wichtigsten Hebel, die bei der Transformation zu bewegen sind. Aus Sicht der Produktionstechnik, wohlgemerkt.

Internes und externes Recycling

Bleiben wir noch einen Moment bei den Einflussmöglichkeiten und -grenzen der Produktion: Hier hat die chemische Industrie eine Art Vorreiterrolle übernommen. Die BASF hat zusammen mit Technologiepartnern mit dem so genannten ChemCycling ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe es gelingt, Öl aus gemischten Kunststoffabfällen zu gewinnen. Dieses kann in aufgereinigter Form in der Chemischen Industrie ganz zu Beginn der Produktion eingesetzt werden, um wiederum Kunststoffgranulat

zu erzeugen – und dadurch einen bisher offenen Stoffkreislauf zu schließen. Dieses Verfahren ist in einer Pilotphase und soll im industriellen Maßstab betrieben werden. Eine Anlage zur Ölerzeugung wurde bereits von Partnern in Betrieb genommen. Industriekunden der BASF sollen in Zukunft bei der Bestellung von Granulat wählen können, welchen Recyclatanteil das Material haben soll.

Leider ist in der Produktentwicklung derzeit ein Trend zu beobachten, der solchem Denken zuwiderläuft. Hier wird viel mit Komposit-Werkstoffen gearbeitet, die funktional bessere Produkteigenschaften versprechen. Die aber gleichzeitig das Recycling erschweren. Ein weiterer Zielkonflikt, der zumindest beachtet werden muss.

Beim Thema Recycling stößt man relativ schnell an Grenzen. Genauer: Unternehmensgrenzen. Die Handlungsstränge, beispielsweise beim Material-Recycling, reichen in der Regel jedoch weit darüber hinaus. Recycling-Konzepte haben urbane, regionale, landesweite, europäische, ja durchaus globale Dimensionen. Hier kann die Produktion den Finger zur Mitsprache heben, doch reicht ihr Arm nicht weit genug, um wirklich gestalten zu können. Lokale oder regionale Lösungen lassen sich beispielsweise auf Basis eines gemeinsamen „Recycling-Milkruns“ finden, den sich verschiedene Unternehmen teilen. Einschlägige Beispiele existieren bereits.

Das Bewusstsein wecken

Die Themen der Ultraeffizienzfabrik haben eines gemeinsam: Sie sind komplex und weisen nicht selten Zielkonflikte oder die besagten Trade-Offs auf. Anders gesagt ist das alles nicht so einfach...

Wer mit dem Fahrrad entlang frequentierter Straßen fährt, gelangt problemlos zu der Erkenntnis, dass die Sensibilität für Themen wie

Abfallvermeidung hierzulande noch nicht sehr ausgeprägt ist. An den Straßenrändern häuft sich der Müll. Heißt: Bestimmte Konsum- und Wegwerfmuster sind noch tief im Bewusstsein der Menschen verankert.

Eine Kernaufgabe der Ultraeffizienzfabrik besteht also darin, das Bewusstsein für die damit verbundenen Themen zu wecken. Im Zusammenhang mit der Lean Transformation ist viel davon die Rede, Voraussetzung der Veränderung sei eine etablierte Verbesserungskultur im Unternehmen. Übertragen auf unser Thema hieße das, dass eine Art „Ultraeffizienzkultur“ entstehen muss, um dem Konzept langfristig zum Durchbruch zu verhelfen.

Ein Idealbild

Da es offenbar keine einfachen Lösungen gibt, ist es umso wichtiger, sorgfältig an den Grundlagen zu arbeiten. Auf diese Weise können Zweifel ausgeräumt und Widersprüche aufgelöst werden. Darüber hinaus wären veränderte Verhaltensmuster bei allen Beteiligten wünschenswert. Ein Idealbild ist sicherlich, wenn Menschen die Dinge nicht einfach wegwerfen, sondern automatisch einer stofflichen Verwertung zuführen würden. Wenn es darum geht, neue Muster zu etablieren und andere Automatismen zu prägen, kann in den Betrieben viel Gutes geleistet werden.

Wiederum aus dem Lean-Umfeld haben wir gelernt, dass die Menschen positive Eindrücke aus dem Arbeitsalltag mit nach Hause nehmen. Mancher Produktions-Mitarbeiter hat seinen heimischen Bastelkeller so optimiert, wie er es im Betrieb gelernt hat. Auf dieses Prinzip der Nachahmung könnte man auch in der Ultraeffizienzfabrik setzen: Tue Gutes, rede darüber – und nimm es mit nach Hause.

Wenn die Konzepte in der Fabrik wirken und die Menschen mitgenommen werden, wird dies nicht ohne Folgen für deren Bewusstsein und Verhalten bleiben. Im Vorgriff auf die

Handlungsfelder sei gesagt, dass dies im Handlungsfeld „Mensch/Personal“ geleistet werden muss. Hier ist es besonders wichtig, immer wieder auf die unvermeidlichen Widersprüche hinzuweisen. Man kann nicht alles gleichzeitig haben. Wer beispielsweise mehr Partikel aus der Abluft herausfiltern will, wird dazu mehr teure Filter brauchen oder mehr Energie aufwenden müssen. Ein klassischer Trade-Off. Es ist nur ehrlich, wenn man auf solche Zusammenhänge hinweist und nicht versucht, sie zu leugnen.

Von der Vision in die Praxis

Grundsätzlich ist die Ultraeffizienzfabrik eine Vision und ein Lösungsraum für die Produktionsforschung. Darüber hinaus enthält das Konzept jedoch vielfältige Anknüpfungspunkte für die industrielle Praxis. Ein Beispiel.

Unternehmen des Maschinenbaus könnten darüber nachdenken, ihre Maschinen mit Kommunikations- und Lernkomponenten auszustatten, die immer einen optimalen Betriebszustand gewährleisten. Wobei das Optimum eben nicht mehr (nur) in Auslastung oder Verfügbarkeit zu sehen ist, sondern auch die energetische oder ökologische Sichtweise umfasst. Auch hier liegt ein Beitrag zur Ultraeffizienz.

Ein weiteres naheliegendes Beispiel wäre die Verwendung und Überwachung von Verschleißteilen. Wenn Teile schon verschleifen, könnte die Frage Sinn machen, ob man nicht gleich auf biologisch abbaubares Material zurückgreifen kann. Eine digitale Prozessüberwachung könnte Abnutzung frühzeitig erkennen und eine rechtzeitige Aufarbeitung von Verschleißteilen ermöglichen. Stichwort: Die Teile „retten“, solange sie noch einen Wert haben.

Bezüglich der Auslegung von Maschinen ist beim Energie- und Materialverbrauch noch viel Luft nach oben. Vergleichbar simple Vorrichtungen zum Standby-Betrieb, kurzzyklischem Abschalten,

optimiertem Hochfahren bieten mannigfache Ansatzpunkte für eine größere Effizienz. Bei motorgetriebenen Maschinen kann über Möglichkeiten zur Rückgewinnung oder Zwischenspeicherung von Bremsenergie nachgedacht werden. Hier sind bereits praktikable Lösungen zu besichtigen.

Diese und ähnliche Beispiele zeigen, dass man das Rad auf dem Weg in die ultraeffiziente Fabrik nicht ständig neu erfinden muss. Teilweise liegen gute und praktikable Lösungen in technischer Reichweite – man muss sie nur zu nutzen wissen.

Und genau darin liegt ein ganz wesentlicher Aspekt. Wie bei anderen Transformationen in der Vergangenheit geht es vor allem um die zugrunde liegende Denkweise (neudeutsch: Mindset). Ist unser Denken und Handeln konsequent auf mehr Effizienz und Effektivität im genannten Sinne ausgerichtet? Nehmen wir jede Möglichkeit wahr, bessere Lösungen zu entwickeln und zum Einsatz zu bringen? Entlang dieser Fragen wird sich entscheiden, *ob* wir die Chance der Ultraeffizienz nutzen können.

