



# Klimaneutralität

Mittelstand-Digital Magazin  
WISSENSCHAFT TRIFFT PRAXIS  
Ausgabe 21

## Impressum

### Herausgeber/Redaktion:

Begleitforschung Mittelstand-Digital  
WIK-Consult GmbH  
Rhöndorfer Straße 68  
53604 Bad Honnef  
HRB: Amtsgericht Siegburg, 7043  
Tel. +49 (0)2224-9225-0, Fax +49 (0)2224-9225-68  
E-Mail: mittelstand-digital@wik.org  
www.mittelstand-digital.de

Eine Publikation der Mittelstand-Digital Begleitforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

**Verantwortlich:** WIK-Consult, Martin Lundborg

**Redaktion:** WIK-Consult, Lisa Schrade-Grytsenko

**Satz und Layout:** WIK-Consult, Karin Wagner

### Urheberrechte:

Namentlich gekennzeichnete Texte geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Für den Inhalt der Texte sind die jeweiligen Autorinnen und Autoren verantwortlich.

### Bildnachweis:

Titelseite: Adobe Stock - liliya  
Seite 5: Pexels - Marcin Jozwiak  
Seite 11: PTW TU-Darmstadt  
Seite 16: Mittelstand-Digital Zentrum Schleswig-Holstein  
Seite 22: Treppenmeister - www.treppenmeister.com  
Seite 28: AdobeStock - sehbaer\_nrw  
Seite 37: Pexels - Google DeepMind  
Seite 39: Jacqueline Ullmann für Fraunhofer FIT  
Seite 42: Pexels - ThisIsEngineering  
Seite 48: Fraunhofer IGCV  
Seite 56: Softwarezentrum Böblingen/Sindelfingen e.V.  
Seite 60: AdobeStock - BullRun  
Seite 66: Pexels - SevenStorm JUHASZIMRUS

**Stand:** Januar 2024

### Druck:

Plump Druck & Medien GmbH  
Rolandsecker Weg 33, 53619 Rheinbreitbach

**ISSN (Print) 2198-8544**

**ISSN (Online) 2198-9362**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird möglicherweise auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

# Mittelstand-Digital Magazin WISSENSCHAFT TRIFFT PRAXIS – Ausgabe 21

## Klimaneutralität

### Inhalt

<b>Editorial</b>	<b>3</b>
Julian Keens, Hanna Brings <b>Treibhausgasemissionen verstehen, messen, reduzieren – ein Weg zum klimaneutralen Unternehmen im Mittelstand</b>	<b>5</b>
Sebastian Bardy, Sarah Mechenbier <b>Green Shopfloor Management</b>	<b>11</b>
Marco Cimdins, Tim Johannsen, Stefan Weidemann, Horst Hellbrück, Henning Strauß <b>Energy-Twin als Wegbereiter zur klimaneutralen vernetzten Produktion</b>	<b>16</b>
Felix Niemeyer, Malte Schäfer, Mark Mennenga <b>Klimaneutralität in kleinen und mittleren Unternehmen</b>	<b>22</b>
Lucia Oberfrancová, Cassandra Hellicar, Martin Wollensak <b>CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für Städte und Gemeinden am Beispiel Dahme: Für eine klimapositive Zukunft</b>	<b>28</b>
Hanna Kaschke, Lukas Rilling, Lena Köppen <b>Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft: Mit Datenräumen zur Klimaneutralität</b>	<b>37</b>
Oliver Crönertz, Sven Preußner <b>Softwarelösungen zur Ökobilanzierung – digitale Schritte zur Erreichung innerbetrieblicher Klimaschutzziele</b>	<b>42</b>
Stefan Roth, Vincent Kalchschmid, Markus Wörle <b>Digitales Energiemonitoring: Energiekosten und Treibhausgasemissionen in der Produktion senken</b>	<b>48</b>
Johanna Gelzer <b>Mit Digitalisierung zu mehr Nachhaltigkeit</b>	<b>56</b>
Robert Falkenstein, Laura Antonia Herzmann, Andreas Hoffmann <b>Die Roadmap zum klimaneutralen Handwerksbetrieb – und wie digitale Technologien dabei helfen</b>	<b>60</b>
Rafael Gramm <b>Toolbox Energie und Nachhaltigkeit – Klimaneutralität im Gebäudesektor durch Standards und Datenqualität</b>	<b>66</b>



# Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

der deutsche Mittelstand zeichnet sich durch seine hohe Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Märkte aus, auch dank seiner engen Beziehung zur Kundschaft. Die aktuelle Transformation zu nachhaltigen und insbesondere klimaneutralen Prozessen im nationalen und globalen Wettbewerb stellt somit zwar eine Herausforderung, aber auch eine neue Chance für kleine und mittelständische Unternehmen dar.

Klimaneutralität ist mittlerweile mehr als nur ein Trend, da sie entscheidend für die wirtschaftliche Handlungsfähigkeit von Unternehmen ist und eine Verbindung zwischen der aktuellen und zukünftigen Leistungsfähigkeit schafft. Sie ist demnach auch ein zentrales Element erfolgreicher Unternehmensführung. Die Arbeitsweise und Erfolg eines Unternehmens wird zunehmend davon geprägt, wie klimaneutral es agiert, beeinflusst durch Faktoren wie die steigende CO<sub>2</sub>-Bepreisung, die Präferenzen von Märkten für klimaneutrale Produkte und die regulatorischen Vorgaben zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen.

In dieser 21. Ausgabe des Mittelstand-Digital Magazins WISSENSCHAFT TRIFFT PRAXIS zeigen unsere Mittelstand-Digital Zentren auf, wie digitale Technologien und innovative Ansätze kleine und mittlere Unternehmen auf dem Weg zur Klimaneutralität unterstützen können. Ob klimaneutraler Gebäudesektor, Softwarelösungen zur Ökobilanzierung, Unterstützung durch den Energy-Twin oder die Klima-Coaches: Die Beiträge dieser Ausgabe stellen die vielen Facetten von Klimaneutralität mithilfe digitaler Lösungen dar. Sie stehen zugleich für die Themenvielfalt der Zentren im Netzwerk Mittelstand-Digital in ganz Deutschland. Betrachten Sie die Auswahl als Vorgeschmack auf Informations- und Qualifizierungsangebote zu diesen und weiteren Digitalisierungsthemen. Informationen über die rund 150 Anlaufstellen des Mittelstand-Digital-Netzwerks und einen umfassenderen Einblick in dessen Expertise erhalten Sie auf [www.mittelstand-digital.de](http://www.mittelstand-digital.de).

Ich wünsche Ihnen eine spannende und inspirierende Lektüre.

*Lisa Schrade-Grytsenko*  
Begleitforschung Mittelstand-Digital







Julian Keens, Hanna Brings

# Treibhausgasemissionen verstehen, messen, reduzieren – ein Weg zum klimaneutralen Unternehmen im Mittelstand

**Angesichts der sich beschleunigenden Klimakrise ist es notwendig, dass die Gesellschaft als Ganzes darauf hinarbeitet, unseren Planeten zu schützen und eine nachhaltige Zukunft für kommende Generationen zu sichern. Die Europäische Union hat dafür beschlossen, in dieser Dekade bis 2030 die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) um 55 % im Vergleich zum Jahr 1990 zu senken und bis 2050 klimaneutral zu werden.<sup>1</sup>**

Die Verteilung der aktuellen THG-Emissionen in der EU wurden 2023 neu analysiert. Demnach fallen 20,6 % der emittierten THG auf den industriellen Sektor. Nur der Transportsektor (21,3 %) und der Energiesektor (24,6 %) haben einen größeren Anteil an den Gesamtemissionen.<sup>2</sup> Die Sektorenanalyse zeigt, dass Reduktionsziele nicht nur innerhalb eines Sektors erreicht werden

können. Gerade die Industrie muss besonders aktiv zur Verringerung der THG-Emissionen beitragen. Die Bundesregierung strebt an, die Emissionen im industriellen Sektor bis 2030 auf die Hälfte des Standes von 1990 zu reduzieren.<sup>3</sup> Auch wenn diese Ziele noch nicht direkt in Anforderungen für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) umgesetzt wurden, ist schon jetzt absehbar, dass Anforderungen an den THG-Fußabdruck von Produkten und Dienstleistungen von den großen an die kleinen Unternehmen „durchgegeben“ werden.

Durch das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG), das zu dem Zeitpunkt nur Unternehmen ab 3.000 Mitarbeitenden betraf, wurden z. B. auf einmal auch kleine Handwerksbetriebe von großen Unternehmen aufgefordert, die darin enthaltenen Berichtspflichten ebenfalls zu erfüllen.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> European Commission (2020).

<sup>2</sup> Statista (2023).

<sup>3</sup> Bundesregierung (2023).

<sup>4</sup> Zentralverband des Deutschen Handwerks ZDH (2023).

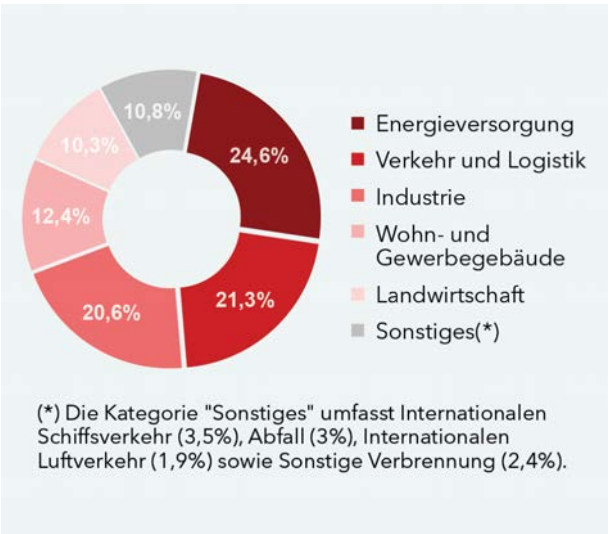


Abbildung 1: Verteilung der THG-Emissionen in der EU 2021 nach Sektor (Quelle: Statista 2023)

Für künftige Anforderungen gewappnet sein

Die zeitliche Entwicklung von Anforderungen an die Nachhaltigkeit ist vergleichbar mit dem Verlauf anderer Kriterien, wie z. B. an Sicherheit oder Qualität. Mit der Zeit werden beispielsweise Anforderungen an qualitativ hochwertige Produkte zum Standard für die breite Masse der Produkte. Somit ist es wahrscheinlich, dass entsprechende Charakteristika von aktuell als besonders nachhaltig ausgewiesenen Produkten in Zukunft ebenfalls standardisiert werden.<sup>5</sup> Da noch keine festen Ziele für Unternehmensgrößen festgelegt wurden und große Unternehmen in der Regel als Erste von neuen Regulatorien betroffen sind, setzen sie Richtlinien oft vorbeugend um. Diese werden dann als Vorgaben über die Wertschöpfungskette an vorgelagerte Unternehmen - und so auch KMU - weitergegeben.

Bilanzierung von Treibhausgas-Emissionen

Um die THG-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette überhaupt verursachungsgerecht zu analysieren und zu erfassen, hat sich in den letzten Jahren besonders ein Standard etabliert, der von mehreren internationalen Vereinigungen übernommen wurde: das *Greenhouse-Gas Protocol*.<sup>6</sup> Es setzt einen Rahmen für Unternehmen und Organisationen, in welchem sie ihre THG-Emissionen umfassend und standardisiert ermitteln sowie transparent und vergleichbar darstellen können. Gleichzeitig bietet der *Corporate Standard* Strategien zum Management und zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen.

Für ein besseres Verständnis unterteilt das GHG-Protocol die Emissionen in drei Betrachtungsräume, die als Scopes bezeichnet werden.<sup>7</sup> Auf dieser Grundlage lässt sich das Gesamtproblem der Klimaneutralität eines Unternehmens in handhabbare Aufgabenpakete unterteilen. Eine Detaillierung zum GHG-Protocol findet sich im Infokasten. Eine Übersicht aller zugehörigen THG-Kategorien und deren Aufteilung auf die Scopes ist Abbildung 2 zu entnehmen.

Das Greenhouse Gas Protocol und Scope 1, 2, 3 als Arten der Treibhausgas-Emissionen

**Scope 1** - umfasst die **direkten Emissionen** aus Quellen, die sich im Besitz oder unter der wesentlichen Kontrolle des berichtenden Unternehmens befinden. Wenn ein Unternehmen innerhalb seiner Betriebsgrenzen also direkt Treibhausgase erzeugt, fallen diese in Scope 1. Dazu gehören die Verbrennung von fossilen Brennstoffen vor Ort, industrielle Prozesse und chemische Reaktionen. Der Scope 1 ist durch die enge Verknüpfung mit den Aktivitäten des Unternehmens gut zu bilanzieren. Verbesserungsmaßnahmen sind hier oft Verbesserungen der Energieeffizienz, Brennstoffwechsel und Prozessoptimierungen.

**Scope 2** - umfasst die **indirekten Emissionen im Zusammenhang mit der Erzeugung von eingekaufter Energie** wie Strom, Wärme und Dampf, die vom berichtenden Unternehmen verbraucht und außerhalb der direkten Kontrolle des Unternehmens (z. B. in Kraftwerken) erzeugt werden. Dennoch sind die THG-Emissionen mit den Aktivitäten des Unternehmens verbunden, da sie vom Energieverbrauch abhängen. Unternehmen können die Scope 2-Emissionen reduzieren, indem sie saubere Energiequellen wählen oder die Energieeffizienz in ihren Einrichtungen erhöhen.

**Scope 3**-Emissionen umfassen **alle anderen indirekten Emissionen**, die nicht in Scope 1 und 2 enthalten sind. Diese stammen **aus Quellen in der Wertschöpfungskette** des Unternehmens, die vorgelagert (z. B. Lieferanten und Dienstleister) oder nachgelagert (z. B. Produktnutzung und Emissionen am Ende der Lebensdauer) sind. Scope 3-Emissionen stellen oft die komplexeste Herausforderung in Bezug auf Messung, Abschätzung und Management dar, da sie über die unmittelbare Kontrolle des Unternehmens hinausgehen. Um diese THG-Emissionen zu reduzieren können die Optimierung der Lieferkette, Änderungen am Produktdesign und die Förderung der nachhaltigen Produktnutzung durch die Kunden beinhalten.

5 Schmitt, R. et al. (2023).  
6 Global Reporting Initiative GRI (2018).

7 GHG Protocol (2015).



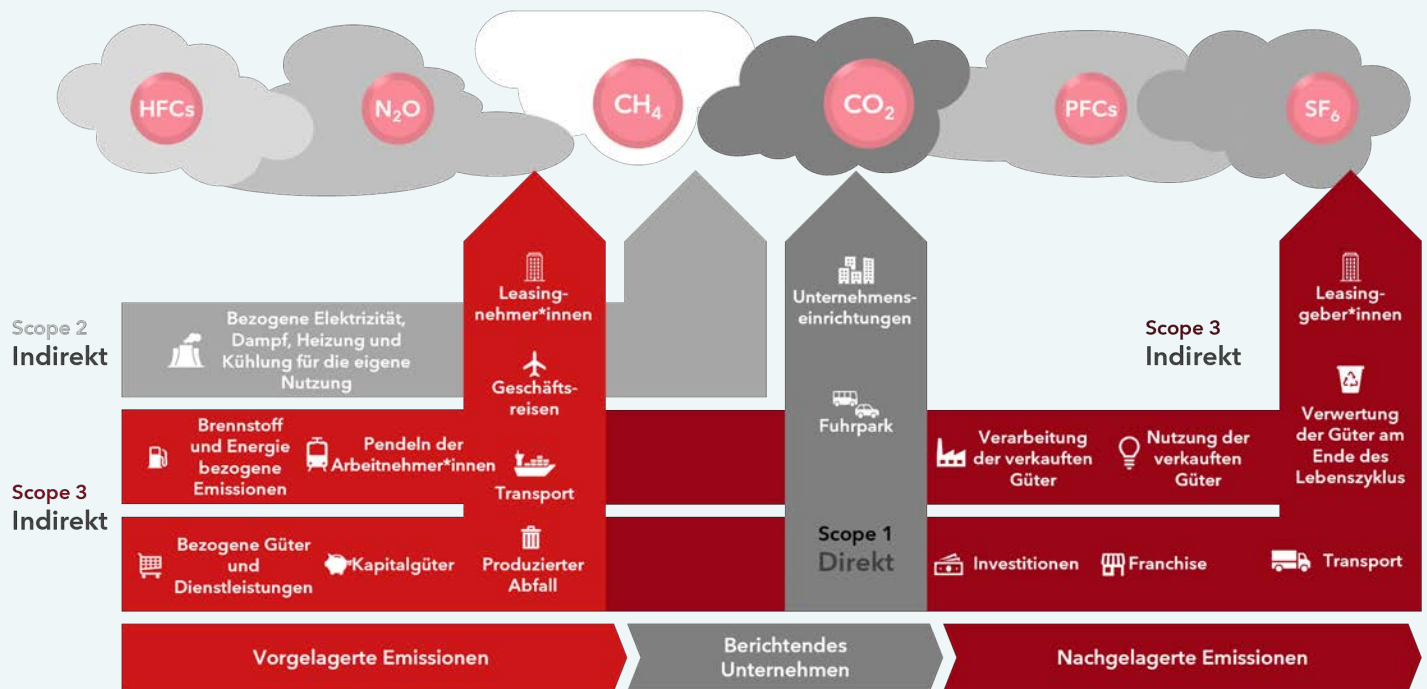


Abbildung 2: Die Kategorien an THG-Emissionen in den Scopes – nach dem GHG-Protocol ©WZL der RWTH Aachen 2023

### Klimaneutralität: Ein (indirektes) Thema für den Mittelstand

Um eine Vorgehensweise im Kontext Klimaneutralität für mittelständische Unternehmen abzuleiten, ist es sinnvoll, die Strategien großer Unternehmen zu beleuchten und daraus Rückschlüsse zu ziehen. Da die Klimaneutralität nicht in allen Scopes mit vergleichbarem Aufwand zu erreichen ist, werden individuell Ziele für die Reduktion und den Ausgleich von Emissionen gesteckt. In vielen Fällen sind die direkten Emissionen der KMU die indirekten Emissionen der großen Unternehmen. Deren Reduktion wird also auf Unternehmen verschiedenster Größen Auswirkungen haben und auch in deren Verantwortung liegen.

Die Bosch Gruppe gibt ein gutes Beispiel zur Erläuterung der Ziele und Vorgehensweisen großer Unternehmen, die ihre Nachhaltigkeitsbestrebungen in eigenen Berichten veröffentlichen.<sup>8</sup> Darin plant Bosch für 2022 die Klimaneutralität in Scope 1 und 2 sowie eine Reduktion der absoluten Scope 3 Emissionen um 15 % bis 2030. Nach eigenen Angaben sei Bosch seit 2020 mit den weltweit über 400 Standorten klimaneutral in Scope 1 und 2. Erreicht haben sie das durch die Umstellung auf erneuerbare Energien, Effizienzmaßnahmen und den Ausgleich von Emissionen durch Zertifikate. Bosch gibt

an, dass sie sich bei den Reduktionszielen für Scope 3 auf die Kategorien fokussieren, welche zusammen ca. 98 % der Emissionen ausmachen. Bei den vorgelagerten Emissionen betrifft dies vor allem die Logistik sowie zugelieferte Güter und Dienstleistungen. Damit kommen nun deren Anbieter in den Fokus, zukünftig indirekt ihren Beitrag zur Klimaneutralität der Bosch Gruppe zu leisten. Von den weltweit 25.000 Unternehmen, die die Bosch Gruppe als direkten Lieferanten angibt, betrifft dies damit auch eine sehr große Anzahl mittelständischer Transportunternehmen und Hersteller, die sich intensiv mit der Klimaneutralität in ihrem Unternehmen auseinandersetzen müssen.

Auch die Siemens AG hat sich das Thema Klimaneutralität auf die Fahnen geschrieben und sich dazu verpflichtet, bis 2025 die Emissionen aus dem Geschäftsbetrieb (Scope 1 und 2) um 55 % und bis 2030 auf „Null-Netto Emissionen“ zu reduzieren.<sup>9</sup> Genau wie Bosch erreicht Siemens diese Ziele ebenfalls durch Umstellung auf erneuerbare Energien und die Verringerung der Flotten- und Gebäudeemissionen. Das Ziel des Konzerns für Scope 3 lautet, die vor- und nachgelagerten Emissionen um 20 % gegenüber 2019 zu reduzieren. In Scope 1 und 2 fokussiert Siemens die Anstrengungen auf die Nutzung erneuerbarer Energien und die Verringerung der Flotten- und Gebäudeemissionen. Die nachgelagerte

<sup>8</sup> Bosch Nachhaltigkeitsbericht 2022.

<sup>9</sup> Siemens AG Nachhaltigkeitsbericht 2022.

Reduktion soll laut Siemens vorwiegend durch Innovationen bei der Produktoptimierung erreicht werden. Die vorgelagerten THG-Emissionen sollen über die Emissionsreduktion der Zulieferer sichergestellt werden. Etwa 65.000 Lieferanten – darunter ebenfalls eine große Anzahl KMU – mit denen Siemens weltweit zusammenarbeitet, werden sich daher mit ihren THG-Emissionen beschäftigen und über diese in Zukunft Rechenschaft ablegen müssen.

Beide dargestellten Unternehmensbeispiele betonen die hohe Relevanz der eingekauften Waren und Dienstleistungen für die Scope 3 Emissionen. Daraus resultiert für die Zukunft die Anforderung an vorgelagerte Unternehmen, die eigenen Waren und Dienstleistungen mit einem THG-Fußabdruck zu bemessen, um Emissionsdaten liefern und Reduktionsziele setzen zu können. Aber wie können die mittelständischen Zulieferer diese Ziele erreichen?

### Klimaneutrales Unternehmen. Wie beginnen?

Pragmatisch das große Ziel der Klimaneutralität in angepasste Aufgabenpakete herunterbrechen – dieses Vorgehen kann KMU dabei unterstützen, den THG-Fußabdruck ihres Unternehmens zu bilanzieren und einen Weg zur Klimaneutralität zu etablieren, der den eignen Strukturen und Möglichkeiten entspricht und damit, trotz „Daily Business“, erste Vorhaben und Erfolge quantifiziert. Die *Klima-Roadmap* zeigt eine Variante, wie dabei verfahren werden kann.

#### 1. Bestandsaufnahme

In der Phase der Bestandsaufnahme werden alle bisherigen Bestrebungen im Unternehmen zusammengetragen und aufgelistet. Dadurch wird das Projektteam bestmöglich informiert und lernt die Ausgangslage kennen.

#### 2. Ziele festlegen

Auf Basis der aktuellen Situation wird ein Ziel zur Reduktion der THG-Emissionen festgelegt, das ambitioniert, aber nicht unerreichbar ist. Es wird ein Basisjahr festgelegt, gegenüber dem der Fortschritt später bemessen wird. Hierfür bietet sich das Jahr an, zu dem man mit der Aufzeichnung von Daten beginnt. Es ist möglich, das Basisjahr in zukünftigen Berichten zu wechseln, wenn z. B. neue Erkenntnisse über vergangene Emissionen gewonnen werden können.

#### 3. Ermitteln von Scope 1

Die direkten Emissionen sind dem Unternehmen zugänglich und können relativ einfach ermittelt werden. Für jede Emissionsquelle auf dem Unternehmensgelände (Heizungen, Öfen etc.) werden über das Jahr die THG-Emissionen anhand z. B. der Brennstoffart, der verbrauchten Brennstoff-Menge und von Tabellenwerten bilanziert und zusammengerechnet. In Scope 1 sind neben den Emissionen auf dem Gelände auch die Emissionen der Fahrzeugflotte des Unternehmens einzurechnen.

#### 4. Ermitteln von Scope 2

Für die eingekaufte Energie lassen sich die THG-Emissionen ebenfalls simpel errechnen. Für den Strommix bspw. stehen Tabellenwerte zu THG-Emissionen pro kWh z. B. beim Energielieferanten zur Verfügung.

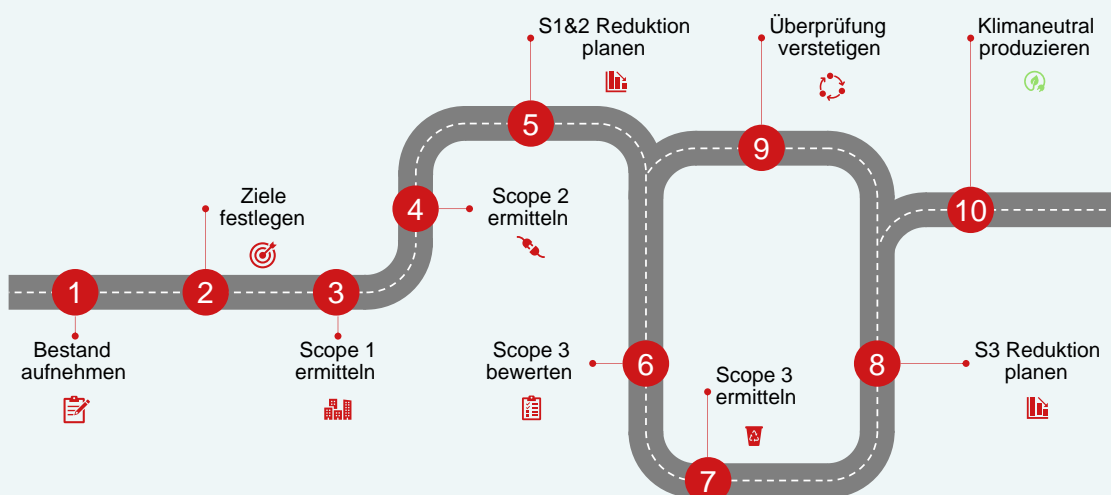


Abbildung 3: Roadmap zur Klimaneutralität in Ihrem Unternehmen ©WZL der RWTH Aachen 2023

	Vorgehensweise	Beispielhafte Methoden / Material
1	Bestand aufnehmen	Recherche in Ihrem Unternehmen
2	Ziele festlegen	Zielfindungsworkshop
3	Scope 1 ermitteln	Recherche in Ihrem Unternehmen
4	Scope 2 ermitteln	Recherche in Ihrem Unternehmen
5	S1&2 Reduktion planen	Projektteam mit Reduktion beauftragen
6	Scope 3 bewerten	Bewerten der Emissionskategorien
7	Scope 3 ermitteln	Recherche in Ihrem Unternehmen
8	S3 Reduktion planen	Projektteam mit Reduktion beauftragen
9	Überprüfung verstetigen	Verantwortlichkeiten und Review Zyklus festlegen
10	Klimaneutral produzieren	

Abbildung 4: Schrittweises Vorgehen mit bekannten Tools und Methoden ©WZL der RWTH Aachen 2023

#### 5. Entwickeln/Planen von Reduktionsmaßnahmen für Scope 1 und 2

Aufgrund von Abhängigkeiten untereinander sowie einer engen Verknüpfung von eingekaufter Energie und Energieversorgung im Unternehmen werden Maßnahmen zur Reduktion von Scope 1 und 2 zusammen entwickelt. Als Grundlage dafür dienen die vorab definierten Ziele sowie die ermittelten Grundwerte für Scope 1 und 2. Beliebte Maßnahmen sind der Aufbau eigener Photovoltaik-Anlagen auf dem Unternehmensgrundstück, der Wechsel von fossilen Brennstoff-Heizungen zu Heizungen mit Wärmepumpen, allgemeine Energieeffizienzmaßnahmen etc.

#### 6. Bewerten der Kategorien von Scope 3 hinsichtlich Größe und Reduktionspotenzial

Für Scope 3 ist die Datenverfügbarkeit oft schwer zu ermitteln. Daher werden zunächst die Unterkategorien hinsichtlich des Einflusses auf die Emissionen und die Datenverfügbarkeit bewertet. Die mit dem größten Potenzial und der besten Datenverfügbarkeit sollten bevorzugt werden.

#### 7. Ermitteln und Abschätzen der Scope 3 Emissionen

Nach der Priorisierung der Unterkategorien werden für jede Kategorie die Emissionen unter Zuhilfenahme von Tabellenwerten berechnet und abgeschätzt

#### 8. Entwickeln und Planen von Reduktionsmaßnahmen für Scope 3

Basierend auf den Berechnungen und Abschätzungen werden analog zu Scope 1 und 2 die Maßnahmen entwickelt und umgesetzt.

#### 9. Überprüfung verstetigen

Um die Reduktion der THG-Emissionen in den kontinuierlichen Verbesserungsprozess des Unternehmens aufzunehmen kann bspw. ein interner Preis für CO<sub>2</sub>-Emissionen genutzt werden. Die ermittelten Emissionen werden durch Zertifikatkäufe ausgeglichen. Die Reduktion der Emissionen bewirkt daraufhin eine direkte Reduktion der Ausgaben und wird dadurch in die finanziellen Ziele integriert. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen sollten regelmäßig für das eigene Unternehmen und für die Hauptkunden überprüft werden. So kann man Überraschungen aus dem Weg gehen.

Die Vorgehensweise in kleinen Schritten erlaubt einen systematischen Ansatz und die Verwendung bereits bekannter Methoden, welche auszugsweise in Abbildung 4 zusammengefasst dargestellt sind.

#### Worauf warten?

Eine proaktive Auseinandersetzung mit dem eigenen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und die Umsetzung effektiver Reduktionsmaßnahmen werden nicht nur zur Klimaneutralität, sondern auch zur langfristigen Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit mittelständischer Unternehmen beitragen. In Anbetracht der Herausforderungen in diesem Kontext, bietet die Klima-Roadmap einen klaren Leitfaden und hilft durch eine schrittweise Integration von Klimaneutralität in den betrieblichen Alltag, zeitnah messbare Fortschritte auf dem Weg zur Klimaneutralität zu erzielen.

## Autorin und Autor



**Julian Keens**, M. Sc. studierte an der RWTH in Aachen Maschinenbau mit der Vertiefung Produktionstechnik. Nach seinem Abschluss war er zunächst in der Beratung für Digitalisierung tätig und forscht zur Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement in der Gruppe Sustainability Insights an datengetriebenem Nachhaltigkeitsmanagement für produzierende Unternehmen. Sein Forschungsgebiet ist u.a. die nachhaltige und dezentrale Produktion von grünem Wasserstoff für den Energiebedarf. In seiner Promotion befasst er sich mit der Transformation von Unternehmen hin zu klimaneutraler Produktion.



**Hanna Brings**, M. Sc., studierte Chemie an der RWTH Aachen und weist mehrjährige Erfahrung als Prozessingenieurin in der chemischen Industrie auf. Seit 2021 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement. Als Leiterin der Forschungsgruppe Sustainability Insights beschäftigt sie sich intensiv mit dem Transfer von nachhaltigkeitsgetriebenen Kennzahlensystemen, Bewertungsmethoden und Technologien in den Produktionsalltag. Ihr Forschungsgebiet betrifft die Entwicklung von Entscheidungsunterstützung für die Nachhaltigkeitstransformation produzierender Unternehmen sowie die Identifikation von industriellen Anwendungsfällen. Inhaltlich befasst sich ihre Promotion mit der aufwandsreduzierten Nachhaltigkeitsbewertung durch automatisierte Erfassung von Nachhaltigkeitskennzahlen auf Basis existierender Prozessdaten.

Wollen Sie Ihr Unternehmen nachhaltig gestalten und den Weg Richtung Klimaneutralität rechtzeitig starten? Möchten Sie wissen, welche digitalen Technologien und Anwendungen Sie dabei unterstützen können? Dann kontaktieren Sie uns und nutzen Sie unser vielfältiges, kostenfreies Serviceangebot.

## Literatur

- Bosch Nachhaltigkeitsbericht 2022, abgerufen Okt. 2023.
- Bundesregierung 2023. Industrie. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/co2-reduktion-industrie-1672904>. abgerufen im Oktober 2023.
- European Commission (2020, September 17). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions: Stepping up Europe's 2030 climate ambition (COM(2020) 562 final).
- GHG Protocol 2015, <https://ghgprotocol.org/corporate-standard#supporting-documents>, Stand Okt. 2023.
- Global Reporting Initiative GRI, 2018, "GRI Standard 305 Emissionen", Amsterdam.
- Statista 2023. Distribution of greenhouse gas emissions in the European Union (EU-27) in 2021, by sector, April 18, 2023, <https://www.statista.com/statistics/1325132/ghg-emissions-shares-sector-european-union-eu/>.
- Zentralverband des Deutschen Handwerks ZDH 2023, <https://www.zdh.de/themen-und-positionen/lieferketten-gesetz/>, abgerufen im Oktober 2023.
- Schmitt, R. et al. 2023 "New Quality Paradigm for Sustainable Production", in "Empower Green Produktion", Aachen 2023.
- Siemens AG Nachhaltigkeitsbericht 2022, abgerufen Okt. 2023.

Wir vom Mittelstand-Digital Zentrum Rheinland unterstützen kleine und mittlere Unternehmen kostenfrei. Dabei bieten wir Informationsveranstaltungen, eröffnen den Zugang zu Demo-Zentren in Forschung und Industrie und schaffen Weiterbildungsangebote. Zusätzlich unterstützen wir Sie bei dem Erstellen der eigenen Digitalisierungs- und KI-Strategie und begleiten in konkreten Projekten.

Gut zu wissen: Unsere Leistungen sind für kleine und mittlere Unternehmen kostenfrei und anbieterneutral. Dies ermöglicht die Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz über die Initiative Mittelstand-Digital.

[www.mittelstand-digital-rheinland.de](http://www.mittelstand-digital-rheinland.de)







Sebastian Bardy, Sarah Mechenbier

# Green Shopfloor Management

## Der digitale Treiber für eine klimaneutrale Produktion

**Um die Erderwärmung zu begrenzen, wird es in den kommenden Jahrzehnten notwendig, die Produktion auf Klimaneutralität umzustellen. Laut einer Studie der Staufen AG halten 84% der befragten Unternehmen den Wandel zu einer klimaneutralen Produktion für überlebenswichtig für ihr Unternehmen. Schon heute möchte jedes zweite Maschinen- und Anlagenbauunternehmen bis 2030 komplett klimaneutral sein.<sup>1</sup> Das Thema Klimaneutralität wird jedoch hauptsächlich Top Down betrachtet und auf der Management Ebene diskutiert. Auf operativer Ebene bildet klimaneutrale Produktion bisher ein Randthema der herkömmlichen Zielgrößen Zeit, Kosten und Qualität.<sup>2</sup>**

Eine der zentralen Herausforderungen für die klimaneutrale Produktion ist es, die Effizienz der eingesetzten Ressourcen zu verbessern und so insgesamt den Ressourcenverbrauch zu reduzieren. Studien zeigen, dass der Fokus

in Unternehmen häufig auf der Technologie zur Verbesserung der Ressourceneffizienz liegt.<sup>3</sup> Mensch und Organisation werden tendenziell vernachlässigt, obwohl es gute Gründe gibt, das Potenzial in diesen Bereichen zu heben: Die Kosten für die Umsetzung von Ressourceneffizienz bei Mensch und Organisation sind im Vergleich zur Erneuerung bestehender Technologien gering und der laufende Produktionsprozess erfährt dadurch keine signifikanten technischen Veränderungen.<sup>4</sup>

Das Shopfloor Management (SFM) bietet als zentrales Element für die Steuerung und Qualifizierung von Mitarbeitenden (MA) das Potenzial, die Themenbereiche Mensch und Organisation für den Weg zu einer ressourceneffizienteren Produktion zu nutzen.<sup>5</sup>

Wie mithilfe von SFM die Rahmenbedingungen für eine Veränderung des Verhaltens der MA für mehr Ressourceneffizienz verbessert werden können, wurde im Rahmen des Digitalisierungsprojekts „Green Shopfloor

1 Staufen AG (2022).

2 Metternich et al. (2021).

3 Wulf et al. (2013).

4 Katharina Mattes et al. (2015); Majid Ansari et al. (2014).

5 Bardy et al. (2022).

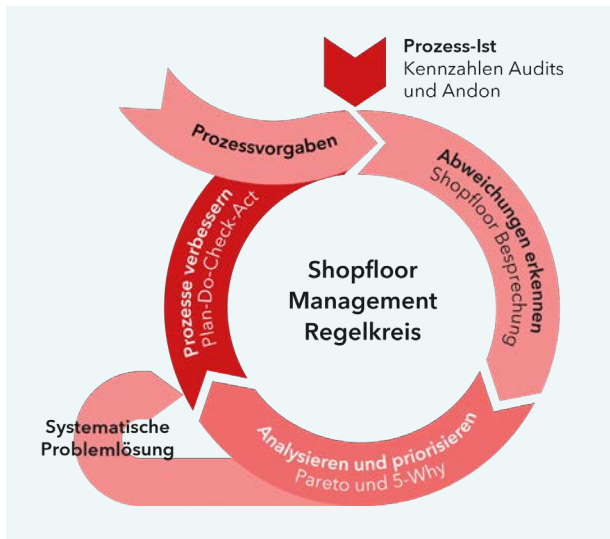


Abbildung 1: Abläufe im SFM am Beispiel des Regelkreises

Management“ gezeigt. In der Produktion der Firma INSTA GmbH aus Lüdenscheld konnte das Projekt vom Mittelstand Digital Zentrum Darmstadt erfolgreich umgesetzt werden.

