

Dr. Christian Haubach

KEFF+ Region

Hochrhein-Bodensee

21.03.2024

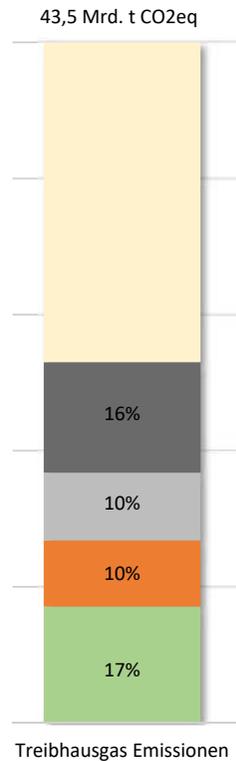
Hochschule Pforzheim

Institute for Industrial Ecology

Ein Praxisleitfaden für die betriebliche Ressourceneffizienz

Motivation: Globale Rolle des Materialeinsatzes für den Klimaschutz

Anteil der weltweiten Rohstoffbereitstellung

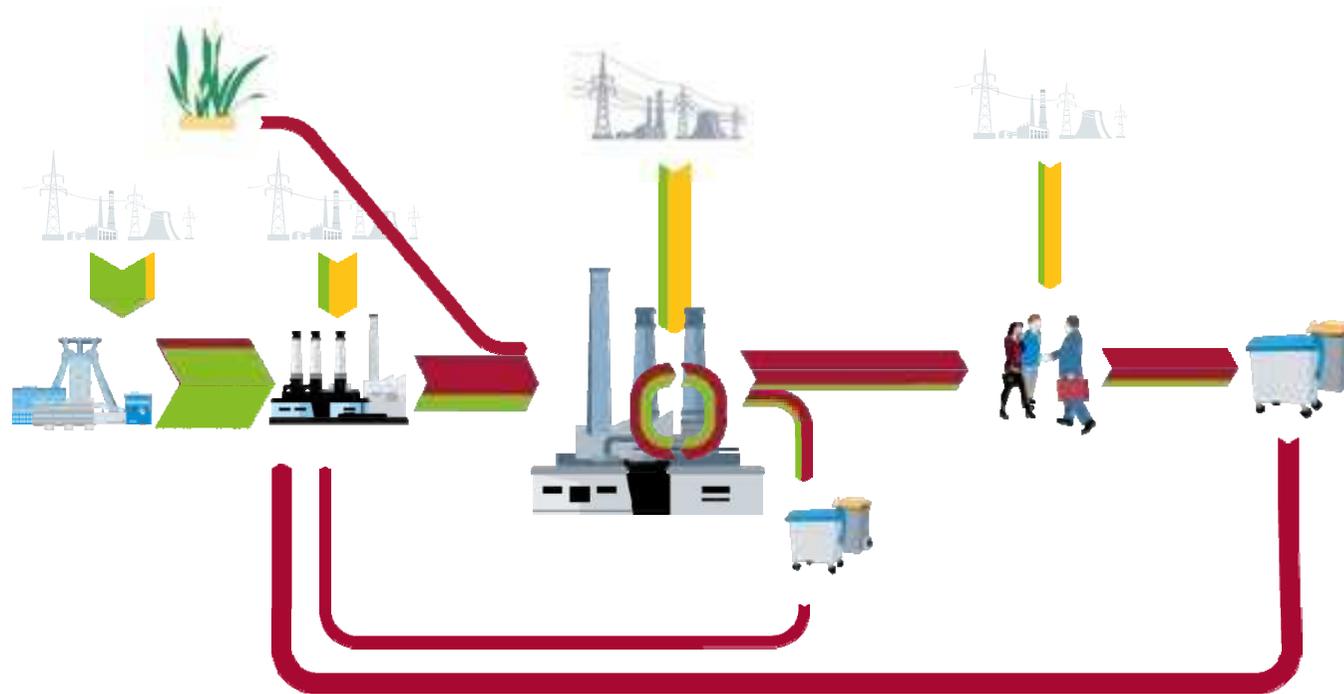


Über die Hälfte der weltweiten THG-Emissionen gehen auf die Rohstoffbereitstellung, d.h. den Materialeinsatz, zurück!

■ Biomasse ■ Metalle ■ Nicht-metall. Mineralien ■ Fossile Energieträger ■ Sonstige Volkswirtschaft

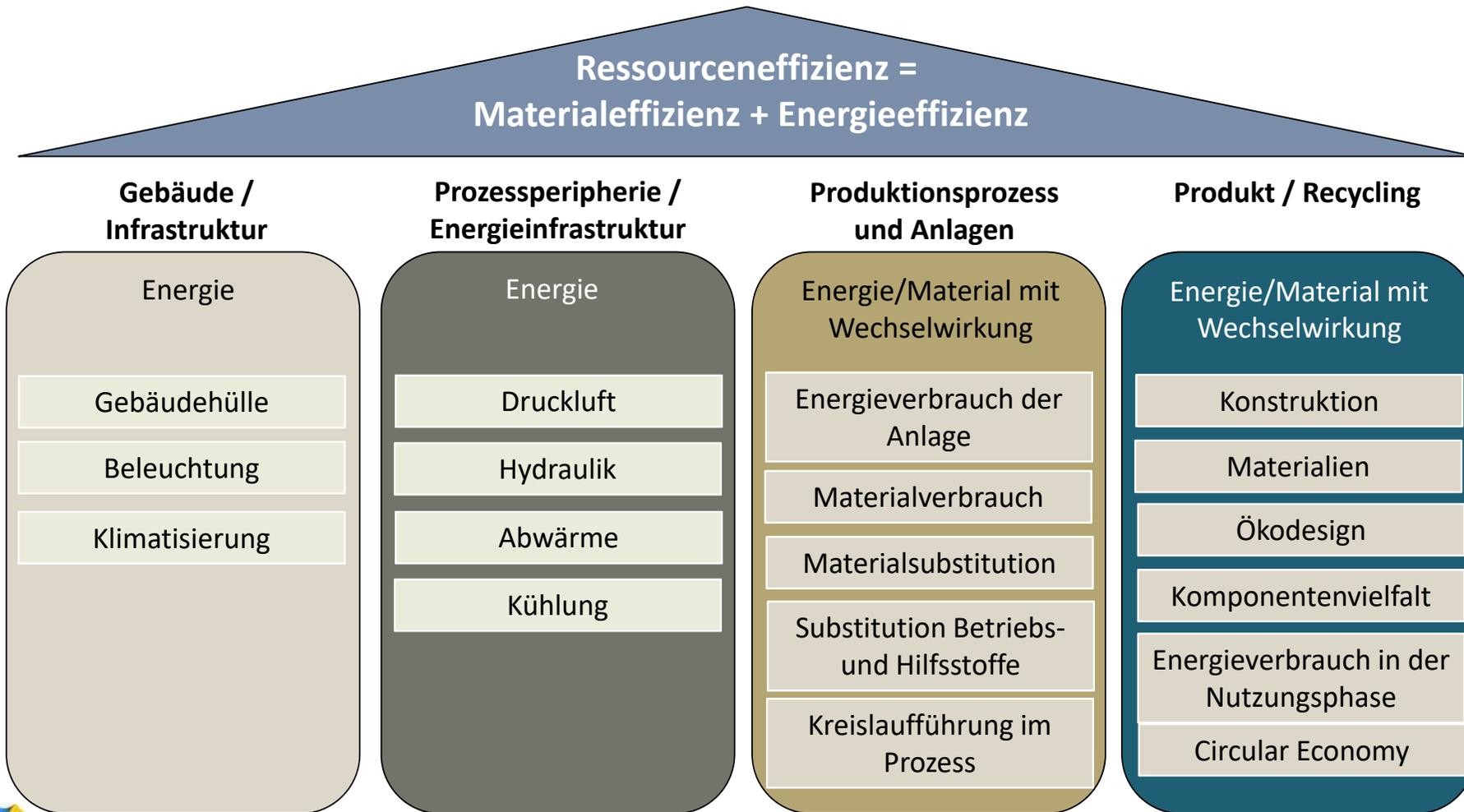
Quelle: Eigene Darstellung nach UNEP (2019)