Das Ganze sehen – Beispiel aus der Galvanik

Ein Galvanik-Betrieb hatte seine Abwässer ursprünglich per Tankwagen abholen lassen, bereitet diese mittlerweile aber selbst auf. Dabei konzentriert er die Restmetalle und hat sie wieder selbst im Zugriff. Ökonomisch spart der Betrieb Transport- und Entsorgungskosten, hat aber auf der anderen Seite durch die Aufbereitung einen höheren Energieverbrauch. Diese Konflikte lassen sich nur durch eine Gesamtbilanz auflösen. Die Bilanzhülle muss um alle relevanten Faktoren gelegt werden, um über die Effizienz entscheiden zu können.

Neben der ganzheitlichen Sicht bringt das „neue Denken“ teilweise auch eine Abkehr von geläufigen Trends mit sich. So kann das Insourcing von Leistungsanteilen sowohl aus Gründen der

Effizienz als auch der Effektivität das oftmals zur Gewohnheit gewordene Outsourcing ersetzen.

Das Unsichere ist sicher

Faktisch kann kein Experte sagen, wie die Energiesysteme in fünfzehn Jahren aussehen werden. Allein die Bepreisung der unterschiedlichen Energieträger unterliegt hoher Unsicherheit. Und dem ebenfalls nicht geringen Risiko, auf die falschen Pferde zu setzen. Hier tut Risk-Management not.

Kaufleute managen ihre Risiken, indem sie ein Portfolio aufbauen. In unserem Falle beispielsweise ein Energie-Portfolio. So lassen sich die Auswirkungen von Risiken einzelner Energieträger auf das einzelne Unternehmen reduzieren.

Aus einer solchen Risiko-Sicht kann es Sinn machen, die Energieversorgung auf Strom und Gas auszurichten, um sich von politischen „Wenden“ unabhängig zu machen und den jeweils günstigsten Energieträger nutzen zu können. Es empfiehlt sich, im Rahmen einer solchen Entscheidung das so genannte „Redundanz-Prinzip“ anzuwenden. Vereinfacht gesagt, rechnet man dabei immer mehrere Szenarien durch, um Entscheidungen auf eine möglichst breite Basis zu stellen.

Warum wir Ihnen das im Kontext der Ultraeffizienzfabrik erzählen? Nun, das Management von Unwägbarkeiten und Risiken im Umfeld macht bessere Entscheidungen und Handlungen möglich. Resilienz gegen Umfeldveränderungen gehört zu den Eigenschaften einer ultraeffizienten Fabrik. Der Wert eines einschlägigen Risiko-Managements lässt sich anhand der Debatte um Elektromobilität, Batteriezellen und die knappen Rohstoffe deutlich machen. Wer die Risiken einschätzen kann und einen belastbaren Plan B in der Tasche hat, ist in der Tat gut beraten.

Motor für Innovationen

Themen wie Energieeffizienz, Nachhaltigkeit oder Ressourcenschonung haftet immer der Makel an, sie seien vor allem mit Zwängen oder Lasten verbunden. Doch ist eher das Gegenteil wahr: Die Ultraeffizienzfabrik ist ein starker Motor für Innovationen. Allein bei der Entwicklung ökologisch abbaubarer Materialien für nahezu alle Lebensbereiche stecken riesige – auch ökonomische – Potenziale. Man denke an die Herstellung kompostierbarer Plastiktüten oder Feuchttücher aus organischem Material, die ein praktisches Produkt für den Verbraucher ökologisch korrekt machen. Und für den Hersteller wirtschaftlich attraktiv. Wenn jeder Unternehmer oder Geschäftsführer seine Vorteile in solchen Entwicklungen erkennt, wird Ultraeffizienz zum Selbstläufer. Warum nicht in die Entwicklung und Produktion organischer Feuchttücher investieren? Spätestens dann, wenn eine der großen Handelsketten dieses Produkt in ihr Sortiment aufnimmt, haben sich Investition und Innovation gelohnt. Unternehmerisch denken heißt zunehmend, in Kategorien der Ultraeffizienz denken.

Zur Durchsetzung von Innovationen gehört nicht nur ein überzeugter Innovator, sondern auch ein überzeugter Kunde. Hier müssen die Verantwortungsträger einer Gesellschaft Flagge zeigen und echte *Überzeugungsarbeit* leisten. Ob dabei die opportunistischen Stellvertreter-Diskussionen um Grenzwerte und Feinstaub, wie sie von unterschiedlichen Interessengruppen öffentlich geführt werden, wirklich hilfreich sind, sei dahingestellt. Es reicht nicht, der Wirtschaft die alleinige Verantwortung zuzuschieben. Auch andere gesellschaftliche Kräfte sind aufgefordert, ihren Beitrag zur Transformation zu leisten – nicht zuletzt die Medien. Aber das ist wahrhaftig ein weites Feld.

Komplexität erklären

Die Themen, mit denen wir im Rahmen der Ultraeffizienzfabrik zu tun haben, sind in ihrer Wechselwirkung noch nicht hinreichend erforscht. Vor allem aber sind sie komplex. Das ist für uns als Forscher einerseits eine Herausforderung, bringt andererseits jedoch die Verpflichtung mit sich, zu erklären, *was* wir tun – und *warum* wir es tun. Nicht zuletzt deshalb ist dieser Text entstanden.

Es hilft nichts, die Komplexität der Wirklichkeit zu leugnen oder zu stark zu vereinfachen. Auch dieser Herausforderung müssen wir uns stellen. Das gilt auch und vor allem für die nächsten großen Themen – die digitale und die biologische Transformation.

3. Die Große Transformation

von Jörg Mandel und Robert Mieke

Der Weg ist das Ziel

Seit geraumer Zeit wird der Begriff „Transformation“ geradezu inflationär gebraucht. Kaum ein Unternehmen, das nicht von sich sagt, es habe irgendeine Transformation zu bewältigen. Gemeint ist eine tiefgreifende Veränderung, die praktisch alle Unternehmensbereiche und Geschäftsgrundlagen gleichermaßen erfasst. Das beigestellte Attribut, also „digital“, „agil“ oder „lean“, gibt Auskunft über Treiber und Entwicklungsrichtung dieser Veränderung. Meist begnügt man sich damit, die grobe Richtung der Transformation anzugeben, um die Organisation in diese Richtung in Bewegung zu bringen – die Ziele sind eher abstrakt formuliert und dienen der grundsätzlichen Orientierung. Ein bekanntes Beispiel ist der so genannte „Nordstern“ der Lean Transformation, der in der Vision besteht, das Unternehmen könne in allen Prozessen zu 100 Prozent wertschöpfend arbeiten, also keinerlei Verschwendung mehr betreiben. Das wird kaum jemals erreichbar sein, aber je näher man diesem Ziel kommt, desto besser. Der Weg ist das Ziel, vereinfacht gesagt.

Die digitale Transformation

Als wir mit den Arbeiten zur Ultraeffizienz begonnen haben, stand für Forschung und Unternehmen ein Megatrend im Raum, der damals mit dem Titel „Industrie 4.0“ versehen wurde. Gleichgültig, ob wir bei dieser Bezeichnung bleiben oder von einer Digitalen Transformation sprechen wollen, die Aufgaben bleiben dieselben. Und der Nutzen, der aus der Digitalisierung erwächst.

Für die Ultraeffizienzfabrik besteht ein wesentlicher Nutzen in der Transparenz. Die digitale Transformation macht Dinge sichtbar,

die vor einigen Jahren noch verborgen waren. Das gibt uns die Möglichkeit, Wirkungszusammenhänge zu verfolgen und riesige Datenmengen auszuwerten. Was uns zu neuen, gut abgesicherten Erkenntnissen führen kann.