## Stand der Technik

### Rahmenbedingungen für ein ressourceneffizientes Verhalten

Das Verhalten von MA im Unternehmen gezielt zu beeinflussen ist komplex und den Erfolg der Verhaltensänderung zu messen, umso schwieriger. Ein messbarer Weg ist die Erarbeitung von Rahmenbedingungen, unter denen das Verhalten der MA zu mehr Ressourceneffizienz positiv beeinflusst wird.<sup>6</sup>

Die grundlegende Voraussetzung hierfür ist ein Philosophiewandel im Unternehmen. Ausgehend von der Annahme strategischer Ziele zur Ressourceneffizienz sind diese Ziele ganzheitlich und durchgängig bis hin zu Tageszielen herunterzubrechen und durch tägliche Routinen (wie bspw. SFM) zu verfolgen.<sup>7</sup>

Es muss eine Operationalisierung für das neue Thema geben, indem konkrete Zielvorgaben formuliert und in Kennzahlen festgehalten werden. Hierbei ist es besonders wichtig, auf die verursachungsgerechte Zuweisung der Verbräuche zu achten. Die neu geschaffene Transparenz ist der Ausgangspunkt für Verbesserungen im Tagesgeschäft.<sup>8</sup>

Um einen grundlegenden Wandel in den Werten bzw. Normen des Unternehmens zu erreichen, ist das Problembewusstsein über Ressourcenverschwendung bei den MA zu schärfen. Hierbei unterstützend wirkt eine aktive Partizipation der MA bei der Gestaltung von Veränderungsprozessen sowie ein klares Commitment des Managements. Verbunden mit einer systematischen Qualifizierung können so Rahmenbedingungen geschaffen werden, die das Verhalten der MA nachhaltig beeinflussen.<sup>9</sup>

### Shopfloor Management als Werkzeug

Zentrales Ziel des SFM ist das „Führen am Ort der Wertschöpfung“.<sup>10</sup> Dabei geht es darum, dass die Verantwortlichen für den Shopfloor (die Produktionshalle) regelmäßig mit den MA zusammenkommen, um gemeinsam Abweichungen zu identifizieren und Lösungen zu finden.<sup>11</sup> Die Idee hinter dem SFM ist es, eine Kultur der kontinuierlichen Verbesserung zu schaffen. Durch regelmäßige Besprechungen und das Einbeziehen der MA in den Entscheidungsprozess soll die Produktivität gesteigert werden. Vorschläge zur Verbesserung der Prozesse kommen dabei verstärkt von den MA (als Expert:innen für die Prozesse) und werden auch in Zusammenarbeit mit den MA umgesetzt.<sup>12</sup>

Die beschriebenen Fähigkeiten des SFM bilden ein geeignetes Werkzeug, um die passenden Rahmenbedingungen für ressourceneffizientes Verhalten zu schaffen. Im SFM-Regelkreis sind hierfür jedoch Erweiterungen notwendig.

### Anpassungen für mehr Nachhaltigkeit

Im SFM ist es wichtig, das Unternehmensziel zur Ausrichtung des Verbesserungsfokus immer im Blick zu behalten. Nicht anders verhält es sich, wenn man Klimaneutralität durch die MA auf dem Shopfloor vorantreiben möchte. Eine übergeordnete Vision sowie konkret formulierte und kommunizierte Nachhaltigkeitsziele sind daher wichtig, um die Soll-Zustände im Ressourcenverbrauch definieren zu können und das Commitment des Managements zu untermauern.

Einen Zielzustand kann man jedoch nur effektiv durch regulierende Eingriffe verfolgen, wenn man den eigenen Ist-Zustand kennt. Die notwendige Transparenz in den Ressourcenverbräuchen kann das Unternehmen durch verursachungsgerecht installierte Sensorik erreichen. Die MA bekommen hierüber Informationen über

<sup>6</sup> Schlatter (1998).

<sup>7</sup> Ansari und Nagel (2017).

<sup>8</sup> Wulf und Ansari (2014).

<sup>9</sup> Majid Ansari (2019).

<sup>10</sup> Peters (2009).

<sup>11</sup> Leyendecker und Pötters (2021).

<sup>12</sup> Suzaki (1993).



den Ist-Zustand der Verbräuche, die sie selbst beeinflussen können. Digitale Dashboards bieten hierbei ideale Gestaltungsmöglichkeiten für eine automatisierte, leicht verständliche Visualisierung am Arbeitsplatz. Unmittelbares Feedback wie beispielsweise die automatische Grünfärbung von Kennzahlen innerhalb der Soll-Werte auf dem Dashboard vereinfacht beispielsweise die Interpretation der Werte. Klimaneutralitätskennzahlen unterstützen so bei der Bewertung der Qualität des Ist-Zustands der Ressourcenverbräuche, im Operativen. Besonders wichtig bei der Entwicklung neuer Ressourceneffizienz-kennzahlen ist es, darauf zu achten, dass der betrachtete Wert aktiv durch die verantwortlichen MA beeinflusst und somit verbessert werden kann (SMART-Kriterien). Ist dies nicht der Fall, kann die Motivation der MA schnell sinken.

Zur Verbesserung der über die Kennzahlen identifizierten Abweichungen muss die Definition geeigneter Verbesserungsmaßnahmen am Ort der Wertschöpfung erfolgen, um den Soll-Zustand möglichst schnell und effizient wieder zu erreichen. Zur Befähigung der MA wurde im Rahmen des Projekts ein Ressourceneffizienz-Maßnahmenkatalog entwickelt. Dieser gibt Ideen und trägt richtungsweisend zur Identifikation individueller Lösungen bei.

Da im Bereich Ressourcenverbrauch häufig technisches Fachwissen benötigt wird, um Probleme zu verstehen und Lösungen zu finden, ist eine Erweiterung des Teilnehmendenkreises der Shopfloor-Meetings notwendig. Sind bspw. Mitarbeitende des technischen Gebäudemanagements einbezogen, können Ursachen für Abweichungen frühzeitig identifiziert und durch die schnelle Umsetzung von Maßnahmen Verbesserungen ermöglicht werden.

Über die Beeinflussung bereits bekannter Stellhebel hinaus kann mit weiterem Einsparungspotenzial innerhalb der Produktion gerechnet werden. Um dieses, bis dato unbekannte und intransparente Potenzial zu identifizieren, kann das klassische Element des sogenannten Gemba Walks (Beobachtungsgang am Ort des Geschehens) angewendet werden. Mit offenen Fragen leitet ein solcher Green Gemba Walk den Fokus der Betrachtenden in Richtung Ressourcenverschwendung und unterstützt so die Sensibilisierung der MA für die Problematik. Integriert in eine regelmäßige Shopfloor Routine wird das Thema Klimaneutralität hierdurch Teil des Tagesgeschäfts.

Zur Koordinierung der unternehmensweit ergriffenen Maßnahmen empfiehlt es sich darüber hinaus, eine Ressourceneffizienzbeauftragte Person zu ernennen. Eine solche Stelle kann dazu beitragen, die Verpflichtung aller zu verdeutlichen, den PDCA-Prozess am Laufen zu halten und Ressourceneffizienz langfristig als neuen Wert im Unternehmen zu etablieren.

Pilotbereich	Vergleichsgruppe
7x Montageinsel 1x Wellenlötanlage 1x Reinigungsmaschine	7x Montageinsel 1x Wellenlötanlage 1x Reinigungsmaschine
Nachhaltigkeitsstrategie	
Zusätzliche Stelle: Ressourceneffizienzverantwortliche/r	
Installation zusätzlicher Sensorik	
Befähigungsworkshop	
Ressourceneffizienz Kennzahlen im SFM	Kennzahlen im Hintergrund
Erweiterung des Teilnehmerkreises im SFM	Shopfloor Routine unverändert
Einführung Green Gemba Walk	
Einführung Maßnahmenkatalog	

Abbildung 2: Versuchsaufbau bei der Insta GmbH

## Anwendung

Zur Validierung des zuvor erläuterten Modells wurden die Strukturen und Anlagen sowie das SFM der Elektronik Firma Insta in Lüdenscheid digital nachgerüstet und strukturell angepasst. Wie in Abbildung 2 dargestellt, wurde ein Pilotbereich aktiv verändert, während ein Vergleichsbereich lediglich mit Sensorik und Kennzahlen im Hintergrund ausgestattet wurde. An den Anlagen wurden zusätzliche Strom- und Druckluftsensoren verbaut. Die gewonnenen Verbrauchsdaten wurden im Zuge eines Kennzahlenworkshops zu Kennzahlen verdichtet. Anbei ausgewählte Beispiele:

- ▶ Aktiv genutzte Energie/Druckluft [kWh] [l/min]  
Höhe des Energie-/Druckluftverbrauchs während der Produktivzeit
- ▶ Passiver Energie-/Druckluftverlust [kWh] [l]  
Energie-/Druckluftmenge, die bei Anlagenstillständen verbraucht wird
- ▶ Energienutzungsgrad [%]  
Anteil der aktiv genutzten Energie im Verhältnis zur Gesamtenergie

Die Kennzahlen sind über das in Abbildung 3 dargestellte Dashboard für die MA gut zugänglich und transparent dargestellt. Die Digitalisierung ermöglicht hierbei die automatische Berechnung im Hintergrund, sowie die bereits farblich interpretierte Ausgabe.



Abbildung 3: Kennzahlendashboard am Beispiel Energieverbrauch

Vor der Implementierung der angepassten Elemente, wurden den MA in Befähigungsworkshops das notwendige Wissen zum Thema Nachhaltigkeit vermittelt. Neben technischem Grundwissen bezüglich Ressourcen und deren Verbrauch stand hierbei das „Sehen lernen“ von Ressourcenverschwendung im Vordergrund. Die entwickelten Unterstützungsmaßnahmen „Ressourceneffizienz Maßnahmenkatalog“ sowie „Green Gemba Walk“ wurden eingeführt und zusammen mit den Kennzahlen in die tägliche Shopfloor Routine integriert.

Nach mehrwöchiger Versuchslaufzeit sind bereits erste Erkenntnisse feststellbar. Die Kennzahlen konnten aufzeigen, dass der Energienutzungsgrad in der Montage zeitweise unter 40% lag, was bedeutet, dass ca. 60% der verbrauchten Energie nicht der Wertschöpfung am Produkt diene. Als Ursache wurden hierfür vor allem das Nichtabschalten der Montageinsel in der Nacht und bei Störungen identifiziert. Hauptgrund für dieses Verhalten ist der zusätzliche Aufwand beim Hochfahren der Systeme. Auffällig ist auch, dass die Nutzung der Montageinsel mit weniger Personal (1 statt 2 Personen) bei annähernd gleichem Energieverbrauch deutlich weniger Output generiert. Somit ist diese Betriebsform ebenfalls nicht empfehlenswert auf dem Weg zur Klimaneutralität. Unterstützt durch strukturierte Green Gemba Walks konnte zusätzliches Effizienzpotenzial im Prozess wie beispielsweise doppelte Beleuchtung, stark verzweigte Druckluftleitungen und nachträgliche Drosselung des Druckluftniveaus identifiziert werden. Im Bereich „Fügen und Reinigen“ zeigten die Kennzahlen beispielsweise hohe Energie- und Stickstoffverbräuche unabhängig von der Auslastung der Anlage. Verdichtete Produktionsbedingungen konnten folglich als Maßnahme zur Stabilisierung und Reduzierung der

Verbräuche pro Träger identifiziert werden. Auch in diesem Bereich führte der Green Gemba Walk zur Potenzialfindung: Die fehlende Dämmung der Anlage, welche bisher nicht hinterfragt wurde, da der Prozess beobachtbar bleiben sollte. Bei genauerer Untersuchung wurde jedoch klar, dass hierfür keine Notwendigkeit besteht, da die Anlage sich selbstständig überwacht. Ebenfalls auffällig waren zahlreiche Lüfter zur Kühlung von Bauteilen. Ursprünglich auf ein Worst Case Szenario ausgelegt, sind diese die meiste Zeit des Jahres überdimensioniert. Einfache Abschaltmaßnahmen und ein gesteigertes Bewusstsein im Betrieb bilden auch hier einen Schritt in Richtung klimaneutraler Produktion.

### Zusammenfassung und Ausblick

Das im Rahmen des Mittelstand-Digital Zentrums Darmstadt durchgeführte Projekt Green SFM hatte zum Ziel, das Ressourceneinsparungspotenzial auf dem Shopfloor der Firma Insta GmbH mit Hilfe von Digitalisierung sichtbar und nutzbar zu machen. Das hierzu von Wissenschaftler:innen der TU-Darmstadt entwickelte Modell bedient sich bereits etablierter Elemente des SFM, welche so adaptiert werden, dass MA nicht nur klare Ressourceneffizienzziele, sondern auch Transparenz in den selbst verursachten Verbräuchen haben. Im Zuge der Validierung des Modells führte dies bereits zu einer ersten Verbesserung in den Verbrauchsdaten des Unternehmens. Ebenso wichtig wie die Verbesserung der Verbrauchszahlen ist die Entstehung eines Problembewusstseins im Unternehmen. In Gesprächen mit den MA wurde deutlich, dass die Integration des Themengebietes in die tägliche Routine des SFM hierzu einen Beitrag leisten kann.

## Literatur

- Ansari, Sarah Majid; Nagel, Stefan (2017): Durch Mitarbeiterkompetenz zur Ressourceneffizienz. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 112 (3), S. 159-162. DOI: 10.3139/104.111678.
- Bardy, Sebastian; Seyfried, Stefan; Metternich, Joachim; Weigold, Matthias (2022): Supporting the Transformation to Climate Neutral Production with Shop Floor Management. Unter Mitarbeit von Technische Informationsbibliothek (TIB), David Herberger und Marco Hübner: Hannover: publish-Ing.
- Katharina Mattes; Christian Lerch; Angela Jäger (2015): Ressourceneffiziente Produktion jenseits technischer Lösungen: Der Beitrag organisatorischer Instrumente bei der erfolgreichen Umsetzung einer energie- und materialeffizienten Produktion. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung - Modernisierung der Produktion. Karlsruhe (69). Online verfügbar unter <http://hdl.handle.net/10419/125515>.
- Leyendecker, Bert; Pötters, Patrick (2021): Shopfloor Management. Führen am Ort des Geschehens. 2. Auflage. München: Hanser (Hanser eLibrary, 075).
- Majid Ansari, Sarah (2019): Auswahl und Umsetzung von Ressourceneffizienzmaßnahmen. Dissertation. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover; TEWISS - Technik und Wissen GmbH.
- Majid Ansari, Sarah; Wulf, Serjosha; Nyhuis, Peter (2014): Verbesserung der Ressourceneffizienz. Möglichkeiten zur Gestaltung höherer Ressourceneffizienz in Produktionsbetrieben, S. 320-324.

- Metternich, Joachim; Schebek, Liselotte; Anderl, Reiner (2021): Ressourceneffizienz in Produktionsprozessen. Hg. v. Hessen Trade & Invest GmbH. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Wohnen.
- Peters, Remco (2009): Shopfloor Management. Führen am Ort der Wertschöpfung. Ludwigsburg: LOG\_X.
- Schlatter, Andreas (1998): Rahmenbedingungen ökologieorientierten Handelns in Unternehmen. In: Andreas Schlatter (Hg.): Umwelt-Dialog in Unternehmen. Gestaltung ökologieorientierter Lernprozesse. Zugl.: Zürich, Eidgenössische Techn. Hochsch., Diss., 1998. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl.; Gabler (Gabler-Edition Wissenschaft), S. 43-90.
- Staufen AG (Hg.) (2022): Green Transformation. im Maschinen- und Anlagenbau.
- Suzaki, Kiyoshi (1993): The new shop floor management. Empowering people for continuous improvement. New York: The Free Press. Online verfügbar unter <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=sit&db=nlebk&db=nlabk&AN=1963346>.
- Wulf, S.; Majid Ansari, Sarah; Schepers, S. W.; Nyhuis, P. (2013): Ressourceneffizienz in der Produktion - Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz im laufenden Produktionsbetrieb. In: *Productivity Management* (18 (4)), S. 51-53.
- Wulf, Serjosha; Ansari, Sarah Majid (2014): Nachhaltige Produktion. Vorgehen zur Verankerung einer material- und energieeffizienten Produktion. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (9), S. 659-662. Online verfügbar unter <https://www.degruyter.com/document/doi/10.3139/104.111198/html>.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Darmstadt gehört zu Mittelstand-Digital. Mit Mittelstand-Digital unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) die Digitalisierung in kleinen und mittleren Unternehmen und dem Handwerk. Sieben Partner aus Wissenschaft und Praxis bündeln ihr Digitalisierungs-Knowhow im Mittelstand-Digital Zentrum. Vertreten sind vier Institute der Technischen Universität Darmstadt, zwei Fraunhofer-Institute sowie die Industrie- und Handelskammer Darmstadt Rhein Main Neckar. Die kostenfreien, praxisorientierten Angebote decken vom Einstieg in das Thema Digitalisierung über Weiterbildung bis hin zur Umsetzung konkreter Lösungen ein breites Spektrum ab.

[www.digitalzentrum-darmstadt.de](http://www.digitalzentrum-darmstadt.de)



## Autorin und Autor



**Sebastian Bardy**, M. Sc. studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Darmstadt. Seit 2019 ist er am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig.



**Sarah Mechenbier**, M. Sc. studierte Lebensmitteltechnologie und Ernährung am Management Center Innsbruck. Seit 2023 ist sie am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig. Im Mittelstand-Digital Zentrum Darmstadt befasst sie sich mit der menschzentrierten Gestaltung digitaler Medien.



Marco Cimdins, Tim Johannsen, Stefan Weidemann, Horst Hellbrück, Henning Strauß

## Energy-Twin als Wegbereiter zur klimaneutralen vernetzten Produktion

**In diesem Artikel beschreiben wir, wie Energieverbräuche in produzierenden Unternehmen systematisch erfasst und die Hauptverbraucher identifiziert werden. Drahtlose Technologien ermöglichen dabei eine einfache Datenerfassung von Messstellen, Maschinenzuständen und -verbräuchen. Im Anschluss beschreiben wir, wie Energy-Twins aufgebaut und so der Ressourcen- und Energieverbrauch gemessen wird und zeigen am Beispiel einer Produktionsanlage wie der Energy Twin das Ziel der klimaneutralen Produktion unterstützt.**

Die fortschreitende Digitalisierung bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten, um Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Drahtlose Datenerfassung kann in der vernetzten Produktion für kleine und mittelständische Unternehmen verwendet werden, um einen Energy-Twin, also einen digitalen Zwilling für Energiedaten, aufzubauen. Der Energy-Twin ermöglicht die Gestaltung energieeffizienter Prozesse und die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks der Produkte und trägt somit dazu bei, das Unternehmen

klimaneutral zu gestalten. Wie das gelingen kann, zeigt das Mittelstand-Digital Zentrum Schleswig-Holstein.

### Meine Fabrik - Was kann ich als Unternehmen tun?

Gerade für kleine und mittelständischen Unternehmen (KMU) ist eine erprobte Herangehensweise wichtig, um den Energiebedarf im eigenen Unternehmen zu erfassen. Um festzustellen, welche Daten für den Energy-Twin erforderlich sind, orientieren wir uns zunächst an einem Leitfaden zur Erstellung von Energieauditberichten.<sup>1</sup>

In einem ersten Schritt wird der energetische Ist-Zustand des Unternehmens erfasst, d.h. der Gesamtenergieverbrauch des Unternehmens wird aufgelistet. Anschließend werden die wesentlichen Energieverbraucher identifiziert, mindestens 90% des Gesamtenergieverbrauchs werden so erfasst.

<sup>1</sup> Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2020).

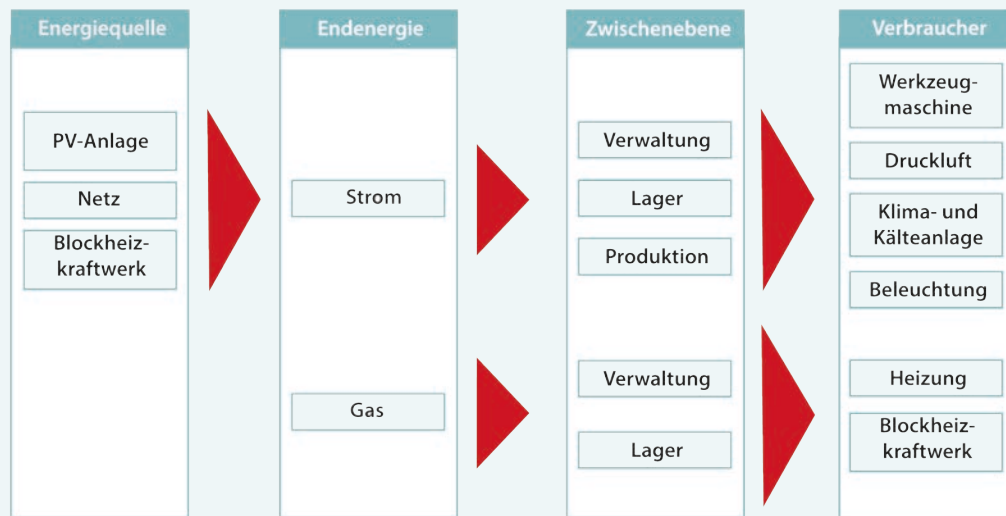


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung des Energieflusses, frei nach Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2020)

Alle verwendeten Energieträger (Strom, Gas, Kraftstoff) werden aufgenommen, um im Anschluss die Energieflüsse des Unternehmens zu skizzieren (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1 zeigt den Energiefluss in einem beispielhaften Unternehmen unterteilt in die Bereiche Energiequellen, Endenergie (die vom verbrauchenden Unternehmen bezogene Energie), Zwischenebene und Verbraucher. Energiequellen sind einerseits das Energienetz, und Photovoltaik (PV)-Anlagen, oder Blockheizkraftwerke (BHKW). Im Bereich Endenergie bilden häufig Strom und Gas die hauptsächlichen Energieträger. Die Zwischenebene teilt sich in die Produktion, Verwaltung und Lager für die einzelnen Endenergien auf. Die Verbraucher von Strom sind in der Produktion Werkzeugmaschinen, Druckluftanlagen, Beleuchtung sowie Klima- und Kälteanlagen, während Gas zumeist für das Blockheizkraftwerk und die Heizung zum Einsatz kommt. Dieses Vorgehensmodell hilft bei der Analyse der eigenen Hauptverbraucher.

Für viele KMU ist es eine Herausforderung, Daten aus verschiedenen Quellen zu sammeln und auch neue Datenpunkte mit geeigneten Methoden zu erfassen und zusammen zu führen. Die Daten, aus denen der Energieverbrauch hervorgeht, stammen typischerweise aus verschiedenen Quellen. Dies umfasst einerseits Rechnungen von Energieversorgungsunternehmen und diversen Messstellen innerhalb des Unternehmens.<sup>2</sup> Um die Energieverbrauchsdaten in ein Verhältnis zu bringen, werden jedoch noch weitere Informationen wie

die Auslastung der Produktionsanlagen, Belegung der Büros, etc. benötigt. Häufig werden diese Daten noch händisch in Excel zusammengetragen.

Dabei gibt es schon etablierte Lösungen. Die drahtlose Datenerfassung hat sich dabei in den letzten Jahren zu einem wertvollen Werkzeug für Unternehmen entwickelt, um Echtzeitdaten aus verschiedenen Quellen zu sammeln. Der Vorteil von drahtlosen Sensoren ist die einfache Installation, die auch nachträglich und temporär erfolgen kann. Durch drahtlose Sensoren lassen sich unterschiedliche Maschinen und Anlagen überwachen, um die aufgenommenen Daten im Anschluss miteinander zu vergleichen. Zum Auslesen von Energiedaten und Informationen wie die Belegung des Gebäudes bietet sich LoRaWAN an. LoRaWAN ist eine Funktechnologie, die entwickelt wurde, um Daten von batteriebetriebenen Sensoren über große Distanzen zu übermitteln.

Abbildung 2 zeigt den Weg, den die Daten in dem System nehmen. Daten von Sensoren und anderen Datenquellen werden zu einem Server geschickt, dort gespeichert und aufgearbeitet und in Anwendungen visualisiert und weiterverwendet. Je nachdem wie die Daten vorliegen, werden Software-Bridges benötigt, um Daten von Datenbanken oder anderen Dateiformaten zu erhalten und in geeignete Formate zu konvertieren. Drahtlose Sensoren übertragen ihre Daten über Funk an ein Gateway, welches nicht ins Produktionsnetzwerk eingebunden sein muss. Um die Daten von Software-Bridges oder Hardware-Gateways weiter zu verarbeiten, werden diese an einen Server übertragen. Den Weg der Daten haben wir in Cimdins et al.

<sup>2</sup> Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2020).



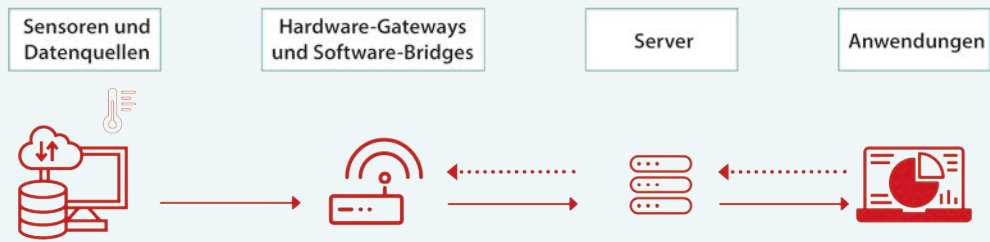


Abbildung 2: Datenerfassung für den Energy Twin, frei nach frei Cimdins et al. (2021)

(2021) detailliert beschrieben. Dort haben wir ein Framework vorgestellt, um Daten flexibel zu übertragen, Sensordaten über LoRaWAN zu erfassen und diese auf Dashboards zu visualisieren.

Wird der Energieverbrauch des Unternehmens so erfasst und mit geeigneten Technologien gemessen, erhalten kleine und mittelständische Unternehmen wichtige Daten. Diese Energiedaten können z. B. in einem Energiemanagementsystem dazu verwendet werden, um den Energieverbrauch zu überwachen, Einsparpotentiale zu identifizieren und nach der Umsetzung objektiv zu quantifizieren. Dieses Prinzip lässt sich auch auf Produktionsanlagen übertragen. Dabei werden nicht nur Energieflüsse, sondern zusätzlich weitere produktionstypische Größen erfasst, welche für die energetische Prozessoptimierung und Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fussabdrucks der einzelnen Produkte wichtig sind.

### Der Energy-Twin schafft Transparenz und Verständnis über den Energiebedarf in der Produktion

Ein digitaler Energiezwilling (Energy-Twin) ist ein virtuelles Abbild des Energie- und Materialflusses einer realen Produktionsanlage. In ihm werden gesammelte Produktionsdaten und Anlageninformationen zu einem umfassenden, systemübergreifenden Modell zusammengesetzt. So wird in der vernetzten Produktion eine Nutzung der historischen Produktionsdaten möglich, die Echtzeitdarstellung der Betriebszustände aller Anlagenbestandteile umgesetzt und eine Simulation der Produktionsanlage ermöglicht.

Der Ressourcenbedarf einer Produktionsanlage kann durch einen Energy Twin aufgeschlüsselt werden. Neben den Hauptressourcen Energie und Material können vielfältige Bedarfe identifiziert werden. Prozessabhängig

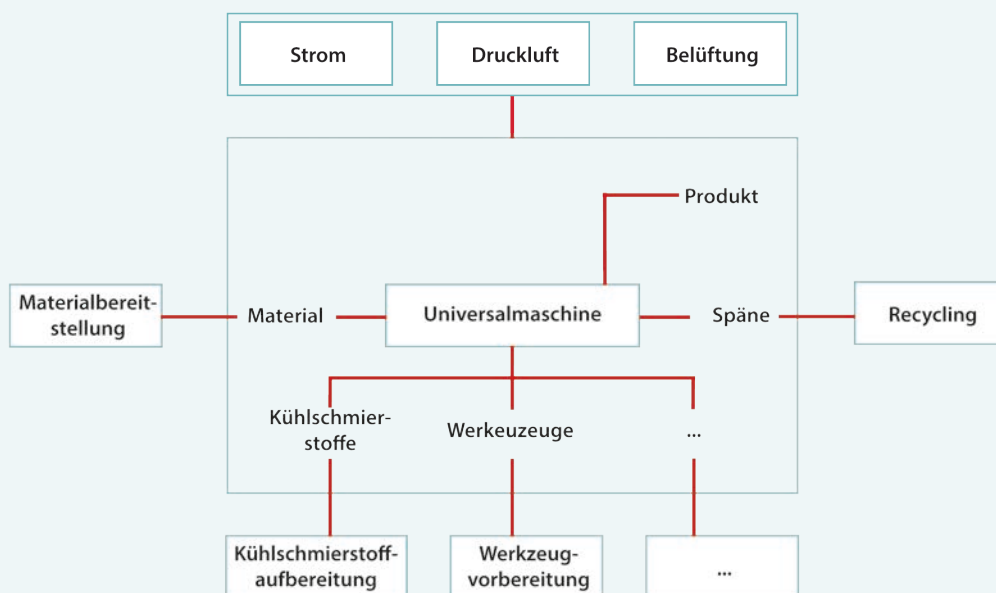


Abbildung 3: Energie- und Materialbedarfe einer Werkzeugmaschine (WZM), frei nach Li et al. (2015)



werden auch alle kleineren Bedarfe einer Produktionsanlage betrachtet. Abbildung 3 zeigt Energie- und Materialbedarfe einer Werkzeugmaschine. Werkzeugmaschinen benötigen in der Regel Strom, Druckluft, Belüftung sowie Material, das bereitgestellt wird. Die Werkzeugmaschine erstellt das Produkt, und erzeugt dabei Späne die recycled werden. Außerdem benötigen die Werkzeugmaschinen noch Kühlschmierstoffe, die aufbereitet, sowie Werkzeuge, die vorbereitet werden müssen. An diesem Beispiel können hierbei besonders Druckluftbedarf, Belüftungs- und Abluftbedarfe, Hilfsstoffbedarf (besonders Kühlschmierstoffe (KSS)), Werkzeugverschleiß und Späneentsorgung hervorgehoben werden. Der Energy Twin betrachtet also neben den primären Energieträgern auch die sekundären Energieträger, die für die Bestimmung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks erforderlich sind.

Durch die Verbindung einzelner Anlagenbestandteile (z. B. Werkzeugmaschinen, Teilwaschanlagen, Beschichtungstechnik) entsteht der Energy-Twin der Produktionsanlage. Zudem lässt sich jedem Produkt der korrekte Anteil der genutzten Gesamtressourcen zuweisen. So ist es möglich, dem Anspruch an umfassende Rückverfolgbarkeit (Traceability) gerecht zu werden.

### Energy-Twins reduzieren durch Fertigungsoptimierung den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Mit den aufgezeichneten Produktionsdaten können rückwirkend vielfältige Analysen durchgeführt werden.

Neben Effektivitätsbestimmung lassen sich Aussagen zu Ressourcenengpässen und -verschwendung treffen.

Durch die laufende Darstellung der Betriebszustände aus dem Energy-Twin aller Anlagenbestandteile heraus kann eine datengetriebene Fertigungsoptimierung umgesetzt werden. Hierbei kann direkt auf bestehende Daten zur Erstellung von dynamischen Eingriffsgrenzen und Regelwerken zurückgegriffen werden.

Durch die Simulierbarkeit der Produktionsanlage kann auch an den Optimierungspotenzialen durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz bei der dynamischen Fertigungsfeinplanung partizipiert werden. Zukünftig werden so effektiv Brachzeiten und Maschinenfehlnutzungen minimiert und dabei Verschwendung vermieden. Des Weiteren wird die Auslastung optimiert und die Energieeffizienz erhöht.

### Praxisbeispiel

Im Mittelstand-Digital Zentrum Schleswig-Holstein wird im Institut für Produktionstechnik und CIMTT der FH Kiel an den Werkzeugmaschinen eine kontinuierliche Überwachung des Energiebedarfes durchgeführt. Abbildung 4 zeigt ein Dashboard einer Werkzeugmaschine. In der oberen Hälfte zeigt ein Diagramm den prozentualen Anteil des Maschinenstatus an. So kann auf einem Blick erkannt werden, ob und wie häufig sich die Maschine im Automatikbetrieb, Ruhezustand, in der oberen Hälfte zeigt ein Diagramm den prozentualen Anteil des Maschinenstatus an. So kann auf einem Blick erkannt werden, ob und wie häufig sich die Maschine im Automatikbetrieb, Ruhezustand,

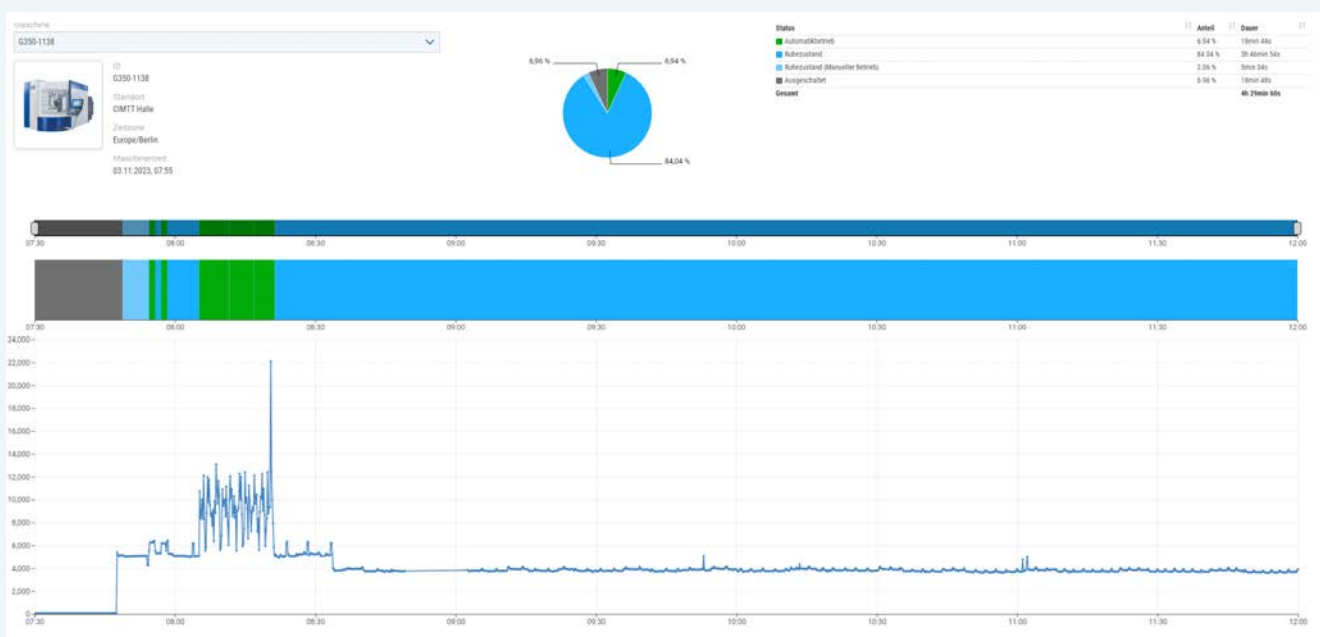


Abbildung 4: Energy Twin einer Werkzeugmaschine, frei nach Fritz et al. (2022)

Ruhezustand (manueller Betrieb) und im ausgeschalteten Zustand befand. Darunter werden die Zustände und der Stromverbrauch der Maschine über den Zeitbereich visualisiert. So wird neben der Erfassung der Betriebszustände auch der dazugehörige Energiebedarf abgebildet. Hierbei ist deutlich sichtbar, dass Brachzeiten in diesem Beispiel einen erheblichen Anteil am Energiebedarf haben.

## Zusammenfassung

In KMU kann der Einsatz eines Energy-Twins helfen, die Transparenz der Fertigungsprozesse zu erhöhen und so Verschwendung zu erkennen und zu vermeiden. Leider stellt der Aufbau von Energy-Twins aber gerade KMU vor große Herausforderungen. Durch den Einsatz von drahtlosen Sensoren lassen sich innerhalb des Unternehmens in Echtzeit Daten sammeln, ohne die Abläufe im Unternehmen zu stören.

Die Einführung eines Energy-Twins ist dennoch eine komplexe Aufgabe, die im laufenden Betrieb eines KMU als langlaufendes Projekt gesehen werden sollte. Durch die stetige Erweiterung der Datenquellen (z. B. durch weitere drahtlose Sensoren) lässt sich so ein besseres Verständnis für die eigene Fertigung aufbauen und das Datenfundament für zukünftige KI-Anwendungen legen. Energy-Twins ermöglichen die Optimierung der Produktion und helfen insbesondere KMU, den Material- und Energiebedarf schnell zu reduzieren. Sie unterstützen somit die Entwicklung einer klimaneutralen Produktion. Das Mittelstand-Digital Zentrum Schleswig-Holstein begleitet Unternehmen bei allen Schritten auf dem Weg zum Energy-Twin - von der Sensorik und Datenerfassung über Funktechnologien bis zur prototypischen Umsetzung. Wie das genau möglich ist, zeigen wir in der Digitalen Fabrik in Kiel oder mit dem mobilen Energieeffizienz-Koffer direkt vor Ort im Unternehmen.

## Checkliste

Um die Erkenntnisse dieses Artikels in die Praxis zu überführen und um die Umsetzung eines Energy Twins für die klimaneutrale Produktion zu erleichtern, wird im Folgenden eine Checkliste mit Fragestellungen präsentiert, die bei der Durchführung der einzelnen Projektschritte unterstützen soll:

Zunächst erfolgt die Beschreibung des energetischen Ist-Zustands des Unternehmens. Diese Daten bilden die Grundlage, um die relevanten Produktionsanlagenbestandteile einzugrenzen.

- ▶ Welche Energiequellen werden im Unternehmen eingesetzt?
- ▶ Welche Endenergien (Strom, Gas, ...) werden bezogen? Wie werden diese gemessen?

Ziel der Fragestellung ist die Erfassung von mind. 90% des Gesamtenergieverbrauchs des Unternehmens.

- ▶ Welche Unterteilung in Zwischenebenen (Produktion, Verwaltung, Lager, ...) ist für mein Unternehmen geeignet?
- ▶ Welche Verbraucher (Werkzeugmaschine, Druckluft, Klima- und Kälteanlage, Beleuchtung, technische Gebäudeausrüstung, ...) sollen aufgeschlüsselt werden?