Reduzierte Material- und Energieflüsse (und CO₂-Emissionen) in der Wertschöpfungskette im Gesamtzusammenhang



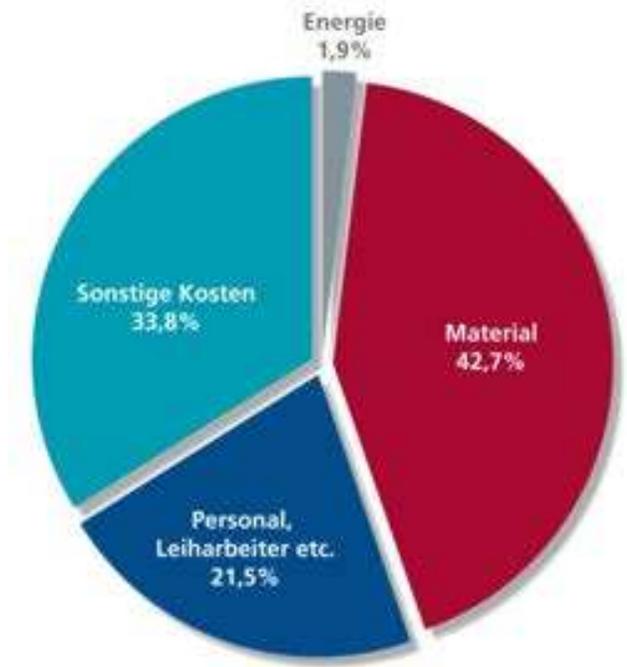
Quelle: Schmidt et al. 2017

Ressourceneffizienz im engeren Unternehmenskontext



Motivation Unternehmen

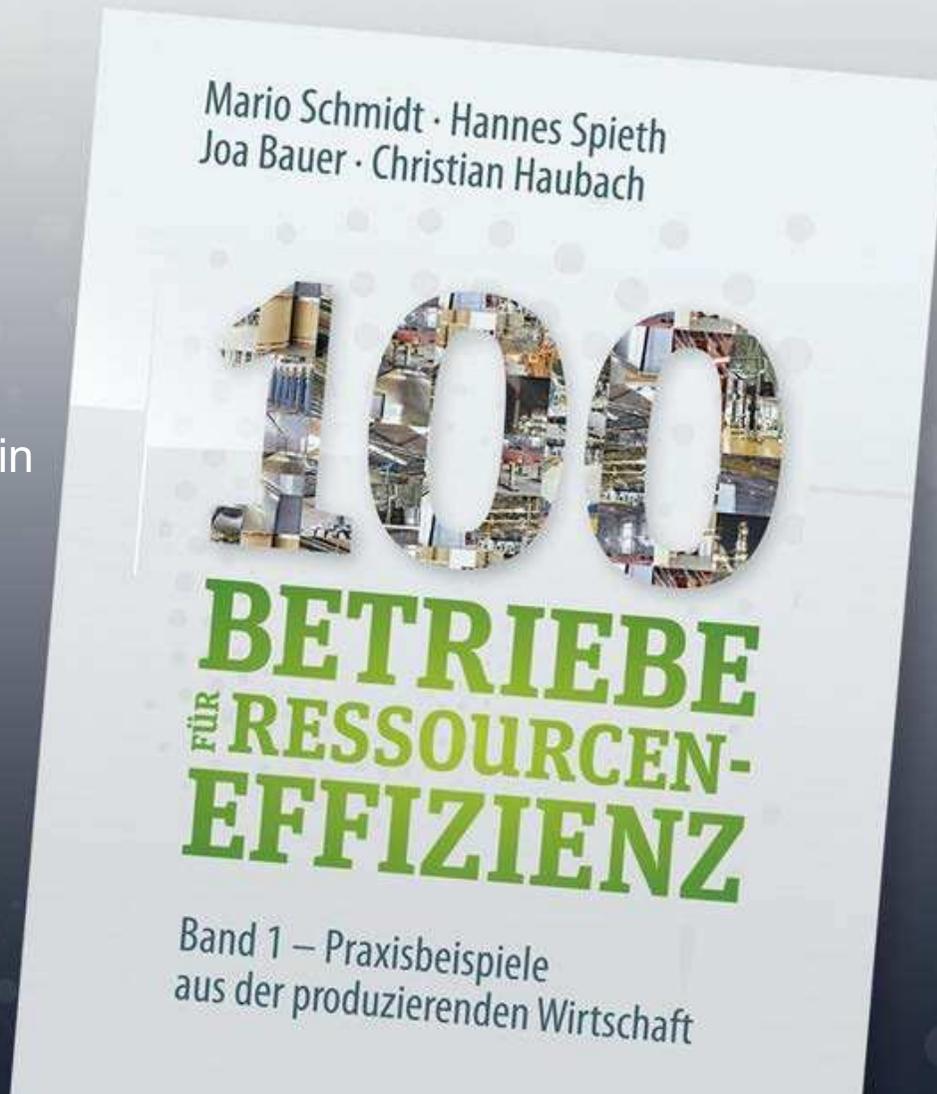
- Material stellt in Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes einen großen Kostenblock dar (durchschnittlich >40 %; Energie ca. 2 %).
- Materialeinsparpotenzial wird auf 2-3 % des Umsatzes geschätzt.
- Schaffung von Transparenz über Energie- und Materialflüsse
- Realisierung von ökonomischen und ökologischen Einsparpotenzialen



Quelle: Statistisches Bundesamt (2016),
in Schmidt et al. 2017, S.16

100 Betriebe für Ressourceneffizienz

- Identifikation von Einsparbereichen bei Material und Energie in der Produktion
- Kommunikation von Praxisbeispielen
- Schaffung von Efficiency Awareness
- Werben für Ressourceneffizienz
- Untersuchung von Erfolgsfaktoren und Hemmnissen



126 Beispiele in 3 Wellen



Ansatzpunkte der Fallbeispiele in Prozent der ausgewählten Beispiele (n=106), Mehrfachantworten möglich

Maßnahmentypen des Maßnahmenkatalogs der VDI 4800

Tabelle 1. Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz (Übersicht)