Im Sinne dieser neuen Möglichkeiten kann man mit Fug und Recht davon sprechen, dass die Digitalisierung ein wichtiger Enabler der Ultraeffizienzfabrik ist. Nur was man messen kann, kann man auch verbessern. Das gilt für Emissionen, Energie- und Ressourcenverbräuche gleichermaßen.

Das Datenmaterial ist der Stoff, aus dem die Zukunft der Fabriken ist. Die Herausforderung besteht darin, die richtigen Daten zu erheben, sie richtig zu analysieren und die richtigen Schlüsse daraus zu ziehen. Eine Frage der Effektivität, der Kreis schließt sich.

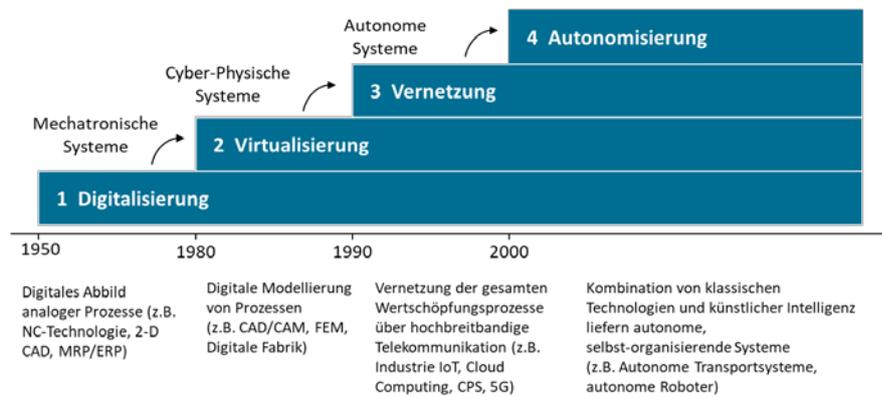


Bild 3: Die Entwicklungsstufen der digitalen Transformation (Quelle: Fraunhofer IPA)

Die biologische Transformation

Neben der digitalen Transformation gewinnt die zunehmende Nutzung biologischer Strukturen, Prozesse und Materialien in der industriellen Wertschöpfung massiv an Bedeutung. Diese so genannte Biologischen Transformation unterscheidet drei Stränge. Sie lassen sich wie in Bild 4 dargestellt visualisieren.

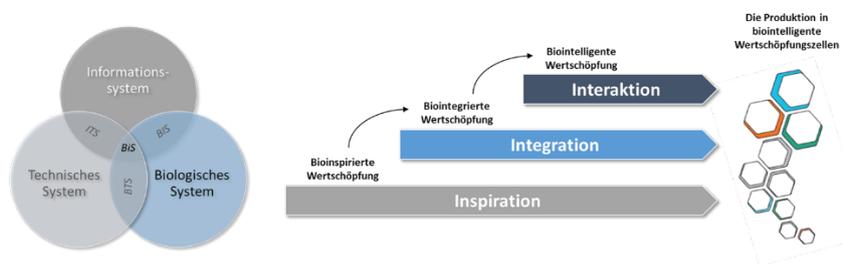


Bild 4: Die biologische Transformation im Überblick (Miehe et al. 2020)

Von der Inspiration zur Interaktion

Der erste Strang ist die *Inspiration*. Gemeint ist die Anregung industrieller Wertschöpfung durch Übertragung biologischer Prinzipien bzw. die „Baupläne der Natur“. Diesem Strang wird auch die Bionik zugeordnet. Ein Beispiel einer solchen biologischen Analogie sind strömungsgünstige Oberflächen, die sich an der Beschaffenheit der Haifischhaut orientieren.

Der zweite Strang ist die der *Integration*. Hier geht es um den Einsatz biologischer Prozesse – an Stellen, wo diese effizienter sind als technische Prozesse. Entsprechende Entwicklungen sind bereits heute in der Chemie- und Pharmaindustrie verbreitet. Ein banal klingendes, aber zutreffendes Beispiel findet sich in der Reinigung von Abwässern. Grobe Verunreinigungen werden mechanisch

beseitigt, Schadstoffe dagegen mit biologischen Verfahren gebunden oder herausgelöst.

Bei der *Interaktion* wirken technisches und biologisches System in aktiven Regelkreisen zusammen. Beispielsweise, indem aktiv Informationen ausgetauscht werden. Um bei der Kläranlage zu bleiben: Eine Interaktion läge dann vor, wenn die Bakterien im Voraus wüssten, welche Schadstoffe zugeleitet werden – und wenn die Bakterien wiederum dem Leitreechner direkt Informationen über den Status des Klärprozesses übermitteln könnten. Ein solcher Regelkreis könnte zum verbesserten Einsatz von Bakterienstämmen und damit zur Effizienz der Prozesse beitragen.

Ein solcher, sich selbst steuernder Regelkreis wird auch als ein biointelligentes System bezeichnet. Dieses System ist in der Lage, wesentlich effektiver und auch effizienter zu arbeiten, indem die Vorteile der Biologie konsequent genutzt und mit dem technischen System gekoppelt werden.

Biointelligente Systeme bieten nicht nur auf der Prozessseite Vorteile, sondern lassen sich auch in Produkte integrieren. So arbeitet das Fraunhofer IPA derzeit mit einem Start-up-Unternehmen zusammen, das einen „Schnüffelsensor“ für Sprengstoffe entwickelt hat. Das Prinzip ist, lebende Neuronen auf Chips zu pflanzen, die wiederum „angelernt“ werden, Sprengstoffe zu „riechen“, die nicht einmal Hunde aufspüren könnten. Die extreme Sensibilität der extrahierten Neuronen wird, technisch gesprochen, auf Bits und Bytes übertragen. Der Einsatz dieses Systems wird derzeit limitiert von der Lebenserwartung der Neuronen, die ohne Nährstoffzufuhr auf ihrem anorganischen -Träger nicht länger als zwei Jahre überleben können. Ähnlich geartete Konzepte – beispielsweise das 3- und 4D-Bioprinting, intelligente Bioreaktoren oder adaptive Materialien – verheißen auch in Zukunft große Innovationen in der industriellen Produktion.

Lösungsoptionen für die Fabrik

Es ist das erklärte Ziel, biologische Lösungsoptionen in die Ultraeffizienzfabrik einzubringen. Dazu gehört auch die Verwendung biologisch abbaubarer Materialien oder holzbasierter Werkstoffe statt Kunststoffen.

Das Nachdenken über diese Dimensionen gehört zum Lösungsraum einer solchen Fabrik. Noch einmal: Es geht auch und vor allem um ein radikales Umdenken. Sieht man den größeren Zusammenhang, so kann man langfristig davon ausgehen, dass die erdölbasierte Industrie mit all ihren Produkten irgendwann nur noch am Rande oder gar nicht mehr existieren wird. Also müssen wir bestrebt sein, die ölbasierten oder ölabhängigen Materialien schrittweise durch andere Materialien zu ersetzen. Je früher wir uns diese grundsätzlichen Gedanken machen, desto besser. Wir haben diesen Punkt im Zusammenhang mit der Effektivität bereits gestreift.

Der Innovationstreiber

Das Stichwort vom Innovationsmotor haben wir bereits angesprochen. Dieses Bild trifft nirgendwo besser zu als bei der biologischen Transformation. Hier eröffnen sich enorme Felder für Forschung und Entwicklung. Damit unterscheidet sich die biologische Transformation ihrem Wesen nach von der digitalen Transformation. Erstgenannte versetzt uns in die Lage, Machbarkeitsgrenzen zu überwinden, an denen wir bisher gescheitert sind. Damit meinen wir weniger die ethisch heiklen Themen der Biotechnologie, sondern pragmatische, in ihrem Kern organische und mithin „natürliche“ Dinge.