Danach erfolgt die Erfassung des laufenden Ist-Zustandes beispielsweise der Produktion:

- ▶ Für welche (Produktions-)Anlage, bzw. Werkzeugmaschine soll ein digitaler Zwilling erstellt werden? Nicht jede Maschine trägt maßgeblich zu dem Energieverbrauch bei, es sollten daher die Maschinen betrachtet werden, die den größten Einfluss auf dem Gesamtenergieverbrauch haben.
- ▶ Sind die Hauptenergiebedarfe (Strom, Gas, Kraftstoff, ...) und Hauptverbräuche der Anlage bekannt? Existieren Nebenaggregate (Hydraulik, Kühlschmierstoffaufbereitung, ...)?
- ▶ Sind Messmöglichkeiten für die Hauptenergiebedarfe in der Anlage vorhanden, oder müssen sie nachgerüstet werden?

Nach der Auswahl der geeigneten Messtechnik folgt die Anbindung der Messtechnik, bzw. der Messdaten an geeignete EDV-Systeme (Energiemanagement-System, Internet of Things (IoT)-Plattformen, Warenwirtschaftssystem, ...)

- ▶ Welche Daten (von welchen Anlagen und nachgerüsteten Sensoren) müssen wie zusammengeführt werden?
- ▶ Welche Leistungskennzahlen (KPIs) sollten erstellt werden? Wie erfolgt die Visualisierung der Einsparungen, Visualisierung des Systemzustands, ...?

Durch die verbesserte Informationslage können geeignete Energiesparmaßnahmen ausgewählt und umgesetzt werden. Um die Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen zu beurteilen, sollen in regelmäßigen Abständen die Ist-Zahlen evaluiert und weitere Optimierungsschritte identifiziert werden.

## Literatur

- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2020). "Leitfaden zur Erstellung von Energieauditberichten nach den Vorgaben der DIN EN 16247-1 und den Festlegungen des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)", Stand: 30.11.2020.
- Cimdins M., John F., Hellbrück H. (2021). "Flexible Data Acquisition with LoRaWAN and MQTT for Small and Medium-sized Enterprises," Mobile Communication - Technologies and Applications; 25th ITG-Symposium, VDE, 2021.
- Fritz, K.-P., Strauß, H., Rathfelder, CH., Bülow, A., Gaida, D., Girdvainis, D., Marki, G. (2022). "Digitaler Retrofit von Maschinen und Produktionsanlagen"; 1. Auflage 2022, ISBN: 978-3-8343-3481-7.
- Li, C., Tang, Y., Cui, L., & Li, P. (2015). "A quantitative approach to analyze carbon emissions of CNC-based machining systems." Journal of Intelligent Manufacturing 26, 911-922 (2015).

Das Mittelstand-Digital Zentrum Schleswig-Holstein unterstützt kleine und mittelständische Unternehmen bei der Digitalisierung. Wir stehen als Ihnen als erfahrene Partnerin zur Seite und begleiten Sie basierend auf Ihren Gegebenheiten in Ihrem Unternehmen oder Ihrer Branche. Damit eine nachhaltige Entwicklung in Ihrem Unternehmen stattfinden kann, bauen wir auf einem mitarbeiterzentrierten Ansatz – Von der ersten Informationsveranstaltungen bis hin zu konkreten Umsetzungsprojekten unterschiedlicher Dauer. Über künstliche Intelligenz, Vernetzte Produktion, Daten-, Prozess- und Change-Management, Arbeit 4.0 und Medizintechnik: Bei uns finden Sie zu verschiedenen Digitalisierungsthemen Unterstützung.

<https://www.digitalzentrum-sh.de/>



## Autoren



**Marco Cimdins** ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Hochschule Lübeck tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen der Ortung, der Simulation der Funkausbreitung und der drahtlosen Datenerfassung. Im Mittelstand-Digital Zentrum Schleswig-Holstein befasst er sich mit einfachen und praktischen Methoden, um Sensordaten zu erfassen, drahtlos zu übertragen und anschließend in Dashboards zu visualisieren.



**Tim Johannsen** ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionstechnik und Computer Integrated Manufacturing (CIMTT) der Fachhochschule Kiel tätig und beschäftigt sich im Mittelstand Digital Zentrum Schleswig-Holstein schwerpunktmäßig mit Strategien und Techniken zur Digitalisierung von Werkzeugmaschinen.



**Stefan Weidemann** ist im Mittelstand-Digital Zentrum Schleswig-Holstein als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionstechnik und CIMTT der Fachhochschule Kiel tätig. Sein Themenschwerpunkt liegt auf Digitalisierungsthemen im produktionsnahen Umfeld, insbesondere kollaborative Robotik und vernetzte Produktion.



**Prof. Dr.-Ing. Horst Hellbrück** ist Professor für Kommunikationssysteme und Verteilte Systeme an der Technischen Hochschule Lübeck und Zweitmitglied an der Universität Lübeck am Institut für Telematik. Er leitet das Kompetenzzentrum CoSA, das sich mit der Erforschung von Kommunikationssystemen, Verteilten Systemen und ihren Anwendungen beschäftigt. Seine Forschungsinteressen umfassen drahtlose mobile Netzwerke, Sensornetzwerke, Ortung, Funkausbreitung und drahtlose Datenerfassung.



**Prof. Dr.-Ing. Henning Strauß** lehrt Produktionsorganisation, Werkzeugmaschinen und digitale Fabriktechnik am Institut für Produktionstechnik und Computer Integrated Manufacturing (CIMTT) der Fachhochschule Kiel, dessen Institutsleiter und geschäftsführender Direktor er auch ist. Er ist Projektleiter der Digitalen Fabrik der FH Kiel, sowie Teilprojektleiter und Mitbegründer im Mittelstands Digitalzentrum Schleswig-Holstein und beschäftigt sich in diesem Rahmen mit Themen der Digitalen Transformation, Cloud Manufacturing, Shopfloor-IT und Industrie 4.0. Er ist Fachbuchautor zur Thematik des digitalen Retrofits von Werkzeugmaschinen und darüber hinaus im Vorstand der REFA-Schleswig-Holstein tätig.





Felix Niemeyer, Malte Schäfer, Mark Mennenga

## Klimaneutralität in kleinen und mittleren Unternehmen<sup>1</sup>

**Die verschwindende Artenvielfalt, die Verschmutzung der Meere sowie der zunehmende Klimawandel haben UN Generalsekretär António Guterres im Jahr 2020 im „World Leads Forum“ in einer Ansprache dazu bewegt, den Zustand der Erde mit den ersten Worten zusammenzufassen: „To put it simply: The state of our planet is broken“.<sup>2</sup> Die (inter-)nationalen Richtlinien und Regularien zur Verbesserung des Klimaschutzes setzen Unternehmen zunehmend auch wirtschaftlich unter Druck. Deutschland hat im Klimaschutzgesetz die Klimaschutzvorgaben mit dem Ziel, bis 2045 klimaneutral zu sein, weiter verschärft.**

Ein wesentlicher Beitrag, um Klimaneutralität zu erzielen besteht in der Senkung von Treibhausgasemissionen. Die Treibhausgase (z.B. CO<sub>2</sub>: Kohlenstoffdioxid, CH<sub>4</sub>:

Methan) können nach dem weltweit anerkannten Standard des „Greenhouse Gas Protocol“ (folgend: GHG-Protokoll) bilanziert und somit anschließend reduziert bzw. kompensiert werden. Das GHG Protokoll unterscheidet drei Bereiche, sogenannte Scopes (siehe Abbildung 1):

**Scope 1:** Direkte Treibhausgasemissionen, die aus Quellen stammen, die vom Unternehmen kontrolliert werden oder sich in dessen Besitz befinden. Diese Emissionen können beispielsweise beim Betrieb der eigenen Produktionsanlagen entstehen.

**Scope 2:** Indirekte Treibhausgasemissionen, die mit dem Bezug von elektrischem Strom, Dampf, Wärme und Kälte verbunden sind. Durch die Energieerzeugung entstehen bereits vor der Nutzung im Betrieb Emissionen im sogenannten vorgelagerten Unternehmensbereich.

**Scope 3:** Indirekte Treibhausgasemissionen aus Quellen, die sich nicht im Besitz oder unter der Kontrolle des zu bilanzierenden Unternehmens befinden, aber in der Wertschöpfungskette verankert sind.

<sup>1</sup> Hinweis: Bei den hier veröffentlichten Daten handelt es sich um abgeänderte, fiktive Daten.

<sup>2</sup> United Nations (2022): The UN Secretary-General speaks on the state of the planet. [www.un.org/en/climatechange/un-secretary-general-speaks-state-planet](http://www.un.org/en/climatechange/un-secretary-general-speaks-state-planet).

Das Franchiseunternehmen Treppenmeister GmbH ist sich der Verantwortung für eine nachhaltige, klimaneutrale Welt bewusst, und möchte deshalb Maßnahmen ergreifen, um „echte“ Klimaneutralität bei sich und gemeinsam mit den Partnerbetrieben bis zum Jahr 2030 zu erzielen. Das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover hat Treppenmeister auf diesem Weg unterstützt, indem in einem gemeinsamen Projekt eine Strategie Richtung Klimaneutralität und ein Werkzeug zur Erfassung sowie Auswertung von Treibhausgasen in Anlehnung an das GHG-Protokoll entwickelt wurden. Der folgende Beitrag ermöglicht einen Einblick in das Projekt.

## Unternehmen und Produkt

Die Treppenmeister GmbH hat sich seit dem Gründungsjahr 1975 zum größten Franchise-Unternehmen im Bereich Treppenbau in Europa entwickelt. Mit über 100 Handwerksunternehmen in Deutschland und den angrenzenden Staaten werden jährlich ca. 25.000 Treppen gefertigt.

## Problemstellung & Zielsetzung

Das Unternehmen hat bereits erste Treibhausgasbilanzen anfertigen lassen. Gemäß der vorliegenden Ergebnisse verursacht Treppenmeister Emissionen in Höhe von ca. 7500 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr.<sup>3</sup> Seit Anfang des Jahres 2021 kompensiert Treppenmeister die Menge an Treibhausgasen, welche sie noch nicht vermeiden bzw. reduzieren konnten. Das Unternehmen steht vor der Herausforderung, die Frage zu beantworten, wie der Treibhausgasausstoß in den Scopes 1 bis 3 des GHG-Protokolls weiter reduziert werden kann (siehe Abbildung 1), und welche Möglichkeiten es gibt, in den kommenden Jahren „echte Klimaneutralität“ mit möglichst wenig Kompensation zu erreichen.

Eine weitere Herausforderung der Bilanzierung besteht in der bisher fehlenden Transparenz über Verbrauchswerte aller Partnerbetriebe, was eine Abschätzung der Gesamtemissionen für den Treppenmeister-Betriebsverbund erforderlich macht.

3 Treppenmeister - [www.treppenmeister.com](http://www.treppenmeister.com).

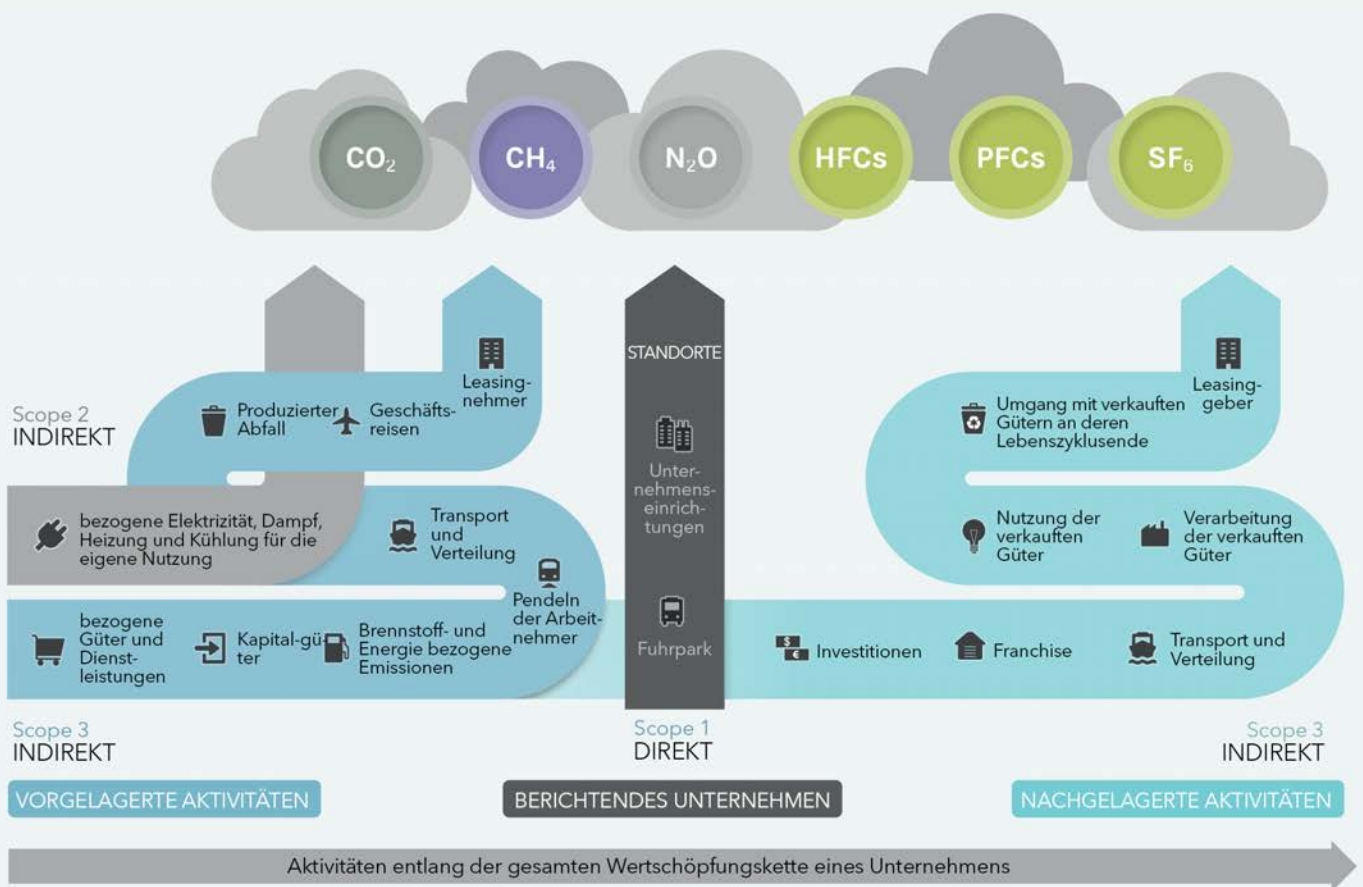


Abbildung 1: Unterscheidung von direkten und indirekten Emissionen entlang der Wertschöpfungskette nach dem GHG-Protokoll (WWF/CPD (2014)): Vom Emissionsbericht zur Klimastrategie. WWF Deutschland und Carbon Disclosure Project (CDP), <https://klimareporting.de>

Im Rahmen des Projekts wurde vor diesem Hintergrund eine Strategie zur Erreichung von Klimaneutralität aufbauend auf den bestehenden Treibhausgasbilanzen entworfen. Außerdem wurde ein Werkzeug entwickelt, welches es auf Basis von realen und geschätzten Verbrauchswerten der einzelnen Partnerbetriebe ermöglicht, die Treibhausgasemissionen abzuschätzen.

## Vorgehen im Projekt

Das Vorgehen im Projekt gliederte sich in insgesamt fünf Schritte. In einem Kick-Off-Workshop wurde das gemeinsame Ziel definiert und ein Zeitplan erarbeitet. Im zweiten Schritt wurden die bestehenden Emissionsbilanzen analysiert und die bereits durchgeführten Maßnahmen zur Treibhausgasreduzierung untersucht. Im dritten Schritt wurden Emissionsziele bis zum Jahr 2030 definiert. Im vierten Schritt wurde auf Basis der Treibhausgasbilanzen eine Priorisierung der Reduzierungsmaßnahmen durchgeführt. Im letzten und fünften Schritt wurde ein Werkzeug entwickelt, mit dem das Unternehmen Treibhausgasemissionen berechnen und die Gesamtemissionen des Verbunds abschätzen kann.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Schritte näher eingegangen:

### Schritt 1: Zieldefinition und Meilensteinplanung

Für eine erfolgreiche Projektzusammenarbeit ist es wichtig, direkt am Anfang ein einheitliches Verständnis bezüglich des Projektziels sowie -vorgehens zu schaffen und Meilensteine zur Terminplanung festzulegen. Hierzu wurde ein Kick-Off-Workshop gemeinsam mit dem Franchise-Unternehmen Treppenmeister und einem repräsentativen Partnerbetrieb durchgeführt. Darüber hinaus wurden alle für das Projekt erforderlichen Dokumente, wie die bestehenden Emissionsbilanzen, an die Projektbeteiligten übergeben.

### Schritt 2: Analyse bestehender Emissionsbilanzen

Auch wenn für die Aufstellung von Treibhausgasbilanzen nach dem GHG-Protokoll Standards definiert sind, können die Ergebnisse der Bilanzierungen desselben Objekts von unterschiedlichen Personen unterschiedlich ausfallen. Dies resultiert u.a. aus unterschiedlichen Annahmen bezüglich der Festlegung von Systemgrenzen, oder nicht verfügbarer Primärdaten und in der Folge erforderlicher Abschätzungen. Im Projekt wurde daher ein gemeinsames Verständnis für die bereits bestehenden Bilanzen entwickelt. Wichtige Fragestellungen waren hier u.a.: „Sind alle Scope 1 bis Scope 3 Emissionen nach GHG-Protokoll berücksichtigt worden?“ oder „Welche Annahmen wurden in der Treibhausgasbilanzierung getroffen?“. Weiterhin wurden die bestehenden Emissionen von Treppenmeister ausgewertet. Dazu wurden die

Gesamtemissionen berechnet, die Emissionen nach Scope 1 bis 3 unterteilt und die Emissionen den Quellen „Zentrale“, „Lieferanten“ und „Partner“ zugeordnet (siehe Abbildung 2). Danach wurde analysiert, welche bestehenden Maßnahmen bereits in welchem Maße zur Emissionsminderung beitragen. Dazu wurden die Bilanzen mit den jeweiligen Partnerbetrieben gegenübergestellt und ein Mittelwert<sup>4</sup> gebildet.

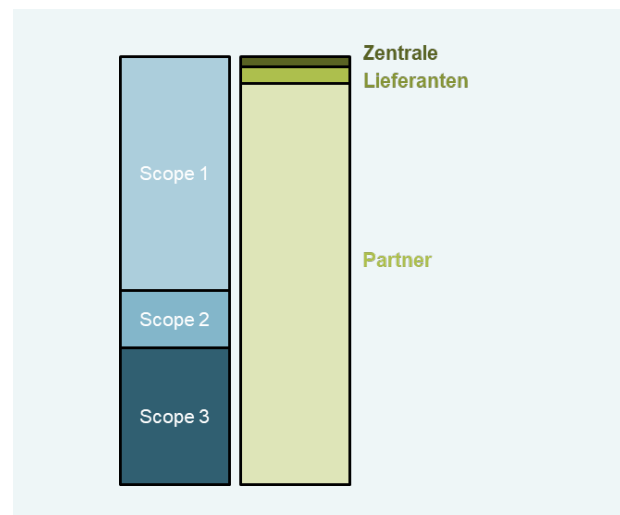


Abbildung 2: Treibhausgasemissionen bezogen auf Scope 1-3 und Quellen

### Schritt 3: Definition Emissionsziele und Emissionspfad

Im dritten Schritt wurde definiert, bis wann Treppenmeister als Unternehmen klimaneutral sein möchte. Abhängig vom Zeitrahmen wurden konkrete Emissionsziele für die jeweiligen Jahre festgelegt. Die definierten Emissionsziele basieren auf der anerkannten Richtlinie des Net Zero Standard der Science Based Target Initiative (SBTi).<sup>5</sup> Diese Ziele stehen im Einklang mit den globalen Bestrebungen, die globale Erwärmung auf 1,5 °C zu beschränken. Die Richtlinie schreibt die Formulierung von Kurz- und Langfristzielen vor. Kurzfristige Ziele sollen eine signifikante Emissionsreduzierung innerhalb von 5-10 Jahren herbeiführen. Langfristige Ziele sollen bis spätestens 2050 eine Reduzierung von Emissionen in Scope 1 und Scope 2 von 95% und in Scope 3 von 90% erzielen. Im Rahmen des Projekts wurde eine Emissionsreduzierung von 95% bis 2030 als Ziel definiert (siehe Abbildung 3), was 12% Emissionsreduzierung pro Jahr entspricht.

<sup>4</sup> Gewichtung der Betriebe nach Anzahl Mitarbeitenden und produzierten Treppen.

<sup>5</sup> Science Based Targets initiative (2022) <https://sciencebasedtargets.org/net-zero>.



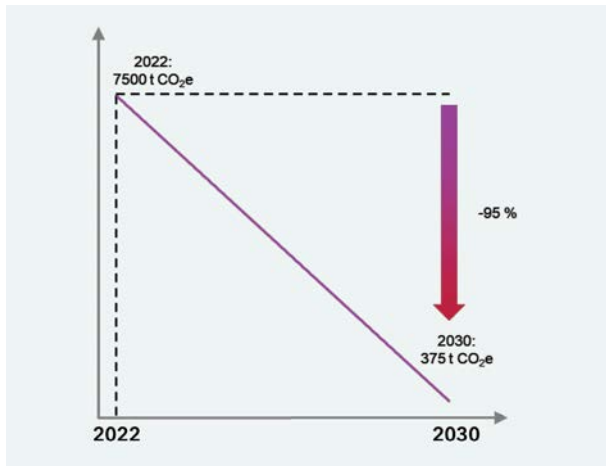


Abbildung 3: Szenario zur Reduzierung von Treibhausgasen bis 2030

#### Schritt 4: Priorisierung von Emissionsreduzierungsmaßnahmen

Nicht jede Emissionsquelle ist für Unternehmen wesentlich oder beeinflussbar. Auch kleine Quellen können für Unternehmen wichtig sein, wenn Stakeholder Auskünfte über diese wünschen. Eine Bewertung und Priorisierung von Emissionsquellen zur Reduzierung ist deshalb sinnvoll.<sup>6</sup> Im Rahmen des Projekts wurde sich darauf geeinigt, die Emissionsquellen zu priorisieren, bei denen die Emissionen einen hohen Anteil an den Gesamtemissionen ausmachen und deren Beeinflussbarkeit hoch ist.

<sup>6</sup> WWF/CPD (2014): Vom Emissionsbericht zur Klimastrategie. WWF Deutschland und Carbon Disclosure Project (CDP), <https://klimareporting.de>.

Für die Emissionsquellen „Transport“, „Wärme“ und „Strom“ wurden in einem ersten Schritt Maßnahmen zur Reduzierung abgeleitet:

- **Transport:** Umstellung auf emissionsarme Fahrzeuge, Reduktion der Transportdistanzen, Erhöhung der Fahrzeugauslastung sowie energieeffizientere Fahrweise
- **Wärme:** Umstellung auf emissionsarme Wärmequellen (z. B. Wärmepumpe, Biomasse), Wärmedämmung der Gebäude und Wärmerückgewinnung aus Abwärme
- **Strom:** Installation von Dachflächen-Photovoltaikanlagen, Externe Beschaffung von Ökostrom und Reduzierung des Stromverbrauchs.

Der Beitrag einzelner Maßnahmen zur Schließung der Emissionslücke war innerhalb der Projektlaufzeit nur schwer zu quantifizieren. Grundsätzlich werden diejenigen Maßnahmen, die einen großen Hebel adressieren (z.B. Wärme), auch einen großen Beitrag leisten. Für eine Abschätzung, wie zwei Maßnahmen zu vergleichen sind, die einen Hebel adressieren (z.B. Wärmedämmung und -rückgewinnung), wäre eine nähere Betrachtung der Gegebenheiten vor Ort notwendig. Weiterhin wurde anhand einer qualitativen Analyse festgestellt, dass diejenigen Maßnahmen, die tiefgreifende Änderungen erfordern, auch größere Potenziale zur Emissionssenkung aufweisen. Daher sind größere Effekte bei den mittel- bis langfristigen Maßnahmen im Vergleich zu den kurzfristigen Maßnahmen zu erwarten. Es wird angenommen, dass aufgrund des hohen Gesamtemissionsanteils der Emissionsquellen „Transport“, „Wärme“ und „Strom“ (vgl. Abbildung 4) kurz- bis mittelfristig ein signifikanter

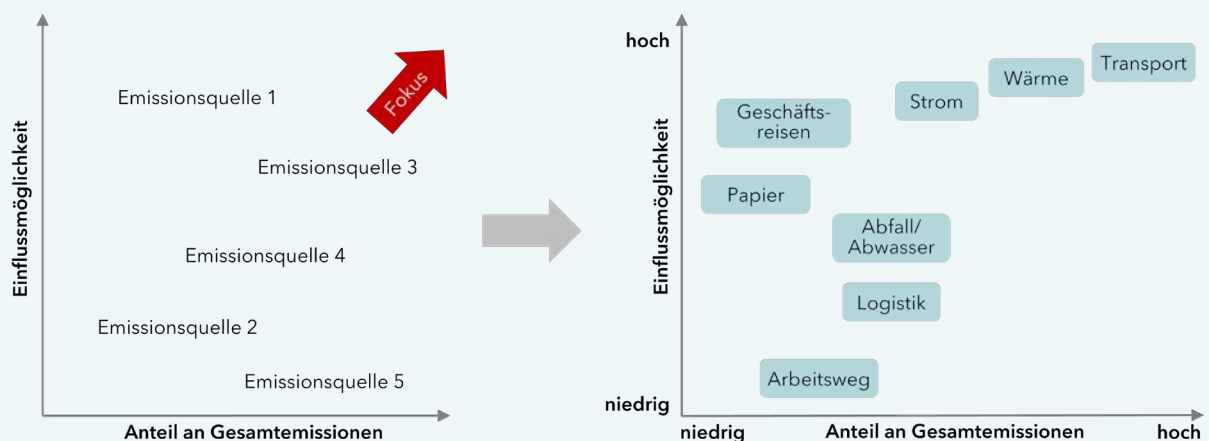


Abbildung 4: Im Rahmen des Projekts werden die Emissionsquellen nach der „Einflussmöglichkeit zur Reduzierung“ und dem „Anteil an Gesamtemissionen“ geordnet, um eine Priorisierung für Reduktionsmaßnahmen herbeizuführen. Je höher die Einflussmöglichkeit als auch der Anteil an den Gesamtemissionen ist, je größer das Potenzial zur Treibhausgasreduzierung.

Anteil an Emissionen (über 70%) eingespart werden kann. Nach der anschließenden Reduzierung der weiteren Emissionen, können die unvermeidbaren Treibhausgasemissionen kompensiert werden.

#### **Schritt 5: TREBA - Treibhausgasberechnungs- und -abschätzungswerkzeug**

Das hier vorgestellte Excel Werkzeug wurde unter Berücksichtigung der Herausforderungen von der Firma Treppenmeister GmbH entwickelt. Es ermöglicht die überschlägige Berechnung der Treibhausgasemissionen (auch für einzelne Betriebe) basierend auf der Eingabe von Verbrauchswerten (z.B. Strom, Diesel). Weiterhin kann es eine Abschätzung der Gesamtemissionen durchführen. Dies beinhaltet auch diejenigen Betriebe, für die keine Verbrauchswerte vorliegen. Die Abschätzung erfolgt auf Basis der Daten der Betriebe, für die Verbrauchswerte vorliegen, sowie der Anzahl der Mitarbeitenden und der produzierten Produkte pro Betrieb.

Im ersten Schritt geben die Nutzer\*innen des Tools für alle Partnerbetriebe, für die bereits Verbrauchswerte vorliegen, diese in die vorgesehenen Felder ein. Anschließend wird über Emissionsfaktoren (z.B. CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro kWh Strom) berechnet, wie hoch die Emissionen für diejenigen Partnerbetriebe sind. Weiterhin wird abgeschätzt, wie die Emissionshöhe für Betriebe ist, für die keine Verbrauchsdaten vorliegen. Die Abschätzung basiert auf Basis von zwei linearen Regressionsmodellen, die zu gleichen Anteilen gewichtet werden. Das eine Modell schätzt die Emissionen auf Basis der Anzahl der Mitarbeitenden eines Betriebes ab, das andere Modell auf Basis der Produktionsmenge

(hergestellte Treppen pro Jahr). Die Emissionswerte für alle Betriebe (mit und ohne Verbrauchsdaten) werden dann addiert, woraus die Gesamtemissionen der Treppenmeister Partnergemeinschaft resultieren. Die Ergebnisse können nach Scopes und nach einzelnen Bereichen (Mobilität, Strom etc.) aufgeschlüsselt werden. Je mehr Verbrauchsdaten erhoben werden, desto genauer wird die Abschätzung des Modells.

Es ist zu beachten, dass der Verbrauch nur einen Hebel von zweien darstellt. Der andere Hebel ist der Emissionsfaktor. Zudem sind eine Vielzahl von Strategien möglich, um das Emissionsziel zu erreichen, die alle unterschiedliche Verbrauchswerte beinhalten. Beispiel: Wärmeerzeugung komplett auf Holzhackschnitzel umstellen oder doch auf Wärmepumpen setzen? Durch das entwickelte Tool können diese Varianten für Treppenmeister GmbH verglichen werden.

#### **Nutzen für den Mittelstand**

Klimaneutralität wird auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) immer wichtiger und es bedarf einer frühzeitigen Strategieentwicklung. Das Projekt leistet einen Beitrag, um Deutschland bis zum Jahr 2045 klimaneutral zu machen. Unternehmen können – falls sie keine Expertise im Bereich der Treibhausgasbilanzierung haben – Unterstützung für den Transformationsprozess in Richtung Klimaneutralität einholen. Neben Förderprogrammen, wie das BAFA Modul 5, unterstützt Sie ihr Mittelstand-Digital Zentrum in ihrem Bundesland gerne kostenlos.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover ist Teil des Netzwerkes Mittelstand-Digital. Mit dem Netzwerk unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) kleine und mittlere Unternehmen bei der Digitalisierung. Passgenau, anbieterneutral und nutzenorientiert: Mit Schulungen, Firmengesprächen und Projektbegleitungen macht das Zentrum die Unternehmen fit für die digitale Zukunft. Es zeigt den Betrieben Wege einer nachhaltigen Entwicklung auf und gibt Werkzeuge für den Einsatz digitaler Anwendungen und Technologien an die Hand. Themenschwerpunkte des Zentrums sind:

- ▶ Digitale Technologien und Prozesse
- ▶ Logistik und vernetzte Wertschöpfungsketten
- ▶ Ökologische Nachhaltigkeit
- ▶ Künstliche Intelligenz
- ▶ Digitales Lernen
- ▶ IT-Sicherheit
- ▶ Marketing und E-Business

<https://digitalzentrum-hannover.de/>



## Autoren



**Felix Niemeyer** ist Forschungsgruppenleiter und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF), TU Braunschweig und Nachhaltigkeitsexperte zu den Themen Ökologische Bewertung und Ressourceneffizienz im Mittelstand-Digital Zentrum Hannover.



**Malte Schäfer** ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, TU Braunschweig. Aktuell beschäftigt er sich im Themenbereich Life Cycle Assessment, Life Cycle Engineering und Energiesystemanalysen.



**Dr.-Ing. Mark Mennenga** ist Stellv. Institutsleiter und Abteilungsleiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF), TU Braunschweig in der Professur "Nachhaltige Produktion & Life Cycle Engineering".



Lucia Oberfrancová, Kassandra Hellicar, Martin Wollensak

# CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für Städte und Gemeinden am Beispiel Dahme: Für eine klimapositive Zukunft

**Welche Herausforderungen bringt die Zeitenwende für Städte und Gemeinden bzgl. der Klimaneutralität<sup>1</sup> (-positivität)? Was müssen sie erfüllen angesichts der EU und nationalen Anforderungen und Richtlinien? Welche digitalen Tools können hierbei unterstützen? Der folgende Artikel bietet einen Überblick über digitale Hilfsmittel zur CO<sub>2</sub>-Bilanzierung von Städten und Gemeinden und gibt neue Impulse und Ideen für eine zukünftige klimapositive Entwicklung. Als Beispiel wird hier die Bilanzierung und ein Konzept zur Erreichung der Klimaneutralität (-positivität) in der Gemeinde Dahme (Ostholstein) vorgestellt.**

## Rolle der Städte und Gemeinden im Klimaschutz

Um die Klimaschutzziele der Europäischen Union zu erreichen, bis 2030 die Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % im Vergleich zu 1990 zu reduzieren und bis 2050 klimaneutral zu werden, spielen die Städte und Gemeinden eine wichtige Rolle. Sie stehen im Kontakt mit den Bürgerinnen und Bürgern, der lokalen Wirtschaft sowie diversen sozialen und kulturellen Einrichtungen und haben direkten Zugriff auf die gebaute Infrastruktur vor Ort.<sup>2</sup>

Aus gutem Grund wird der Nachhaltigkeit von Städten und Gemeinden ein ganzes Ziel der *Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung* (Sustainable Development Goals - SDG) gewidmet: *SDG 11 Nachhaltige Städte und Gemeinden: Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten*.

<sup>1</sup> Der Begriff Klimaneutralität in diesem Artikel entspricht der Definition und den Zielen der EU (Klimaneutralität = Netto-Null-Treibhausgasemissionen). Weitere Emissionen und andere Effekte werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>2</sup> Umweltbundesamt (08/2023).

Schwerpunkt liegt auf der Sicherstellung der Lebens- und Wohnqualität für alle, der Sicherheit, den nachhaltigen Verkehrssystemen, der Inklusion, der Ressourceneffizienz, der nachhaltigen Abfallbehandlung, der Reduzierung der Umweltbelastung pro Kopf, der Abschwächung des Klimawandels, der Klimaanpassung und der Widerstandsfähigkeit gegenüber Katastrophen.<sup>3</sup>

Darüber hinaus soll in Deutschland ab 2024 parallel zum *Gebäudeenergiegesetz (GEG)* das *Wärmeplanungsgesetz (Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze)* gelten, das die Kommunen verpflichtet, Wärmepläne zu erstellen. Das Ziel ist die klimaneutrale Fernwärme bis 2045 zu erreichen.<sup>4</sup>

Viele Städte und Gemeinden haben die Co-Benefits der Klimaschutzmaßnahmen begriffen und sind schon aktiv auf ihrem Weg zur Klimaneutralität (-positivität). Durch die Energieeffizienz können viele laufende Kosten eingespart werden, erneuerbare Energien ermöglichen Unabhängigkeit von fossilen Importen und Preisschwankungen. Alternative Mobilitätsformen schaffen neue Räume in der Stadt, Lärm- und Luftschadstoffbelastungen werden reduziert, es entsteht mehr Aufenthalts- und Lebensqualität. Neben der Kosteneinsparung wird in den Städten und Gemeinden ein neues Angebot an

bezahlbarem Wohnraum sowie gesunde Umwelt geschaffen, um attraktiver für die Bewohnerinnen und Bewohner oder auch als Tourismusstandorte zu werden. Und nicht zuletzt, durch Fördermittel stehen den Kommunen<sup>5</sup> zusätzliche Finanzierungsoptionen zur Verfügung.<sup>6</sup>

### Der Weg zu klimaneutralen (-positiven) Städten und Gemeinden - digitale Tools und Hilfestellungen

Die Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist der erste Schritt auf dem Weg zur Klimaneutralität. Nur mit der Ermittlung des jetzigen Standes können die aktuellen Probleme und Potentiale definiert und Ziele gesetzt werden.

Zu den für Deutschland relevanten internationalen CO<sub>2</sub>-Bilanzierungsstandards für Städte und Gemeinden, gehören z. B. das *Greenhouse Gas Protocol (GPC)* und der *Covenant of Mayors for Climate & Energy Europe (CoM)*. Der deutsche *Klimaschutz-Planer*, die webbasierte Software zum Monitoring des kommunalen Klimaschutzes, basiert auf die *BISKO-Systematik* und ist unter dem folgenden Link zu finden: [www.klimaschutz-planer.de/](http://www.klimaschutz-planer.de/).

<sup>3</sup> Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (05/2023).

<sup>4</sup> Die Bundesregierung (08/2023).

<sup>5</sup> Kommunen = Kreise, Städte, Gemeinden.

<sup>6</sup> Umweltbundesamt (08/2023).