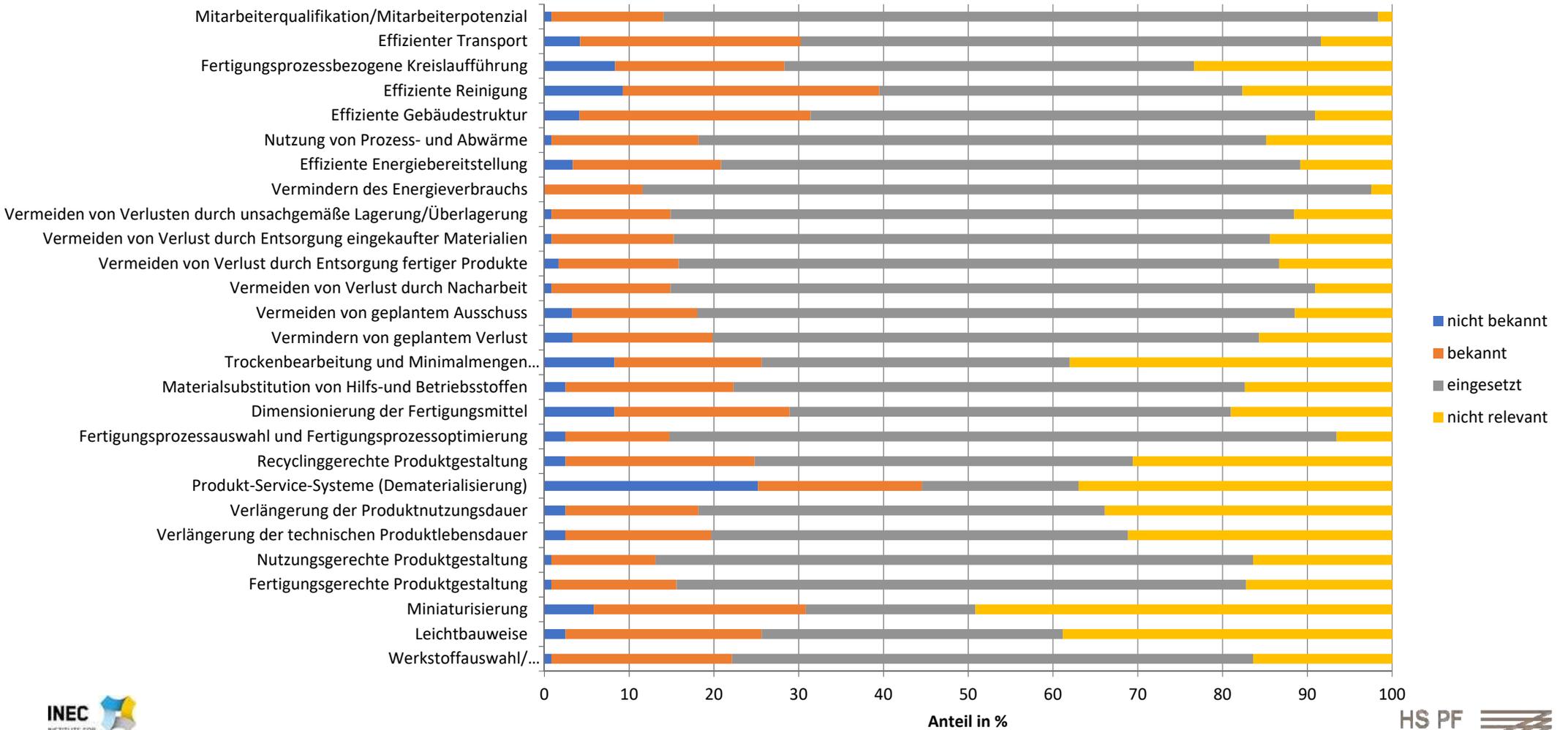
Nr. Strategie	Bezug		Einflussnehmender Akteur im Betrieb					Lebensphasen mit relevanten Auswirkungen				Lebensweganalyse				
	Produkt	Produktion	Produktentwicklung	Fabrikplanung	Arbeitsvorbereitung	Einkauf/Beschaffung	Produktion	Vertrieb	Rohmaterialherstellung	Produktanfertigung	Nutzung	Verwertung/Recycling	Transport	erforderlich	bedingt erforderlich	nicht erforderlich
1	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
2	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
3	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
4	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
5	•	•	•	•	•		•		•	•	•	•		•	•	
6	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
7	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
8	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
9	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
10	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
11	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
12	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
13	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
14	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
15	•	•	•	•	•		•		•	•	•	•		•	•	
16	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
17	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
18	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
19	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
20	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
21	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
22	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
23	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
24	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
25	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
26	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
27	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
28	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
29	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
30	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
31	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
32	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
33	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
34	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
35	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
36	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	
37	•	•	•	•					•	•	•	•		•	•	

Produktbezogen

Prozessbezogen

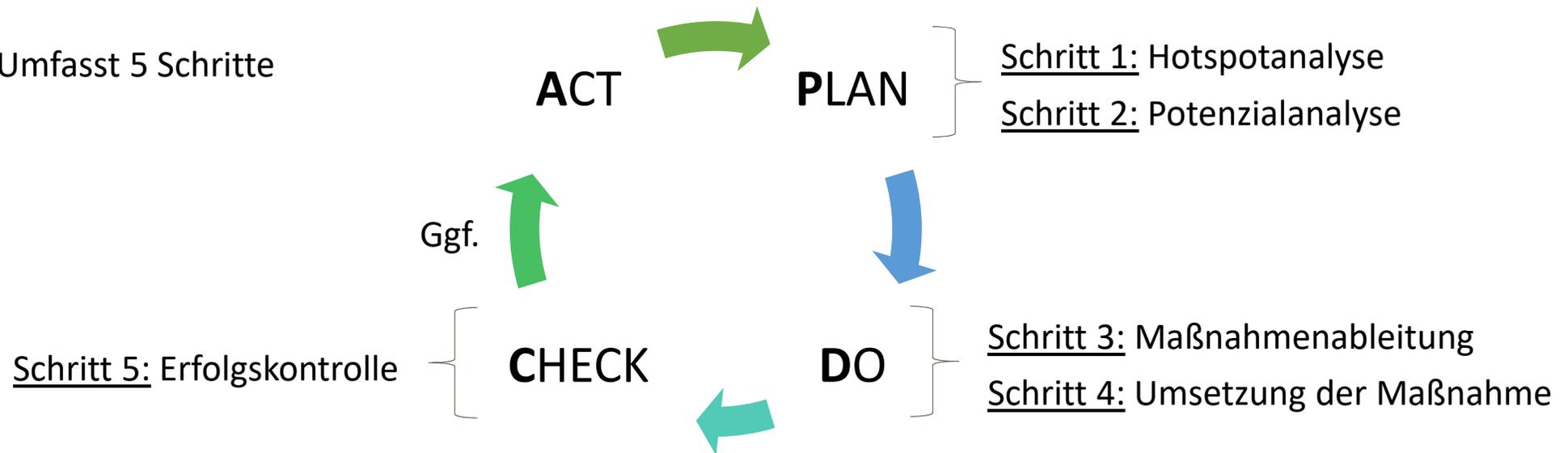
Organisationsbezogen

Kenntnis und Einsatz von Strategien aus VDI 4800



Leitfaden betriebliche Ressourceneffizienz und Ressourcenschonung

- 🎯 Zielgruppe: Personen in Unternehmen mit unterschiedlichem Wissens- und Erkenntnisstand
- 📍 Orientierung am PDCA-Zyklus
- 🔄 Umfasst 5 Schritte



1

Hotspotanalyse

Ziel: Standortbestimmung hinsichtlich der eingesetzten Materialien, Identifikation der am meisten verbrauchten Materialien, der materialintensivsten Prozesse, Verbleib der Materialien...

Methoden

- Input-Output-Bilanz
- ABC-/XYZ-Analyse
- Materialflussanalyse
- Energie- und Stoffstrommodell
- ...



Beschreibung/Darstellung der Methode

- Ziel/Anwendungsbereich
- Detailliertes Vorgehen
- Beteiligte
- Benötigte Informationen
- Hinweise, worauf zu achten ist
- Hilfsmittel/Ansprechpartner

Unterscheidungs-/Gliederungsmöglichkeiten:

- Von Grob nach Fein
- Produkt vs. Produktion
- ...

- Einheitliche Beschreibung der Methoden, die eine Anwendung im Unternehmen ermöglicht
- Darstellung von Beispielen, welche die Maßnahme verwendet haben

2

Potenzialanalyse

Ziel: Bewertung der Potenziale der identifizierten Ansatzpunkte (monetär, CO₂,...)

Methoden

- Ökobilanz
- Carbon-Footprint
- MFCA
- Energiewertstrom
- ...