Von der bakteriellen Arbeit bei der Abwasserreinigung haben wir bereits gesprochen. Dieses Prinzip lässt sich auf weitere Reinigungsvorgänge übertragen, wie sie in der Produktion häufig stattfinden. In einem Beispiel der Ultraeffizienzfabrik ging es um

die biologische Vorreinigung von Bauteilen aus Aluminium, Kupfer, Stahl und Zink. Konventionell werden die Bauteile in einem Abscheider chemisch entfettet und gespült, als Abfall entsteht chemisch verunreinigter Schlamm. Schaltet man vor die konventionelle Reinigung einen Bio-Entfetter, löst man damit nicht nur das Abfallproblem – man spart auch noch Geld. Mit dem Einsatz biologischer Komponenten lassen sich die Betriebskosten um annähernd 40 Prozent senken. Diese erheblichen Potenziale ergeben sich durch die Einsparung teurer Chemikalien, den geringeren Einsatz von Energie und die wesentlich geringeren Kosten für die Entsorgung.

Solche „multiplen Effekte“ sind charakteristisch für die biologische Transformation. Und genau diese Effekte wollen wir gezielt und verstärkt in der Ultraeffizienzfabrik nutzen.

4. Die Branchen-Leitbilder

von Lara Waltersmann und Steffen Kiemel

Kein Königsweg zur Ultraeffizienz

Tragfähige Lösungen zur Ultraeffizienz gibt es nicht von der Stange zu kaufen. Welches Maß an Funktionsintegration, Modularisierung usw. jeweils optimal ist, lässt sich nur unter Betrachtung des Einzelfalls beantworten. Anders gesagt: Der Weg zur Ultraeffizienz ist ein individueller Weg und liegt in der Verantwortung der Unternehmen.

Das gilt teilweise auch für den Umgang mit Kreislaufwirtschaftskonzepten und weiteren Nachhaltigkeitsstrategien. Demontage, Weiterverwendung von Teilen, stoffliche Verwertung im Recycling-Prozess – meist stehen verschiedene Optionen zur Auswahl. Ein Unternehmen muss auf Basis detaillierter Analyse und plausibler Schlussfolgerungen entscheiden, welcher individuelle Weg eingeschlagen werden soll.

Der Handlungsrahmen geht an dieser Stelle weit über gesetzliche Vorgaben hinaus. Weitere treibende Faktoren können Überlegungen zur Rohstoffsicherung oder gar eine intrinsische, idealistische Motivation sein. So wird beispielsweise bei der Batterietechnik über Strategien zur Demontage und Wiederverwendung (oder gar über alternative Technologien) nachgedacht, um die Abhängigkeit von der oftmals kritischen Primärförderung einiger Rohstoffe wie etwa Kobalt oder Lithium zu verringern.

Vielfalt statt Einfalt

Zu Beginn unserer Arbeiten hatten wir den Ehrgeiz, ein Regelwerk der Ultraeffizienz zu entwickeln, das für alle Unternehmen gleichermaßen gilt. Aus heutiger Sicht muss man einräumen, dass

dieser Ansatz für viele zu abstrakt geblieben ist. Zu unterschiedlich sind die Anforderungen, zu vielfältig die Lösungsoptionen.

Um dennoch eine Vergleichbarkeit und erste Einordnung bezüglich der Ultraeffizienz-Performance zu ermöglichen, haben wir branchenspezifische Leitbilder entwickelt. Wie bereits gesagt: Die individuelle Betrachtung der Unternehmen ist für eine detaillierte Analyse zwingend, kann aber durch eine übergeordnete branchenspezifische Sicht teilweise kompensiert werden.

Schritte zur Konkretisierung

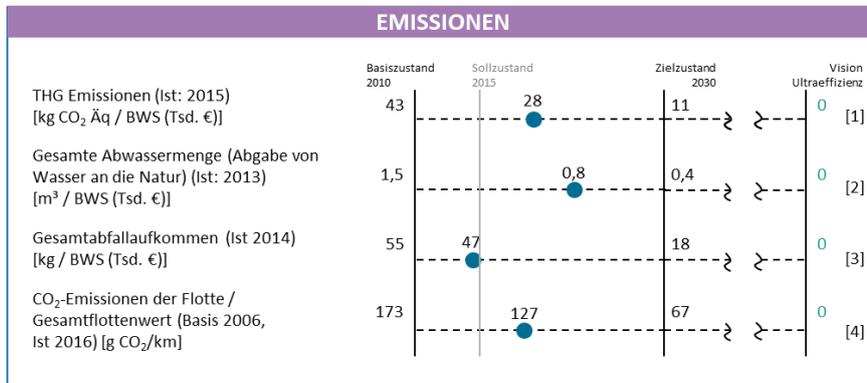
Bei der Ultraeffizienzfabrik handelt es sich um eine breit angelegte und komplexe Vision. Dementsprechend waren die ersten Beschreibungsmodelle eher allgemeingültig oder abstrakt. Die Branchen-Leitbilder markieren eine Etappe auf dem Weg vom generischen Modell zur individuellen Lösung. Dabei orientiert sich die Auswahl der betrachteten Branchen an einem für Deutschland relevanten Mix: Für die Automobilbranche, den Maschinenbau, die Elektronik- und die Lebensmittelindustrie wurden Leitbilder jeweils in enger Abstimmung mit Vertretern der Branche entwickelt. Zu diesem Zweck wurden umfangreiche Daten beschafft, analysiert und in einem System von Kennzahlen verglichen.

Vergleich durch Kennzahlen

Um ein intuitives und schnelles Verständnis zu ermöglichen, sind die Kennzahlen zur Ultraeffizienz in Werte-Skalen eingeordnet. Der Basiswert wird durch den ermittelten Zustand der jeweiligen Branche im Jahr 2010 gebildet, der Zielwert durch den für das Jahr 2030 definierten Zielzustand. Die Ableitung der entsprechenden Zielzustände erfolgte auf Grundlage festgelegter politischer Ziele sowie verschiedener Forschungsstudien, um absehbare bzw. notwendige Entwicklungen der einzelnen Kennzahlen abschätzen zu können. Auf Basis statistischer Daten ermittelten wir die

aktuellen Werte der Kennzahlen für den zuvor definierten Betrachtungszeitpunkt (2015), validierten diese in Stakeholder-Workshops und nahmen schließlich eine Einordnung in die Werteskala vor. Ordnungskriterium war die prozentuale Position des aktuellen Wertes zwischen Basis (0 Prozent) und Zielzustand (100 Prozent).

Die Analyse erfolgte grundsätzlich zweigeteilt, nämlich nach Effektivitätskennzahlen einerseits und Effizienz-kennzahlen andererseits. Im Zusammenhang mit der Effektivität lautet das Schlüsselwort „absolut“, da beispielsweise die absolute Reduktion der Treibhausgas-Emissionen benötigt wird (55% Verringerung bis 2030 im Vergleich zum Basisjahr 1990), bei der Effizienz hingegen „relativ“, um die Einordnung von Unternehmen zu ermöglichen (beispielsweise notwendige Treibhausgas-Einsparungen relativ zur Bruttowertschöpfung). Bild 5 gibt einen beispielhaften Überblick über verwendete Kennzahlen im Handlungsfeld Emissionen des Leitbilds der Automobilbranche. Ohne hier zu sehr in die Details zu gehen: Die vertikale Linie kennzeichnet die Soll-Entwicklung für das Jahr 2015. Die Position der Punkte macht deutlich, ob die Branche unter oder über diesem „Soll“ liegt. Auf diese Weise werden sowohl Vergleiche innerhalb einer Branche als auch zwischen den einzelnen Branchen möglich. Bezogen auf das gesamte Leitbild stellt der Kennzahlen-Vergleich allerdings nur eine Etappe dar, die von der nächsten Stufe ergänzt wird: der Vision der Zielzustände.