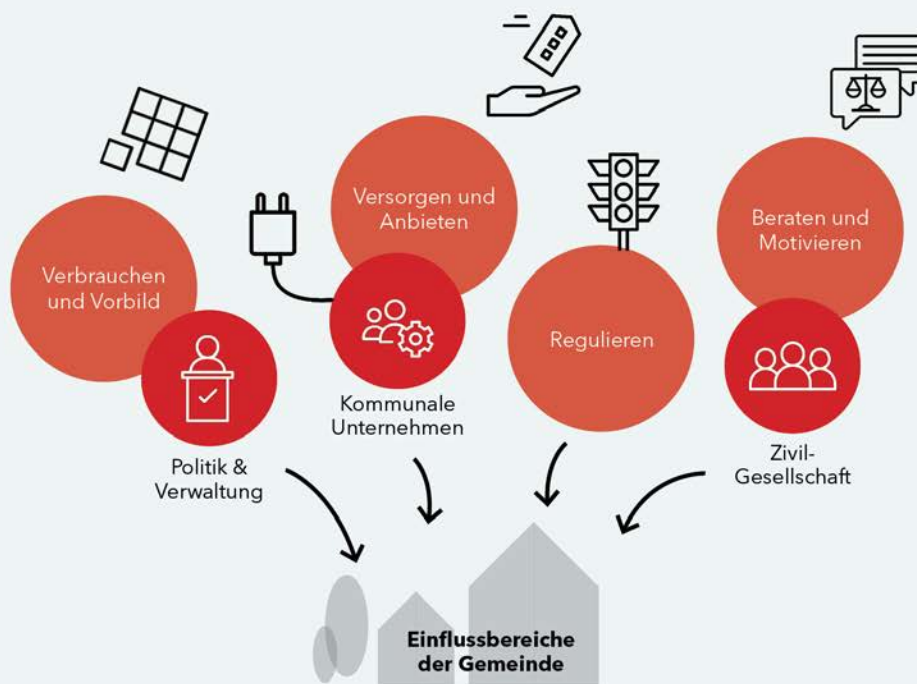


Abbildung 1: Die Rolle von Gemeinden im Klimaschutz (Eigene Darstellung, nach Umweltbundesamt (08/2023))



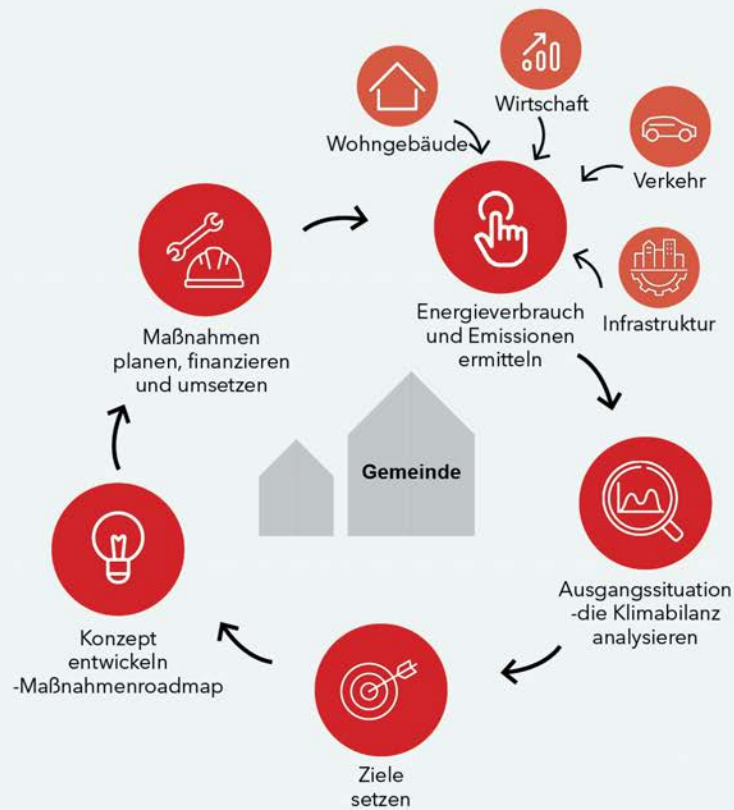


Abbildung 2: Der Weg zur Klimaneutralität (-positivität) einer Gemeinde (Eigene Darstellung)

Der *Klimaschutz-Planer* und der *BISKO-Standard (Bilanzierungs-Systematik Kommunal)* sind Ergebnisse eines Forschungsprojektes vom *Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg (ifeu)*, *Klima-Bündnis e.V.* und vom *Institut dezentrale Energietechnologien (Ide)*, das vom *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit* gefördert wurde. Der *BISKO-Standard* wurde entworfen, um Bilanzierungsmethoden kommunaler Energie- und Treibhausgasbilanzen zu vereinheitlichen. Beschrieben werden Kriterien für eine klimaneutrale Kommune für die energiebedingten Treibhausgasemissionen der Sektoren Private Haushalte, Verkehr, Industrie sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Sonstiges und Kommunale Einrichtungen (die Bereiche Landwirtschaft, Abfall und Abwasser sowie industrielle Prozessemissionen sind bisher nicht enthalten).<sup>7 8</sup>

Darüber hinaus gibt es in Deutschland weitere Softwarebetreiber für die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für Städte und Gemeinden, z. B. *Greenited* (z. B. Software *Klima-Navi* - Landeslizenz für eine einheitliche kommunale Energie-

und Treibhausgasbilanzierung in Schleswig-Holstein) oder die *Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA)*.<sup>9</sup>

Die durch die Bilanzierung festgestellten Probleme und Potentiale bilden die Grundlage für die Formulierung der Ziele, um ein nachhaltiges Gesamtkonzept zu entwickeln und Umsetzungsmaßnahmen zu planen. Das Ziel Treibhausgasneutralität verlangt eine umfangreiche Transformation. Hierzu gehören z. B. die Sanierung des Gebäudebestands, Umgestaltung des lokalen Verkehrssektors, vollständige Versorgung mit erneuerbaren Energien (z. B. dekarbonisierte Wärmenetze, Strom aus erneuerbaren Energien) sowie die Optimierung der Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen im kommunalen Aufgabengebiet (insbesondere in der Abwasserentsorgung, Abfallentsorgung, Trinkwasserversorgung). Viele Handlungsmöglichkeiten und ob und wo diese auch rechtlich verankert sind, werden in den *Steckbriefen kommunaler Klimaschutzpotenziale* vom *Umweltbundesamt* aufgezeigt.<sup>10</sup> Weitere Hilfestellung bietet die *Energieeffizienz-Kommune (EKM)* der *Deutschen*

7 Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg (ifeu).

8 Umweltbundesamt (03/2021).

9 Umweltbundesamt (04/2020).

10 Umweltbundesamt (02/2022).



Energie-Agentur (dena), wobei hier das Energie- und Klimaschutzmanagement auf die Handlungsfelder Gebäude, Stromnutzung, Verkehr und Energiesysteme angewandt wird. Kommunen, die ihren Energieverbrauch systematisch gesenkt haben, können sich von der dena als Energieeffizienz-Kommune zertifizieren lassen.<sup>11</sup>

*Klimapositive Städte und Gemeinden* der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) ist eine Initiative für gelebte Nachhaltigkeit, konkreten Klimaschutz und mehr Lebensqualität in Kommunen, mit dem Ziel, Kommunen ein Netzwerk für die Wissensvermittlung anzubieten, um die Umsetzung von Klimaschutz und Nachhaltigkeit zu unterstützen. Sie bietet eine Möglichkeit für den Austausch zwischen Kommunen. Die Themenfelder betreffen Mobilität, Gesundheit, Kreislauffähigkeit, Klimaschutz, Nachhaltiges Bauen, Partizipation, Biodiversität, Soziale Mischung/ Teilhabe, Wasserkreislauf, Klimaanpassung.<sup>12</sup> Die Hilfestellung für die Finanzierung der geplanten Maßnahmen bietet das *KfW-Fördertool*, um die passenden Förderprogramme zu finden.<sup>13</sup>

### Beispiel: Digitalprojekt Gemeinde Dahme: Bilanzierung und Konzept für die Klimaneutralität (-positivität)

Dahme ist ein kleiner Ort mit 1200 Einwohnern an der Lübecker Bucht in Schleswig-Holstein. Mit mehr als 15.000 Tagesgästen, 600.000 Übernachtungen und 3.000 Zweitwohnbesitzer im Jahr, ist der Tourismus die wichtigste Einnahmequelle für die Gemeinde, die einen mehrere Kilometer langen Sandstrand hat, der über eine Promenade gut zu erreichen ist. In 2021-2022 wurde für die Gemeinde ein Ortsentwicklungskonzept

erstellt. Eines der Ziele war die Erarbeitung eines Klimaschutz- und Nachhaltigkeitskonzeptes und daran anschließend aktive Umsetzung der Konzeptmaßnahmen, damit alle Bereiche der Gemeinde Dahme bis 2035 CO<sub>2</sub>-neutral werden.<sup>14</sup>

Im Rahmen des Projektes „Klimaneutrale (-positive) Gemeinde Dahme“ hat das Mittelstand-Digital Zentrum Rostock mit den Studierenden an der Fakultät Gestaltung und im Masterstudiengang Architektur und Umwelt an der Hochschule Wismar die Gemeinde dabei unterstützt, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen zu bilanzieren und ein nachhaltiges, klimaneutrales Gesamtkonzept zu entwickeln. Auf Grundlage des Ortsentwicklungskonzepts und der darin beschriebenen Handlungsfelder wurden Zielsetzungen im Sinne einer umweltgerechten, nachhaltigen Entwicklung untersucht und ein Leitbild für eine dauerhafte Aufwertung des Ostseebads Dahme entwickelt. Darüber hinaus wurden ausgewählte Teilprojekte mit Leuchtturmcharakter detaillierter untersucht (z. B. Machbarkeitsstudie zum Haus des Gastes – Umnutzung oder Ersatzneubau?). Während der Begleitung wurden verschiedene Konzepte erstellt, Berechnungen und Simulationen durchgeführt.

### Analyse Gemeinde Dahme

In einem ersten Schritt erfolgt eine umfassende Analyse des Ortes, in der unter verschiedenen Gesichtspunkten die wesentlichen Merkmale des Ortes erfasst und bis ins Detail verfolgt werden. Ziel der Analyse ist eine begründete Handlungsempfehlung für das städtebauliche, nachhaltige und klimaneutrale Gesamtkonzept.

Die Analyse der Energieversorgung hat einen großen Handlungsbedarf gezeigt. Obwohl es genügend geeignete Quellen für regenerative Energien gibt (Sonne,

<sup>11</sup> Deutsche Energie-Agentur (dena).

<sup>12</sup> Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB).

<sup>13</sup> KfW.

<sup>14</sup> BfL Büro für Landschaftsentwicklung GmbH in Arbeitsgemeinschaft mit B2K und dn Ingenieure GmbH (05/2022).

Raum	Nutzung
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fehlender funktionierender Ortskern, Reduzierung des öffentlichen Lebens auf die Promenade</li> <li>▶ Wenig Aufenthaltsflächen im Ort</li> <li>▶ Notwendigkeit einer qualitativen Aufwertung der städtischen Flächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Starke saisonale Schwankungen</li> <li>▶ Nicht ausreichende Daseinsvorsorge für die Einwohner</li> <li>▶ Abhängigkeit der Wirtschaft vom Tourismus</li> <li>▶ Die Landwirtschaft nur als Co-Existenz</li> </ul>
Energie	Mobilität
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Abhängigkeit vom Markt und Energieimporten</li> <li>▶ Hoher Energieverbrauch im Gebäudebestand</li> <li>▶ Keine Nutzung der erneuerbaren Energiequellen</li> <li>▶ Keine Berücksichtigung der saisonalen Schwankungen (Auslegung der Systeme anhand der Spitzenlasten)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Keine Berücksichtigung der saisonalen Schwankungen (Auslegung der Systeme anhand der Spitzenlasten)</li> <li>▶ Ausrichtung auf PKW-Verkehr (Emissionen, Lärm, Beanspruchung der städtischen Fläche)</li> </ul>

Tabelle 1: Zusammenfassung Problemstellung (Eigene Darstellung, nach Wierer/Gali (2022))

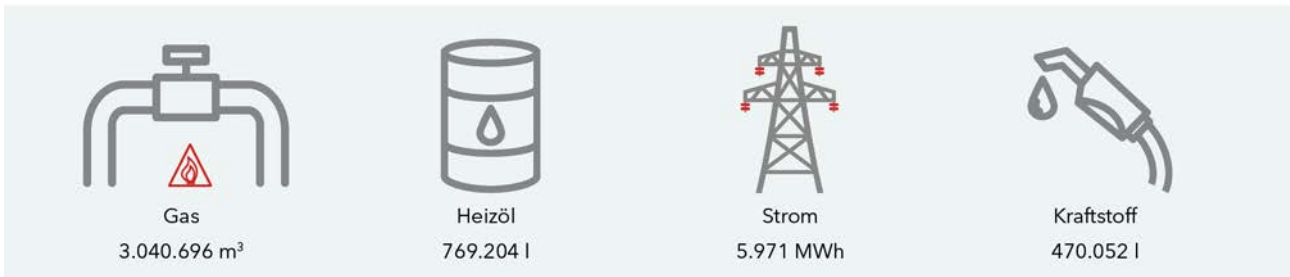


Abbildung 3: Jahresverbrauch der Gemeinde Dahme (Eigene Darstellung, nach Wierer/Gali (2022))

Wind, Wasser, Biomasse), ist das derzeitige Energiesystem auf externe Versorgung angewiesen. Darüber hinaus ist das Energiesystem weitestgehend linear aufgebaut ohne Nutzung der Potentiale vernetzter Lösungen, Synergien oder Kreislaufsysteme. Die Erarbeitung eines neuen, resilienten, unabhängigen und nachhaltigen Energiekonzeptes ist daher unabdingbar.<sup>15</sup>

Um den Energiebedarf richtig zu erfassen, wurden zunächst die Hauptverbraucher erkannt und abgegrenzt (s. Tabelle 2).

Der Primärenergieverbrauch nach Sektoren ist ähnlich verteilt wie der Endenergieverbrauch. Einen Großteil macht der Gebäudebestand aus, der hauptsächlich im Winter Wärmeenergie verbraucht. Im Sommer steigt der Strom und Kraftstoffverbrauch. Die Wärmeenergie hat auch am Primärenergieverbrauch den größten Anteil. Aufgrund des hohen Primärenergiefaktors fällt Strom bei der Betrachtung der Primärenergie allerdings deutlich stärker ins Gewicht, als es bei der Endenergie der Fall ist. Für jeden Energieträger wurde das CO<sub>2</sub>-Äquivalent ermittelt, um festzustellen wie viele klimaschädliche Emissionen durch einzelne Einheiten freigesetzt werden.<sup>16</sup>

Der motorisierte Individualverkehr ist ein wichtiges Thema für eine nachhaltige Weiterentwicklung der Gemeinde. Gerade in ländlichen Gegenden ist der

öffentliche Nahverkehr selten gut ausgebaut und sehr vom PKW-Verkehr abhängig. Aufgrund der Touristensaisonalität schwankt nicht nur die Anzahl der Nutzer in Dahme stark, sondern mit ihnen auch die Anzahl der PKWs. Statt dem PKW mehr Platz einzuräumen sollten andere Verkehrsformen gestärkt werden, um der

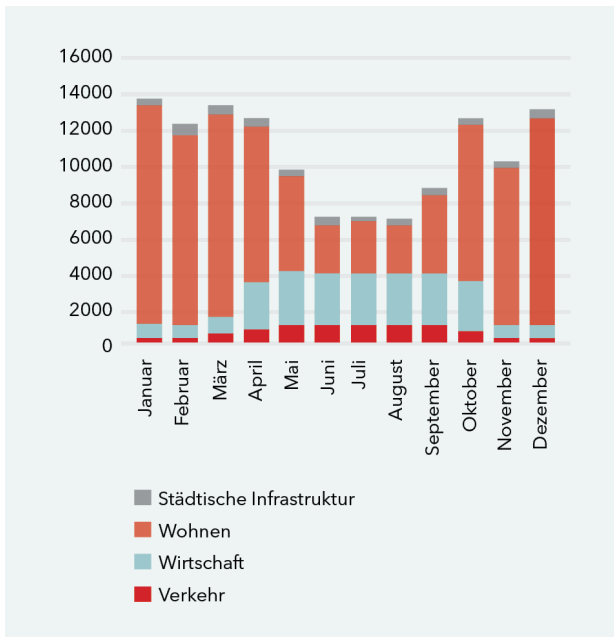


Abbildung 4: CO<sub>2</sub>e Ausstoß nach Monaten in t, nach Sektoren (Eigene Darstellung, nach Wierer/Gali (2022))

Wohngebäude	Wirtschaft
<p>► Der Wohngebäudebestand benötigt kontinuierlich Wärme und Strom. Es wird unterschieden zwischen saisonal und ganzjährig genutztem Wohnraum.</p>	<p>► Die Wirtschaft benötigt unterschiedliche Energiearten. In Dahme ist die Wirtschaft sehr touristisch geprägt, zusätzlich gibt es einen Schwerpunkt bei der Landwirtschaft.</p>
Infrastruktur der Gemeinde	Verkehr
<p>► Die Gemeinde benötigt Energie zur Versorgung der Bürger, für den öffentlichen Raum und zur Unterhaltung der gemeindeeigenen Gebäude.</p>	<p>► Für den Verkehr wird Treibstoff benötigt. Es muss unterschieden werden zwischen Nah- und Fernverkehr. Auch der Energiebedarf des Verkehrs schwankt mit der touristischen Auslastung.</p>

Tabelle 2: Energieverbraucher in Dahme (Eigene Darstellung, nach Wierer/Gali (2022))

Überfüllung der Innenstadt im Sommer entgegen zu wirken. Der innerörtliche Maßstab und kurze Wege bieten gute Voraussetzungen für eine fußgängerfreundliche Stadt: Die Gebäude bieten Abwechslung, es gibt Details zu entdecken, keine zu großen Plätze und eine gute Distanz zwischen den anderen Menschen.<sup>17</sup>

### Konzept Klimaneutrale (-positive) Zukunft von Dahme

Nach Bilanzierung des Bestandes wurde ein Gesamtkonzept für die nachhaltige Transformation Dahmes erstellt, das die Grundlage für alle weiteren Planungen und Detaillösungen bilden soll. Dabei soll insbesondere das in der Analyse herausgearbeitete Leitziel im Fokus stehen.

Dahme soll unabhängiger und resilienter werden, um gestärkt in die Zukunft blicken zu können. Dafür muss zunächst die energetische Grundversorgung überarbeitet werden, damit in einem weiteren Schritt ein gesunder, lebendiger Innenort wachsen kann. Die energetische Transformation lässt sich sehr gut mit einem Umbau der Mobilität in Dahme vereinbaren – die beiden Themenfelder ergänzen sich und haben synergetische Effekte. So macht der Umbau der Mobilität die Energieumstellung

erst für jeden sichtbar. Gleichzeitig ermöglicht die Energiewende die sinnvolle Nutzung anderer Mobilitätsformen. Bei allen weiteren Überlegungen sollte in erster Linie das energetische Konzept die Basis bieten. Das Ziel eines städtebaulichen Eingriffs sollte eine Saisonverlängerung sein, bzw. eine gleichmäßigere Verteilung des Touristenstroms über das Jahr. Der Ort sollte zum einen attraktiver für Einheimische gemacht werden, auf der anderen Seite sollten die touristischen „Urlaubsangebote“, auch für die Zweitwohnungsbesitzer, eher zurückgefahren beziehungsweise spezifiziert werden.

Das Energiekonzept sieht vor, die fossilen Energien nach und nach gegen regenerativ und lokal erzeugte Energien auszutauschen. Betrachtet werden Wärmeenergie, Strom und Energie für die Mobilität. In Zukunft soll die Wärme und der Strom direkt vor Ort produziert werden. Da die Produktion von Kraftstoff für Verbrennermotoren lokal kaum möglich und nicht sinnvoll ist, soll stattdessen die Mobilität umgestellt werden. Insgesamt ist das Ziel, vom linearen System hin zu einer Kreislaufwirtschaft zu kommen, in der die Wege kurz sind. Das führt auf langer Sicht zu einer unabhängigen und sehr resilienten Versorgung des Ortes und ist somit die nachhaltigste und langfristig auch günstigste Form der Energienutzung.<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Wierer/Gali (2022).

<sup>18</sup> Wierer/Gali (2022).

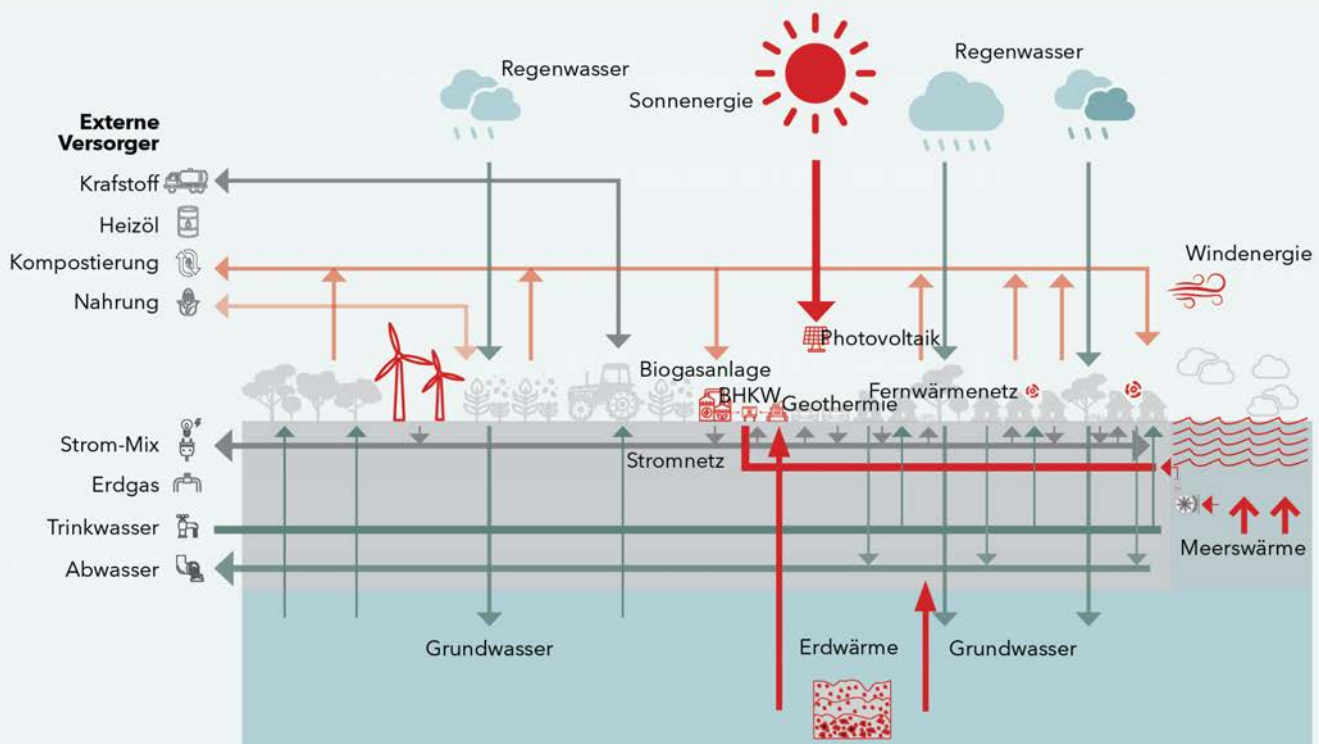


Abbildung 5: Von fossilen zur erneuerbaren Energienutzung – Versorgung Konzept (Eigene Darstellung, nach Wierer/Gali (2022))

Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen soll ein gesunder und lebendiger Innenort entstehen, der Dahme deutlich attraktiver macht und das Profil des Ortes schärft. Weiterführend müssen auch viele weitere Themengebiete betrachtet werden. Nur wenn diese verschiedenen Themen passend zum Konzept mitgedacht und mit diesem verknüpft werden, kann Dahme langfristig nachhaltig werden. Das Ziel sollte immer eine synergetische Gestaltung und das Denken in Kreisläufen sein, sei es in der Energieversorgung, in der Mobilität, aber auch in der Nutzung und Gestaltung des Ortes und der Art zu Wirtschaften. Wichtig ist, dass die Umgestaltung Dahmes nicht als einmaliges Ereignis verstanden wird, sondern dass dies eine fortlaufende und tiefgreifende Veränderung im Ort bedeutet. Nur wenn die neuen Ziele konsequent und langfristig verfolgt und im Prozess immer wieder angepasst werden, können die im Konzept vorgeschlagenen Maßnahmen langfristig zu einer nachhaltigen und gesunden Entwicklung Dahmes führen.<sup>19</sup>

Dabei spielen digitale Technologien eine wichtige Rolle. Durch eine Umstrukturierung des Energiesystems in Dahme mit einer eigenen lokalen Energieerzeugung werden intelligente Vernetzung, Lastmanagement und Nachfrageflexibilisierung unabdingbar, um eine effiziente Nutzung und Integration der erneuerbaren Energien sowie eine Optimierung der Netzauslastung zu erreichen. Die Einwohner sowie Touristen können ihre

Strom- und Heizkosten per App im Blick behalten – und für ein energiesparendes Verhalten belohnt werden. Eine Online-Baustoffbörse unterstützt durch das Angebot von gebrauchten Bauteilen und recycelten Materialien zirkuläres Bauen und Sanieren. Mobile Apps helfen dabei, alternative Mobilitätsformen attraktiver und zugänglicher zu machen, zum Beispiel durch Information über das Fahrradverleih, über die freie Kapazitäten in Car Sharing oder den Energiestand im Netz fürs Laden von E-Bikes und E-Autos. Auch die lokale Wirtschaft kann über eine digitale Stadt-Plattform gestärkt werden – zum Beispiel durch digitale Schaufenster oder lokale Online-Marktplätze.

### Fazit

In Deutschland gibt es viele Städte und Gemeinden, deren lineare Stoffstromsysteme nicht mehr zukunftsfähig sind, sei es in der Energieversorgung, in der Mobilität, aber auch in vielen weiteren Bereichen. Eine Transformation Richtung Klimaneutralität (-positivität) und Nachhaltigkeit ist daher notwendig und unabdingbar. Bestehende digitale Bilanzierungstools bieten eine gute Grundlage, um die Ausgangslage zu bewerten und Probleme festzustellen. Allerdings werden diese auf die Bilanzierung energiebedingter Treibhausgasemissionen ausgelegt, ohne Berücksichtigung der gesamten Lebenszyklen. Es gibt Sektoren wie Dienstleistung,

<sup>19</sup> Wierer/Gali (2022).

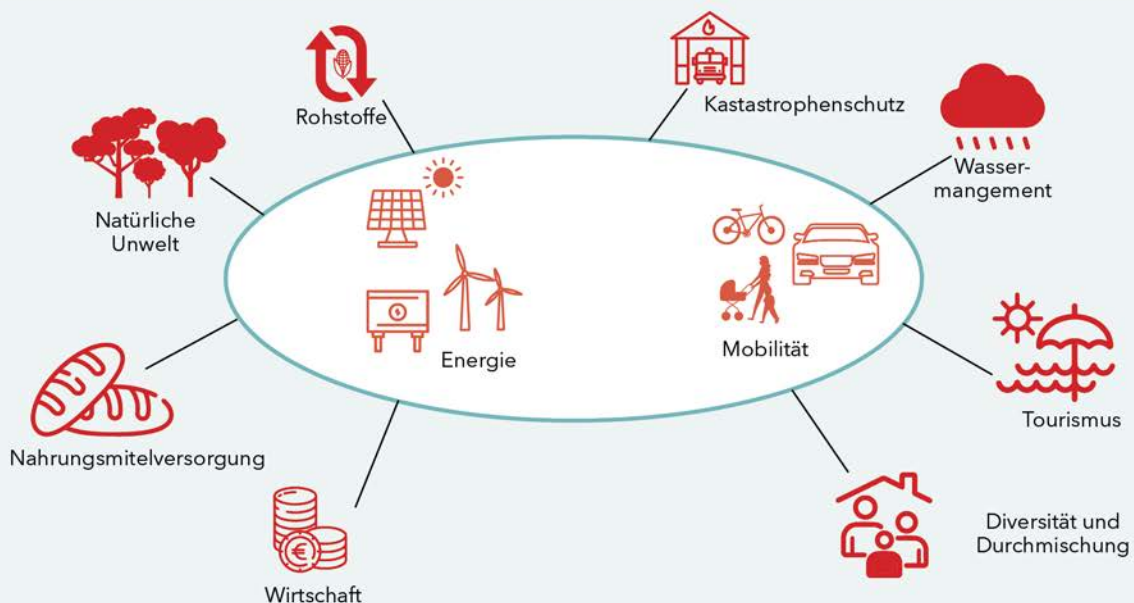


Abbildung 6: Darstellung einiger Konzeptbausteine für die weitere Planung (Eigene Darstellung, nach Wierer/Gali (2022))

Industrie, Landwirtschaft, Abwasser oder Abfall, die sowohl energiebedingte als auch nicht-energiebedingte Treibhausgasemissionen verursachen, die insbesondere in ländlichen Gebieten sehr relevant sein können.

Bei der Bilanzierung sollte der Weg nicht enden – oft ist es aber insbesondere für kleinere Gemeinden schwer, nachhaltige oder die für sie „richtigen“ Ziele zu formulieren und darauf aufbauend ein Konzept, bzw. eine Maßnahmenroadmap und ein Finanzierungsplan zu entwickeln, die sie langfristig zur Klimaneutralität (-positivität) leiten. Bevor Investitionen getätigt werden (ob auf der kommunalen Ebene oder in KMU), ist es sinnvoll, sich über die Unterstützungsleitungen zu informieren. Das Mittelstand-Digital Zentrum Rostock bietet beispielweise kostenlose Angebote zum Thema an: Checkliste und Themenheft/ Leitfaden Klimaneutrale (-positive) Gemeinde, Seminare, Workshops oder Digitalisierungsprojekte. Die Angebote des Mittelstand-Digital Zentrums Rostock zum Thema Bilanzierung und Klimaneutralität richten sich insbesondere an Unternehmen aus – wir freuen uns über Ihre Kontaktaufnahme und unterstützen Sie gerne.

## Literatur

- BfL Büro für Landschaftsentwicklung GmbH in Arbeitsgemeinschaft mit B2K und dn Ingenieure GmbH (05/2022); Ortsentwicklungskonzept (OEK) Gemeinde Dahme (Kreis Ostholstein), Online: <https://dwg-dahme.de/ortsentwicklungskonzept-oek-gemeinde-dahme/> (1.11.2023)
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (05/2023); SDG 11: Nachhaltige Städte und Gemeinden, Online: <https://www.bmz.de/de/agenda-2030/sdg-11> (1.11.2023)
- Deutsche Energie-Agentur (dena); Energieeffizienz-Kommune, Online: <https://www.energieeffiziente-kommune.de/startseite/>
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB); Klimapositive Städte und Gemeinden, Online: <https://www.klimapositivestadt.de/> (1.11.2023)
- Die Bundesregierung (08/2023); Wärmeplanung für ganz Deutschland, online: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/waermeplanungsgesetz-2213692> (1.11.2023)
- Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg (ifeu); Klimaschutz-Planer, Online: <https://www.ifeu.de/projekt/klimaschutz-planer/> (1.11.2023)
- KfW; Förderkredite und Zuschüsse für Kommunen, Online: <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/> (1.11.2023)
- Umweltbundesamt (08/2023); Kommunaler Klimaschutz, Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/kommunaler-klimaschutz#Rolle> (1.11.2023)
- Umweltbundesamt (02/2022); Steckbriefe kommunaler Klimaschutzpotenziale. Quantitative und qualitative Erfassung von Treibhausgasminderungspotenzialen in Kommunen, Online: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-12-15\\_cc\\_04-2022\\_klimaschutzpotenziale\\_in\\_kommunen\\_anhang-steckbriefe.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-12-15_cc_04-2022_klimaschutzpotenziale_in_kommunen_anhang-steckbriefe.pdf) (1.11.2023)
- Umweltbundesamt (03/2021); Treibhausgasneutralität in Kommunen, Online: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2021-03-24\\_factsheet\\_treibhausgasneutralitaet\\_in\\_kommunen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2021-03-24_factsheet_treibhausgasneutralitaet_in_kommunen.pdf) (1.11.2023)
- Umweltbundesamt (04/2020); Weiterentwicklung des kommunalen Bilanzierungsstandards für THG-Emissionen. Bilanzierungssystematik kommunal – BISCO. Abschlussbericht, Online: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc\\_19-2020\\_endbericht\\_sv-gutachten\\_bisko.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_19-2020_endbericht_sv-gutachten_bisko.pdf) (1.11.2023)
- Wierer, Heike; Gali, Mateusz (2022); Integrierter Entwurf Ostseebad Dahme: Klimaneutral – Dahme bewegt sich, Hochschule Wismar, Master Architektur und Umwelt.



## Autorinnen und Autor



Ing.arch. **Lucia Oberfrancová**, PhD. ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Mittelstand-Digital Zentrum Rostock zum Thema „SMART, Nachhaltig und Gesund“ (SMART HAUS) – digitale Unterstützungsleistungen für KMU über nachhaltigen und gesunden Betrieb von Gebäuden. Schon während ihres Architekturstudiums an der Slowakischen Technischen Universität in Bratislava hat sie sich intensiv mit dem Thema der ökologischen und experimentellen Architektur beschäftigt. Seit 2010 hat sie bei mehreren nachhaltigen Forschungsprojekten an der Fakultät Gestaltung der Hochschule Wismar unter der Leitung von Prof. Wollensak mitgewirkt. Sie ist in der Lehre auf dem Gebiet „Green Building“ und Energieberechnung, Ökobilanzierung und nachhaltige Zertifizierung tätig.



M.A. **Kassandra Hellicar** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Mittelstand-Digital Zentrum Rostock zum Thema „Klimaneutral und Nachhaltig“ (DIGITALE EVALUATION) – digitale Unterstützungsleistungen für KMU über den Nachweis der Klimaneutralität (LCA / LCC / Nachhaltigkeitszertifizierungen, digitale Dokumentation / Gebäudebetriebshandbuch) von Gebäuden. Bereits während des Architekturstudiums in Wismar hat Cassandra sich tiefgehend mit nachhaltiger und sozialer Architektur beschäftigt und damit zusammenhängende Thematiken als HiWi und Tutor den jüngeren Studierenden nahegebracht. Kassandras Arbeiten verbinden ideenreiche Konzepte des Zusammenlebens mit durchdachter Nachhaltigkeit und gezieltem Einsatz digitaler Werkzeuge.



**Prof. Dipl.-Ing. Martin Wollensak** ist Projektleiter Transfer Digitalisierung in die Bauwirtschaft an der Hochschule Wismar als Teil des Mittelstand-Digital Zentrums Rostock. Seit 1999 ist er Professor für Baukonstruktion – Baustofftechnik, Fachgebiet Energie- und Ressourcensparendes Planen und Bauen an der Fakultät Gestaltung der Hochschule Wismar und als Leiter des Master-Studiengangs Architektur und Umwelt in die Lehrtätigkeit auf dem Gebiet der nachhaltigen Architektur eingebunden. Prof. Wollensak ist Architekt BDA/ DGNB und Leiter des Instituts für Bauen + Energie + Lichtplanung. Derzeit ist er auch als Partner im Büro Wollensak Architekten und stellvertretender Vorstandsvorsitzender vom Kompetenzzentrum Bau M-V tätig. Als Experte für ressourcensparendes Gestalten, Planen und Bauen arbeitet er in zahlreichen europäischen und bundesweiten Gremien aktiv mit.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Rostock bietet kleinen oder mittelständischen Unternehmen in Mecklenburg-Vorpommern professionelle Unterstützung und maßgeschneiderte Lösungen, mit Hilfe derer sie von der Digitalisierung profitieren können. Unsere kompetenten Ansprechpartner sowie unser optimal ausgebauten Netzwerk helfen ihnen, bestehende Herausforderungen als Chance zu nutzen. Mit kostenlosen Veranstaltungen, Praxisvorträgen, zertifizierten Fortbildungen und Digitalprojekten unterstützen wir Unternehmen auf dem Weg in einen digitalen Berufsalltag. Im besonderen Fokus des Mittelstand-Digital Zentrums Rostock stehen Unternehmen aus den Bereichen Gesundheitswirtschaft, Medizintechnik, Tourismus, Gesundheitstourismus sowie Bauwirtschaft, insbesondere in Hinblick auf Nachhaltigkeit und Künstliche Intelligenz.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Rostock gehört zu Mittelstand-Digital. Mit dem Mittelstand-Digital Netzwerk unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz die Digitalisierung in kleinen und mittleren Unternehmen und dem Handwerk.

<https://www.digitalzentrum-rostock.de/>





Hanna Kaschke, Lukas Rilling, Lena Köppen

## Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft: Mit Datenräumen zur Klimaneutralität

**Herstellen, verbrauchen, wegwerfen - mit dem linearen Wirtschaftssystem landet rund ein Fünftel unseres Mülls bislang entweder auf der Mülldeponie oder wird verbrannt, weil er nicht wiederverwendet werden kann. Im Jahr 2021 waren das 74 Millionen Tonnen Müll allein in Deutschland.<sup>1</sup> Der hohe Konsum und die damit einhergehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen erfordern ein gesellschaftliches Umdenken sowie Maßnahmen, den Abfall zu verringern. Denn: Ändert sich die Art und Weise im Umgang mit Ressourcen nicht, wären im Jahr 2050 drei Erden nötig, um den Bedarf der Weltbevölkerung zu decken.<sup>2</sup> Nachhaltigkeitspioniere unter den Unternehmen setzen daher auf die Kreislaufwirtschaft, um das EU-Klimaziel, bis 2050 klimaneutral zu sein, zu erreichen.**

<sup>1</sup> Statistisches Bundesamt: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-abfallbilanz-kurzuebersicht.html#351154>

<sup>2</sup> Europäisches Parlament: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20210128STO96607/wie-will-die-eu-bis-2050-eine-kreislaufwirtschaft-erreichen>.

### Kreislaufwirtschaft - was ist das?

Die Idee der Kreislaufwirtschaft orientiert sich an der Natur. Dort entstehen keine Abfälle, da der Müll des einen zum Nährstoff des anderen wird. In Diskussionen wird die Kreislaufwirtschaft deshalb auch als neue, zukunftsfähige Wirtschaftsform gesehen, die sowohl den Ressourcenverbrauch reduziert als auch die nachhaltige Erholung beschleunigt.<sup>3</sup> In diesem Sinne zielt die Kreislaufwirtschaft auf den Erhalt von Ressourcen in einem geschlossenen Kreislauf ab.

Schließt man Kreisläufe, werden Ressourcen effizienter und länger genutzt, indem sie recycelt, wiederverwendet oder repariert werden. Die Umwelt wird dadurch weniger schädlichen Emissionen ausgesetzt, die Energieverschwendung reduziert und natürliche Ressourcen geschont. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) profitieren durch Einsparung von Kosten und Energie durch

<sup>3</sup> IFAT, Statusbericht zur deutschen Kreislaufwirtschaft 2020: <https://ifat.de/de/entdecken/branchen-themen/industry-insights/detail/statusbericht-der-deutschen-kreislaufwirtschaft.html>.

die Wiederverwendung von Materialien und Ressourcen. Zusätzlich steigern sie ihre Wettbewerbsfähigkeit, da durch die Kreislaufwirtschaft neue Produkte und Dienstleistungen geschaffen werden können, die zur Nachhaltigkeit beitragen. Durch den Umstieg auf eine Kreislaufwirtschaft senken KMU ihren Ressourcenverbrauch und ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dies ist mithilfe verschiedener Strategien, wie beispielsweise Recycling, Reparatur oder Wiederverkauf möglich.