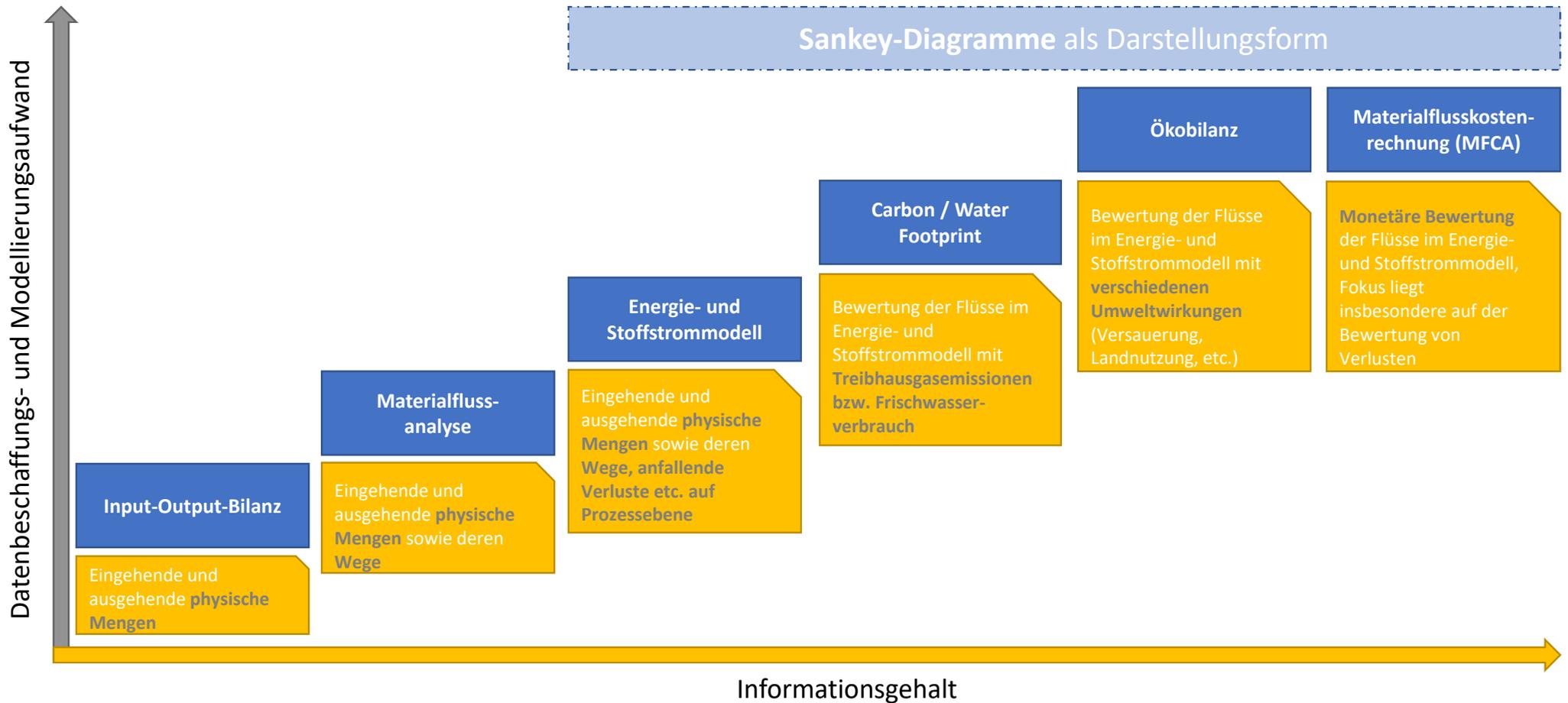


Beschreibung/Darstellung der Methode

- Ziel/Anwendungsbereich
- Detailliertes Vorgehen
- Beteiligte
- Benötigte Informationen
- Hinweise, worauf zu achten ist
- Hilfsmittel (z.B. bw!MFCA, bw!Sankey (zumindest zu MFCA gibt es ja auch Schulungen) oder ähnliches, Normen; werden weitere Hilfsmittel wie etwa Checklisten etc. erstellt?)

- Einheitliche Beschreibung der Methoden, die eine Anwendung im Unternehmen ermöglicht
- Verknüpfung von Beispielen, welche die Maßnahme verwendet haben.

Methoden zur Evaluation von Energie- und Materialflüssen



3

Maßnahmenableitung/-identifikation

Ziel: Ableitung, Identifikation von konkreten technischen oder auch organisatorischen Maßnahmen

Man kann nicht für jedes Problem eine passgenau individuelle Maßnahme/Lösung darstellen. Man kann lediglich Impulse und Hilfestellungen geben.



- Verknüpfung der Strategien der VDI 4800 mit konkret (umgesetzten) Beispielen soweit möglich
- Können Maßnahmen anderweitig sortiert/zusammengefasst werden?
(VDI 4800: Produkt vs. Produktion, Lebenszyklusphase, Akteure im Unternehmen)
- Beschreibung eines „Managementprozesses“ zur Ableitung von Maßnahmen
 - Workshop mit Mitarbeitern *(vielleicht sind dort schon lange Ideen vorhanden, Betriebliches Vorschlagswesen,...)*
 - Einbindung von Lieferanten
 - ...

4

Umsetzung Maßnahme(n)

Ziel: Was muss nach der Identifikation einer konkreten Maßnahme für deren Umsetzung berücksichtigt werden?

Unter welchen Gesichtspunkten muss/kann eine mögliche Maßnahme bewertet werden?

- Machbarkeit
 - Technisch
 - Wirtschaftlich
 - Juristisch
 - Organisatorisch
 - Ressourcenbezogen (Mitarbeiter, Know-how,...)
- Ökologische Dimension ebenfalls berücksichtigen



Beschreibung/Darstellung des Vorgehens

- Benötigte Informationen und Daten
- Durchführung der entsprechenden Berechnungen
- Hilfsmittel
- ...

- Was sollten Unternehmen bei der Umsetzung beachten?
 - Mitarbeiter informieren, Akzeptanz der Maßnahme sicherstellen, wer muss „ins Boot geholt werden“...
 - Bei organisatorischen Maßnahmen: Wie kann deren Einhaltung sichergestellt werden? (z.B. Mitarbeiter halten Anweisungen nicht ein.)
 - Kann die Umsetzung im laufenden Betrieb erfolgen? Wann kann sie umgesetzt werden (detaillierte Planung)?
 - ...
- Wie könnten Unternehmen bei der Umsetzung unterstützt werden?
- Vielleicht könnte man hier auf Fördermöglichkeiten hinweisen?

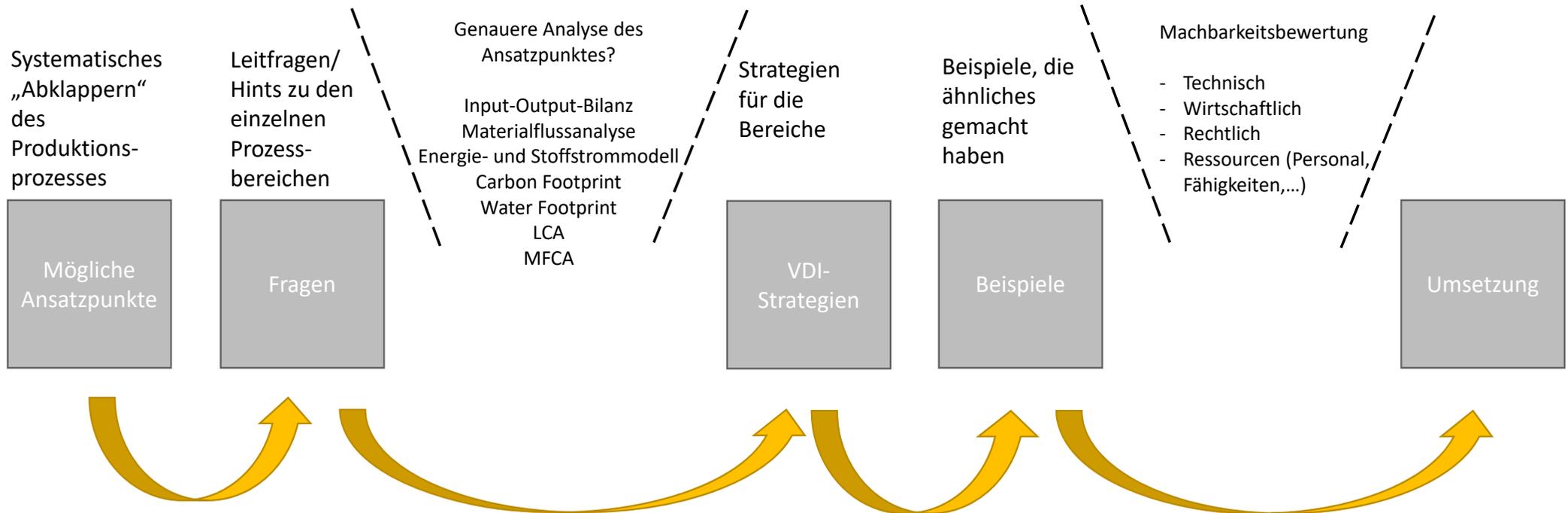
5

Ziel: wie kann der Erfolg einer Maßnahme nach deren Umsetzung beurteilt werden?