- [1] **Reduktion der THG-Emissionen um 51% im Vergleich zu 1990**
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, [online] <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050> [19.09.2018]
- [2] lineare Regression
- [3] **Reduktion des Abfalls um 8% in Bezug zum Jahr 2010**
Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban/ Dipl.-Ing. Gerhard Halm (2013): UNIKAT-Fachtagung Abfallvermeidung, [online] <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-86219-652-4.volltext.frei.pdf> [19.11.2018]
- [4] **Reduzierung der CO₂-Emissionen um 30% im Vergleich zu 2021**
Europäische Kommission, [online] https://ec.europa.eu/germany/news/20171108-CO2-Neuwagen_de [19.09.2018]

Bild 5: Beispielkennzahlen aus dem Handlungsfeld Emissionen zum Leitbild Automobilbranche

Vision der Zielzustände

Quantitative Vergleiche haben ihren unbestrittenen Nutzen, stoßen jedoch an logische Grenzen. Deshalb haben wir mit den Unternehmen auch Diskussionen über langfristige, eher qualitative Ziele geführt. „Langfristig“ heißt in diesem Zusammenhang, welcher Zustand bis zum Jahr 2050 erreicht sein soll. Gegenstand der Diskussionen waren Zukunftsszenarien, die von den Unternehmen auf ihre Plausibilität und ihr wahrscheinliches Eintreten hin überprüft wurden.

Dabei zeigte sich, dass bezüglich Energieversorgung und Energieverbräuchen schon kurzfristig sichtbare Fortschritte erwartet

werden. Beispielsweise rechnet die Automobilbranche bereits um das Jahr 2025 damit, dass einzelne Standorte mehr Energie erzeugen als sie benötigen. Und nur wenige Jahre später wird eine vollständig klimaneutrale Produktion erwartet – auch durch den Kauf von CO₂-Zertifikaten, wohlgemerkt.

Ein ganz entscheidender Punkt der Ultraeffizienz, nämlich die Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch, liegt allerdings scheinbar sehr viel weiter in der Zukunft. Die Experten aus den Firmen sehen diesen Zustand für die Automobilbranche erst um das Jahr 2045 erreicht. Direkt im Anschluss ab 2050 wird die Umsetzbarkeit einer vollständigen Kreislaufwirtschaft als möglich erachtet. Eine Vision, wie gesagt.

Der Weg zu diesen Zielzuständen wird mit großer Sicherheit nicht reibungslos verlaufen. Vielmehr stellen sich den Unternehmen Hemmnisse in den Weg, die es zu überwinden gilt. Auf der anderen Seite begünstigen verschiedene „Enabler“ die Entwicklung.

Hemmnisse und Enabler

Wer sich in der betrieblichen Praxis bewegt, wird feststellen, dass das Tempo in Richtung Nachhaltigkeit oder Ultraeffizienz derzeit eher gemächlich ist. Das liegt nicht zuletzt an der geringen Motivation, die Veränderungen aktiv anzugehen. Wirtschaftlichkeit ist die zentrale Zielgröße in der Industrie. Aus dieser Sicht lohnt sich das Konzept der Nachhaltigkeit für Unternehmen in vielen Bereichen noch nicht. Dies gilt zumindest „gefühl“ und auf kurze Frist gesehen. Zum einen sind die Energiekosten vergleichsweise niedrig, zum anderen sind Materialien meist leicht und günstig verfügbar. Jedoch wird oftmals außer Acht gelassen, dass sich durch eine nachhaltige Entwicklung ungeahnte Gewinnpotenziale heben lassen und somit ein langfristiger Erfolg gesichert werden kann. Richtig angepackt sind Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit entsprechend keine sich gegenseitig hemmende, sondern fördernde

Faktoren – Nachhaltigkeit und somit Ultraeffizienz als Schlüssel zum unternehmerischen Erfolg.

Die überwiegende Mehrzahl der benannten Hemmnisse liegt im organisatorischen Bereich der Unternehmen und über deren Grenzen hinaus. So wird das Fehlen politischer Anreize ebenso beklagt wie die Undurchsichtigkeit der Regularien. Hier ist seitens der Politik noch deutlich „Luft nach oben“. Hemmnisse, die über alle Branchen hinweg vorhanden sind, betreffen den Fachkräftemangel sowie hohe Amortisationszeiten organisatorischer und technologischer Neuerungen.

Die wesentlichen Enabler der Entwicklung liegen zunächst in der Erfüllung technisch-organisatorischer Voraussetzungen auf Prozess- und Fabrikebene. In der Automobilbranche sind Themen wie die Lebenszyklus-Analyse (Life Cycle Assessment, LCA) ebenso zu nennen wie taugliche Energiespeicher oder komplette Systeme zum Energiemanagement. Weitgehende Einigkeit herrscht darüber, dass Ultraeffizienz eine wichtige Führungsaufgabe ist und in der Kultur der Unternehmen verankert werden muss.

Fitnessstest für Unternehmen

Beobachten, messen, erkennen, verbessern: Das ist der Algorithmus, an dem wir uns in der Ultraeffizienzfabrik orientieren. Zu diesem Zweck haben wir zwei Instrumente entwickelt: den „Ultra-Eff-Check“, um den Reifegrad in Sachen Ultraeffizienz zu bestimmen, und den „Benchmark Ultraeffizienzfabrik“, um Unternehmen bezüglich ihrer Performance zu vergleichen.

In der Zwischenzeit ist der „Ultra-Eff-Check“ so ausgereift, dass wir innerhalb von zwei Tagen einen zutreffenden Überblick erarbeiten. Die Rede ist vom Zustand eines Unternehmens hinsichtlich Ultraeffizienz und seinen wichtigsten Handlungsbedarfen. Dabei werden bereits durchgeführte und geplante Verbesserungsmaßnahmen des Unternehmens im Rahmen

eines Workshops diskutiert und analysiert. Fokussiert wird auf die fünf Handlungsfelder der Ultraeffizienz sowie die Dimensionen Prozesse, Produktion und Fabrik. Weiter können und wollen wir den Bogen derzeit nicht spannen.

Auf Basis der definierten Branchen wird es zudem möglich, Unternehmen im Sinne eines Ultraeffizienz-Benchmarking zu vergleichen. Ein paar Stichworte:

Zentrales Element des Benchmarks ist ein Unternehmens-Fragebogen mit einer Fülle relevanter Kennzahlen aus den fünf Handlungsfeldern der Ultraeffizienz. Diese wurden mit Branchenvertretern auf ihre Plausibilität geprüft. Sie sollen die Ultraeffizienz-Performance der zu bewertenden Unternehmen bzw. jeweiliger Standorte möglichst umfassend abbilden. Zur Bewertung ziehen wir neben den Daten der Unternehmen, die bis dato an unserer Umfrage teilgenommen haben, weitere Vergleichsdaten heran. Erwähnenswerte Quellen sind Nachhaltigkeitsberichte, Studien mit sachdienlichem Fokus, politische Ziele und öffentlich verfügbare statistische Daten.

In einer Datenbank sind Best Practice-Beispiele aus einzelnen Branchen hinterlegt, die bei einem unterdurchschnittlichen Abschneiden als potenzielle Verbesserungsmaßnahme für die jeweils spezifischen Kennzahlen und somit die gesamte Ultraeffizienz-Performance empfohlen werden. Das Ziel lautet, relevante Kennzahlen in den einzelnen Handlungsfeldern zu analysieren, auf diese Weise die eigene Performance einordnen zu können und Maßnahmen zur Optimierung abzuleiten. Neu an dieser Benchmark-Methode ist, dass sie die drei Säulen der Nachhaltigkeit in Form der fünf Handlungsfelder der Ultraeffizienz ganzheitlich und umfassend verbindet.