### Was hat Digitalisierung mit Kreislaufwirtschaft zu tun?

Digitalisierung spielt eine wesentliche Rolle für erfolgreiches, zirkuläres Wirtschaften. Anders als beim linearen Wirtschaften erfordert die Kreislaufwirtschaft einen Überblick, damit Ressourcen in geschlossenen Kreisläufen erhalten werden können. Unternehmen müssen die einzelnen Glieder der Lieferkette über Kooperationspartner hinweg bis hin zum gesamten Wertschöpfungsnetzwerk erfassen, damit unter anderem der Abfall des einen zum Rohstoff des anderen werden kann. Was zunächst unmöglich erscheint, wird durch digitale Vernetzung Realität: So können sich digitalisierte Unternehmen sicher über Datenräume miteinander austauschen, Daten über Emissionen sammeln und anschließend analysieren. Die Analyse liefert anschließend die Grundlage für fundierte Entscheidungen im Sinne der Klimaneutralität.

Bei Datenräumen handelt es sich um eine digitale Infrastruktur, die die Rahmenbedingungen für einen sicheren, transparenten und kontrollierten Datenaustausch schafft. Zu dieser Datenraum-Technologie gehören drei für KMU essenzielle digitale Lösungen, die in diesem Beitrag vorgestellt werden: B2B-Plattformen, die Blockchain-Technologie und der Digitale Produktpass (DPP).

### B2B-Plattformen - Produktabfälle als Ressourcen gewinnen

Eine zentrale Strategie der Kreislaufwirtschaft ist die sogenannte industrielle Symbiose, die auf die Nutzung von Produktabfällen und Nebenprodukten als Sekundärrohstoffe abzielt. Die in Unternehmen nicht weiter genutzten Reste, die bislang im Abfall endeten, werden dabei zu wichtigen Rohstoffen für andere. So können durch Unternehmenskooperationen Rohstoffe in der eigenen Produktion durch recycelte Sekundärrohstoffe ersetzt werden oder Produktabfälle und Nebenprodukte als Ressource weiterverkauft werden. Daneben gibt es auch die Möglichkeit, aus den eigenen Produktabfällen sein Geschäft um ein neues Produktsortiment zu erweitern – siehe auch Beispiel aus der Praxis.

Passende Kooperationsmöglichkeiten zu entdecken, erweist sich jedoch meist als gezielte Glückstreffersuche. Entweder liegen die ersehnten Unternehmen außerhalb der eigenen Branche oder Region, oder die Unternehmen sind sich über die Einsatzmöglichkeiten ihrer Nebenprodukte unklar. Online-Plattformen oder digitale Marktplätze, die unter dem Begriff B2B-Plattformen zusammengefasst werden, können sowohl regional- wie auch industrieübergreifend vernetzen. Mit Fokus auf Emissionen und Nachhaltigkeit wird die Suche nach Einsatzmöglichkeiten der eigenen Nebenprodukte sowie Recyclingmöglichkeiten zudem erleichtert. So können kreislaufwirtschaftlich-orientierte Unternehmen auf Basis von Angebot und Nachfrage die eigene Produktionskette in Kreisläufen schließen und auch länderübergreifende Kooperationen für sich entdecken.

### Zusammenhang zwischen B2B-Plattformen, Blockchain und dem Digitalen Produktpass

Damit Unternehmen Kooperationen eingehen, braucht es zwei Grundlagen: Sicherheit und Informationen. Mitunter wissen Unternehmen nämlich nicht von den Emissionen ihrer eigenen Lieferkette und auch nicht um den weiteren Weg des eigenen (Vor-)Produkts. Zudem gibt es Informationsdefizite zur Qualität von Sekundärrohstoffen, wodurch die Bereitschaft, solche Materialien in die eigene Produktion aufzunehmen, verringert wird. Die Sorge um die Souveränität der eigenen Daten und den Datenschutz beim Datenaustausch erschwert das Ganze zusätzlich. Eine Lösung bieten die Blockchain-Technologie und der digitale Produktpass.

### Blockchain - sicherer Datenaustausch im Wertnetzwerk

Neben Produktionsresten und Nebenprodukten zählen insbesondere auch Daten zu den Ressourcen in einem Unternehmen. So sind die Daten digitaler Liefer- und Produktionsketten notwendige Voraussetzungen, um mögliche Kreisläufe zu erkennen und zu tracken. Da Kund:innen bei der Kaufentscheidung zunehmend auf Nachhaltigkeit achten und auch öffentliche Stellen diese überprüfen, zum Beispiel durch das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, ist ein Austauschen und Sammeln der Daten vernetzter Geräte, Sensoren und Maschinen für intelligentere Prozesse und Anwendungen (IoT-Daten), entlang der gesamten Liefer- und Produktionskette nicht nur für die eigene Transparenz im Unternehmen zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck wichtig.

Beim Tracken spielt die Einführung von verlässlichen Supply-Chain-Management-Tools eine große Rolle, die erst durch den Einsatz der Blockchain-Technologie die



nötige Sicherheit und Vertrauensgrundlage schafft, sodass Unternehmen diese in der Praxis nutzen. Die besondere Eigenschaft der Blockchain-Technologie, unveränderliche und dezentral Daten zu sammeln und zu speichern, reduziert die Risiken beim Austausch sensibler Lieferkettendaten und etabliert das nötige Vertrauen. Gesammelte Lieferkettendaten können somit nicht nachträglich verändert werden.

Darüber hinaus schafft Blockchain die Grundlage für Smart Contracts, eine in zunehmend flexibler und digitaler werdenden Wertschöpfungsnetzwerk wichtige Technologie, die das Vertrauen und die persönliche Vernetzung sicherer und transparenter macht. In Smart Contracts werden Vertragserfüllungen automatisch erkannt und Vertragsinhalte sicher festgehalten.

### Aktueller Stand zu den Einsatzmöglichkeiten

Zurzeit ist der Einsatz von Blockchain in der Industrie und insbesondere bei KMU noch eine Seltenheit und auf nicht-öffentliche Blockchains begrenzt. Blockchain-Lösungen werden von Unternehmen angeboten, wodurch die Kontrolle und Abhängigkeit zur Blockchain bei diesen liegt. Als Folge sind Einsatzbereich und Teilnehmeranzahl eingeschränkt und Vorteile für die gesamte Industrie gehen verloren (Lock-In-Effekt). Bislang kommen Blockchains beim Austausch von Finanzdaten als sicheres Zahlungsmittel oder für den Austausch von anderen unternehmensrelevanten Daten zum Einsatz.

### Digitaler Produktpass - DPP

Ausgestattet mit Technologien, Kooperationspartner zu finden und sicher Daten miteinander auszutauschen, fehlt noch eine standardisierte Form der Daten, die einen einfachen Datenaustausch gewährleistet. Der Digitale Produktpass (DPP) sammelt dazu Daten über ein Produkt in einheitlicher Form und ergänzt die bisher typischen Produktinformationen, Zertifikate und Bedienungsanleitungen um Auskünfte zum Nutzungsverhalten, Reparierbarkeit, Wiederaufarbeitung und Recycling. Der bislang fehlende, sektorübergreifende Austausch zwischen Herstellern, Anwendenden und Entsorgern wird damit über den kompletten Produktlebenszyklus ermöglicht.

Mit einem Klick erhalten Nutzer:innen Informationen wie zum Beispiel ein Produkt verbaut oder repariert wurde und können die sozialen und ökologischen Bedingungen während der Produktherstellung einsehen, überprüfen und ausweisen. Mit dem steigenden Interesse von Verbraucher:innen und öffentlichen Stellen an diesen Daten, ist es für Unternehmen eine Erleichterung, diese automatisch und einfach mit einem DPP austauschen zu können. Zudem bietet die Datenanalyse Potenziale, die Eco-Design-Strategien zu verbessern, indem hohe Emissionen oder Schwachstellen aufgedeckt werden.



## Beispiele aus der Praxis

### Routinierter Austausch von Maschinendaten mit Kunden oder Partnern

Sollen sich Daten von Zulieferern, Partnern und Herstellern auswerten lassen, um beispielsweise innovative KI-Lösungen zu entwickeln oder Emissionen in der Wertschöpfungskette zu reduzieren, braucht es einheitliche Daten für einen standardisierten Datenaustausch. Im Digitalisierungsprojekt arbeiten das Mittelstand-Digital Zentrum WertNetzWerke und der Zerkleinerungs- und Keramikexperte ATN-Ceram an einer Lösung, um den Austausch von Maschinendaten mit Kunden oder Partnern in einem Wertschöpfungsnetzwerk routiniert austauschen zu können.

Der Bedarf an einheitlichen Daten ist hoch, insbesondere bei der ATN-Ceram GmbH, die neben den vielfältigen Einsatzbereichen ihrer Keramikugeln ebenso die vielfältige Kundschaft mit spezifischen Anforderungen aus verschiedenen Branchen bedienen muss. Der Austausch der Maschinendaten im Wertschöpfungsnetzwerk war bislang mit einem hohen Aufwand verbunden: So stellten fehlende Schnittstellen und Standards beim Datenaustausch das Unternehmen vor mühselige Aufgaben. Der regelmäßige Datenaustausch von Unmengen an Maschinendaten musste manuell erfolgen. Zusätzlich erschwerte wurde der Austausch noch durch die verschiedensten Systeme, die die Daten in unterschiedlichsten Formaten ausgaben. Das Unternehmen ist sich klar: Es muss eine automatisierte Lösung her, um den hohen Arbeitsaufwand beim Datenaustausch im Wertschöpfungsnetzwerk zu erleichtern.

Als Lösung soll ein vertrauensvoller Datenraum zwischen Unternehmen aufgebaut werden. Dabei stehen der einfache Datenaustausch mit automatischen Standardisierungen, geklärte Zugriffsrechte sowie die Souveränität der Daten im Fokus. Über die Konnektoren, den Schnittstellen zum Datenraum, können alle Berechtigten sicher Daten miteinander austauschen.

Zunächst wird sich der Datenraum auf einen Mühlenhersteller und einen Kunden begrenzen, nach erfolgreicher Etablierung soll der Datenraum dann mit weiteren Beteiligten erweitert werden. Am Projektende wird ATN-Ceram befähigt sein, die für sein KI-Modell notwendigen Schnittstellen mit den beteiligten Unternehmen etablieren zu können, um auch für den zukünftigen Ausbau ihres Wertschöpfungsnetzwerkes gerüstet zu sein. Dafür wird das Mittelstand-Digital Zentrum ATN-Ceram den Einsatz von standardisierter Datenraum-Technologie wie Konnektoren aufzeigen und bei der Skizzierung, wie die beteiligten Unternehmen angeschlossen werden können, unterstützen. Über das Digitalisierungsprojekt können andere Unternehmen eine bessere Vorstellung gewinnen, wie ein Datenraum den Datenaustausch innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks unterstützt und welche Mehrwerte für alle Beteiligten daraus entstehen. Dazu werden alle Schritte von der Datenlieferung über die Datenverarbeitung bis hin zur Datenanalyse und -visualisierung prototypisch umgesetzt, um die Wirtschaftlichkeit und den Nutzen für Unternehmen in vergleichbaren Situationen besser abschätzen zu können.

Bevor die Konnektoren zwischen den Beteiligten allerdings errichtet werden können, müssen die Anforderungen an den Datenraum und die Schnittstellen klar sein. Im Projekt werden daher zuerst die Abläufe zwischen den Unternehmen analysiert und die Datenflüsse sowie verwendete Datenformate und -modelle identifiziert. Anschließend wird gemeinsam eine Lösungsskizze entworfen, die die Datenflüsse zwischen den beteiligten Unternehmen gemäß den Datenraum-Prinzipien ermöglicht. Sollten sich notwendige ergänzende Maßnahmen zur Datenerfassung ergeben, wird das Mittelstand-Digital Zentrum Ländliche Regionen unterstützen.

Der Projektpartner ATN-Ceram ist gespannt auf die Erkenntnisse: „Ich freue mich darauf, durch das Digitalisierungsprojekt die Daten, die wir über Jahre gesammelt haben, noch effektiver nutzen zu können, um die Stellung der ATN als anerkannter Know-how-Träger auf diesem Spezialgebiet weiter zu verfestigen. Besonders gespannt bin ich auf die neuen Erkenntnisse, die wir durch den Einsatz von KI gewinnen können“ sagt Geschäftsführerin Do Diep Anh.

### Nachhaltigkeit durch eigene Nebenprodukte sowie Recyclingmöglichkeiten

Ein weiteres Beispiel aus der Praxis ist der österreichische Käseproduzent Metzler Hof, der aus seinem Abfallprodukt Molke nun Pflegeprodukte herstellt. Statt ausschließlich die 10 Prozent der Milch, die zu Käse verarbeitet werden können zu gebrauchen, verwertet der Metzler Hof nun ebenfalls die übriggebliebenen 90 Prozent der Milch, die zu Molke werden. Alternativ hätte das KMU aber auch eine Kooperation mit einem bestehenden Pflegeprodukthersteller für die Weiterverwendung seiner Molke eingehen können, um die Ressource länger im Kreislauf zu halten.



Das Mittelstand-Digital Zentrum WertNetzWerke stärkt kostenfrei sowie anbieterneutral kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in Deutschland, um in effizienten, nachhaltigen und digital unterstützten Wertschöpfungsnetzwerken erfolgreich zu agieren.

Zu den Themen dieses Zentrums zählen unter anderem:

- ▶ vernetzte, nachhaltige Wertschöpfungs- und Datenökosysteme, z.B. Gaia-X, Blockchain
- ▶ kooperative Geschäftsmodelle
- ▶ Kreislaufwirtschaft
- ▶ Künstliche Intelligenz mit eigenen KI-Trainer:innen
- ▶ Interoperabilität durch Standards und Vertrauen durch resiliente Infrastrukturen und gemeinsame Werte

Für das Angebot von Training, Webinaren, Workshops, von Digitalisierungsprojekten oder auch Unternehmensbesuchen haben sich im Zentrum zusammengeschlossen: Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik (BME), Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production gGmbH (CSCP), Fraunhofer FIT, Institut für Angewandte Informationstechnik, Fraunhofer IMW, Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie, wisnet innovation research institute (w.i.r.i.) sowie GS1 Germany.

Das Mittelstand-Digital Zentrum WertNetzWerke zählt zu Mittelstand-Digital. Mit Mittelstand-Digital unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz die Digitalisierung in kleinen und mittleren Unternehmen sowie dem Handwerk.

<https://www.mittelstand-digital-wertnetzwerke.de/>



## Autorinnen und Autor



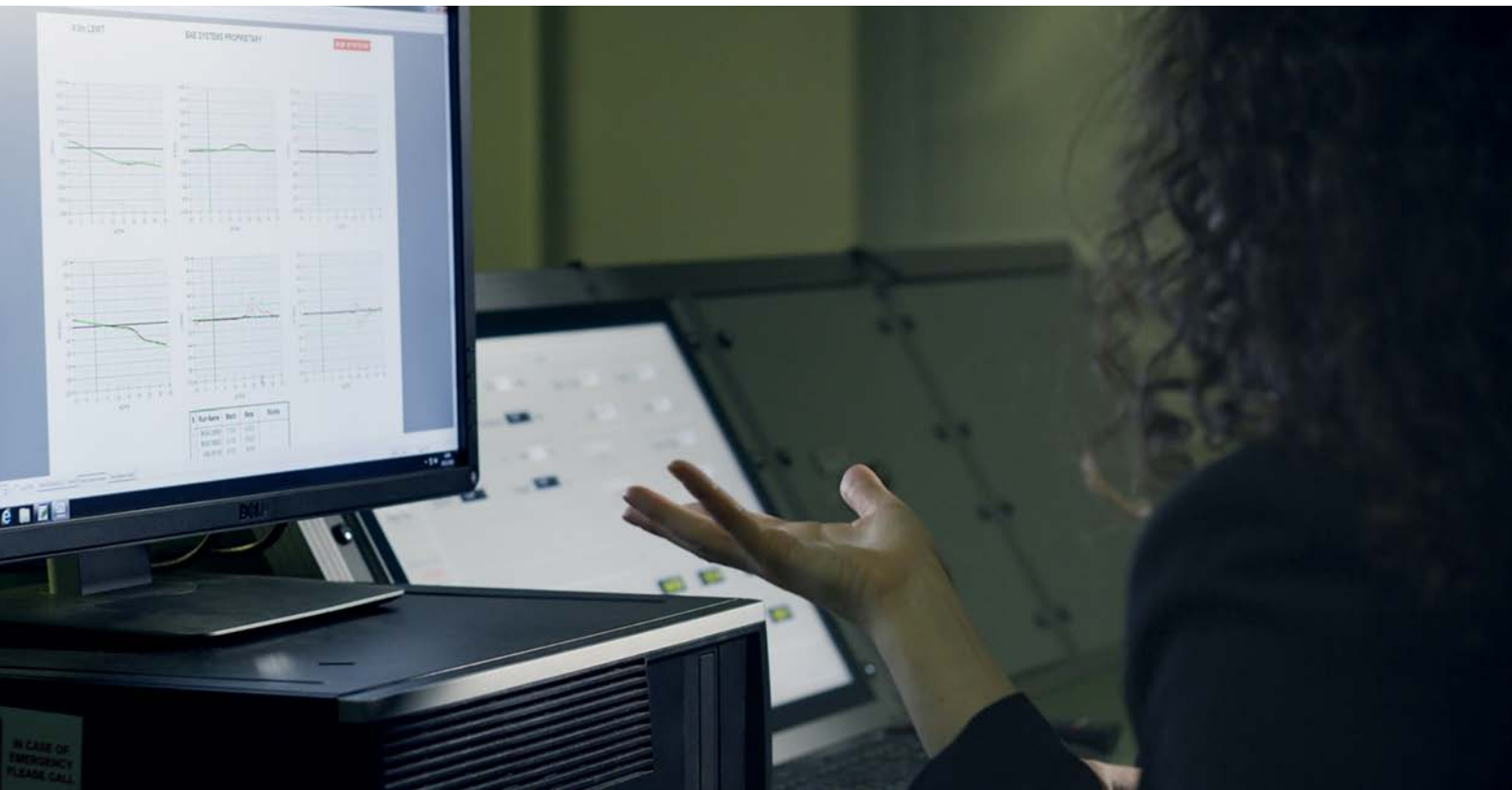
**Hanna Kaschke** (B.Sc.) ist studentische Hilfskraft am Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT. Anknüpfend an ihren Bachelor in Technikjournalismus studiert sie aktuell im Masterstudiengang Technik- und Innovationskommunikation an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg. Mit Fokus komplexe Inhalte verständlich zu vermitteln, unterstützt sie im Mittelstand-Digital Zentrum WertNetzWerke die Öffentlichkeitsarbeit.



**Lukas Rilling** (B.Sc.) ist studentische Hilfskraft am Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT. Seinen Bachelor in Medientechnologie absolvierte er an der Technischen Hochschule Köln mit Fokus auf Phototechnik und Webentwicklung. Aktuell studiert er im Master Media Informatics am Bonn-Aachen International Center for Information Technology (b-it) und der RWTH Aachen und fokussiert sich dabei auf künstliche Intelligenz und Technologien für menschliche Sprache. Er unterstützt das Mittelstand-Digital Zentrum WertNetzWerke bei der Recherche zu Technologien für die Kreislaufwirtschaft.



**Lena Köppen** (M.Sc.) ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT. Sie studierte Technik- und Innovationskommunikation an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg mit den Schwerpunkten zielgruppengerechte Ansprache und User Experience. Sie unterstützt das Mittelstand-Digital Zentrum WertNetzWerke in den Bereichen Öffentlichkeitsarbeit, Veranstaltungsorganisation und Kreislaufwirtschaft.



Oliver Crönertz, Sven Preußner

## Softwarelösungen zur Ökobilanzierung – digitale Schritte zur Erreichung innerbetrieblicher Klimaschutzziele

**Digitale Ökobilanzierungstools ermöglichen Unternehmen eine tiefgreifende Analyse ihrer Umweltwirkungen und bieten Ansatzpunkte zur Optimierung. Trotz Herausforderungen bei der Implementierung und Datenqualität sind sie insbesondere für KMUs ein wichtiges Werkzeug zur Positionierung in einem zunehmend umweltbewussten Markt. Zukünftige Entwicklungen versprechen verstärkte Automatisierung und Integration von KI-Technologien, die den Bilanzierungsprozess weiter revolutionieren werden.**

### Einleitung

Der Klimawandel und die damit einhergehenden ökologischen Herausforderungen haben Unternehmen vor neue Aufgaben gestellt. Nachhaltiges Wirtschaften und der damit verbundene Klimaschutz sind längst nicht

mehr nur wünschenswerte Zusatzmerkmale, sondern essenzielle Kriterien erfolgreicher sowie auch zukünftig resilienter Unternehmen.<sup>1</sup> Besonders kleine und mittlere Unternehmen (KMU) stehen dabei aber oftmals vor dem Spagat, effiziente und zugleich nachhaltige Geschäftsprozesse und -modelle entwickeln zu müssen, verfügen jedoch im Vergleich zu Großunternehmen über weniger Ressourcen – vor allem bei Personal, Finanzen und Fachwissen.

In diesem Kontext erweist sich die Digitalisierung als Schlüsselinstrument: Eine digital gestützte Ökobilanzierung – das Quantifizieren, Analysieren und Bewerten von Umweltauswirkungen über den Lebenszyklus eines Produktes oder einer Dienstleistung hinweg – bietet einen evidenzbasierten Ansatz, um das Umweltverhalten von Unternehmen transparenter, nachvollziehbarer und

<sup>1</sup> Sustainability Transformation Monitor (2023).

optimierbar zu machen<sup>2</sup>. Die Ökobilanzierung stellt eine direkte Verbindung zur Erreichung der Klimaneutralität dar, indem sie Unternehmen ermöglicht, ihre Emissionen präzise zu erfassen und gezielte Schritte zur Reduktion dieser Emissionen einzuleiten. Dies ist besonders relevant, da die Reduktion von Treibhausgasen ein zentraler Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität ist und die Ökobilanzierung hierfür eine unverzichtbare Datengrundlage liefert. Dadurch können KMU nicht nur ihre eigene Umweltperformance verbessern, sondern tragen aktiv zur globalen Anstrengung bei, den Klimawandel zu bekämpfen und die Ziele des Pariser Abkommens zu erreichen.

Die Verwendung einer Ökobilanzierungssoftwarelösung, die solch eine Bilanzierung effizient und kostensparend ermöglichen, gestattet es auch einem KMU, seinen ökologischen Fußabdruck kontinuierlich sichtbar zu machen, Verbesserungspotenziale zu identifizieren und Maßnahmen zur Reduzierung schädlicher Emissionen zu implementieren.

## Grundlagen der Ökobilanzierung

### Definition und Zweck der Ökobilanzierung

Die Ökobilanzierung, international als Life Cycle Assessment (LCA) bezeichnet, ist eine systematische Methode zur Quantifizierung und Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen von Produkten oder Dienstleistungen über deren gesamten Lebenszyklus (Abbildung 1). Dieser Ansatz berücksichtigt damit alle Schritte von der Rohstoffgewinnung (*Inputflüsse, Front-of-Pipe*) über die Produktionsprozesse bis hin zur Nutzung und schlussendlich der Entsorgung (*Outputflüsse, End-of-Pipe*) und bietet somit eine umfassende Perspektive auf die ökologischen Fußabdrücke (Scope 1 bis Scope 3) eines Produkts oder einer Dienstleistung.

Die Identifikation umweltkritischer Auswirkungen dient dann als Grundlage unternehmensinterner Nachhaltigkeitsmaßnahmen zur Reduzierung der Umweltbelastung im Produktionsprozess sowie der Förderung einer umweltfreundlichen und wirtschaftlich sinnvollen Produktgestaltung. Die Umsetzung abgeleiteter Nachhaltigkeitsmaßnahmen und -strategien, wie beispielsweise die Verringerung des Ressourcenverbrauchs und der damit einhergehenden Treibhausgasemissionen, trägt wesentlich dazu bei, ein Unternehmen auf den Weg zur Klimaneutralität zu führen.

Hierbei ist es wichtig zu betonen, dass die Ökobilanzierung nicht nur eine statische Momentaufnahme, sondern einen dynamischen Prozess darstellt, der kontinuierlich



Abbildung 1: Lebenszyklus eines Produkts

überarbeitet und aktualisiert werden sollte, um Veränderungen in Technologien, Prozessen oder Umweltstandards zu adaptieren.

Neben der Entlastung der Umwelt kann die Ökobilanzierung zudem wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen: Durch die Optimierung von Energie- und Materialverbräuchen können Kosten im Einkauf und der Entsorgung eingespart werden. Eine authentische CO<sub>2</sub>-Berechnung kann zudem helfen, neue umweltbewusste Zielgruppen zu erschließen. Es sollte daher im strategischen Interesse jedes Unternehmens liegen, sich mit den Grundsätzen und Methoden der Ökobilanzierung vertraut zu machen und diese in die eigene Geschäftsstrategie aufzunehmen.

### Ablauf einer Ökobilanzierung

Die Erstellung einer Ökobilanz erfolgt nach dem weltweit gültigen Standard ISO Norm 14040<sup>3</sup> in vier systematisch aufeinanderfolgenden Phasen, die eine strukturierte Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts oder einer Dienstleistung über deren gesamten Lebenszyklus sicherstellen (Abbildung 2).<sup>4</sup>

#### 1. Ziel-/Zweckdefinition und Systemgrenzen

In dieser grundlegenden Phase wird der Untersuchungsschwerpunkt einer Ökobilanz festgelegt. Dies umfasst die Definition des Untersuchungsobjekts (z.B. Herstellung eines Plastikeimers), der funktionalen Einheit (z.B. die Produktion von einem Plastikeimer), den Systemgrenzen (z.B. vom Abbau der

<sup>2</sup> Rebitzer (2004).

<sup>3</sup> DIN EN ISO 14040.

<sup>4</sup> Guinée (2002).

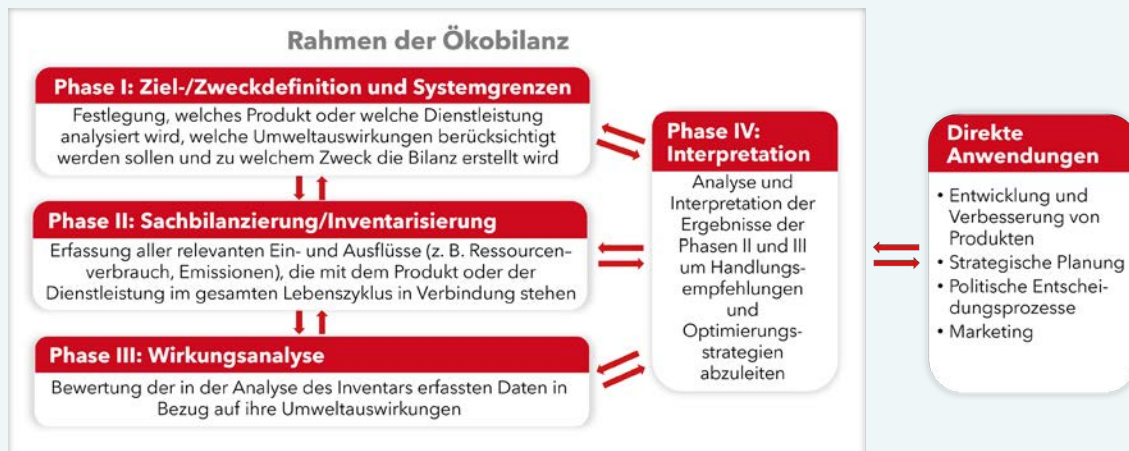


Abbildung 2: Rahmen und Anwendung der Ökobilanz (orientiert an DIN EN ISO 14040)

Rohstoffe, über die Produktion und Montage, bis hin zur Verpackung und Auslieferung an den Endkunden) und die Festlegung relevanter Umweltauswirkungen (z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen, Wasserverbrauch, Abfallerzeugung). Ebenso werden hier die anvisierten Adressaten (z.B. Plastikeimer-Hersteller und/oder Endverbraucher) und der Zweck der Untersuchung (z.B. Optimierung der Produktionsprozesse und Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks) definiert.

## 2. Sachbilanzierung/Inventarisierung (LCI - Life Cycle Inventory)

Diese Phase erfordert die Datensammlung und Quantifizierung aller relevanten Eingangs- und Ausgangsströme während des gesamten Lebenszyklus des Produkts oder der Dienstleistung. Das beinhaltet Ressourcenverbräuche, Emissionen und Abfallströme (z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Produktion, Entsorgung von Altprodukten). Diese Daten werden in Relation zur funktionalen Einheit gesetzt, um eine standardisierte Analysebasis zu schaffen (z.B. Emissionen pro produziertem Plastikeimer oder Ressourcenverbrauch pro verkauftem Produkt).

## 3. Wirkungsanalyse und Bewertung (LCIA - Life Cycle Impact Assessment)

Auf Basis der gesammelten Inventardaten erfolgt hier eine Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen. Über verschiedene Modelle und Indikatoren werden die Inputs und Outputs der Sachbilanz in spezifische Umweltwirkungskategorien, wie beispielsweise Klimawandel oder Ozonabbau, übersetzt und bewertet (z.B. Umrechnung des Energieverbrauchs in CO<sub>2</sub>-Äquivalente als zentrales Treibhausgas oder die Bewertung von FCKW-Emissionen in Bezug auf ihren Beitrag zum Ozonabbau).

## 4. Auswertung und Interpretation

Abschließend werden die Resultate der vorangegangenen Phasen analysiert und interpretiert. Hieraus werden Handlungsempfehlungen, Optimierungsmöglichkeiten und Schlussfolgerungen für das Unternehmen abgeleitet, um den Umweltfußabdruck zu reduzieren und nachhaltigere Prozesse zu implementieren. Am Beispiel der "Herstellung eines Plastikeimers" könnte dies bedeuten, dass auf Basis der Ökobilanzierung erkannt wird, dass ein bestimmter Produktionsschritt besonders viele Emissionen verursacht. Das Unternehmen könnte dann nach Alternativen suchen, um diesen Schritt umweltfreundlicher zu gestalten, beispielsweise durch den Einsatz erneuerbarer Energien oder den Wechsel zu umweltfreundlicheren Materialien.

## Wie Unternehmen von Softwarelösungen zur Ökobilanzierung profitieren

Mit dem Einsatz von Softwarelösungen zur Ökobilanzierung können Unternehmen ihre Umweltwirkungen nicht nur sichtbar machen, sondern auch standardisierte Umweltfaktoren aus Wissenschaft und Praxis einbinden, um ihre Produktionsprozesse effektiv zu simulieren und zu optimieren.

Eine Ökobilanzierungs-Software, wie bspw. Umberto, GaBi oder OpenLCA, ist im Kern ein Prozessmodellierungstool, mit dem Unternehmen gemäß der oben dargestellten Schritte Sachbilanzen einzelner Prozesse innerhalb festgelegter Systemgrenzen abbilden und diese mit In- und Outputs ihrer betrieblichen Daten (z.B. Stücklisten, Rezepturen, Fertigungsaufträge, Inventurdaten) hinterlegen können. Durch die Verknüpfung

der Prozesse entsteht ein umfassendes Stoffstromnetz, das Unstimmigkeiten (fehlende Datensätze, betriebliche Schwachstellen) aufdeckt. Diese werden dann visuell in Form von detaillierten Bilanzen und Materialflussdiagrammen aufbereitet und ausgewertet. Mathematische Verknüpfungen erlauben zudem die Simulation verschiedener Szenarien, wie beispielsweise den Vergleich zwischen lokaler und globaler Beschaffung. Damit können zukünftige Investitionen in nachhaltigere Technologien besser geplant und fundierter entschieden werden.<sup>5</sup>

Eine vollständige Ökobilanzierung umfasst neben den eigenen Prozessen auch vorgelagerte Lieferketten sowie nachgelagerte Vertriebs-, Nutzungs-, Recycling- und Entsorgungsphasen (Abbildung 3). Diese komplexe Aufgabe ist jedoch sehr arbeitsaufwendig und nicht für jedes Unternehmen ohne Weiteres leistbar. Eine Hilfestellung bieten hier standardisierte Datenbanken (z.B. Ecoinvent, GaBi, ProBas oder ÖKOBAUDAT), die mehrere tausend Prozessdaten aus unterschiedlichen Branchen zusammenfassen. Dadurch ist es beispielsweise möglich, die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Bezugs von Ökostrom aus Nordseewindkraft zu berücksichtigen, ohne die gesamte damit verbundene Lieferkette – wie Stromerzeugung, Transport, Bau, Aufstellung und Betrieb der Windkraftanlagen – im Detail modellieren zu müssen. Über standardisierte Schnittstellen lassen sich diese Datenbanken mit dem Ökobilanzierungstool nahtlos verbinden. Somit bleibt die Ökobilanz stets auf dem aktuellen Stand und Unternehmen können möglichen Vorwürfen des „Greenwashings“ mit dem Verweis auf gängige Standards begegnen. Die Digitalisierung ermöglicht somit auch kleinen und mittleren Unternehmen den Einstieg in das Thema Ökobilanzierung und dessen Implementierung.

<sup>5</sup> Saling et al. (2013).

Neben klassischen Ökobilanzierungstools existieren weitere Anwendungen, die Unternehmen bei der Aufbereitung von Nachhaltigkeitsberichten unterstützen, wie z.B. im Rahmen von ESG-Reporting, oder gemäß des Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz. In diesen Berichten können die Daten aus der Ökobilanz effektiv integriert werden, wodurch sie zu einem elementaren Baustein für die Erstellung eines glaubwürdigen und authentischen Nachhaltigkeitsberichts werden.

### Kriterien bei der Auswahl einer geeigneten Ökobilanzierungssoftware

Die Einführung, einschließlich der Auswahl und Implementierung, einer Software für Ökobilanzen ist ein wichtiger Schritt, der über den finanziellen Einsatz hinausgehend auch eine bedeutende Verpflichtung von Zeit und Ressourcen für die Einarbeitung und das Training der Mitarbeiter erfordert. Bei der Auswahl sollten daher mehrere Kriterien und gewünschte Funktionen sorgfältig bewertet werden (siehe Abbildung 4).

Zusammengefasst sollte die ideale Ökobilanz-Software eine Kombination aus solidem Datenmanagement, erweiterten Analysefähigkeiten, Flexibilität, Benutzerfreundlichkeit und effektiver Ergebnisvisualisierung sein. Unternehmen, die sich Zeit nehmen, diese Merkmale gründlich zu evaluieren, werden eine Software finden, die nicht nur ihre gegenwärtigen Anforderungen erfüllt, sondern auch eine langfristige Unterstützung ihrer nachhaltigen Entwicklung sicherstellt.

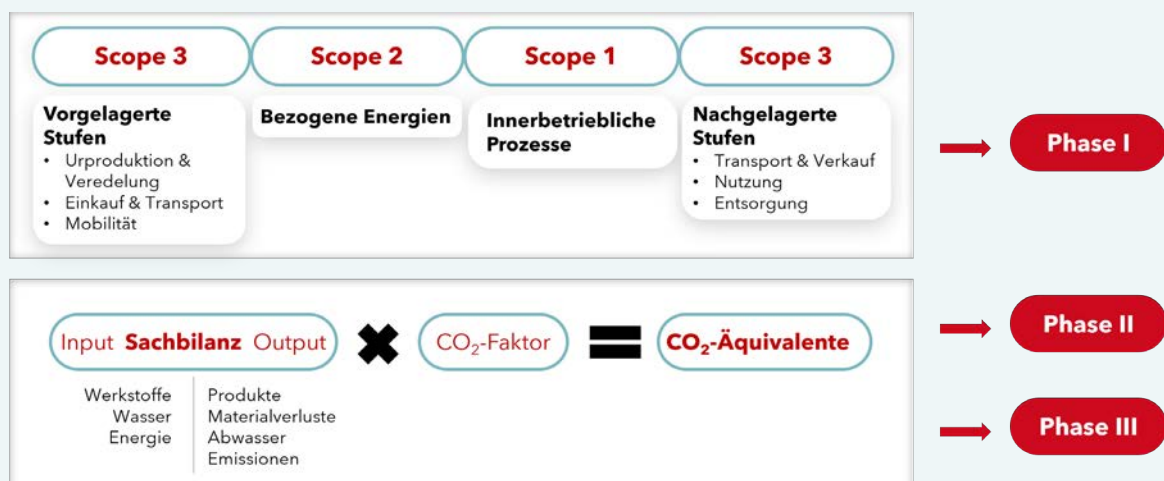


Abbildung 3: Modell der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck-Berechnung



<b>Lebenszyklusabdeckung</b> <p>Fähigkeit der Software, den gesamten Lebenszyklus abzubilden; eine umfassende Lebenszyklusanalyse ist für die Ermittlung der Umweltauswirkungen unerlässlich und erfordert eine Software, die in der Lage ist, von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Entsorgung oder dem Recycling, alle relevanten Daten zu erfassen und zu analysieren.</p>	<b>Daten und Datenmanagement</b> <p>Datenmanagement-System, welches sowohl eine problemlose Einbindung betriebsinterner Daten ermöglicht als auch den Zugang zu global anerkannten externen Datenbanken sicherstellt; eine solide Datenbasis ist unerlässlich, da sie die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Ökobilanzergebnisse maßgeblich beeinflusst.</p>	<b>Analysefähigkeit</b> <p>Analyse- und Bewertungstools, die die Komplexität der Daten in handhabbare Informationen umwandeln; dies umfasst u.a. Szenarioanalysen, die es Nutzern ermöglichen, prospektive Umweltauswirkungen basierend auf hypothetischen Änderungen in Produktlebenszyklen vorherzusehen.</p>
<b>Skalierbarkeit</b> <p>Die Software sollte mit dem Wachstum des Unternehmens und der Erweiterung seiner Produktpalette oder Dienstleistungen mithalten können; Flexibilität und Skalierbarkeit sichert die Investition eines Unternehmens langfristig und sorgt dafür, dass die Software auch in Zukunft ein leistungsstarkes Tool bleibt.</p>	<b>Benutzerfreundlichkeit</b> <p>Eine intuitive Benutzeroberfläche erleichtert eine Konzentration des Anwenders auf die Auswertung und Optimierung der; zusätzlich erleichtern visuelle Darstellungen der Ergebnisse die Interpretation der Daten und fördern die effektive Kommunikation sowohl intern zwischen Abteilungen als auch extern gegenüber Stakeholdern.</p>	<b>Kosten</b> <p>Nicht nur die Anschaffung der Software selbst, sondern auch die damit verbundenen Schulungen und die Systemintegration können beträchtliche Ausgaben darstellen; modulare Softwareoptionen oder Abo-Modelle können den Einstieg in die Ökobilanzierung erleichtern und eine flexible Skalierung ermöglichen.</p>

Abbildung 4: Mögliche Kriterien bei der Auswahl einer Ökobilanzierungssoftware

Beim Vergleich verschiedener Softwareoptionen sollten Unternehmen auch Erfahrungsberichte und Fallstudien heranziehen, um ein Verständnis für die praktische Anwendung und den realen Nutzen der Software zu entwickeln. Solche Bewertungen sind oftmals ein Spiegelbild der Leistungsfähigkeit der Software und geben Aufschluss über die Zufriedenheit anderer Nutzer mit dem Produkt und dem Service des Anbieters.