Wie kann eine (Erfolgs-)Kontrolle erfolgen?

- Vorher-Nachher-Vergleiche (z.B. KPIs)
- Überprüfung der prognostizierten Einsparungen
- Muss ggf. nachjustiert werden?
- Kontinuierliche Überwachung (vielleicht ergeben sich neue Ansatzpunkte für Maßnahmen(KVP))

Leitfadenlogik



1 Anlieferung

- Transportschäden, Schwund
- Fehllieferungen
- Qualität oder Anforderungen werden nicht eingehalten

2 Eingangslager

- Fehldisposition
- Große Materialbestände
- Vorratshaltung für kurze Reaktionszeiten
- Bestellungen
- überschüssige Mengen

15 Gebäudemanagement

- Licht
- Heizung/Klimaanlage
- IT
- Kantine u. Sanitärbereich

3 Produktionsplanung

- Produktionsoptimierung
- Losgrößen

4 Produktentwicklung

- Funktionalität
- Dimensionierung
- Werkstoffauswahl
- Langlebigkeit
- Recyclingfähigkeit

6 Optimierung Einzelprozess

- Energie- und Betriebsstoffverbrauch
- alternative Technologien
- Ausschuss
- Reststoffe
- Produktivität

5 Nutzenplanung

- Verschnitt

7 Rüstprozesse

- Anlaufverluste
- Zeitverluste / Produktivität

9 Interne Kreislaufführung Produkt(ion)

- Energie- und Betriebsstoffverbrauch

11 Interne Kreislaufführung (Betriebsstoffe)

- Abfälle
- Emissionen
- Abwärmenutzung

12 Verpackung

- Packstoffauswahl
- Wiederverwendbarkeit

14 Distribution

- Bruch
- Schwund

13 Ausgangs- oder Zwischenlager

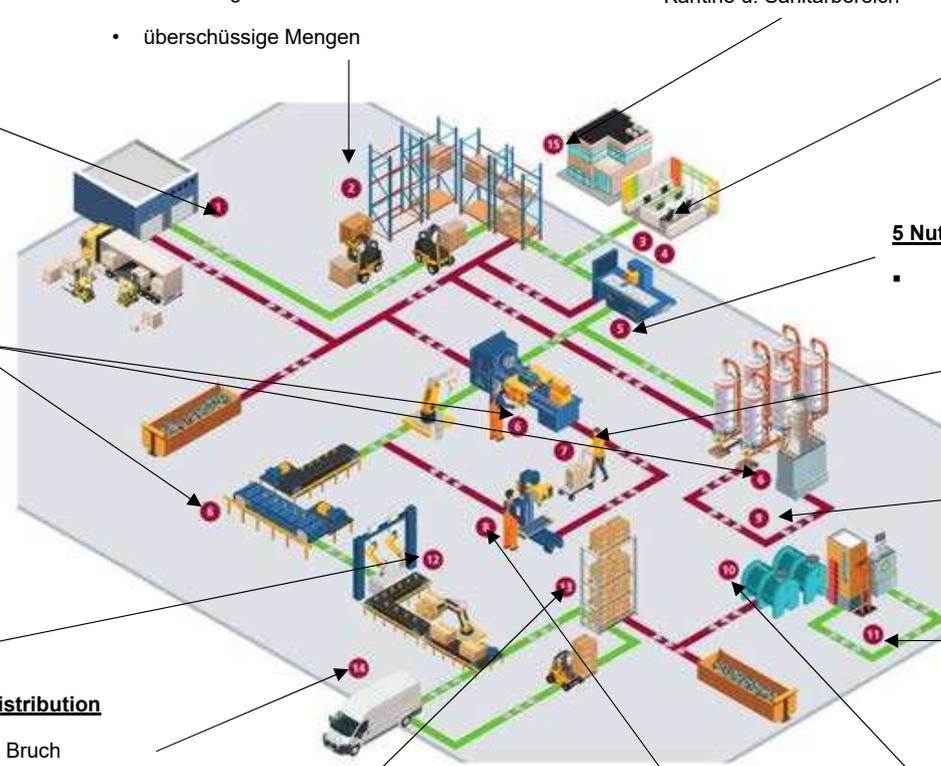
- Überproduktion
- Lagerschäden
- Verderblichkeit

8 Nachbearbeitung

- Energie- und Betriebsstoffverbrauch
- Ausschuss

10 Hilfsprozesse (Energie und Betriebsstoffe)

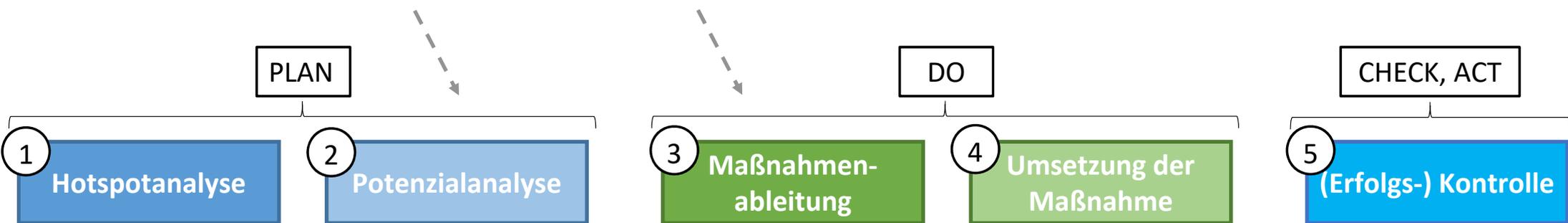
- Effizienz
- alternative Technologien
- Betriebsstoffe



Individuelle Nutzung des Leitfadens

Durchlaufen der einzelnen Schritte nacheinander...

...oder Einstieg an beliebigen Stellen je nach Wissens- und Erkenntnisstand



Leitfaden betriebliche Ressourceneffizienz und Ressourcenschonung



Beschreibung der Strategie

**STRATEGIE 1:
WERKSTOFFAUSWAHL / MATERIALSUBSTITUTION**

Die Werkstoffauswahl ist entscheidend für die Ressourcenanspruchnahme eines Produkts in allen Phasen des Lebenswegs. Effizienz durch Materialsubstitution umfasst den Ersatz von Sekundärrohstoffen, von Rohmaterial mit umweltverträglicheren und effizienteren Herstellungsprozessen oder aus nachwachsenden Rohstoffen. Bei nachwachsenden Rohstoffen muss jedoch sichergestellt sein, dass nicht mehr verbraucht wird, als im gleichen Zeitraum nachwachsen kann, der Anbau umweltverträglich erfolgt und keine Flächennutzungs-konflikte mit der Nahrungsmittelproduktion vorliegen. (VDI 4800 Blatt 1, S. 40)

Leitfragen zur Strategie

Tabella 11 Leitfragen Werkstoffauswahl / Materialsubstitution

LEITFRAGEN WERKSTOFFAUSWAHL / MATERIALSUBSTITUTION

Welche Werkstoffe werden im Produkt eingesetzt?