Beide Instrumente könnte man als eine Art Fitnessstest für Unternehmen bezeichnen. Wo stehen wir? Wo wollen wir hin? Was müssen wir tun, um dahin zu kommen? Der Ultra-Eff-Check konzentriert sich eher auf vorhandene Überlegungen und deren

Bewertung sowie den unternehmensinternen Austausch, während der Benchmark durch den kennzahlenbasierten Vergleich mit anderen Unternehmen spezifische Handlungsempfehlungen ableitet. Ultra-Eff-Check und Benchmark müssen nicht zwangsläufig aufeinander aufbauen, lassen sich jedoch in sinnvoller Weise kombinieren.

5. Die Handlungsfelder von Siegfried Stender

Die Grenzen unserer Welt

Der Fokus unserer Arbeit ist produktionstechnischer Natur. Wir bearbeiten die Themen, von denen wir uns eine entscheidende Hebelwirkung auf dem Weg zur Ultraeffizienzfabrik versprechen. Nun liegt es in der Natur der Sache, dass der Betrachtungshorizont weiter ist als bei Ingenieuren üblich. Wir befassen uns nicht nur mit Prozessen, Produktionen und Fabriken, unser Blickwinkel weitet sich aus auf das (lebenswerte) Umfeld der Fabrik, auf die Region bis hin zu einer globalen Sicht der Dinge.

Aufmerksame Beobachter werden bei dieser Darstellung einen ganz wesentlichen Punkt vermissen: Das Produkt. Tatsächlich befassen wir uns mit der Herstellung von Produkten und nicht mit deren Aufbau oder Design. Das mag auf den ersten Blick etwas kurz gesprungen wirken, hat seine Ursache jedoch in der faktischen Komplexität der Inhalte. Natürlich wissen wir, dass das Produktdesign ein ganz entscheidender Faktor ist, insbesondere vor dem Hintergrund von Recycling und Nachhaltigkeit. Doch übernehmen wir diese Faktoren als Input in unseren Arbeitsbereich – und der ist noch immer komplex genug. Anders gesagt: Der Anspruch des Ansatzes der Ultraeffizienzfabrik ist, die systemischen Bedingungen nachhaltiger *Produktionen* in einer sich wandelnden Welt zu verbessern, nicht weniger und nicht mehr.

Obwohl derartige „Abgrenzungen des Untersuchungsgebietes“ oftmals erforderlich und wissenschaftlich legitim sind, lassen sie sich nicht immer völlig trennscharf lösen. In unserem Handlungsfeld „Material“ stellen wir uns durchaus die Frage, welche Materialien verwendet werden und wo diese herkommen. Doch sparen wir hier die Definition des Produktes im engeren Sinne aus – und nehmen diese als gegeben hin. Uns ist durchaus bewusst,

dass wir damit einen sehr großen Hebel ausschließen, doch besteht die Kunst wirksamer Lösungen auch darin, die Grenzen richtig zu ziehen und im Rahmen gegebener Randbedingungen bestmögliche Ergebnisse zu erzielen.

Wichtig ist vor allem, sich in Richtung der gemeinsamen Vision in Bewegung zu setzen und diesen Weg beharrlich zu beschreiten. Und genau dabei helfen uns die Handlungsfelder: Sie markieren die „Räume“, in die wir uns auf dem Weg zur Ultraeffizienz hineinbewegen müssen, um dort auf neue Probleme zu stoßen, die einer Lösung harren.

Das Thema Finanzen

Wir haben lange damit gerungen, wie wir das Thema Wirtschaftlichkeit behandeln sollen. Klar ist: Man kommt um das Finanzielle ebenso wenig herum wie um das Thema Information. Aber ist es ein explizites Handlungsfeld? Die Antwort lautet „Nein, aber...“.

Zu Beginn unserer Arbeiten haben wir uns auch mit Amortisationsrechnungen beschäftigt. Dabei stellten wir fest, dass entsprechende Rechnungen unterschiedlich lohnend sind – und zwar abhängig vom jeweiligen Handlungsfeld. Im Feld Energie lassen sich Amortisationen noch vergleichsweise einfach rechnen, im Feld Emissionen dagegen nur mit großem Aufwand. Rechnet man beispielsweise die Investition für eine Gebäudeisolierung gegen die eingesparten Heizkosten, braucht man dazu kein Mathegenie zu sein. Umgekehrt lässt sich auch die Amortisation einer Energieernte mit Solartechnik einfach rechnen, indem man die Kosten mit der Einsparung vergleicht.

In der Praxis zeigt sich jedoch, dass die wirtschaftlichen Effekte in anderen Handlungsfeldern sehr komplex und entsprechend schwer zu berechnen sind. Ohne plausible Amortisation wird jedoch kaum ein Unternehmer und sicherlich kein Investor für

Ultraeffizienz zu begeistern sein. Davon unberührt sind Motive wie gezieltes Marketing („Tue Gutes und rede darüber!“) oder gesetzliche Vorschriften, die einzelne Unternehmen zu entsprechendem Handeln veranlassen können.

Dennoch bleibt die Erkenntnis, dass wir mittel- bis langfristig eine Amortisationsrechnung für Ultraeffizienz brauchen. Bereits kurz- bis mittelfristig müssen wir herausarbeiten, welche Hebel zu bewegen bzw. Handlungen zu tätigen sind. Die Amortisation hängt in Summe stark von Umfeldfaktoren wie Energie- und Rohstoffpreisen ab und lässt sich nur schwer exakt voraussagen. Wir sind also auf Trendaussagen angewiesen, legen die Hände aber nicht in den Schoß, sondern arbeiten mit Druck auf den Feldern, die wir schon heute bestellen können: den Handlungsfeldern der Ultraeffizienzfabrik (siehe Bild 6).

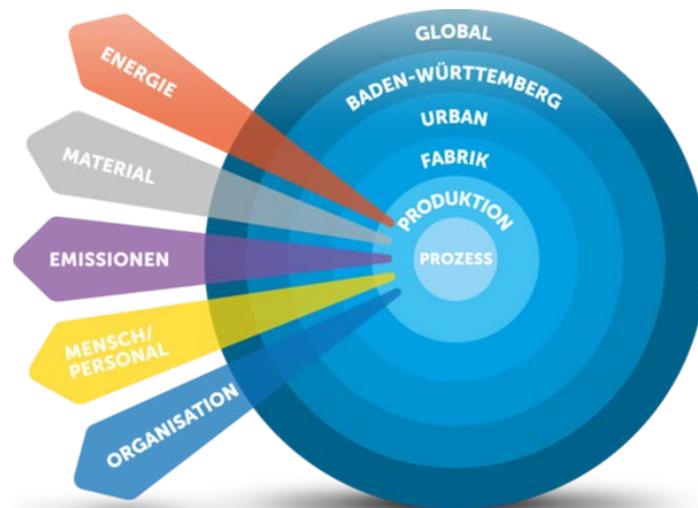


Bild 6: Die Handlungsfelder

Ein Hilfsmittel für die Messung und Bewertung von Ultraeffizienz sind die bereits angesprochenen „Ultra-Eff-Checks“. Diese können nicht zuletzt auch der Kommunikation dienen, um die Mitarbeiter eines Unternehmens zu interessieren und zu mobilisieren. Denn nur, wenn sich die Mitarbeiter bewegen, bewegt sich die Organisation.

Handlungsfeld Energie

Das Handlungsfeld Energie bildet einen logischen Startpunkt für den Weg zur Ultraeffizienz. Hier hängen die Früchte vergleichsweise niedrig und können leicht gepflückt werden.