## Fazit und Ausblick

Die fortschreitende Digitalisierung und die steigende Relevanz von Nachhaltigkeitsthemen treiben die Entwicklung in der Ökobilanzierung voran. Es ist zu erwarten, dass künftige Tools über verstärkte Automatisierungs- und KI-Fähigkeiten verfügen werden, um noch präzisere und schnellere Analysen zu ermöglichen. Die Integration von Echtzeitdaten durch das Internet der Dinge (IoT) wird die dynamische Überwachung von Umweltauswirkungen in der gesamten Lieferkette fördern. Methoden des maschinellen Lernens werden in diesen Datenpools Muster als Basis einer Prozessoptimierung erkennen (Process Mining). Durch solche fortschrittlichen Technologien wird die Ökobilanzierung zu einem zentralen Instrument für Unternehmen, um Klimaneutralität zu erreichen, indem sie gezielte Einsparungen von Ressourcen und Emissionen ermöglichen.

Gleichzeitig werden branchenspezifische Lösungen an Bedeutung gewinnen, um die individuellen Herausforderungen und Anforderungen verschiedener Sektoren besser zu adressieren. Es wird auch ein Trend zur verstärkten Vernetzung und Kollaboration zwischen Unter-

nehmen erwartet, um gemeinsame Standards zu entwickeln und Best Practices auszutauschen (Open Data). Diese Entwicklung unterstützt daher den branchenübergreifenden Austausch von Wissen und Best Practices, was wiederum die kollektive Bewegung hin zu Klimaneutralität beschleunigt, indem sie Unternehmen befähigt, voneinander zu lernen und gemeinsame Ziele effizienter zu verfolgen.

Kleine und mittlere Unternehmen stehen im Zentrum der Wirtschaft und haben demzufolge eine Schlüsselrolle beim Übergang zu nachhaltigeren Geschäftsmodellen. Digitale Ökobilanzierungstools bieten KMUs die Möglichkeit, ihren ökologischen Fußabdruck systematisch und effizient zu analysieren und zu reduzieren. Es geht jedoch nicht allein um die Bekämpfung des Klimawandels, sondern ebenso um das Erzielen langfristiger Geschäftsvorteile, die sowohl ökologisch als auch ökonomisch nachhaltig sind. Ein proaktiver Ansatz in Bezug auf Nachhaltigkeit kann die Wettbewerbsposition stärken, Risiken minimieren und neue Geschäftschancen eröffnen. In einem Zeitalter, in dem sowohl Verbraucher als auch Regulierungsbehörden immer höhere ökologische Standards fordern, sind digitale Ökobilanzierungstools nicht nur ein Mittel zur Erfüllung von Verpflichtungen, sondern ein strategischer Imperativ. Durch die Anwendung dieser Tools können KMU effektiv auf dem Weg zur Klimaneutralität voranschreiten, indem sie umweltbewusste Entscheidungen treffen, die sowohl ökologisch als auch ökonomisch nachhaltig sind.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Leipzig-Halle versteht sich als Unterstützer kleiner und mittlerer Unternehmen auf ihrem Weg zur Klimaneutralität. Durch die Bereit-

stellung einer innovativen Ökobilanzierungssoftware als Demonstrator ermöglicht es KMU, fortschrittliche Technologien zu erleben und zu testen, die essenziell für die genaue Erfassung und Reduzierung ihrer Umweltauswirkungen sind. In interaktiven Workshop-Formaten können Unternehmensvertreter praktische Anwendungsfälle der Software erlernen, wodurch ein tieferes Verständnis für die Integration von Nachhaltigkeitspraktiken in ihre Geschäftsprozesse gefördert wird. Darüber hinaus trägt das Zentrum durch eine Vielzahl von Informationsformaten, wie Steckbriefe, dazu bei, das Bewusstsein und Wissen über Klimaneutralität und nachhaltige Geschäftspraktiken zu schärfen. Diese Kombination aus praktischer Demonstration, Bildung und Bewusstseinsbildung versetzt KMU in die Lage, proaktiv Maßnahmen zur Verringerung ihres ökologischen Fußabdrucks zu ergreifen und einen bedeutenden Beitrag zum Umweltschutz zu leisten.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Leipzig-Halle dient als unabhängige und anbieterneutrale Instanz speziell für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie Handwerksbetriebe in Leipzig, Halle und den umliegenden Landkreisen.

Das Ziel des Zentrums besteht darin, den lokalen Unternehmen umfassende Informationen und praktische Unterstützung bei der Umsetzung ihrer Digitalisierungsprojekte zu bieten. Die Digitalisierung wird dabei als eine wesentliche Chance für KMU angesehen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Ferner verfolgt das Zentrum einen integrativen Ansatz, indem es Nachhaltigkeit und Digitalisierung als gemeinsame Treiber für innovative Wertschöpfung betrachtet.

Der thematische Fokus liegt insbesondere auf

- ▶ der Förderung nachhaltiger Wertschöpfung,
- ▶ der Gestaltung nachhaltiger Lieferketten und
- ▶ der Stärkung regionaler Kooperationen.

Zudem wird großer Wert auf innovative Methoden der Wissensvermittlung gelegt.

<https://mittelstand-digital-leipzig-halle.de/>



## Literatur

DIN EN ISO 14040 (2006): Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen

Guinée, J. B., Gorée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., ... & Udo de Haes, H. A. (2002). Handbook on life cycle assessment: Operational guide to the ISO standards. Springer Science & Business Media.

Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., ... & Pennington, D. W. (2004). Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. Environment international, 30(5), 701-720.

Saling, P., Kicherer, A., Dittrich-Krämer, B., Wittlinger, R., Zombik, W., Schmidt, I., ... & Grosse-Sommer, A. (2002). Eco-efficiency analysis by BASF: the method. The International Journal of Life Cycle Assessment, 7(4), 203-218.

## Autoren



**Prof. Dr. Oliver Crönertz** ist Professor für Betriebswirtschaftslehre und IT-gestützte Unternehmensprozesse an der Fakultät Digitale Transformation der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig. In seiner Lehre und Forschung konzentriert er sich auf Schlüsselthemen wie integrierte Managementsysteme, die Qualität, Umwelt und Nachhaltigkeit in Unternehmen verknüpfen. Seine Expertise erstreckt sich insbesondere auf das Gebiet der Ökoeffizienz, wobei er innovative Ansätze zur Steigerung der Umweltverträglichkeit unternehmerischer Prozesse verfolgt. Ein weiterer Schwerpunkt seiner Arbeit sind Stoffstromanalyse, d.h. die Untersuchung und Optimierung von Material- und Energieflüssen in Produktionsprozessen.



**Dr. Sven Preußner** ist Projektleiter am Mittelstand-Digital Zentrum Leipzig-Halle und arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaft und Wirtschaftsingenieurwesen an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig. Sein Engagement konzentriert sich auf Projekte, die den Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die praktische Anwendung fokussieren. Hierbei liegen seine Schwerpunkte insbesondere auf den Bereichen Digitalisierung und Nachhaltigkeit.



Stefan Roth, Vincent Kalchschmid, Markus Wörle

## Digitales Energiemonitoring: Energiekosten und Treibhausgasemissionen in der Produktion senken

Ein bewusster Umgang mit Energie erhöht nicht nur die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, auch der Klimaschutz wird dadurch aktiv unterstützt. Ermöglicht wird dies durch eine hohe Transparenz im Energieverbrauch als Grundlage für gezielte Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz und -flexibilität. Ein digitales Energiemonitoringsystem ist dabei unabdingbar, um eine Vielzahl an Energiedaten strukturiert und aufwandsarm zu erfassen, zu visualisieren und zu analysieren. Dieser Beitrag zeigt, mit welchen Schritten ein Energiemonitoringsystem eingeführt und ausgebaut werden kann und schildert Anwendungsfälle zu Energieeffizienz und Energieflexibilität anhand von Praxisbeispielen für produzierende Unternehmen.

### Energiemanagement ist Klimaschutz

Die Bereitstellung von elektrischer Energie hat einen bedeutenden Anteil am Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase. Im Jahr 2022 wurden in Deutschland 224 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. durch Stromerzeugungsanlagen emittiert. Das entspricht mehr als 30 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland im selben Jahr. Klimafreundliche Anlagen mit erneuerbaren Energiequellen tragen derzeit zu rund 44 Prozent zur Bruttostromerzeugung in Deutschland bei, insbesondere Windkraftanlagen, Photovoltaikanlagen und Biomassekraftwerke.<sup>1</sup> Ein großer Teil dieser Energie wird in Abhängigkeit von der aktuellen Wetterlage erzeugt. Das heißt, die verfügbare Erzeugung kann nicht vollumfänglich beeinflusst werden und unterliegt Schwankungen. Für die nachhaltige Nutzung von elektrischer Energie ergeben sich daraus zwei wesentliche Anforderungen:

<sup>1</sup> BDEW (2022).

- 1. Effizienz:** Energie sollte möglichst ohne Verschwendungen eingesetzt werden.
- 2. Flexibilität:** Energie sollte vorrangig dann genutzt werden, wenn sie in hohem Maße durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden kann.

Diese beiden Anforderungen sind entscheidend für einen bewussten Umgang mit Energie und tragen so aktiv zum Klimaschutz bei. Kunden, Finanzierungs- und Gesetzgeber erwarten aufgrund der hohen Bedeutung der Senkung von Treibhausgasemissionen zunehmend Transparenz über die Nachhaltigkeitskennzahlen von produzierenden Unternehmen. Produktbezogene Kennzahlen zu Treibhausgasemissionen werden immer häufiger und detaillierter angefragt. Zum Teil sind diese Anfragen verbunden mit der Forderung nach einer konkreten Roadmap zur Erreichung der Klimaneutralität. Energieeffizienz und Energieflexibilität tragen daher neben der ökologischen Verbesserung zum Erhalt und Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit bei, da nachhaltig hergestellte Produkte zunehmend attraktiv für die Märkte werden. Neben den naheliegenden Kosteneinsparungen und der Senkung der Treibhausgasemissionen durch geringeren Energieverbrauch mittels Energieeffizienz bietet auch die sogenannte Energieflexibilität Anreize zur Senkung von Kosten und klimaschädlichen Emissionen. Energieflexibilität bezeichnet die „Fähigkeit eines Produktionssystems, sich schnell und prozesseffizient an Änderungen des Energiemarkts anzupassen.“<sup>2</sup> Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) reagieren meist nicht direkt auf Preisänderungen der Energiemärkte, denn sie haben fest vereinbarte Tarife mit einem Stromlieferanten. KMU können jedoch auch Energieflexibilität einsetzen, um beispielsweise teure Lastspitzen zu vermeiden oder ihre Eigenverbrauchsquote, also den Anteil an genutztem eigenerzeugtem Strom, zu erhöhen.<sup>3</sup>

Die Erhöhung der Transparenz über Treibhausgasemissionen, die Erreichung einer hohen Energieeffizienz und der verstärkte Einsatz von Energieflexibilität bilden zusammen wesentliche Ziele des Energiemanagements von KMU. Sie erfordern eine genaue Kenntnis des Gesamtstrombedarfs und des Bedarfs wesentlicher Anlagen der Produktion und der Gebäudeausrüstung. Außerdem sind Informationen über die Energiebereitstellung durch Eigenerzeugungsanlagen nötig. Bilanzierte Daten wie der Jahres- oder Monatsverbrauch reichen meist nicht aus, um Ineffizienzen in der Anlagenfahrweise zu erkennen oder um bei der Einsatzplanung für Produktionsanlagen die Zeiträume mit einer hohen Eigenerzeugung, beispielsweise durch Photovoltaikanlagen, zu berücksichtigen. Diese Aufgaben erfordern

detaillierte Lastgänge, die aufwandsarm aufbereitet, visualisiert und digital analysiert werden können. Ein sogenanntes Energiemonitoringsystem unterstützt die Energiemanager im Unternehmen dabei.

### Woraus besteht ein digitales Energiemonitoring und wie kann ich es nutzen?

Unter digitalen Energiemonitoringsystemen werden technische Systeme verstanden, die die kontinuierliche oder temporäre Erfassung und Nutzbarmachung von Energie- und Medienverbrauchsdaten in digitaler Form ermöglichen. Durch Energiemonitoring wird die nötige Transparenz für die Bilanzierung von Treibhausgasemissionen sowie die Identifikation, die Umsetzung und das Controlling von Effizienz- und Flexibilitätsmaßnahmen geschaffen. Damit ist ein Energiemonitoringsystem eine wichtige Grundlage für ein Energiemanagementsystem, welches alle Handlungen eines Unternehmens zur Festlegung der übergeordneten energiepolitischen Ziele sowie die Entwicklung und Durchführung von Aktionsplänen und Prozessen zum Erreichen dieser Ziele beinhaltet.<sup>4</sup>

Im industriellen Kontext ist die Erfassung der Verbräuche von Strom, Wärme, Kälte, Druckluft, Brennstoffen und technischen Gasen üblich. Dabei stehen vor allem Produktionsanlagen, die technische Gebäudeausrüstung (TGA), mit z. B. Druckluftkompressoren und Lüftungsanlagen, sowie Systeme zur Energieerzeugung, wie z. B. Photovoltaikanlagen oder Blockheizkraftwerke sowie Ladesäulen, im Fokus.<sup>5</sup> Im Allgemeinen bestehen Energiemonitoringsysteme aus digitalen Messgeräten zur Erfassung, Übertragung und Speicherung sowie aus Softwarelösungen zur Visualisierung und Auswertung von Energieverbrauchsdaten. Die Messgeräte müssen für ein kontinuierliches und automatisiertes Monitoring mit einer Kommunikationsschnittstelle ausgestattet sein. Für Energiearten wie Wärme und Kälte, die üblicherweise an ein Trägermedium wie z. B. Wasser gebunden sind, für gasförmige Medien, wie Druckluft oder technische Gase sowie für Brennstoffe kommen verschiedene Arten von Durchflussmessgeräten zum Einsatz. Elektrische Energieverbräuche werden in der Regel mit Effektivwertmessgeräten erfasst. Je nach Zusatzausstattung ist mit Strommessgeräten neben der phasenabhängigen Erfassung von Strömen, Wirk-, Schein- und Blindleistungen sowie der Spannungen am Messpunkt auch die Überwachung der Spannungsqualität möglich. Verfügbare Geräte ermöglichen die Erfassung von Messdaten in verschiedenen zeitlichen Auflösungen bis in den Sekundenbereich. Bei großen

<sup>2</sup> VDI (2020).

<sup>3</sup> Schulz et al. 2022.

<sup>4</sup> DIN (2018).

<sup>5</sup> Sievers & Blank (2023).



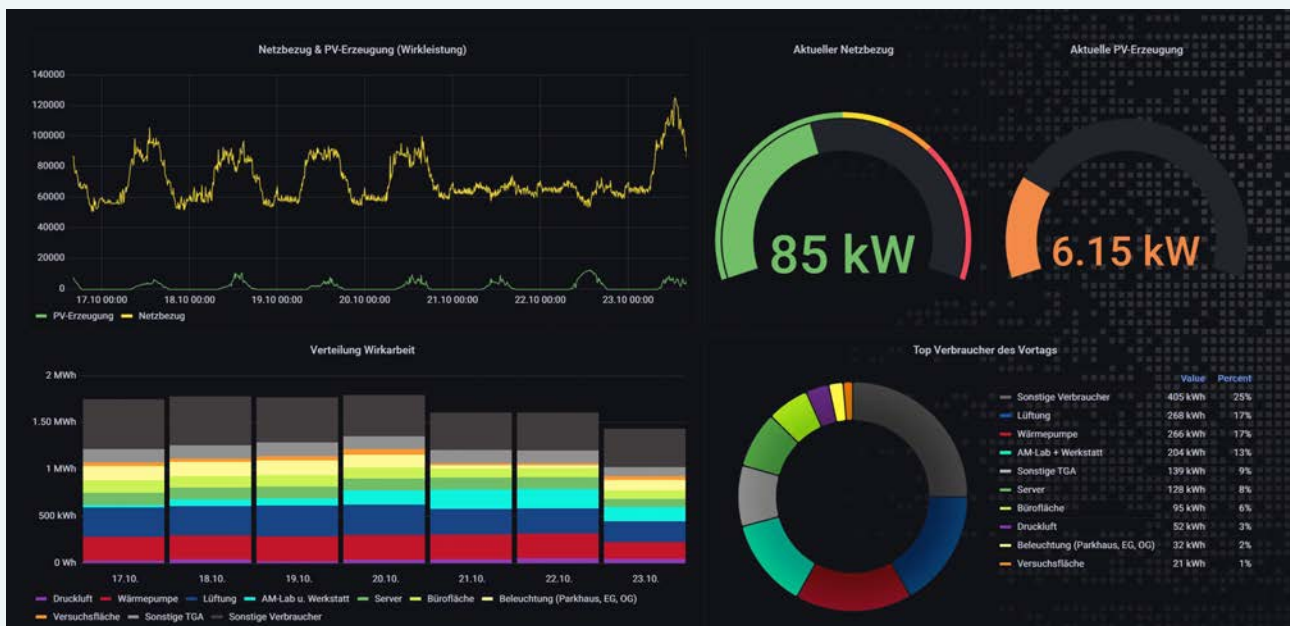


Abbildung 1: Beispiel eines Dashboards mit Diagrammen zur Visualisierung von Stromverbräuchen und Eigenerzeugung

Anschlusswerten oder wenn das Öffnen einer Zuleitung für die Installation der Messsensorik nicht möglich ist, werden zusätzlich Stromwandler verbaut, welche um die elektrischen Leitungen der einzelnen Phasen gelegt werden können, so dass die Stromstärke auch ohne das Öffnen der Leitung gemessen werden kann.

Zusammen mit der Hardware zur Datenerfassung kommen in digitalen Energiemonitoringsystemen spezialisierte Softwarelösungen zum Einsatz. Diese verfügen meist über eine browser- oder App-basierte Benutzeroberfläche. Der grundsätzliche Funktionsumfang von Energiemonitoringsoftware umfasst den Zugriff auf die Energiedaten, die Verarbeitung von Daten in automatischen Analysefunktionen sowie die bedarfsgerechte Visualisierung von Energiedaten. Für die kontinuierliche Visualisierung sind Funktionen zur Erstellung und Anzeige sogenannter Dashboards enthalten. Die inhaltliche Gestaltung dieser Dashboards kann anwendungsspezifisch an die Bedürfnisse angepasst werden, z. B. hinsichtlich abgebildeter Messstellen sowie der Art und Auflösung der Daten und spezieller Kennzahlen.

Abbildung 1 zeigt beispielhaft ein Dashboard mit einem Liniendiagramm zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs des Verbrauchs und der Eigenerzeugung, gestapelten Säulendiagrammen zur tagesgenauen Anzeige der verbrauchten Energie und einem Ringdiagramm zur Visualisierung der Verteilung des Verbrauchs auf einzelne Anlagen, Anlagengruppen und Gebäudebereiche.

Neben den Visualisierungs- und Auswertungsfunktionen kann der Funktionsumfang von Energiemonitoringsoftware weitere Funktionen wie beispielsweise Alarmer oder Tools zur automatischen Energieberichtserstellung beinhalten. Sobald das System aktiv für weiterführende Funktionen wie die Beeinflussung des Energieverbrauchs oder die Berichterstattung genutzt wird, kann von einer Energiemanagementsoftware gesprochen werden.

Der potenzielle Nutzerkreis von digitalen Energiemonitoringsystemen und die zugehörigen Anwendungsfälle reichen in nahezu alle Unternehmensbereiche. Klassischerweise nutzt das Energiemanagement die Energiedaten zur Identifikation von Ineffizienzen und darauf abzielenden Effizienzmaßnahmen sowie zur Erstellung von Energieberichten. Das kontinuierliche Monitoring von Verbräuchen ermöglicht nach Umsetzung der identifizierten Maßnahmen auch die Kontrolle und langfristige Überwachung des Maßnahmennutzens. Im aktuellen Kontext zunehmender Anforderungen an die Berichte zu Klimaauswirkungen wird die korrekte und reproduzierbare Erfassung von Energie- und Medienverbräuchen auch für KMU immer wichtiger. Energie- und medienverbrauchsbezogene Emissionen in Scope 1 (direkt vom Unternehmen ausgestoßene Emissionen) und Scope 2 (indirekte Emissionen aus gekaufter Energie) des sogenannten Greenhouse Gas Protocol können auf Basis von gemessenen Energiedaten berechnet werden.<sup>6</sup> Durch

<sup>6</sup> World Resources Institute (2004).



die Auswahl geeigneter Messstellen ist zudem die Zuordnung von Einzelverbräuchen möglich. Konkret können hierdurch bspw. die produktspezifischen Energie- und Medienflüsse in der Produktion ermittelt werden. Durch die Verknüpfung mit Lieferantendaten ermöglicht dies eine effiziente und exaktere Bilanzierung und Ausweisung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks von Produkten. Weiterhin können auf Basis historischer Verbrauchsdaten und geplanten Produktionsprogrammen Bedarfsprognosen für kommende Perioden erstellt werden. Diese können durch Abgleich mit Eigenerzeugungsprognosen zur Erhöhung der Eigenverbrauchsquote und zur Vermeidung teurer Lastspitzen eingesetzt werden. Mitarbeiter in Instandhaltungsabteilungen können erfasste Änderungen an Verbrauchsprofilen für die Anomaliedetektion im Kontext der vorausschauenden Wartung (Predictive Maintenance) nutzen. Alarmfunktionen bei der Überschreitung von Schwellwerten helfen dabei, defekte oder gestörte Anlagen kurzfristig zu identifizieren sowie Energie- und Medienverluste durch Leckagen oder weiterreichende Schäden an Anlagen zeitnah zu erkennen. Außerdem können Daten zur Leitungsauslastung bei Umplanungen in bestehenden Systemen oder Neuplanungen dabei helfen, Leitungsquerschnitte und Verteilstrukturen bedarfsgerecht auszulegen.

## Was und wie wird gemessen?

Der Aufbau und die Planung von digitalen Energiemonitoringsystemen müssen aufgrund der vielfältigen Informationsbedarfe und Abhängigkeiten gut strukturiert ablaufen. Die nötigen Schritte lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Anforderungsanalyse
2. Messkonzeptplanung
3. Marktanalyse
4. Beschaffung und Installation
5. Datennutzung für Visualisierung, Analysen und Reporting

Für Hardware und Software besteht jeweils ein umfangreicher Markt, was die Möglichkeiten zur Zusammenstellung einer individuell passenden Gesamtlösung erweitert, gleichzeitig aber den Aufwand und die Komplexität bei der Auswahl der richtigen Komponenten erhöht. Eine detaillierte **Anforderungsanalyse** und die darauf basierende Definition von Auswahlkriterien, sowohl für die Messtechnik als auch für die Energiemonitoringssoftware, muss daher am Anfang jeder Planung von Energiemonitoringsystemen stehen. Es empfiehlt sich gemeinsam mit allen im Unternehmen beteiligten Stakeholdern (Energiemanagement, Controlling, Instandhaltung, Produktion, IT-Abteilung, Geschäftsführung, ...)

einen Anforderungskatalog aufzustellen. Dieser kann beispielsweise die in Abbildung 2 aufgeführten Kategorien und Kriterien enthalten.<sup>7,8</sup>



Abbildung 2: Mögliche Kategorien von Anforderungen und Beispiele für Kriterien

In der **Messkonzeptplanung** wird basierend auf der Anforderungsanalyse festgelegt, welche Messstellen relevant sind und wie die dafür erforderliche Messtechnik auszulegen ist. Dabei sind einerseits technische Randbedingungen und andererseits die anwendungsabhängigen Anforderungen zu beachten. Zu den technischen Randbedingungen zählen die an den Messstellen vorliegenden Ist-Werte und Charakteristika der Energie- und Medienverbräuche, wie beispielsweise Spitzenlastwerte, Anzahl der Phasen und Bemessungsströme der Verbraucher, die die Dimensionierung der Komponenten bestimmen. Zum Transfer der Messdaten in eine zentrale Datenhaltung müssen Kommunikationswege wie Netzwerkverbindungen oder Bus-Systeme zur Verfügung stehen oder hergestellt werden.

Von den anwendungsspezifischen Anforderungen hängen auf technischer Seite beispielsweise die Erforderlichkeit von Displays am Messort oder die zeitliche Auflösung der Messwerte ab. Mittels Energieüberwachungsgeräten für den Türeinstbau an Schaltschränken können aktuelle Daten in unmittelbarer Nähe zu elektrischen Anlagen abgelesen und untersucht werden (das Titelbild dieses Artikels zeigt dies).

Neben der technischen Ausführung der Komponenten ist auch der Ausbaugrad des Energiemonitorings von den Anforderungen des Anwendungsfalls abhängig.

<sup>7</sup> Sauer et al. (2016).

<sup>8</sup> Schneeloch & Orth (2020).

Die für die gewünschte Informationsdichte erforderliche lokale Auflösung der Messdatenerfassung lässt sich, abhängig von der Verteilungsstruktur der relevanten Medien, nach Bedarf variieren. Große bzw. relativ zum Gesamtverbrauch signifikante Energieverbraucher können beispielsweise auf Anlagen- oder gar Komponentenebene gemessen werden, während kleinere Verbraucher in Verteilebenen, Produktionsbereichen, Organisationseinheiten oder Gebäudeabschnitten zusammengefasst werden können. Dabei ist keine vollständige messtechnische Erfassung der gesamten Verbrauchsstruktur anzustreben. Bei kleineren und schwer beeinflussbaren Verbrauchern sind zusammengefasste Messungen an einer Unterverteilung ausreichend, weiterhin können sogenannte virtuelle Zählpunkte gebildet werden. Das sind aus physikalischen Messwerten errechnete Datenreihen, beispielsweise durch Addition oder Subtraktion verschiedener Verbräuche. Um heutigen und zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden, lässt sich als grobes Ziel festhalten, dass mit einem weit fortgeschrittenen Ausbau der Messinfrastruktur etwa 80 Prozent des elektrischen Gesamtverbrauchs anlagen- oder bereichsspezifisch erfasst werden sollte. Temporäre Messungen mit mobilen Messgeräten können die fest installierte Messtechnik ergänzen, wenn gezielten Fragestellungen zu Verbräuchen nachgegangen werden soll. Durch vorausgehende mobile Messungen kann auch die Relevanz der Verbraucher ermittelt und somit die Entscheidung zum Einbau fest installierter Messtechnik erleichtert werden. Häufig sind nicht nur die Angaben auf Typenschildern von Anlagen, wie z. B. die Nennleistung für eine Entscheidung wichtig, sondern auch Betriebsparameter wie die tatsächlich aufgenommene elektrische Leistung.

In der **Marktanalyse** wird der Markt für Software und Messtechnik systematisch hinsichtlich der zuvor festgelegten Anforderungen geprüft und verfügbare Messtechnik für die im Messkonzept enthaltenen Messstellen ausgewählt. Eine erste Anlaufstelle für einen Überblick zur verfügbaren Software bietet die Liste der förderfähigen Energiemanagementsoftware des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)<sup>9</sup>. Die Liste ist nicht vollständig, jedoch informiert sie über passende Softwarelösungen zur Einführung und Aufrechterhaltung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001.<sup>10</sup>

Nach der Komponentenauswahl können **Einkauf und Installation** der Software und Hardware erfolgen. Nach Abschluss der Installation können die nun kontinuierlich erfassten Daten für **Visualisierung, Analysen und Reporting** genutzt werden. Auf letzteren Schritt wird im Folgenden näher eingegangen.

## Wie sind die Energiedaten zu analysieren und Maßnahmen abzuleiten?

Während die Implementierung von Energiemonitoringsystemen die Grundlage für die Datenerfassung und -verarbeitung bildet, erfolgt die eigentliche Wertschöpfung durch die intelligente Analyse und Interpretation der aufgenommenen Daten. Diese sind von zentraler Bedeutung, um die Nachhaltigkeit des Energieeinsatzes in Unternehmen zu steigern. Sie ermöglichen die Ableitung präziser Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Energieflexibilität, wodurch schließlich Kosten und der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck reduziert werden können.

Bevor Maßnahmen zielgerichtet abgeleitet werden können, sind zunächst sogenannte Energieleistungskennzahlen (engl. Energy Performance Indicators, kurz EnPI) festzulegen (siehe hierzu DIN ISO 50006<sup>11</sup>). Dabei handelt es sich um einen wesentlichen Schritt bei der Analyse von Energiedaten, der es ermöglicht, den Energieverbrauch in quantifizierbaren Kennzahlen zu erfassen, die einen direkten Einblick in die Struktur des Verbrauchs eines Unternehmens geben. Diese Kennzahlen können vielfältig sein, z. B. kann der Energieverbrauch pro Produktionsstunde, pro Quadratmeter Fläche oder pro Produkt ausgewertet werden. Häufig ist unternehmensspezifisch zu entscheiden, welche Kennzahlen sinnvolle Analysen ermöglichen. Meist kann ein spezifischer Energieverbrauch pro Bauteil herangezogen werden, in anderen Fällen ist eine Kennzahl bezogen auf Volumen oder Masse empfehlenswert. Hinzu kommen weitere kosten- und treibhausgasemissionsbezogene Kennzahlen, die ebenfalls auf einzelne Bauteile oder andere spezifische Größen bezogen werden können. Durch den Vergleich dieser Kennzahlen zwischen verschiedenen Anlagen, Produkten und Zeiträumen können Unternehmen Schwachstellen und Effizienzpotenziale erkennen. So lassen sich diejenigen Anlagen identifizieren, die als besonders vielversprechend gelten und in der weiteren Analyse priorisiert werden sollten.

Nachdem entsprechende Energieleistungskennzahlen festgelegt und geeignete Ansatzpunkte identifiziert wurden, können diese nun zur Ableitung konkreter Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und Energieflexibilität verwendet werden. Diese Maßnahmen werden stets zur Erreichung übergeordneter Kennzahlen eingesetzt, meist die Reduktion von Kosten und Treibhausgasemissionen. Bei Energieeffizienzmaßnahmen werden zunächst investive und organisatorische Maßnahmen unterschieden. Investive Maßnahmen sind beispielsweise der Ersatz alter Komponenten durch

<sup>9</sup> BAFA (2023).

<sup>10</sup> DIN (2018).

<sup>11</sup> DIN (2017).

neue, effizientere Modelle oder das Nachrüsten von Isolierungen und Wärmerückgewinnungsanlagen. Diese Investitionen sind ein Ansatz zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen. Durch die Analyse von Energiedaten auf Anlagenebene können Unternehmen Aufschluss darüber gewinnen, ob eine bestimmte Anlage einen atypisch hohen Energieverbrauch aufweist. In Fällen, in denen dasselbe Produkt auf verschiedenen Maschinen hergestellt werden kann, bietet sich ein Vergleich der resultierenden produktspezifischen Energieverbräuche an. Tritt hierbei eine Diskrepanz auf, kann dies oft auf eine unterschiedliche Energieeffizienz der Anlagen zurückgeführt werden. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse können fundierte Investitionsentscheidungen getroffen werden, die auf die Anschaffung neuer Anlagen, die weniger Energie verbrauchen und damit auch geringere Treibhausgasemissionen verursachen, abzielen.

Organisatorische Maßnahmen können dagegen größtenteils ohne vorherige Investitionen durchgeführt werden, z. B. indem die Belegung von thermischen Anlagen

wie Öfen verbessert wird, sodass bei gleichem Energieaufwand mehr Teile pro Prozess bearbeitet werden können. Energieflexibilitätsmaßnahmen sind ebenfalls organisatorischer Natur. Nach VDI 5207 Blatt 1 können beispielsweise Auftragsstarts verschoben und Aufträge unterbrochen oder die Bearbeitungsreihenfolge geändert werden, um den Verbrauch der Produktion an die verfügbare Eigenerzeugung anzupassen<sup>12</sup>. Auch Anlagen der TGA wie Druckluftkompressoren sowie Batteriespeichersysteme können durch flexible Betriebsstrategien in KMU einen wesentlichen Beitrag leisten.

### Fazit zu Aufwand und Nutzen eines Energiemonitoringsystems

Wie jedes Digitalisierungsprojekt sind auch die Einführung und der weitere Ausbau eines digitalen Energiemonitoringsystems stets mit der Frage nach Aufwand und Nutzen der eingesetzten Komponenten und Systeme verbunden. Der vorliegende Artikel hat mit der Beschreibung der Schritte zur Einführung eines

<sup>12</sup> VDI (2020).

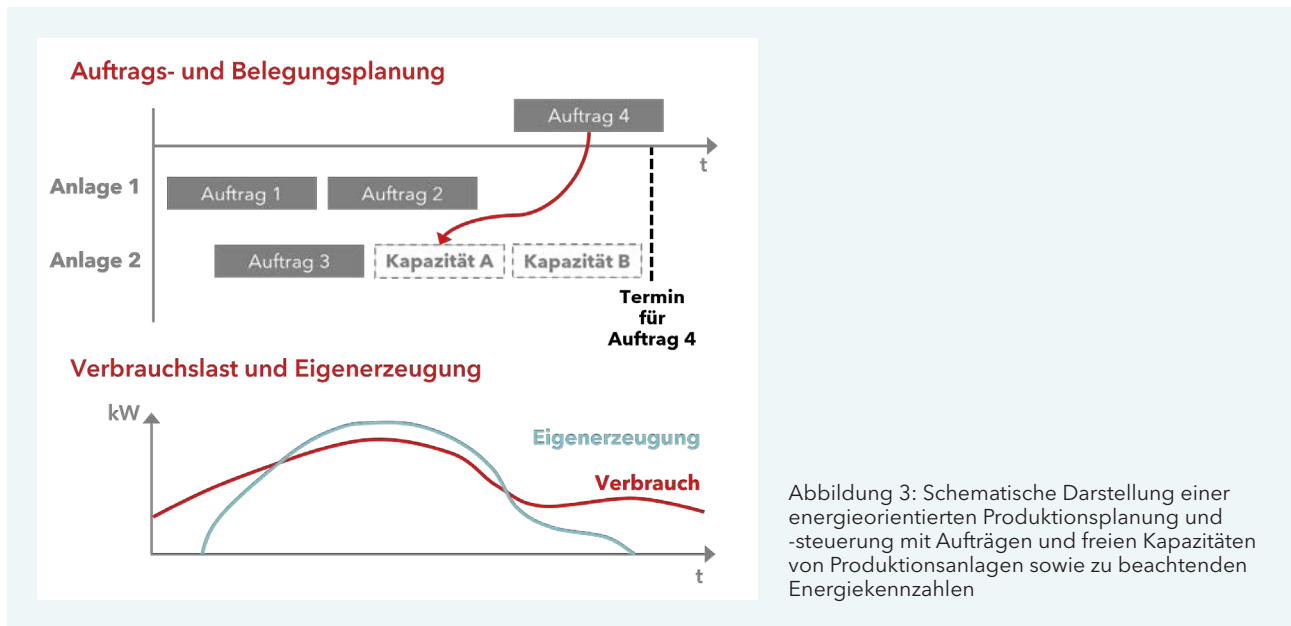
### Beispiele aus der betrieblichen Praxis

Am Beispiel einer Wärmebehandlungsanlage eines metallverarbeitenden Unternehmens konnten durch die Analyse von Energiedaten aus dem Energiemonitoringsystem verschiedene investive und organisatorische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz entwickelt und bewertet werden. Eine Wärmebehandlungsanlage dient dem gezielten Aufheizen und Abkühlen von Metallen, um Materialeigenschaften zu ändern. Aufgrund des hohen Energiebedarfs entstehen durch den Prozess große Mengen an Treibhausgasen in den vorgelagerten Prozessen zur Energieerzeugung.

Die Messung und Untersuchung des Abluftwärmestroms der Anlage ergab Aufschluss über den möglichen Einsatz einer Wärmerückgewinnungsanlage. So konnte festgestellt werden, dass die verbleibende Temperatur nicht geeignet war, um sie dem Prozess zurückzuführen. Stattdessen wurde das Potenzial zur Einspeisung in die Gebäudeheizung weiter untersucht. Durch die Messung und Analyse des Stromverbrauchs der elektrischen Heizwiderstände der Wärmebehandlungsanlage wurde zudem erkannt, dass der spezifische Energieverbrauch pro Bauteil stark schwankte. Dies führte zu einer energie- und auftragsdatenbasierten Optimierung der Belegungsplanung der Anlage, mit einer besseren Auslastung und damit geringerem spezifischem Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen pro Bauteil.