Wurde bereits über einen anderen Werkstoff nachgedacht? JA NEIN

Falls ja, welcher Werkstoff könnte durch einen anderen ersetzt werden? was wäre der alternative Werkstoff? warum wurde die Materialsubstitution nicht realisiert?

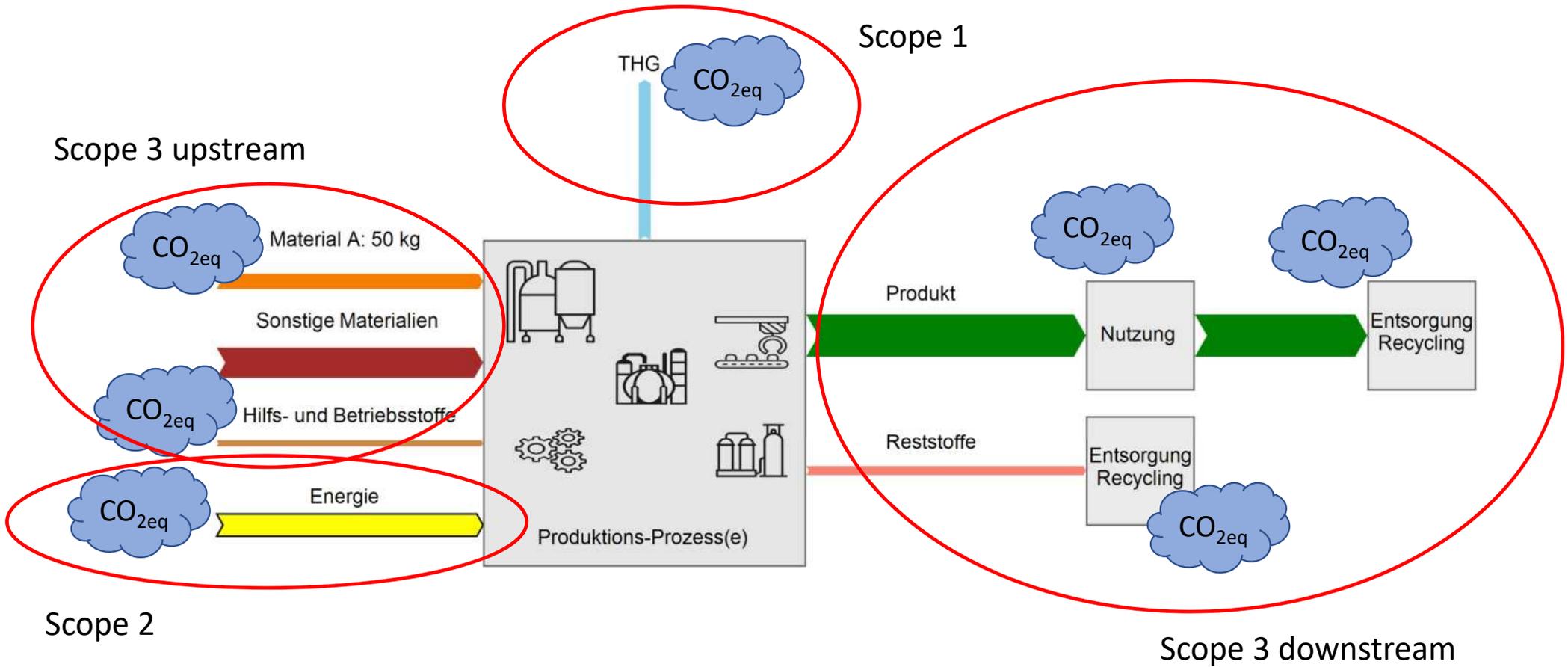
Wurde der mögliche Einsatz von Sekundärrohstoffen bereits überprüft? JA NEIN

Praxisbeispiel zur Strategie aus 100B

Praxisbeispiele

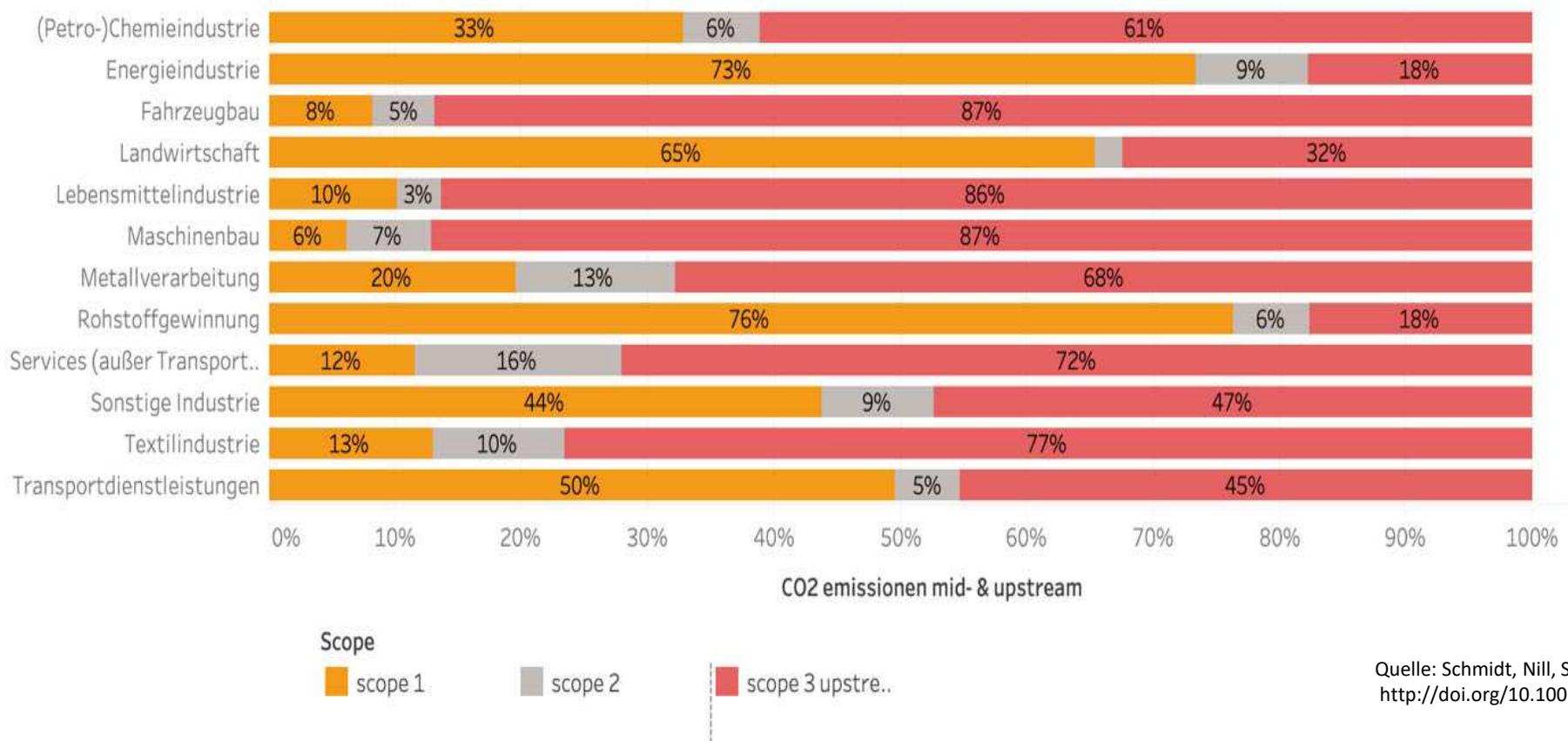
Die Herstellung von Magneten auf Basis von Neodym und anderen geeigneten Materialien ist ein ressourcenintensiver Prozess. Daher hatte man bei der OBE GmbH & Co. KG die Idee, Neodym-Eisen-Bor-Magnete (Näfel-Magnete) aus ausgedienten Gebrauchsgütern wiederverwerten. Aus den gebrauchten Magneten sollte ein Häfen-Pulver hergestellt und aufbereitet werden, das zu neuen magnetischen Komponenten verarbeitet werden kann. Die Herstellung erfolgt durch Spritzgießen (oder 3D-Drucken) einer mit dem Magnetpulver gefüllten Kunststoffmatrix, anschließend wird der Kunststoff dem Bauteil wieder entzogen (Entlindern und Ströben). Neben dem enormen Einsparpotential an Rohstoffen kann eine geschätzte Energieersparnis im Fertigungsprozess von rund 30 % erreicht werden. (vgl. Schmidt et al. 2018, S. 168-171)

Systemansatz: Lebenswegansatz einschl. Lieferkette, Nutzung etc.