Den Ausgangspunkt bildet idealerweise ein Benchmarking: Zwei Betriebe erklären sich bereit, das Handlungsfeld Energie in ihren Produktionsbereichen gemeinsam mit uns zu erforschen und zu erproben. Gemessen und verglichen wird zunächst die Ausgangssituation des Unternehmens. Mit Blick auf die bekannte Vision „Plus Energie“ lassen sich dann die Handlungsbedarfe erkennen und die Veränderungen messen. Kommt das Unternehmen voran? Wo steht man im Vergleich mit anderen Unternehmen? Welche Schritte sind erforderlich, um das Ergebnis zu verbessern? Solche Fragen – und der gezielte Benchmarking-Vergleich – bringen ein Unternehmen in Bewegung. Und das ist genau, was wir erreichen wollen.

Handlungsfeld Material

Hier betreten wir in der Tat ein weites Feld, das von unterschiedlichen Disziplinen bearbeitet wird. Deshalb sei es gestattet, dass wir uns hier auf einen einzelnen, aber besonders wichtigen Aspekt konzentrieren: Verschwendung.

Ein Beispiel: Leichtmetall ist ein teures und heikles Material, das meist mechanisch nachbearbeitet werden muss und das beim so genannten Anguss hohe Ausschussraten erzeugt. Zwar können die

Fehlteile wieder eingeschmolzen werden, doch läuft das immer auf die vermeidbare Verschwendung von Energie und Material hinaus. Ein Lösungsansatz besteht darin, ein neues Verfahren für den Anguss zu entwickeln, das diesen Ausschuss drastisch reduziert und damit zu hohen Einsparungen an Material und Energie führt. Ein noch größerer wirtschaftlicher Effekt ergibt sich jedoch durch die deutliche Verkürzung der Zykluszeiten mit all ihren Folgen für Durchlaufzeit, Produktivität und Liefertreue. Auf den Punkt gebracht: Wer im Blick hat, die Verschwendung von Material zu reduzieren, erreicht auf diesem Wege – als eine Art „Beifang“ gewissermaßen – deutlich weitreichendere wirtschaftliche Effekte. Von der Materialeffizienz über die Energieeffizienz zur Ultraeffizienz – das muss der künftige Weg sein.

Ein Grund mehr also, auf die Ultraeffizienz zu setzen und nichts unversucht zu lassen, hier Fortschritte zu erzielen. Genau darum ist es wichtig, bei den Experten vor Ort die Sensibilität für das Thema zu wecken und zu fördern. Nur mit der technischen Expertise der Mitarbeiter werden sich nachhaltige Lösungen finden lassen. Vereinfacht gesagt: Das Konzept der Ultraeffizienzfabrik liefert die Vision und die Messinstrumente, die Lösungen entstehen in der Praxis.

Handlungsfeld Emissionen

Flapsig formuliert befasst sich das Handlungsfeld Emissionen mit allem, was aus der Fabrik austritt und was wir gerne vermeiden möchten. Produktion muss so in ihre (lebenswerte) Umgebung eingefügt werden, dass sie nicht mehr als störend empfunden wird. Im Extremfall könnte man sich vorstellen, dass eine Fabrikhalle mit Wohnraum überbaut wird, um den Flächenverbrauch zu minimieren. Dass dies funktioniert, zeigen Beispiele im Umfeld des so genannten „Smart Rooftop Greenhouse“ – einer innovativen Technologie für eine industrielle Energiesymbiose. Der Ansatz für

eine bessere Energieeffizienz und -flexibilität besteht darin, unabhängige Produktions- und lokale Logistiksysteme zu Energie-Netzwerken zu verbinden.

Wenn wir hier „die richtigen Dinge tun“, kann es mit der Zeit dazu kommen, dass Produktionsstätten nicht mehr mit Schmutz und Lärm assoziiert, sondern positiv wahrgenommen werden. Das wäre ein großer und wichtiger Schritt in die Zukunft von industrieller Produktion und Industriearbeit.

Zu dieser positiven Anmutung von Fabriken gehört auch und vor allem ihr äußeres Bild. „Optische Umweltverschmutzung“ sollte in Zukunft vermieden werden – eine anspruchsvolle und dankbare Aufgabe für Architekten. Die Menschen müssen mit Fabrikation angenehme Eindrücke verbinden. Sie halten das für absurd? Dann betreten Sie doch einmal eine moderne Bäckerei. Die letzte Stufe der Fabrikation wird hier bewusst in die Nähe des Kunden gerückt, weil dieser den Geruch warmer Backwaren als angenehm empfindet. Zugegeben, ein exotisches Beispiel. Aber ein Beispiel.

Handlungsfeld Mensch/Personal

Wir sehen die Ultraeffizienzfabrik in einer Forschungstradition, in deren Rahmen industrielle Produktion immer wieder neu gedacht und in zukunftsfähige Konzepte gegossen wurde. Diese Tradition beginnt mit dem Computer Integrated Manufacturing der 1980er Jahre und führt über die Fraktale Fabrik der 1990er, das Stuttgarter Produktionsmodell der 2000er bis hin zur Digitalen Lean-Fabrik der 2010er Jahre. Spätestens seit der Fraktalen Fabrik gilt: Der Mensch steht im Mittelpunkt.

Genau diesen humanzentrierten Ansatz verfolgen wir auch in der Ultraeffizienzfabrik, wissend, dass wir die situative Intelligenz der Mitarbeiter auch in digitalen und virtuellen Zeiten dringend brauchen. Dennoch lässt sich nicht leugnen, dass zwischen

humanitären Zielen und technologischen Möglichkeiten ein wachsendes Spannungsfeld existiert.

Ein aktueller Megatrend besteht darin, dass sich Leben und Arbeit künftig stärker überlappen als bisher. Die Zeiten, in denen man sich täglich „ins Geschäft“ schlepte wie auf eine Sklavengaleere, sind in vielen Branchen schon heute vorbei. Arbeit wird nicht mehr ausschließlich als Belastung empfunden, sondern als produktiver, konstruktiver Teil der Biografie. Zeitliche und räumliche Flexibilität sind in diesem Zusammenhang wichtige Schlagworte – wobei beides im Kontext industrieller Produktion seine Grenzen hat. Denkverbote darf es trotzdem nicht geben: Alles, was der Nachhaltigkeit dient und der Produktivität nicht schadet, sollte erlaubt sein.

Der Forschung an Ultraeffizienzfabriken kommt zugute, dass sich künftige Arbeitswelten sehr gut simulieren lassen. In virtuellen Labs entsteht, was morgen Wirklichkeit werden soll. Hier sind wir zusammen mit dem Fraunhofer IAO sehr gut aufgestellt. Die Option, Arbeitssysteme digital zu erproben, bevor sie „in Stein und Eisen“ entstehen, ist für das Handlungsfeld Menschen/Personal ein Quantensprung. Der Anspruch ist, inspirierende und lebenswerte Arbeitsplätze zu schaffen. Gleichzeitig bleiben optimaler Energie- und Ressourcenverbrauch sowie Emissionsfreiheit ein Dauerthema. Auch für die Gestaltung der Organisation.

Handlungsfeld Organisation

Die Organisation der Zukunft ist schlank. Ihre Kultur ist geprägt von der konstanten Jagd nach Verschwendung in jeglicher Form. Energie, Ressourcen, Material, Gebäude, Flächen – geschont und eingespart wird überall. Das Instrumentarium dafür liefert uns die Lean-Philosophie in Kombination mit Elementen der digitalen und der biologischen Transformation.

Dennoch bleiben zahlreiche Fragen offen. Wie arbeiten Menschen und Roboter zusammen? Welche Rolle soll, kann und darf die Künstliche Intelligenz bei der Erreichung von Nachhaltigkeitszielen spielen? Um ganz ehrlich zu sein: Wir stehen in mehreren Handlungsfeldern noch am Anfang. Aber wohl nirgends so sehr wie bei der Gestaltung von Organisationen. Es gibt noch viel zu tun.