Diese organisatorische Energieeffizienzmaßnahme war zugleich die Grundlage für die Konzeptionierung einer sogenannten energieorientierten Produktionsplanung und -steuerung (ePPS). Eine ePPS nutzt die Energieflexibilität eines Produktionssystems und berücksichtigt so neben logistischen Größen wie Durchlaufzeiten und Termi- nen auch energiebezogene Einfluss- und Zielgrößen. Beispielsweise wird bei der Belegung von Anlagen deren Energieverbrauch berücksichtigt, sodass energieintensive Anlagen bei einer hohen Verfügbarkeit von eigenerzeugtem Photovoltaikstrom eingesetzt werden. Abbildung 3 stellt dies beispielhaft durch die Belegung von Anlage 2 mit Auftrag 4 dar. Es wird die verfügbare Kapazität A genutzt (oberes Diagramm), da zu diesem Zeitpunkt die Eigenerzeugung hoch ist (unteres Diagramm).

Bei der Wärmebehandlungsanlage stellten die Daten des Energiemonitoringsystems die erforderliche Transparenz hinsichtlich des elektrischen Energiebedarfs während unterschiedlicher Anlagenzustände her. Weiterhin wurden die Daten der verfügbaren Photovoltaikerzeugung herangezogen, um die Anlagenzustände zeitlich so zu planen, dass sie weitestgehend durch die selbst erzeugte elektrische Energie versorgt werden.



Energiemonitoringsystems den Aufwand verdeutlicht, welcher zum größten Teil einmalig bei der Implementierung anfällt. Mit dem System steht dem Unternehmen dann jedoch ein leistungsstarkes Werkzeug für alle Belange des Energiemanagements zur Verfügung.

Die Erfahrungen bisheriger Projekte zeigen, dass die einmaligen Kosten für Investitionen in Komponenten und Personalaufwand in wenigen Jahren amortisiert sind, wenn Potenziale für Energieeffizienz und Energieflexibilität identifiziert und umgesetzt werden. Diese wirken sich unmittelbar nach der Umsetzung und Jahr für Jahr positiv auf die Energiekosten und die Menge der Treibhausgasemissionen der Produktion aus. Daneben ist das Unternehmen vorbereitet auf zukünftige Anforderungen bei der Ausweisung von produktbezogenen Treibhausgasemissionen. Durch den bewussten und effizienten Einsatz von Energie können die Treibhausgasemissionen immer weiter gesenkt und somit ein entscheidender Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität in Deutschland geleistet werden.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Augsburg unterstützt KMU auf diesem Weg z. B. durch Schulungen, Potenzialanalysen und Projekte. Ob ein Energiemonitoringsystem eingeführt oder ein bestehendes System erweitert und umfangreicher genutzt werden soll, das Zentrum begleitet Unternehmen in verschiedenen Phasen der Einführung und Weiterentwicklung. Dies kann z. B. die Soft- und Hardwareauswahl, die Entwicklung von Messkonzepten oder die Konzeptionierung und Bewertung von Anwendungsfällen sein.

## Literatur

- BAFA (2023) Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Liste förderfähiger Energiemanagementsoftware, [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz\\_und\\_Prozesswaerme/Modul3\\_Energiemanagementsysteme/ems\\_liste\\_foerderfaehige\\_software.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul3_Energiemanagementsysteme/ems_liste_foerderfaehige_software.html), zuletzt aufgerufen am 02.11.2023.
- BDEW (2022). Die Energieversorgung 2022 – Jahresbericht, online verfügbar unter: [https://www.bdew.de/media/documents/Pub\\_20230601\\_Jahresbericht-2022-UPDATE-mai-2023.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20230601_Jahresbericht-2022-UPDATE-mai-2023.pdf), zuletzt aufgerufen am 02.11.2023.
- DIN (2017) Deutsches Institut für Normung e. V.: DIN ISO 50006:2017-04. Energiemanagementsysteme – Messung der energiebezogenen Leistung unter Nutzung von energetischen Ausgangsbasen (EnB) und Energieleistungskennzahlen (EnPI) – Allgemeine Grundsätze und Leitlinien (ISO 50006:2014). Berlin. Beuth Verlag.
- DIN (2018) Deutsches Institut für Normung e. V.: DIN EN ISO 50001:2018-12. Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung. Berlin. Beuth Verlag.
- Sauer et al. (2016): Sauer, A.; Weckmann, S.; Zimmermann, F.: Softwarelösungen für das Energiemanagement von morgen. [https://www.eep.uni-stuttgart.de/dokumente/2016\\_EMS-Studie\\_Softwareloesungen-fuer-das-Energiemanagement-von-morgen.pdf](https://www.eep.uni-stuttgart.de/dokumente/2016_EMS-Studie_Softwareloesungen-fuer-das-Energiemanagement-von-morgen.pdf)
- Schneeloch & Orth (2020) Marktstudie Energiemanagementsysteme. [https://www.digital-energy.nrw/wp-content/uploads/2020/08/Marktstudie\\_onlineTools.pdf](https://www.digital-energy.nrw/wp-content/uploads/2020/08/Marktstudie_onlineTools.pdf)

- Schulz et al. (2022) Schulz, J.; Paul, M.; Roth, S.; Scharmer, V.; Bank, L.; Zaeh, M. F.: Assessing energy flexibility in non-energy-intensive manufacturing companies. IEEE Sustainable Power and Energy Conference (iSPEC), S. 1-5.
- Sievers & J.; Blank (2023), T.: A Systematic Literature Review on Data-Driven Residential and Industrial Energy Management Systems. Energies 16 4, S. 1688.
- VDI (2020) Verein Deutscher Ingenieure e. V.: VDI 5207 Blatt 1. Energieflexible Fabrik. Grundlagen. Berlin: Beuth Verlag.
- World Resources Institute (2004): The greenhouse gas protocol. A corporate accounting and reporting standard. World Business Council for Sustainable Development; World Resources Institute. revised ed. o.O.: World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development. ISBN: 1-56973-568-9.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Augsburg unterstützt kleine und mittlere Unternehmen sowie das Handwerk bayernweit bei den Herausforderungen der Digitalisierung. Dazu bietet es kostenfreie Infoveranstaltungen und praxisorientierte Schulungen an. Außerdem haben Unternehmen die Möglichkeit, Potenzialanalysen und Projekte bei sich vor Ort mit den Expertinnen und Experten des Zentrums durchzuführen. Möchten Sie beispielsweise das Thema Energiemanagement angehen und ein digitales Energiemonitoringsystem einführen, können Sie sich an das Zentrum wenden.

Die sechs Themenschwerpunkte des Zentrums sind:

- ▶ Nachhaltigkeit
- ▶ Digitale Strategien
- ▶ Künstliche Intelligenz
- ▶ Arbeit 4.0
- ▶ Finanzen 4.0
- ▶ Vernetzte Produktion & Logistik

[www.digitalzentrum-augsburg.de](http://www.digitalzentrum-augsburg.de)



## Autoren



**Stefan Roth** ist Leiter der Gruppe Nachhaltige Produktionssysteme am Fraunhofer IGCV in Augsburg. Er absolvierte 2007 eine Ausbildung zum Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik bei der Überlandwerk Krumbach GmbH und studierte von 2009 bis 2014 Wirtschaftsingenieurwesen an den Hochschulen in Ulm, Neu-Ulm und Saarbrücken. Im Rahmen des Mittelstand-Digital Zentrums Augsburg führt er Schulungen, Potenzialanalysen und Projekte mit Fokus auf die vernetzte Produktion und das industrielle Energiemanagement durch.

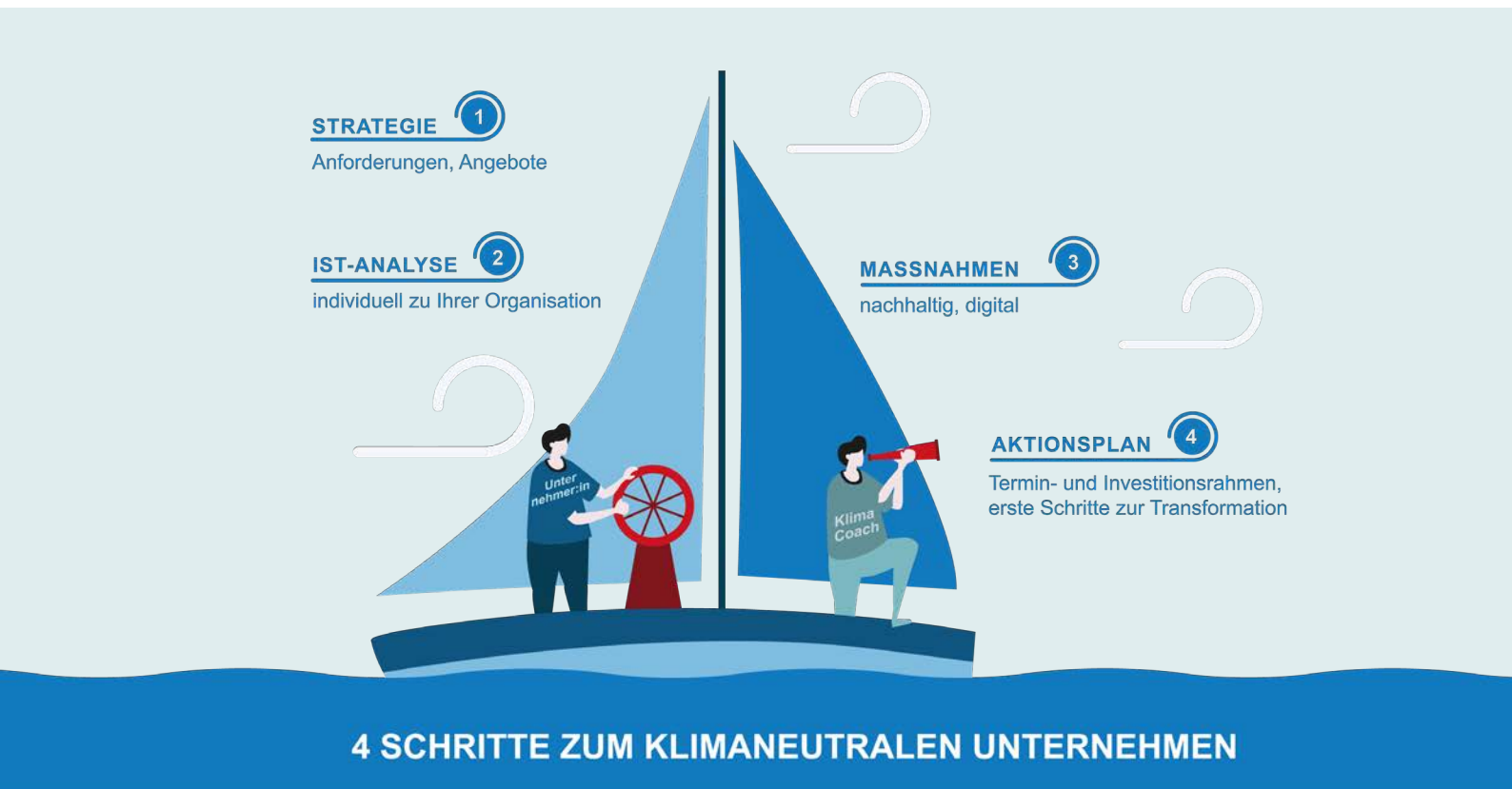


**Vincent Kalchschmid** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Nachhaltige Produktionssysteme am Fraunhofer IGCV in Augsburg. Er absolvierte ein Studium im Fach Energietechnik an der Hochschule Kempten. Neben der Projektarbeit in den Themenfeldern Produktionsplanung und -steuerung, Energieeffizienz und -flexibilität sowie der Auslegung und Simulation von industriellen Energieversorgungssystemen baute er ab 2021 ein Energiemonitoringsystem am Fraunhofer IGCV mit auf.



**Markus Wörle** ist Maschinenbauingenieur und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der Technischen Universität München (TUM). Nach dem Studium nahm er zunächst eine Tätigkeit beim bayerischen Wirtschaftsministerium auf, bevor er im Jahr 2022 in die Abteilung Nachhaltige Produktion des iwbs wechselte und seine Promotion aufnahm. Dort beschäftigt er sich insbesondere mit industriellem Demand Side Management und der Dekarbonisierung wärmeintensiver Produktionssysteme durch den Einsatz von regenerativen Energieträgern.





Johanna Gelzer

## Mit Digitalisierung zu mehr Nachhaltigkeit

Die digitale Transformation sowie das Streben zur Klimaneutralität sind zwei der größten Herausforderungen unserer Zeit für Unternehmen. Die Vereinten Nationen haben in ihrer AGENDA 2030 und den 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung einen klaren Auftrag formuliert: Die Rettung unserer Erde und der Menschheit durch umfassende Maßnahmen, die sich im Dreiklang von Ökologie, Ökonomie und Sozialverantwortung bewegen. Ein zentrales Ziel in dieser globalen Agenda ist die Bewältigung des Klimawandels und seiner verheerenden Auswirkungen. Unter Ziel Nr. 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“ wird gefordert, unverzüglich Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels zu ergreifen und Klimaschutzmaßnahmen in nationaler Politik, Strategien und Planungen zu integrieren, wie es im Unterziel 13.2 präzisiert wird.<sup>1</sup>

Als Reaktion auf diesen internationalen Appell hat die Europäische Union den EU-Grünen Deal ins Leben gerufen, der einen entscheidenden Schritt in Richtung Klimaneutralität darstellt.<sup>2</sup> Deutschland wiederum hat

mit dem Klimaschutzgesetz auf diese Herausforderung reagiert, und dabei besonders ehrgeizige Ziele im Hinblick auf die Reduzierung von Treibhausgasemissionen gesetzt. Diese Ziele sehen vor, bis 2030 die Treibhausgasemissionen um 65 % im Vergleich zu 1990 zu reduzieren und bis 2045 eine vollständige Emissionsreduktion, also Netto-Null oder Klimaneutralität, zu erreichen. Das bedeutet, dass Deutschland, seine Unternehmen und Menschen, einfach alle in diesem Bereich aktiv werden müssen.<sup>3</sup>

### Herausforderungen für den Mittelstand

Um diese ehrgeizigen Ziele zu verwirklichen, müssen verschiedene Sektoren in Deutschland gesonderte Ziele verfolgen. Dazu gehören die Energiewirtschaft, die Industrie, der Verkehrssektor, die Gebäudebranche, die Landwirtschaft, der Bereich Abfall und Weitere. Jeder dieser Sektoren steht vor individuellen Herausforderungen und muss spezifische Maßnahmen ergreifen, um die gesteckten Ziele zu erreichen. Dasselbe gilt

<sup>1</sup> <https://unric.org/de/17ziele/>

<sup>2</sup> [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_de](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de)

<sup>3</sup> <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>

natürlich auch für die einzelnen Akteure, die in einem oder mehreren dieser Bereiche agieren.

Die Digitalisierung spielt hier eine entscheidende Rolle, da sie Prozesse optimieren, den Ressourceneinsatz effizienter gestalten und die Umstellung auf klimaneutrale Technologien vorantreiben kann. Doch sowohl die digitale Transformation als auch die Implementierung von Klimaschutzmaßnahmen erfordern Ressourcen und daher eine gute Strategie, um effektive Maßnahmen zu ergreifen.

Bereits im Jahr 2025 verpflichtet die Corporate Sustainability Reporting Directive, kurz CSRD, viele Unternehmen, einen Nachhaltigkeitsbericht zu erstellen. Auch wenn die Berichtspflicht bei unterschiedlichen Voraussetzungen erst zu einem späteren Zeitpunkt eintritt, können auch zunächst unberücksichtigte Unternehmen auf einen Nachhaltigkeitsbericht angewiesen sein, da schnell ein Kaskadeneffekt eintritt. Das Lieferkettensorgfaltspflichtgesetz (LkSG) verlangt von größeren Unternehmen bereits jetzt schon, Umwelt- und Menschenrechtsverletzungen entlang ihrer Wertschöpfung zu ermitteln und wenn möglich abzustellen, so auch die Emissionen von Treibhausgasen. Viele größere Unternehmen reichen daher die Nachweispflicht an ihre Lieferanten, oftmals kleine und mittlere Unternehmen (KMU), weiter. Es werden Zertifikate verlangt und Nachweise müssen erbracht werden. Damit werden Unternehmen oft unerwartet getroffen und müssen nun schnell handeln, um weiter wettbewerbsfähig zu sein.

## Wo gibt es Unterstützung für Unternehmen?

Das Mittelstand-Digital Zentrum Klima.Neutral.Digital hat es sich zum Ziel gemacht, kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland durch Digitalisierung auf dem Weg zur Klimaneutralität zu unterstützen. Das interdisziplinäre Team von den fünf Projektpartnern FZI Forschungszentrum Informatik, Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V., microTEC Südwest e.V., Softwarezentrum Böblingen/Sindelfingen e.V. und Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) bündelt digitale Kompetenzen und Expertise in Bereichen wie Sensorik, Künstliche Intelligenz, digitale Produktentstehung, digitale Geschäftsmodelle, Mikrotechnologie, Softwarelösungen und nachhaltige Energiesysteme. Das Angebot umfasst verschiedene Bausteine wie Veranstaltungen und Workshops, Podcasts und Demonstratoren, um KMU zu informieren, zu qualifizieren, Projekte umzusetzen und alle Akteure zu vernetzen. Unternehmen stehen hierfür Klima-Coaches zur Seite, die sie auf ihrem Weg begleiten.

## Das Klima-Coach Programm

Die Klima-Coaches dienen als Bindeglied zwischen Wissenschaft und Unternehmen. Es handelt sich um ein Netzwerk aus Expert:innen in einem Digitalisierungs- oder Nachhaltigkeitsbereich mit Ausbildung zum Klima-Coach. Sie unterstützen Unternehmen nach deren Bedürfnissen, informieren unabhängig und anbieterneutral, geben einen Marktüberblick über Digitalisierungslösungen und bieten Orientierung im Zertifizierungsdiskurs. Sie begleiten Unternehmen in vier Schritten auf dem Weg zur Klimaneutralität.

### 1. Wesentlichkeitsanalyse: Anforderungen und Angebote

Die Wesentlichkeitsanalyse ist ein zentraler Schritt auf dem Weg zur umfassenden Nachhaltigkeitsstrategie eines Unternehmens. Gemäß ISO 26000 (Leitfaden zur gesellschaftlichen Verantwortung) werden in diesem Prozess in enger Zusammenarbeit mit Anspruchsgruppen nicht nur Anforderungen, sondern auch Chancen und Risiken im Umfeld bzw. im Ecosystem des Unternehmens ermittelt. Diese Analyse geht über die traditionellen Unternehmensgrenzen hinaus und betrachtet die Wechselwirkungen mit der Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft. Es wird untersucht, welche gesetzlichen Rahmenbedingungen, Berichtswesen, Taxonomie und Zertifizierungen für das Unternehmen relevant sind und in welchen Themen wie Umweltmanagement, Kreislaufwirtschaft, Mobilität etc. eine Veränderung Auswirkungen erzielen könnte.

Die Ergebnisse der Wesentlichkeitsanalyse werden dann über die 17 Ziele und 169 Unterziele der Agenda 2030 gelegt. Dies ermöglicht eine direkte Referenzierung und verankert die identifizierten Aspekte in einem globalen Kontext. Dabei werden nicht nur die 17 Ziele berücksichtigt, sondern auch alle anzuwendenden Gesetze, Richtlinien und internationale Standards. Es entsteht dadurch die Grundlage für eine Nachhaltigkeits-Strategie, die das Unternehmen befähigt, langfristige Schritte zu planen und die Unternehmensausrichtung an die Gesetze und Richtlinien anzupassen.

### 2. Ist-Analyse für Unternehmen

Eine genaue Ist-Analyse ist entscheidend, um den Ausgangspunkt eines Unternehmens hinsichtlich Klimaneutralität zu bestimmen. Die Klima-Coaches analysieren mit Hilfe von Quick-Check Tools aber auch mit ausführlichen Fragebögen das Unternehmen, um den aktuellen Entwicklungsstand, die individuellen Bedarfe und die Potentiale zu ermitteln. Spielen beispielsweise energieintensive Fertigungsprozesse eine Rolle? Wie wird die Energie aktuell bezogen? Gibt es die Möglichkeit, alternative Energiequellen zu installieren? Wie ausgeprägt ist

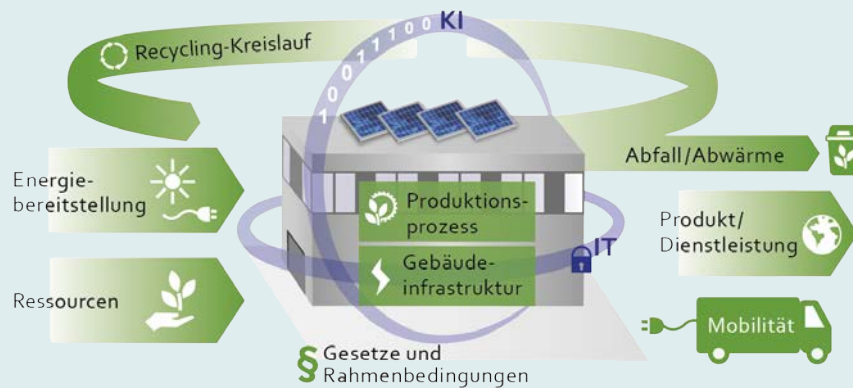


Abbildung 1: Die Handlungsfelder der Klima-Coaches (Bildquelle/Copyright: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW))

der digitale Reifegrad? Jedes Unternehmen hat andere Bedarfe und Voraussetzungen sodass alle Handlungsfelder individuell geprüft und bewertet werden müssen.

### 3. Maßnahmen: Nachhaltig und Digital

Mit den Erkenntnissen aus der Ist-Analyse in der Hand, arbeitet der Klima-Coach passgenaue Maßnahmen aus. Der operative Fokus liegt dabei auf der schnellen und konkreten Umsetzung von Maßnahmen. Dies kann die Integration erneuerbarer Energien, die Einführung von Energieeffizienztechnologien, den Einsatz von KI und vieles mehr umfassen. Es werden dabei sowohl kurzfristige Maßnahmen als auch langfristige, größere Projekte identifiziert. Zunächst ist das Ziel, mit einfach umsetzbaren Maßnahmen große Fortschritte zu erzielen, mit sogenannten low-hanging-fruits. So kann beispielsweise ein Druckluftmonitoring zeitnah Lecks erkennen und melden oder bei weniger Bedarf den Druck reduzieren und so einen enormen Beitrag zur Energieeinsparung leisten.

Werden Teile gefertigt, können Ressourcen durch eine Optimierung der Produktionsprozesse eingespart werden. Wird beispielsweise im Kunststoffspritzguss die Produktion sensorüberwacht, können minimale Materialunterschiede und äußere Einflüsse berücksichtigt werden. So ist deutlich weniger Ausschuss zu erwarten und sowohl der Material- als auch der Energieeinsatz werden reduziert.

### 4. Aktionsplan: Termin- und Investitionsrahmen, erste Schritte zur Transformation

Der Aktionsplan ist der Schlüssel zur Umsetzung der identifizierten Maßnahmen. In enger Zusammenarbeit erstellen Klima-Coach und Unternehmen einen klaren Fahrplan, der Projekte und Termine festlegt. Der Plan ist auf zehn Jahre ausgelegt und ordnet die Projekte in

einem für das Unternehmen realistischen, umsetzbaren Rahmen. Der Fortschritt lässt sich damit gut kontrollieren und dokumentieren. Die Ergebnisse können in einen Nachhaltigkeitsbericht einfließen und dadurch im Laufe der Jahre überwacht werden.

### Wie es weiter geht

Im Anschluss liegt es nun am Unternehmen, den Aktionsplan umzusetzen. Es können aber auch konkrete Digitalisierungsprojekte mit einem Klima-Coach umgesetzt werden. Sollte eine KI-Anwendung implementiert werden, ergänzen KI-Trainer das Angebot. Sie informieren über die verschiedenen Anwendungsformen, helfen Hemmschwellen im Unternehmen abzubauen, optimieren die Lösungsansätze und schulen bei Bedarf auch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

#### ► CO<sub>2</sub>-Bilanzierung mit ecocockpit

Das ecocockpit ist ein kostenloses Angebot zur Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks von Unternehmen und Produkten. Es vereinfacht außerdem die Identifikation von CO<sub>2</sub>-Treibern.  
<https://ecocockpit.de/>

#### ► Nachhaltigkeitsstrategie und -berichterstattung mit DNK

Der Deutsche Nachhaltigkeitskodex DNK bietet eine kostenfreie Software-Plattform und Unterstützung durch Experten.  
<https://www.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de/>  
Internationales Äquivalent ist GRI (Global Reporting Initiative). <https://www.globalreporting.org/>

Aktuelle Projekte zeigen bereits Wirkung. Eine KI-Anwendung, die energieintensive Fertigungsprozesse auf Basis der Wetterprognose bei Sonnenschein eintaktet, sodass möglichst viel der verbrauchten Energie über die hauseigene Photovoltaikanlage beigetragen wird, senkt den Anteil der fossilen Energieträger und damit deutlich den Treibhausgasausstoß. Eine „Brezel-Prognose“, die auf Basis der als relevant eingestuften Daten den Tagesverkauf einer Bäckerei berechnet, reduziert die Überproduktion, spart damit Rohstoffe und Energie ein und verhindert Lebensmittelverschwendung.

Die Möglichkeiten, Ansatzpunkte und Digitalisierungsmaßnahmen sind so vielfältig wie die Unternehmenslandschaft in Deutschland. Umso deutlicher wird es, dass es „die eine“ Lösung nicht gibt, sondern jedes Unternehmen seinen eigenen Weg geht.

Gerade in kleinen und mittleren Unternehmen ist die Auslastung oft hoch und die Ressourcen begrenzt. Die Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie und vor

allem eines Aktionsplans, um konkret tätig zu werden, erfordern ebenfalls Ressourcen. Änderungen im Arbeitsalltag müssen auf Akzeptanz stoßen und von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mitgetragen werden, um zu einem Erfolg zu führen. Für viele Unternehmen wächst daher bereits jetzt der Druck und es stellt sich die Frage: Wie soll das gehen und wo sollen wir nur anfangen? Empfehlenswert ist es daher bereits jetzt das Thema proaktiv anzugehen. Energie- und Ressourceneinsparungen wirken sich auch wirtschaftlich aus, je nach Maßnahme sind Investitionen so bald amortisiert. Das Unternehmen macht sich unabhängiger von fossilen Energieträgern und leistet einen verantwortungsvollen Beitrag zu einer lebenswerten Welt für nachfolgende Generationen. Nicht zuletzt verschafft gelebte Nachhaltigkeit einen Wettbewerbsvorteil in einer zunehmend nachhaltig orientierten Geschäftswelt.

Alle Informationen zum Mittelstand-Digital Zentrum Klima.Neutral.Digital und den Klima-Coaches, sowie ein Kontaktformular finden Sie unter [www.klima-neutral-digital.de](http://www.klima-neutral-digital.de).

Das Mittelstand-Digital Zentrum Klima.Neutral.Digital unterstützt kleine und mittlere Unternehmen sowie das Handwerk dabei die ersten Schritte in die Klimaneutralität zu gehen. Die Digitalisierung spielt dabei eine entscheidende Rolle um Ressourcen zu schonen, Prozesse zu optimieren und zukunftsfähig zu sein.

Klima.Neutral.Digital bietet dafür ein breites Spektrum an Informationsveranstaltungen, von Laborführungen und Demonstratorpräsentationen über Webinare und Barcamps bis hin zu vertiefenden Workshops.

Mit den Klima-Coaches und KI-Trainern sowie Digitalisierungsprojekten haben KMU außerdem die Möglichkeit, individuelle Maßnahmen umzusetzen.

Die Themenschwerpunkte des Zentrums sind:

- ▶ Nachhaltigkeit
- ▶ Sensorik, Smarte Systeme und Digitale Prozesse für ressourcenschonende Produktion
- ▶ Nachhaltige Energiesysteme
- ▶ Digitale Geschäftsmodelle
- ▶ Digitale Produktentwicklung
- ▶ KI
- ▶ IT-Sicherheit

[www.klima-neutral-digital.de](http://www.klima-neutral-digital.de)



## Autorin



**Johanna Gelzer**, ist Marketing Managerin bei Klima.Neutral.Digital und im AI xpress, Innovations- und Startup-Zentrum. Im Mittelstand-Digital Zentrum Klima.Neutral.Digital koordiniert sie die Öffentlichkeitsarbeit und begleitet die Klima-Coaches kommunikativ bei Ihren Projekten.





Robert Falkenstein, Laura Antonia Herzmann, Andreas Hoffmann

## Die Roadmap zum klimaneutralen Handwerksbetrieb – und wie digitale Technologien dabei helfen

**Für Handwerksbetriebe gibt es gute Gründe, den Treibhausgas-Ausstoß zu verringern – um konkurrenzfähig zu bleiben, die eigenen Kosten zu senken und die Umwelt zu schonen. In diesem Artikel erfahren Betriebe, wie sie ihren eigenen Klimaschutzfahrplan aufstellen und Klimaneutralität erreichen.**

### Handeln ist dringend erforderlich

Ohne eine aktive Beteiligung des Handwerks mit seinen rund 1 Million Betrieben ist Treibhausgasneutralität in Deutschland bis 2045 kaum vorstellbar. Das Bundesklimaschutzgesetz fordert, dass bis zu diesem Zeitpunkt ein Gleichgewicht zwischen Treibhausgas-Emissionen und deren Abbau herrschen muss. Alles weit weg? Nicht wirklich. Denn bereits 2030 soll dieses Ziel zu mindestens 65 % erreicht sein.

Hinzu kommt, dass große Unternehmen ab 2024 nach den neuen europäischen Standards zur Nachhaltigkeitsberichterstattung noch stärker auf Nachhaltigkeit in ihren Lieferketten und Geschäftsbeziehungen achten müssen. Auch das wird die Bedeutung von Klimaschutzmaßnahmen für Handwerksbetriebe nochmals erhöhen.

### Jeder Betrieb braucht einen individuellen Klimaschutzfahrplan

Eines der 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen lautet „Maßnahmen zum Klimaschutz“. In Deutschland wurde dieses Ziel mit dem Bundesklimaschutzgesetz 2019 im deutschen Recht verankert. Doch bisher fehlen konkrete gesetzliche Vorgaben zur praktischen Umsetzung in den Betrieben. Betriebe müssen also ihren eigenen Weg finden.



Gute Beispiele für betriebliche Klimaschutzmaßnahmen gibt es viele. Anreize durch spezielle Förderungen oder Einsparpotenziale sind ebenfalls vorhanden. Was Betrieben oft fehlt, ist eine Auseinandersetzung mit der Frage, welche Maßnahmen für das eigene Gewerk und den eigenen Betrieb am besten geeignet sind.

Um diese Frage zu klären, sollten Betriebe einen individuellen Klimaschutzfahrplan ausarbeiten, der aufzeigt, wie sie Klimaneutralität erreichen wollen. Je nach Gewerk, individuellen Anforderungen und notwendigen Maßnahmen kann ein solcher Fahrplan einfach oder komplex sein. Das ist auch der Grund, warum das Thema auf den folgenden Seiten nur angerissen werden kann. Weiterführende Informationen und Praxisbeispiele zum Thema Nachhaltigkeit im Handwerk finden Sie auf der Website des Mittelstand-Digital Zentrums Handwerk unter [handwerkdigital.de/nachhaltigkeit](https://handwerkdigital.de/nachhaltigkeit). Kontaktieren Sie uns gerne auch bei konkreten Fragen.

## Emissionen reduzieren und kompensieren

Betriebe erreichen Klimaneutralität durch zwei grundlegende Maßnahmen. Zum einen gilt es, wo immer möglich, umweltschädliche Emissionen zu reduzieren, die z. B. durch fossile Energieträger, lange Transportwege oder unsachgemäßes Abfallmanagement entstehen.

Emissionen lassen sich jedoch nicht in allen Bereichen auf null senken, denn manchmal fehlen z. B. noch klimafreundliche Alternativ-Technologien.

Emissionen, die unvermeidbar sind, müssen daher kompensiert, d. h. ausgeglichen werden. Das geschieht z. B. durch die Unterstützung von Projekten, die Umweltschäden reduzieren. Entsprechende Projekte finden Sie auf den Internetseiten des Bundesumweltamtes.

Im Folgenden wird eine Roadmap vorgestellt, an der sich Betriebe auf dem Weg zur eigenen Klimaneutralität orientieren können. Dabei gehen wir vor allem auf Möglichkeiten ein, Klimaneutralität mithilfe von technologischen Lösungen und Digitalisierung zu erreichen.

## Die Roadmap: In 4 Schritten zum klimaneutralen Betrieb

Die folgende Roadmap (Abbildung 1) können Betriebe nutzen, um einen Klimaschutzfahrplan für den eigenen Betrieb aufzustellen.

### Schritt 1: Ausgangssituation analysieren

Der erste Schritt besteht darin, die Ausgangssituation zu bestimmen und den gesamten Energieverbrauch des Betriebs zu ermitteln. Energieverbraucher sind

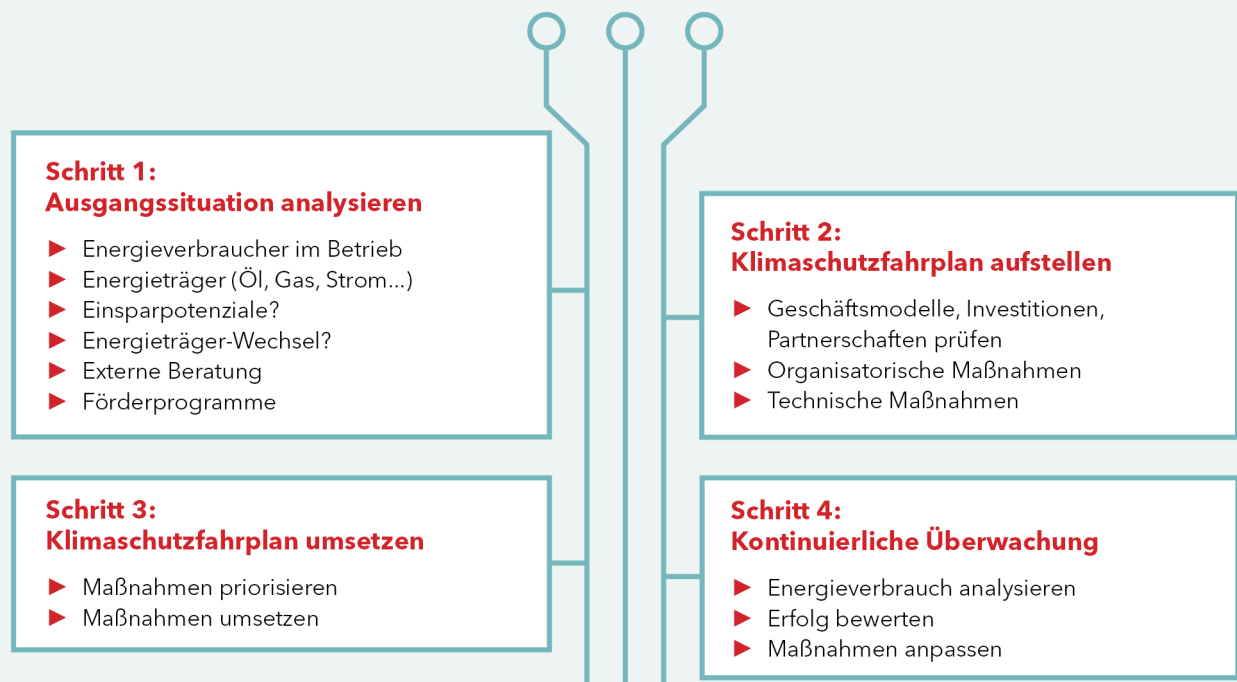


Abbildung 1: Die Roadmap zum klimaneutralen Handwerksbetrieb

beispielsweise Öfen, Kraftfahrzeuge, Heizungen, aber auch Maschinen, Klimaanlage und die Beleuchtung. Anschließend wird festgehalten, welche Energieträger zum Einsatz kommen, z. B. fossile Energieträger, die verbrannt werden, oder elektrische Energie.

Organisieren Sie am besten einen Workshop mit Ihrem gesamten Team und sehen Sie sich alle Prozesse im Betrieb genau an. Wo wird Energie aktuell verschwendet? Wo kommen umweltschädliche Energieträger zum Einsatz? Stellen Sie anschließend die Fragen: Wo kann Energie gespart werden? Wo können alternativ umweltfreundliche Energieträger genutzt werden, die den CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduzieren?

Bei der Erfassung sämtlicher Energiedaten können Hilfsmittel wie das bewährte „Energiebuch“ unterstützen, das online als „Energiebuch E-Tool“ unter [energie-tool.de](http://energie-tool.de) kostenfrei genutzt werden kann.

Holen Sie sich auch Unterstützung von extern. Hier empfiehlt es sich, auf die kostenfreien Beratungsleistungen der Kammern, Innungen und Verbände zurückzugreifen oder ggf. über Förderprogramme auch privatwirtschaftlich Beratende einzubeziehen. Je nach Betriebsgröße lohnt es sich auch, neues Personal einzustellen, das sich explizit der Aufgabe der Klimaneutralität im eigenen Unternehmen widmet.

Ein weiterer Tipp: Beantragen Sie finanzielle Mittel bei Förderprogrammen, die Maßnahmen zur Energie- und Ressourceneffizienz oder zum Klimaschutz unterstützen, z. B. bei der „Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ und der „Klimaschutzoffensive für Unternehmen“ der KfW. Orientieren Sie sich bei den Anpassungen in Ihrem Unternehmen außerdem an bestehenden Normen zum Umwelt- und Energiemanagement. Hierzu gehören die „ISO 14001 Umweltmanagementsystemnorm“ und die „ISO 50001 Energiemanagementsystemnorm“.

### Schritt 2: Klimaschutzfahrplan aufstellen

Nun geht es darum, einen Klimaschutzfahrplan für den Betrieb aufzustellen, bei dem kurz-, mittel- und langfristige Ziele und Maßnahmen konkret aufgeschlüsselt werden.