Scopes der Bilanzierung nach GHG Protocol / ISO 14067

Auf Unternehmensebene sind meistens die Scope 3-Emissionen maßgeblich



Quelle: Schmidt, Nill, Scholz (2021)
<http://doi.org/10.1002/cite.202100126>

Mit einem Klick (ohne Log-In) gelangt man zum Tool



scope³ analyzer

Kennen Sie Ihren Corporate Carbon Footprint?

scope3analyzer - Berechnen Sie Ihren Corporate Carbon Footprint

Starten Sie jetzt Ihre Analyse 

THINKTANK
INDUSTRIELLE
RESSOURCEN-
STRATEGIEN

 systain

INEC
INSTITUTE FOR
INDUSTRIAL ECOLOGY
PFORZHEIM

IN
INSTITUT
INDUSTRIE

Vereinfachte THG-Bilanz für den Vorher-Nachher-Vergleich

VDI Zentrum
Ressourceneffizienz

Im Auftrag des:
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

Leitfaden zum ESTEM-Tool

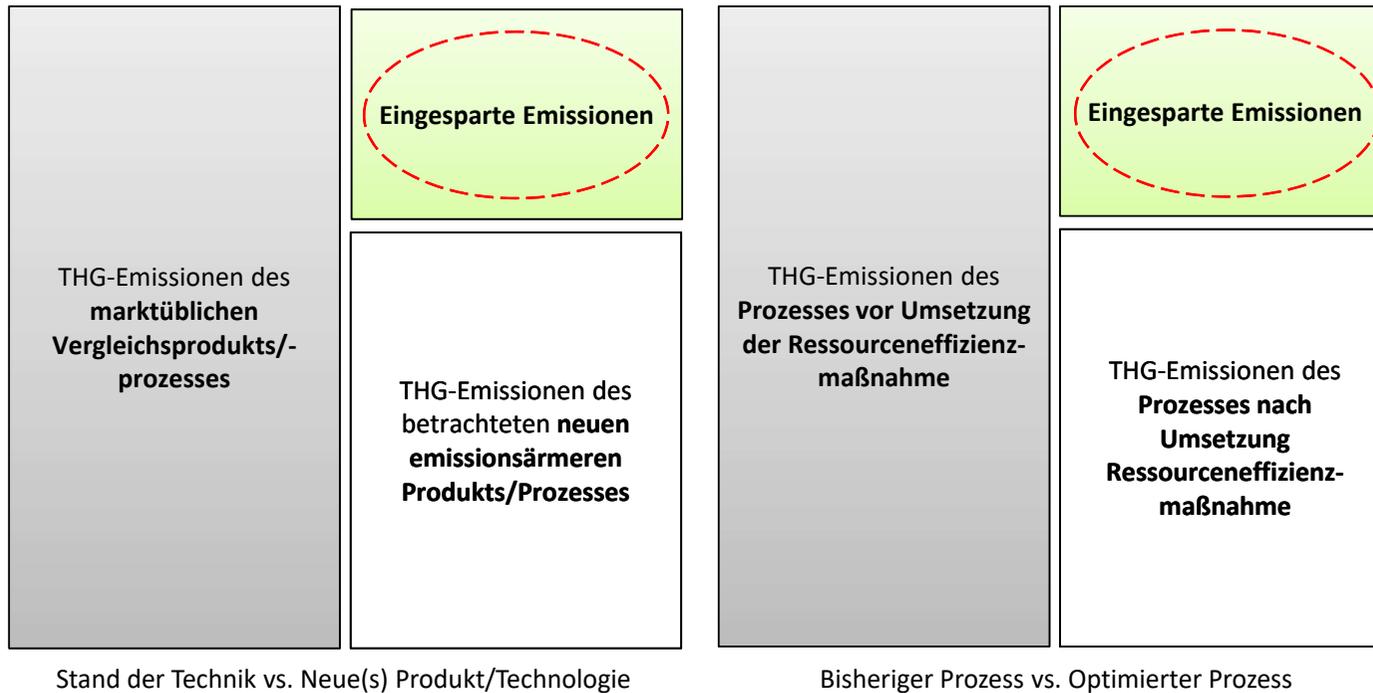
Einfache standardisierte Vorgehensweise zur
Ermittlung eingesparter Treibhausgas-Emissionen
von Projekten zur Materialeffizienz (ESTEM)

Baden-Württemberg
Hamburg
HESSEN

November 2022

Bilanzierung der eingesparten THG-Emissionen

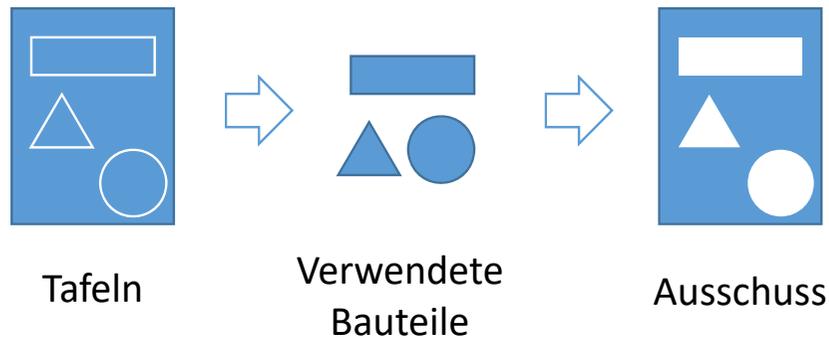
Prinzipielles Vorgehen



Beispiel – Vermeidung von Input-Stoffflüssen

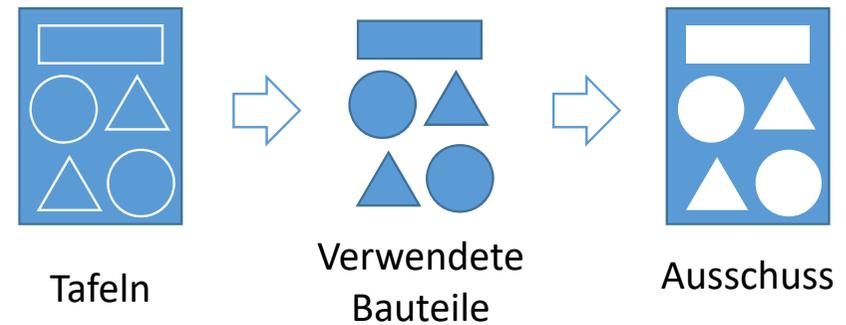
Ausgangssituation

- Aus Tafeln werden mittels Laser Bauteile geschnitten
- Nicht optimierter und fehlerbehafteter Prozess entstehen 35 % Reststoff