Der Ausblick

Beim Thema Ultraeffizienzfabrik geht es nicht um punktuelle industrielle Optimierung. Auch nicht um die Optimierung einzelner Technologien. Es geht um die ganzheitliche Verbesserung eines Systems. Denn nur so ist es möglich, das gesteckte Ziel zu erreichen. In diesem kurzen Ausblick wollen wir uns auf zwei aus unserer Sicht wesentliche Aspekte konzentrieren.

Erstens: Wir müssen konstatieren, dass wir technologisch von unserer Vision einer ultraeffizienten Fabrik noch weit entfernt sind und dass die Reise dorthin wohl noch längere Zeit in Anspruch nehmen wird. Auf dem Weg zu diesem Ziel ist interdisziplinäres Wissen gefragt, ist ein übergreifender Austausch zwischen angewandter Forschung und Unternehmen nötig, bei dem verschiedene Fachdisziplinen vernetzt und parallel arbeiten. Denn nur so lässt sich die Komplexität der Fragestellungen bewältigen. Die Zeiten der Einzelkämpfer sind definitiv vorbei. Interdisziplinäre Teams bündeln Kompetenzen, analysieren komplexe Sachverhalte, lernen – und setzen um.

Zweitens: Innovative Unternehmen sind immer auf der Suche nach neuen Marktchancen. Mittelständische Unternehmen zeichnen sich durch Risikobereitschaft, Weitblick, Elan und Kreativität aus. Dennoch müssen innovationsfreundliche Rahmenbedingungen geschaffen werden. Denn Unternehmen benötigen eine Orientierung, wie sie den langen Weg der urbanen Produktion gehen können.

Aus Sicht der Industrieforschung sind deshalb Anlaufstellen für Unternehmen von größter Wichtigkeit, in denen sie eng mit Forschungspartnern zusammenarbeiten und Lösungsansätze entwickeln können. Die zentralen Stichworte lauten Kompetenzzentren, Transferzentren, Leistungszentren oder ganz konkret „Centrum für Digitalisierung, Führung und Nachhaltigkeit Schwarzwald“, kurz: Campus Schwarzwald. Die Idee ist, KMU

Expertenwissen zur Verfügung zu stellen und einen einfachen Einstieg zu ermöglichen. Zusammen mit einem Forschungsinstitut können KMU Wissen und Erfahrungen sammeln und auf diese Weise innovative Ideen auf Basis des Ultraeffizienz-Konzepts entwickeln.

Wir haben gezeigt, dass jede Branche ihre eigenen Anforderungen und je eigene Technologien im Einsatz hat. Einen one-fits-it-all-Ansatz, der alles über einen Kamm schert, wird es von daher nie geben. Unternehmen lernen in diesem Campus, branchen- und unternehmensbezogen technologische, organisatorische und operative Kompetenzen aufzubauen. Neben Workshops, Informationsveranstaltungen und Anwendungsdemonstrationen bietet der Campus auch praxisnahe Schulungskonzepte und Handlungshilfen.

Nochmals allgemein formuliert: Kompetenzzentren bündeln Know-how, vorhandene Forschungs- und Entwicklungsressourcen und wirken als Innovationstreiber und Transferschnittstelle zwischen den Partnern. Das Ziel lautet, die Kompetenzen der Unternehmen zu stärken, um auf diese Weise neues Wissen und interdisziplinäre Lösungen zu entwickeln.

Für eine symbiotisch-verlustfreie Produktion in einem lebenswerten Umfeld.

Herausgeber- und Autorenporträts



Dr.-Ing. Dr.-Ing. **Jörg Mandel** beendete sein Ingenieurstudium an der Universität Stuttgart im November 1999 und arbeitet seitdem am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart. Als Gruppenleiter war er mehrere Jahre

für die Planung und Umsetzung von Just-in-Time- und Just-in-Sequence-Konzepten sowie für die Standardisierung und Optimierung von Logistikprozessen entlang der gesamten Wertschöpfungskette verantwortlich. Nach seiner Promotion leitet er seit 2012 die „Abteilung Nachhaltige Produktion und Qualität“. Die Idee ist, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Aspekte regional als auch global zu betrachten, um produktionstechnische Verantwortung für heutige und zukünftige Generationen zu übernehmen. Die Ultraeffizienzfabrik hat er als Mitinitiator und Projektleiter seit 2014 vorangetrieben.



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. **Alexander Sauer** hat an der RWTH Aachen Maschinenbau und Betriebswirtschaftslehre studiert, am WZL der RWTH Aachen promoviert und dort verschiedene nationale und internationale Forschungs- und Industrieprojekte geleitet. Heute ist er

Direktor des Instituts für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) der Universität Stuttgart sowie Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA).

Prof. Sauer leitete zuvor das Labor für angewandte Fertigungstechnik an der Hochschule München und war verantwortliches Mitglied der Geschäftsleitung eines internationalen Automobilzulieferunternehmens für den Bereich Operations. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich des Produktionsmanagements sowie der Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion. Prof. Sauer ist Autor zahlreicher Publikationen und national sowie international in verschiedenen Beiratsfunktionen und Gutachtergremien engagiert.

Steffen Kiemel studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Augsburg. Am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter der Arbeitsgruppe „Management nachhaltiger Wertschöpfungssysteme“. Seine Forschungsschwerpunkte sind: Ganzheitliche Bilanzierung, Bewertung von Kreislaufwirtschaftsstrategien, Ressourcenmanagement und -effizienz in der industriellen Produktion.

Dr.-Ing. **Robert Miede** studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der HTW Aalen, TU Berlin und UC Berkeley. Seit 2013 forscht er am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter, seit 2016 als Forschungsgruppenleiter zu den Themen Nachhaltigkeit in der Produktion, Ressourceneffizienz, Lean- und Umweltmanagement, produktbezogener Umweltschutz und Biointelligenz. Seit 2019 leitet er das Kompetenzzentrum Biointelligenz.

Dr.-Ing. **Siegfried Stender** ist Senior Expert Instandhaltungsmanagement am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart. Seit mehr als 20 Jahren beschäftigt er sich in Industrie- und

Forschungsprojekten u.a. mit den Themen Instandhaltungsmanagement, Produktionsorganisation, Logistik, Wertstromdesign sowie Zukunftsfragen des Produzierens in Deutschland und Europa. Er leitete Projekte in Großbetrieben und in der mittelständischen Industrie in den Branchen Energiewirtschaft, Automobil-, Flugzeug- und Elektronikindustrie, Krankenhaus, Öffentlicher Nahverkehr sowie Chemie-, Pharma- und Lebensmittelindustrie.

Lara Waltersmann studierte Wirtschaftsingenieurwesen sowie Maschinenbau an der RWTH Aachen. Am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin der Arbeitsgruppe „Management nachhaltiger Wertschöpfungssysteme“. Ihre Forschungsschwerpunkte sind: Bewertung von Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz in Unternehmen sowie Nutzung von Digitalisierung im Kontext der Nachhaltigkeit.

Literaturverzeichnis

Biologische Transformation: The next big thing? <https://factory.net.at/biologische-transformation-the-next-big-thing>

Miehe, R., Bauernhansl, T., Beckett, M., Brecher, C., Demmer, A., Drossel, W. G., ... & Horbelt, J. (2020). The biological transformation of industrial manufacturing –Technologies, status and scenarios for a sustainable future of the German manufacturing industry. *Journal of manufacturing systems*, 54, 50-61.

Neugebauer, Reimund (Hrsg.): *Biologische Transformation*. Serie Fraunhofer-Forschungsfokus. Wiesbaden: Springer Vieweg 2019

Reinhard, Gunther und Bauernhansl, Thomas: Von der Digitalen zur Biologischen Transformation. Erscheinen in: *wt Werkstattstechnik online* 3/-2018, S. 107.

Zintz, Klaus: Der Zukunft die Hand gereicht. *Stuttgarter Zeitung* vom 16.05.19, S. 20