Zunächst sollten Betriebe bestehende Geschäftsmodelle, Investitionen und geschäftliche Partnerschaften im Hinblick auf das Ziel der Klimaneutralität neu bewerten. Die Wirtschaftlichkeit spielt dabei weiterhin eine Rolle, aber sie ist nicht mehr der einzige Entscheidungsfaktor. Beispielsweise können bei der Suche nach neuen Lieferanten regionale und nachhaltig handelnde Unternehmen künftig bevorzugt werden.

Eine zweite Möglichkeit sind organisatorische Maßnahmen wie z. B.

- ▶ Verbesserung der betrieblichen Arbeitsabläufe und Prozesse
- ▶ Reduzierung von Verbrauchsspitzen bei Strom und Gas
- ▶ Optimierte Tourenplanung für Kundenbesuche
- ▶ Maßnahmen zur Steigerung der Motivation und Qualifizierung der Mitarbeitenden zum Thema Klimaneutralität
- ▶ Nachhaltige Unternehmens-Benefits, z. B. ÖPNV-Tickets oder Diensträder

Eine dritte Option sind technische Maßnahmen wie z. B.

- ▶ Effiziente Beleuchtungsanlagen, z. B. Umrüstung von Hallenstrahlern auf LED-Beleuchtung
- ▶ Abwärmenutzung
- ▶ Einsatz verbrauchsarmer Fahrzeuge
- ▶ Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung
- ▶ Nutzung erneuerbarer Energiequellen
- ▶ Dämmung der Gebäudehülle, Erneuerung von Fenster- und Torsystemen

Alle Überlegungen münden in einen Klimaschutzfahrplan mit kurz-, mittel- und langfristigen Zielen und konkreten Maßnahmen.

### Schritt 3 und 4: Umsetzung und kontinuierliche Überwachung

Im dritten Schritt werden die identifizierten Maßnahmen priorisiert und umgesetzt. Maßnahmen, die mit wenig Aufwand den größten Effekt erzielen, werden dabei zuerst angegangen.

Der vierte Schritt besteht in einer kontinuierlichen Überprüfung des Fortschritts bei der Umsetzung der geplanten Klimaschutzmaßnahmen. Hierbei kann ebenfalls das „Energiebuch E-Tool“ helfen, um Veränderungen des Energieverbrauchs und die Wirksamkeit der Maßnahmen nachvollziehen zu können.

Generell sollte der Klimaschutzfahrplan des Betriebs regelmäßig überprüft und bei Bedarf nachjustiert werden. Bei zukünftigen Entscheidungen sollte das Thema Klimaneutralität stets mitgedacht werden.

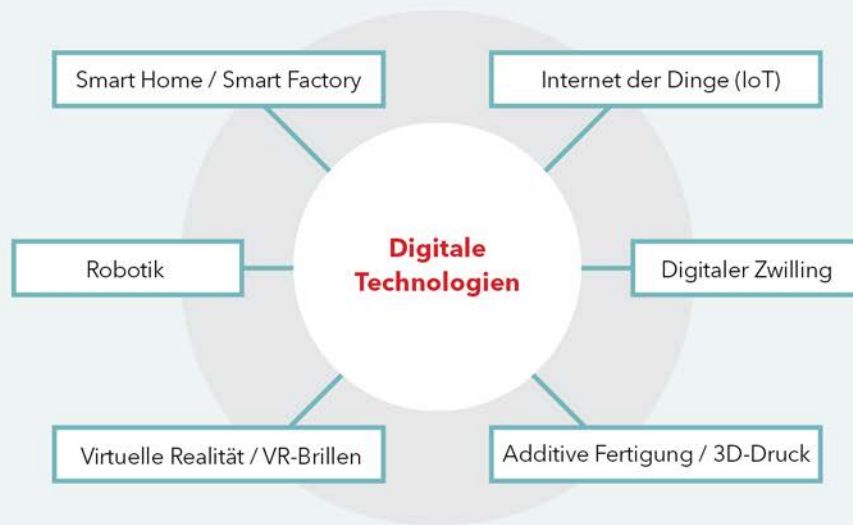


Abbildung 2: Digitale Technologien, die dabei helfen, Klimaneutralität im Betrieb zu erreichen

### Digitale Technologien helfen auf dem Weg zur Klimaneutralität

Bei der Umsetzung des Klimaschutzfahrplans können digitale Technologien auf vielfältige Weise unterstützen. Technik aus dem Bereich **Smart Home/Smart Factory** kann die Energieverbraucher mittels Sensorik optimal steuern. Die Beleuchtung am Arbeitsplatz kann beispielsweise je nach Anwesenheit automatisch an- und ausgeschaltet werden. Um möglichst viel regenerative Energie zu nutzen, kann z. B. auch die Produktionstaktung mit der Energieerzeugung einer eigenen Photovoltaikanlage synchronisiert werden.

**Robotik** kann den Produktionsprozess im Handwerksbetrieb teilautomatisieren und die Qualität einzelner Arbeitsschritte erhöhen. Auf diese Weise wird Materialverbrauch, Ausschuss und Nachbearbeitungszeit reduziert. Robotik ermöglicht auch eine individuelle Fertigung je nach Kundenwunsch oder Marktlage. Dadurch wird der Bedarf an Lagerhaltung und Transport verringert.

**Virtual Reality (VR) und VR-Brillen** unterstützen bei Trainingsszenarien in der Ausbildung sowie bei Wartung und Entwicklung. Dabei werden Material, Energie und Emissionen eingespart, z. B. beim virtuellen Schweißen oder mit einem Bagger-Simulator. Im Bereich der Wartung lassen sich Fahrten reduzieren, da erfahrene Fachkräfte nicht ständig mit vor Ort sein müssen, sondern bei Bedarf virtuell dazugeschaltet werden.

Das **Internet der Dinge (IoT)** optimiert Lagerhaltung, Materialauswahl und -verarbeitung, indem es die Verfüg-

barkeit von Rohstoffen überwacht und Informationen zur Qualität und Nachhaltigkeit liefert. Der Betrieb setzt nur so viel Material ein, wie wirklich benötigt wird. Abfälle werden vermieden oder recycelt. IoT optimiert und erleichtert auch die Wartung und Reparatur von Maschinen und Geräten, indem es Daten über deren Zustand, Leistung und Verschleiß sammelt und über Reparaturbedarf informiert. So werden Ausfälle minimiert und die Lebensdauer der Maschinen und Geräte verlängert.

Ein **digitaler Zwilling** ist eine virtuelle Version eines Produkts, Prozesses, Gebäudes oder einer Anlage. Mit einem digitalen Zwilling können Entwicklungs-, Produktions- und Betriebsprozesse simuliert und optimiert werden. Gebäude, Maschinen und Anlagen können intelligent gesteuert und überwacht werden, um den Energieverbrauch, die Emissionen und die Wartungskosten zu senken. Digitale Zwillinge werden auch zu Planungszwecken eingesetzt, um im Vorfeld Problemfelder zu erkennen und frühzeitig Anpassungen vorzunehmen. Auch Just-in-Time-Lieferungen werden mithilfe von digitalen Zwillingen getaktet und koordiniert.

Additive Fertigung, auch als **3D-Druck** bekannt, reduziert den Materialverbrauch und Abfall, da kein Verschnitt entsteht. Es wird nur das Material benötigt, aus dem das Bauteil später auch besteht. Das spart Ressourcen und Energie, die sonst für die Entsorgung von überschüssigem Material aufgewendet werden müssen. Darüber hinaus ermöglicht additive Fertigung die Herstellung von individuellen Bauteilen, so dass neue Möglichkeiten der Gestaltung, Optimierung und Anpassung von Produkten an Kundenbedürfnisse entstehen.

Auch Ersatzteile, die eigentlich nicht mehr verfügbar sind, können mit 3D-Druck flexibel nachproduziert werden. Hierfür wird lediglich eine 3D-CAD-Datei benötigt. Betriebe reduzieren so Lieferzeiten und den Transport- und Lageraufwand.

Für weiterführende Informationen zur Nutzung der genannten Technologien im Handwerk besuchen Sie [handwerkdigital.de](http://handwerkdigital.de). Unser Zentrum betreibt außerdem Demonstrationsstandorte in ganz Deutschland, in denen Sie die Technologien live erleben und ausprobieren können. Auf Wunsch auch unter fachkundiger Anleitung.

## Fazit

Das Ziel der Klimaneutralität lässt sich nicht mit einer einzigen großen Maßnahme erreichen. Nötig sind viele kleine und große Einzelentscheidungen in einem längeren Prozess, genauso wie bei der Digitalisierung. Mit einem individuellen Klimaschutzfahrplan sind Betriebe gut aufgestellt, um die notwendigen Schritte bis zum Ende erfolgreich zu gehen. Wichtig ist, den ersten Schritt zu wagen und den Blick in die Zukunft zu richten. Die Mittelstand-Digital Zentren unterstützen Sie hierbei gerne. Deutschlandweit, anbieterneutral und kostenfrei.

## Praxisbeispiel

### Fickenschers Backhaus GmbH

Das Zentrum hat die Fickenschers Backhaus GmbH aus Münchberg bei der Umsetzung verschiedener Digitalisierungsmaßnahmen unterstützt, die die Attraktivität als Arbeitgeber verbessert und den Betrieb gleichzeitig auf dem Weg zur Klimaneutralität vorangebracht haben. Durch neue zeit- und temperaturgesteuerte Teigreiferäume wurde den Backwaren die Zeit gegeben, bereits über Nacht zu reifen. So konnte 70 Prozent der Nachtarbeit auf den Tag verlegt werden. Die Arbeit in der Bäckerei wurde dadurch für Auszubildende attraktiver. Außerdem konnte Beleuchtungsenergie eingespart werden, da nun überwiegend bei Tageslicht gearbeitet wurde. Der erste Schritt zu mehr Energieeffizienz war gemacht.

Um vollständige Klimaneutralität zu erreichen, sind jedoch weitere Maßnahmen notwendig. Besonders großes Einsparpotenzial bieten in Bäckereien die Backöfen. Hier ist ein bis zu 20 % reduzierter Gesamtenergieverbrauch möglich, wie Abbildung 3 zeigt. Eine weitere einfache Maßnahme betrifft die Beleuchtung. Hier können Dimmer eingebaut werden, die automatisch mittels Sensoren je nach Bedarf gesteuert werden.

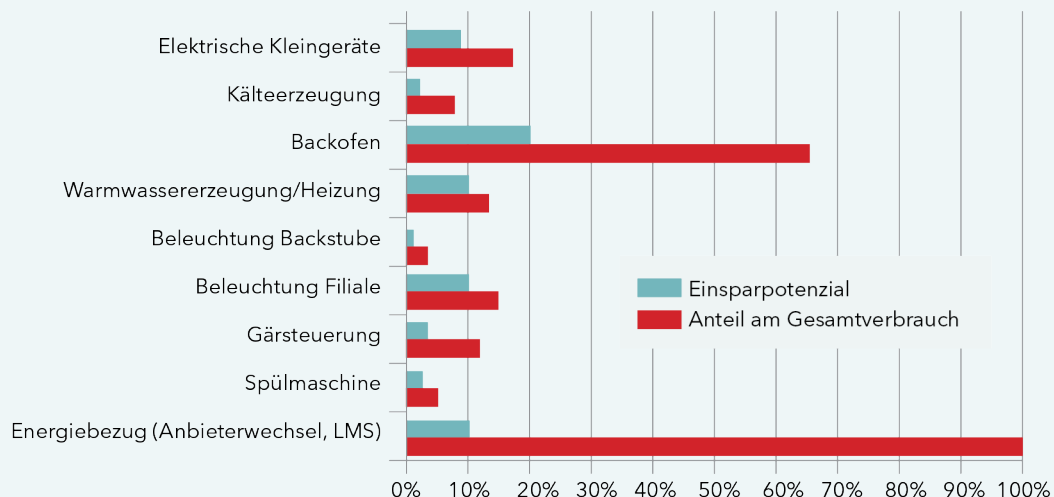


Abbildung 3: Energie-Gesamtverbrauch und Einsparpotenziale in einer Bäckerei. Bei jedem Posten wird der maximale Anteil am Energie-Gesamtverbrauch dargestellt, daher ergeben die Verbräuche mehr als 100 %. (Quelle: GICON – Großmann Ingenieur Consult GmbH, 2015)

Das Mittelstand-Digital Zentrum Handwerk unterstützt Handwerksbetriebe und Handwerksorganisationen seit 2016 dabei, die Chancen digitaler Technologien, Prozesse und Geschäftsmodelle zu nutzen – kostenfrei, anbieterneutral und deutschlandweit.

Was uns auszeichnet:

- ▶ Umfangreiche Informationen zu allen Digitalisierungsthemen im Handwerk
- ▶ Einzigartiger Digitalisierungsscheck für das Handwerk
- ▶ Technologie-Erlebniswelten in ganz Deutschland
- ▶ Persönliche Begleitung von Betrieben bei Digitalvorhaben
- ▶ Ansprechpartner für jede Digitalisierungs-Frage
- ▶ Jederzeit topinformiert mit unserem Newsletter und per Social Media
- ▶ Zahlreiche Schulungskonzepte zu Digital- und Technologiethemen für Beratende und Dozierende im Handwerk

[www.handwerkdigital.de](http://www.handwerkdigital.de)



## Autoren



**Robert Falkenstein** (B.Eng.) studierte im Bachelor Elektro- und Informationstechnik und befindet sich derzeit im berufsbegleitenden Masterstudiengang ZukunftsDesign. Als Projektleiter am Standort Bayreuth legt er Wert auf eine nachhaltige Implementierung von Technologie in Betrieben unter Berücksichtigung des Klimaschutzes. Denn nur wenn alle ihren Beitrag leisten, kann eine große Transformation gelingen.



**Laura Antonia Herzmann** absolvierte eine Ausbildung zur Fotografin mit dem Schwerpunkt Produktfotografie und befindet sich aktuell in der Vorbereitung auf den Meisterkurs. Als Projektassistentin im Schaufenster Krefeld des Mittelstand-Digital Zentrums Handwerk steuert sie eine erfrischende und handwerksnahe Perspektive zu den Themen Umwelt und Nachhaltigkeit bei.



**Andreas Hoffmann** (M.A.) studierte Germanistik, Anglistik, Geschichte und Musikwissenschaften an der Universität zu Köln. Mit großer Begeisterung für digitale Themen sorgt er dafür, dass die Veranstaltungen, Publikationen und Unterstützungsangebote des Zentrums möglichst viele Handwerksbetriebe in Deutschland erreichen. Er ist Projektmitarbeiter Presse- und Öffentlichkeitsarbeit des Mittelstand-Digital Zentrums Handwerk.





Rafael Gramm

## Toolbox Energie und Nachhaltigkeit – Klimaneutralität im Gebäudesektor durch Standards und Datenqualität

**Gründe für eine klimaneutrale Transformation im Gebäudesektor gibt es viele. Neben rund 38 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen<sup>1</sup> verantwortet die Baubranche mit ca. 40 Prozent einen Großteil des Primärressourcenverbrauchs in Deutschland.**

**Mit neuen Rahmenbedingungen versucht die Europäische Union den Pfad zur Klimaneutralität im Bausektor zu ebnen. Methoden und Werkzeuge zur gemeinsamen Bilanzierung von energetischer Performance und Nachhaltigkeit sind hierzu erforderlich, befinden sich jedoch derzeit erst in Entwicklung. Das Mittelstand-Digital Zentrum Bau adressiert in diesem Kontext Veränderungsprozesse und Lösungsansätze für ein gemeinsames Verständnis von Energiebilanz und Nachhaltigkeit.**

### Zielvorgaben Klimaneutralität Bauwirtschaft

Innerhalb des Klimaschutzgesetzes (KSG) verpflichtet sich die Bundesrepublik Deutschland zur massiven Reduktion von Kohlenstoffemissionen im Gebäudesektor, um bis ins Jahr 2045 die Klimaneutralität zu erreichen<sup>2</sup>. Obgleich seit 1990 Erfolge verbucht werden können (vgl. Abbildung 1), reichen die Reduktionsbemühungen für das gesetzte Ziel zukünftig nicht aus.

Abbildung 1 verdeutlicht für den Gebäudesektor, wie innerhalb der letzten 30 Jahre im Schnitt 3 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr eingespart werden konnten, während die vergangenen fünf Jahre lediglich eine Reduktion um 0,8 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr aufwiesen. Eine Steigerung der Bemühungen auf ca. 4,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr ist demzufolge für die Zielerreichung 'Klimaneutralität bis 2045' notwendig.

<sup>1</sup> Vgl. UNEP (2022).

<sup>2</sup> Vgl. Bundesministerium der Justiz (2023).

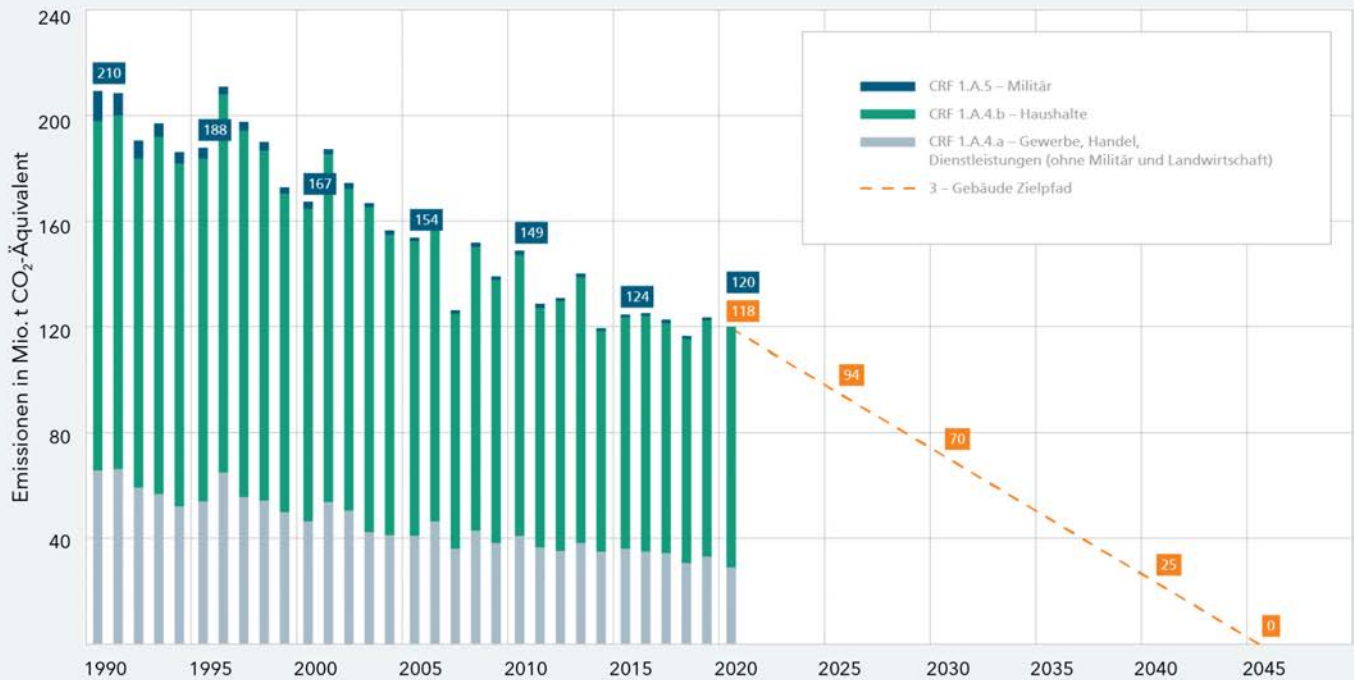


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen des Gebäudesektors seit 1995, Umweltbundesamt (2023)

## Energetische Standards von Gebäuden

Im Gebäudebetrieb bundesdeutscher Haushalte ist der Hauptverursacher von CO<sub>2</sub>-Emissionen mit einem Anteil von ca. 90% die Wärmeerzeugung, die sich zu großen Teilen (etwa 75%) durch die Verbrennung von Heizöl und Gas ergibt<sup>3</sup>. Zudem verantworten Altbauten bis Baujahr 1976 ca. dreiviertel der Endenergie im Wohngebäude-sektor.

Ein Instrument zur CO<sub>2</sub>-Reduktion stellt die energetische Ertüchtigung von Gebäuden dar, ein weiteres die Reduktion der Flächeninanspruchnahme pro Person. Ein nächstes Mittel ist der Austausch eines Energieträgers zur Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien oder nachwachsenden Rohstoffen. Die vielzitierte Aussage, eine Heizung müsse ‚zum Haus‘ passen<sup>4</sup>, bedeutet unter Berücksichtigung oben genannter Ziele folgerichtig die Anpassung von Haus und/oder Heizung. Es ist jedoch erwähnenswert, dass der Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand nicht lediglich über einen der drei aufgezeichneten Pfade erfolgen kann, sondern vielmehr die Synergie aus allen Bemühungen erforderlich ist. Bei vermehrtem Einsatz von Wärmepumpen beispielsweise können Stromnetze nur durch eine Senkung des verbraucherseitigen Energiebedarfs entlastet werden. Die gegenläufigen Trends aus energieeffizienter Bauweise und gesteigerter Flächeninanspruchnahme pro Kopf bestätigen diese These.

<sup>3</sup> Vgl. Metzger et. al (2019).

<sup>4</sup> Vgl. Bundestagsrede MdB Christian Dürr.

Es ergibt sich nun allerdings mit einer energieeffizienten Bauweise auch ein gesteigerter Materialaufwand zur Errichtung von Bauwerken und damit ein erhöhter Anteil sogenannter ‚grauer‘ oder verbauter Energie (vgl. Abbildung 2). Um nun die CO<sub>2</sub>-Emissionen jener grauen Energie möglichst gering zu halten, ist die Gebäudesanierung dem Neubau-nach-Abriß, sofern möglich, vorzuziehen. Ferner ist bei Gebäudeneubau ressourcenschonend zu

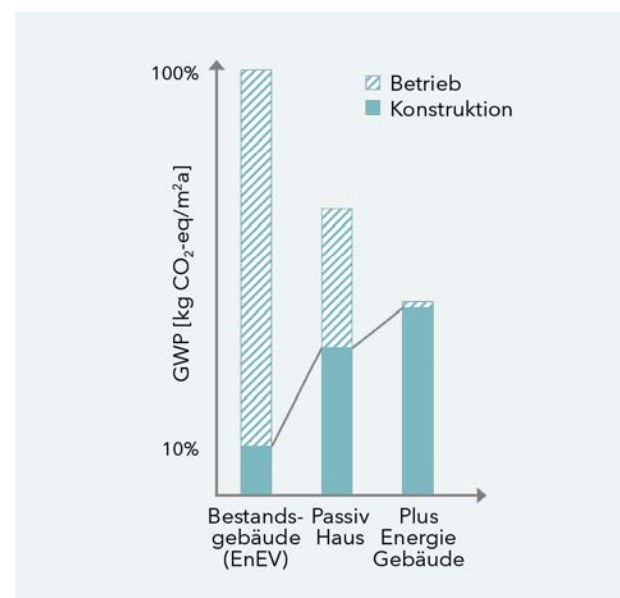


Abbildung 2: Treibhauspotential von Gebäuden während Errichtung und Betrieb nach Schlegl et al. (2019)

haushalten und jeweils die ganzheitliche Abwägung zwischen energetischer Performance und Ressourcenverbrauch vorzunehmen.

### **Pflichten für mittelständische Planungsbüros**

Die Europäische Union reagiert auf die Verschiebung eines ressourcenintensiven Gebäudebetriebs hin zur ressourcenintensiveren Gebäudeerrichtung mit der ‚European Performance of Buildings Directive (EPBD) und schafft in der aktuellen Novelle einen Rahmen für eine Methodik zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

Während bisweilen die Ermittlung des Gebäudeenergiebedarfs meist ohne die Bewertung der konstruktionsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen erfolgte, sieht die Richtlinie nun eine gemeinsame Bilanzierung von Energie und Nachhaltigkeit vor. Der Transformationspfad hierzu und die Betrachtung individueller Gebäude führen jedoch zu vielfältigen Fragen mittelständischer Planungsbüros. Das Energieeffizienzniveau, verschiedene Heizungsarten und die Baustoffauswahl beeinflussen maßgeblich, wie „nachhaltig“ die Gebäude in der Gesamtbetrachtung abschneiden. Und so sind konventionelle Energieberatungsunternehmen herausgefordert, innerhalb einer zusammenfassenden Beratungsleistung die jeweils sehr komplexen normativen Berechnungsstrukturen der energetischen Bilanzierung und der Nachhaltigkeitsbewertung zu vereinen.

Seit Einführung der EPBD haben sich jedoch noch keine qualitativ hochwertigen und einheitlichen Software-Tools als Grundlage zur gemeinsamen Bilanzierung von Energiebedarf und Nachhaltigkeit etabliert. Die vorherrschenden Methodiken zur Erstellung einer vollumfänglichen Gebäudeökobilanz erfordern derzeit noch umfangreiches Expertenwissen. Gleichzeitig bietet der förderrechtliche Rahmen derzeit noch wenig Spielraum zur Finanzierung einer weitaus kostenintensiveren Ökobilanz. Und sollte sich die Nachhaltigkeitsbewertung zukünftig auf einem vergleichbaren Kostenniveau bewegen können wie die geförderte Energiebedarfsberechnung, müsste jene Planungsleistung um ein Zehnfaches günstiger realisiert werden als bislang.

### **Bilanzierung von Energieeffizienz und Nachhaltigkeit**

Während der Energiebedarf eines Gebäudes primär anhand von thermischen Eigenschaften der Hüllbauteile, Raumvolumina, Raumnutzungen und dem Heizsystem ermittelt wird, benötigt die Ökobilanzierung neben einem schichtweisen Bauteilaufbau auch sämtliche

Mengen und Massen und Volumenkörper, sowie Kenntnisse über den Herstellungsprozess von Bauprodukten und deren Verwertungswege nach dem Rückbau. Dennoch verfügen beide Rechenverfahren über Schnittmengen. Die Energiebedarfsberechnung ermöglicht beispielsweise eine detaillierte Eingabe von Bauteilen als Schichtaufbauten und die Ökobilanzierung verlangt die Eingabe des Gebäudeenergiebedarfs während der Nutzungsphase.

Die Expertise zur Erstellung von Ökobilanzen und zur Ermittlung eines Gebäudeenergiebedarfs ist innerhalb des Mittelstand-Digital Zentrums Bau durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP vertreten. Bereits seit 2005 entwickelt das Fraunhofer IBP den „ibp18599kernel“, eine Berechnungsbibliothek mit einer vollumfänglichen Umsetzung der in Deutschland geltenden Normung zur Energiebedarfsberechnung. Die Berechnungsbibliothek ermöglicht Nachweise nach Gebäudeenergiegesetz unter automatischer Parametrierung des Referenzgebäudes sowie nach den Vorschriften der KfW Effizienzprogramme sowie der Bundesförderung Energieeffizienter Gebäude (BEG). Gleichmaßen entwickeln die Wissenschaftler:innen des Forschungsinstituts mit der ‚Generis‘-Software ein Werkzeug zur planungsbegleitenden Ökobilanzierung eines Gebäudes. Das Werkzeug bietet die Möglichkeit, aus einem umfangreichen Katalog mit Standardkonstruktionen ein Gebäude zu modellieren, zusätzlich die vorkalkulierten Betriebsparameter einzugeben und im Anschluss das Bauvorhaben auszuwerten.

Nun erlauben erste Richtlinien eine konsistente Datenbasis zur Übertragung der Energiemodelle in die Ökobilanzierung eines Gebäudes. Zudem fördert die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) seit 2023 mit dem Programm zum ‚Klimafreundlichen Neubau‘ die Planung und die Baubegleitung durch Expert:innen für Energieeffizienz und Berater:innen für Nachhaltigkeit. Es scheint daher nur sinnvoll, die Energiebedarfsberechnung und gleichermaßen die Gebäudeökobilanz zukünftig durch eine gemeinsame Beratungsleistung mit einem integralen digitalen Tool zu ermitteln.

### **Einheitliche Standards und Daten für den klimaneutralen Gebäudebestand**

Ungelöst bleibt bis hierhin die Kenntnis über die energetische Performance einer großen Menge an Bestandsgebäuden, deren Einstufung lediglich über Energieverbrauchsdaten (Nebenkostenabrechnungen) ermittelt werden. Da diese jedoch nicht kalkulatorisch erfasst werden, sind Energieverbräuche und errechnete Energiebedarfe nicht von gleicher Qualität und auch nicht miteinander vergleichbar. Die Menge verbauter, grauer



Energie ist außerdem ohne Kenntnis von Bauteilaufbauten und konstruktiven Details lediglich ungefähr.

Für einen Pfad zum klimaneutralen Gebäudebestand verhält es sich analog zu allen bekannten Transformations Szenarien: Der Schlüssel liegt in einheitlichen Standards, Qualitäten und einer guten Datenlage. Doch liegen zu längst nicht allen Gebäuden Kennzahlen zur energetischen Performance vor, geschweige denn werden diese auf einer Plattform verwaltet und gesteuert. So führt an der Klimaneutralität von Gebäuden eine Digitalisierungsstrategie nicht vorbei.

Ein Treiber zu einer konsistenten Datenlage ergibt sich mit der Neufassung der EU-Taxonomie-Verordnung und der Offenlegungsverordnung, wobei alle Finanzinstitute bereits zum 01.01.2023 die Gesamtheit der von ihnen finanzierten und gehandelten Immobilien (z. B. auch Immobilienfonds) mit Buchstabenklassen (A-H) hinsichtlich ihrer Energieeffizienz an die Europäische Zentralbank zu melden hatten.

Gemäß den aktuellen Regelungen werden alle Immobilienobjekte, die keine Daten und damit keine valide Buchstabenklassifizierung aufweisen können, der Kategorie „unknown“ zugeordnet und bilden damit die schlechteste mögliche Bewertungskategorie mit den höchsten Risikoaufschlägen. „Nichtwissen“ oder „Nicht-liefern“ schützt also nicht, sondern jeglicher Nachweis wird in den meisten Fällen zu einer besseren Kategorie als der schlechtesten führen.

Die Tiefe vorhandener Daten im Kontext des nachhaltigen Bauens ist also von essenzieller Bedeutung, doch ist bei weitem nicht standardisiert, wie (durch wen, wie vergütet) Informationen zu Baustoffen und Bauteilen an eine Gebäudedokumentation gelangen, geschweige denn wann (Planungsprozess, während Gebäudebetrieb) und wohin Daten gelangen. Die nachstehende Abbildung 3 erfasst den Prozess der Informationsanreicherung eines Produktdatenmodells in der öffentlichen Auftragsvergabe.

Zwar betrifft die produktneutrale Ausschreibung geplanter Baumaßnahmen insbesondere die öffentliche Bauherrenschaft, doch wird auch andersorts geplant, ohne bereits konkrete Bauprodukte ausgewählt zu haben. Die Materialwahl und der Einbau von konkreten, mit ökologischen Produkteigenschaften versehenen Bauteilen erfolgt meist durch Bauunternehmen, die bei der Pflege einer Gebäudedatenbank (Gebäudeinformationsmodell, BIM-Modell) oder bei der Errichtung einer Betriebssoftware (Computer-Aided Facility Management, CAFM) weitestgehend nicht mitwirken.

## Fazit

Der Pfad zur Klimaneutralität im Gebäudesektor ist also vielschichtig. Erstens ist beim Gebäudeneubau zwischen Energieeffizienzniveau und Ressourceneinsatz sorgfältig abzuwägen. Zweitens ist eine erhöhte Sanierungsaktivität notwendig und bedarf der Beachtung bereits

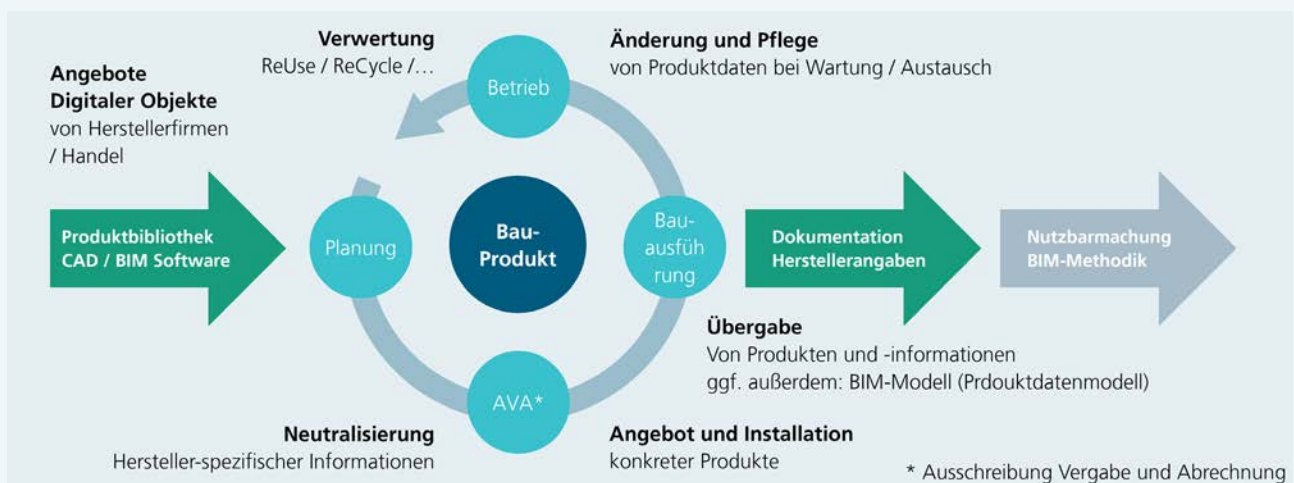


Abbildung 3: Informationsanreicherung im Planungs- und Bauprozess, eigene Darstellung

verbauter Produkte und Materialien. Zu beiden Herangehensweisen besteht die Herausforderung für Energieberatungsunternehmen, korrekte Daten zu erzeugen oder zu ermitteln und darauf aufbauend, Gebäude in einem integralen Ansatz auf deren energetische Performance und graue Energie hin auswerten zu können.

Durch Netzworkebildung, Schulungsangebote, Demonstratoren und Gremienarbeit widmet sich das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP innerhalb des Mittelstand-Digital Zentrums Bau den Herausforderungen des klimaneutralen Gebäudebestands auf der Ebene der Informationserfassung, Nachhaltigkeitsbilanzierung und der Standardsetzung. Unter dem Themenschwerpunkt ‚Facility Management und Internet of Things‘ fokussieren die Wissenschaftler:innen die Nutzbarmachung von Informationen im Gebäudedatenmodell über den gesamten Gebäudelebenszyklus hinweg und erproben, wie diese Daten während der Gebäudebewirtschaftung nachgehalten werden können.

## Autor



**Rafael Gramm** arbeitet als Gruppenleiter am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP in Stuttgart. Seine Funktion im Mittelstand-Digital Zentrum Bau umfasst die Koordination des Themenschwerpunktes Digitales Facility Management und IoT. Ausgebildet als Ingenieur in der Gebäudetechnik und als Wissenschaftler im Energieeffizienten und Nachhaltigen Bauen vertritt Rafael Gramm innerhalb der Forschungslandschaft die Aspekte der Digitalisierung im Bauwesen, sowie der Circular Economy.

## Literatur

Bundesministerium der Justiz, 2023:

<https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/>

Metzger, S. et. al.: Wohnen und Sanieren Empirische Wohngebäudedaten seit 2002; Hrsg. Umweltbundesamt Dessau 2019

Umweltbundesamt 2023: Berechnung der Treibhausgasemissionsdaten für das Jahr 2022 gemäß Bundesklimaschutzgesetz

Umweltbundesamt 2022: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall>; zuletzt aufgerufen: 13.11.2023

United Nations Environment Programme UNEP, 2022: 2022 Global Status Report for Buildings and Construction. <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>

Schlegl et al. 2019: LCA of buildings in Germany: Proposal for a future benchmark based on existing databases

Das Mittelstand-Digital Zentrum Bau unterstützt kleine und mittlere Unternehmen der Bau- und Immobilienbranche in der digitalen Transformation. Es vermittelt digitale Kompetenzen und stärkt die Zukunftsfähigkeit der Branche. Die praxisnahen Unterstützungsangebote umfassen in der Verknüpfung von Digitalisierung und Nachhaltigkeit die gesamte Wertschöpfungskette Bau: von der Projektentwicklung bis zum Rückbau. Dazu bietet das Zentrum fundierte Informationsmaterialien, Veranstaltungen und Digitalisierungsprojekte mit zielorientierten Roadmaps für den Mittelstand an. Das branchenweite Kooperationsnetzwerk fördert dabei den aktiven Austausch und die Vernetzung zwischen allen Prozessbeteiligten.

Zu den Themen des Zentrums zählen unter anderem:

- ▶ Digitaler Planungsprozess rund um Building Information Modeling (BIM)
- ▶ Digitale Baustelle
- ▶ Digitales Facility Management, Kreislaufwirtschaft und Internet der Dinge (IoT)
- ▶ Kollaborative und digitale Geschäftsprozesse
- ▶ Digitale Strategien und nachhaltige Innovation Vernetzte Produktion & Logistik

<https://www.digitalzentrumbau.de/>









Mittelstand-Digital informiert kleine und mittlere Unternehmen über die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung. Kompetenzzentren helfen vor Ort dem kleinen Einzelhändler genauso wie dem größeren Produktionsbetrieb mit Expertenwissen, Demonstrationszentren, Netzwerken zum Erfahrungsaustausch und praktischen Beispielen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz ermöglicht die kostenlose Nutzung aller Angebote von Mittelstand-Digital.

Weitere Informationen finden Sie unter [www.mittelstand-digital.de](http://www.mittelstand-digital.de).





[www.mittelstand-digital.de](http://www.mittelstand-digital.de)

ISSN (Print) 2198-8544  
ISSN (Online) 2198-9362