Maßnahme

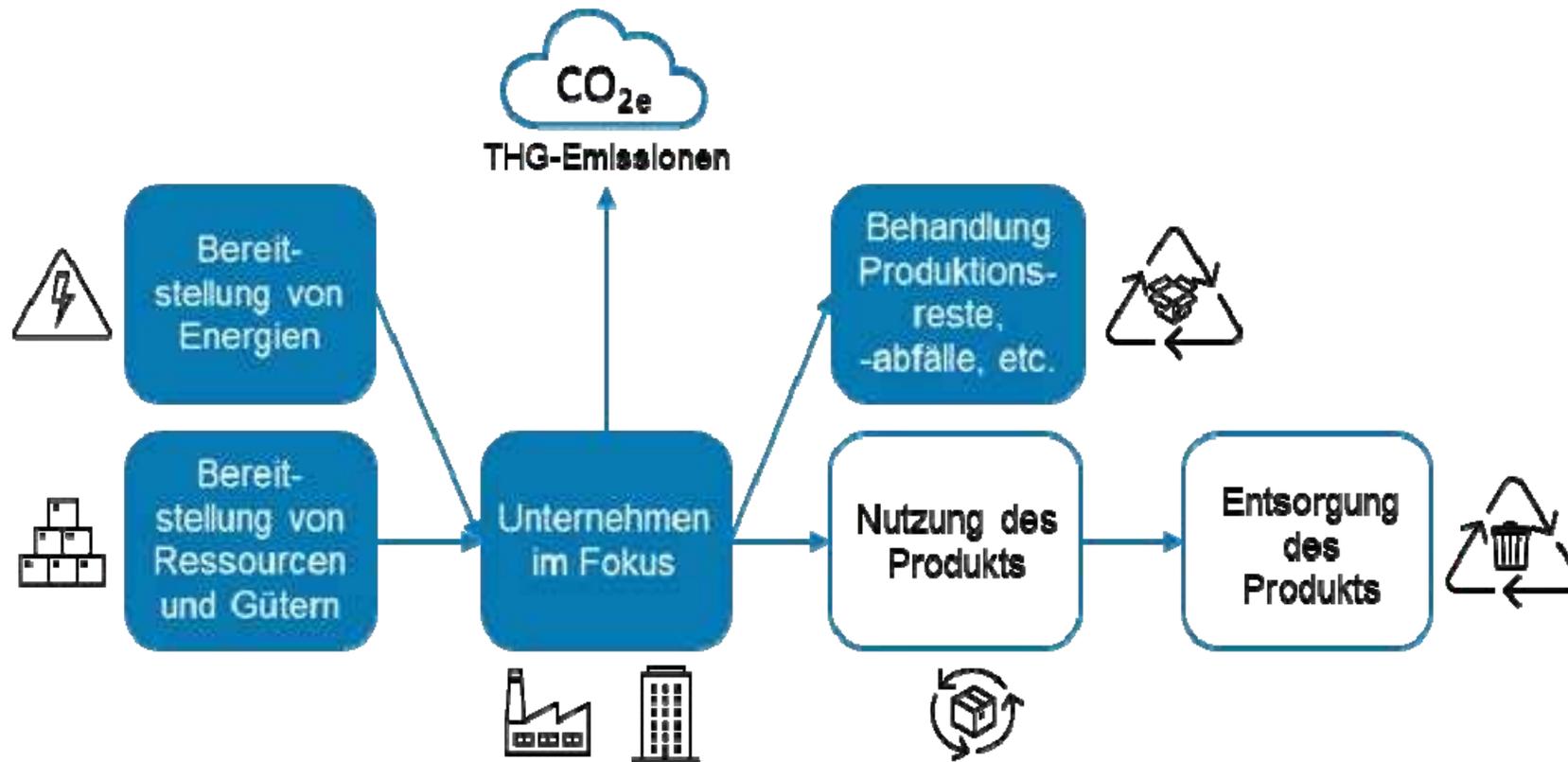
- Neues Bearbeitungszentrum mit digitaler Steuerung (Nesting)
- Optimierte Belegung der Tafeln



- Reststoff sinkt auf 25 %
- Sinkender Strom- und Erdgasverbrauch der Maschine
- Sinkender Verbrauch von Schneidgas
- Erhöhter Strombedarf durch den Kompressor

Beispielhafte Darstellung und Werte

Beispiel – Nur betroffene Lebenszyklusphasen betrachten



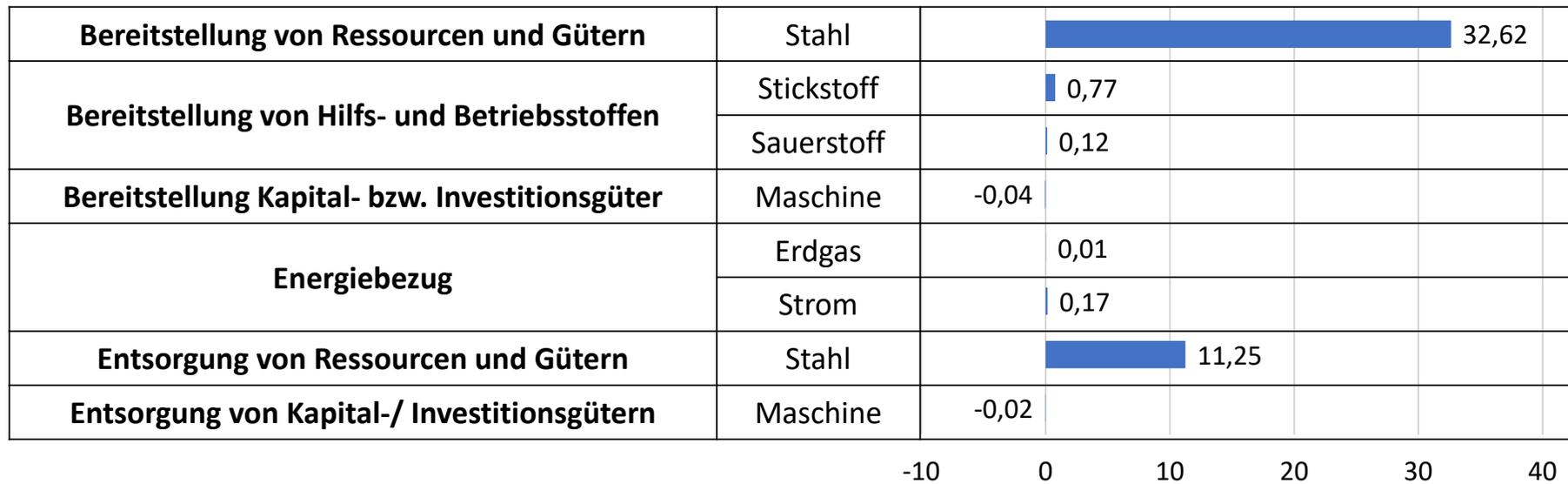
Beispiel – Ergebnisse für die Einsparungen durch die Maßnahme

		Eingesparte Menge pro Jahr (positiv) Zusätzliche Mengen (negativ)	
Bereitstellung von Ressourcen und Gütern	Stahl	15	t
Bereitstellung von Hilfs- und Betriebsstoffen	Stickstoff	3,5	t
	Sauerstoff	0,2	t
Bereitstellung Kapital- bzw. Investitionsgüter	Maschine	-1	Stück
Energiebezug	Erdgas	0,04	MWh
	Strom	0,2	MWh
Entsorgung von Ressourcen und Gütern	Stahl	15	t
Entsorgung von Kapital-/ Investitionsgütern	Maschine	-0,05	t

Beispielhafte Werte

Jährlich eingesparte Emissionen der Beispielmaßnahme

Jährlich eingesparte Emissionen in t CO₂-Äq.



Beispielhafte Werte

Woher kommen die Daten für Klimabilanzen?

Aktuelle BAFA-Liste (ca. 200 Datensätze)



CO₂-Faktoren für Ressourcen

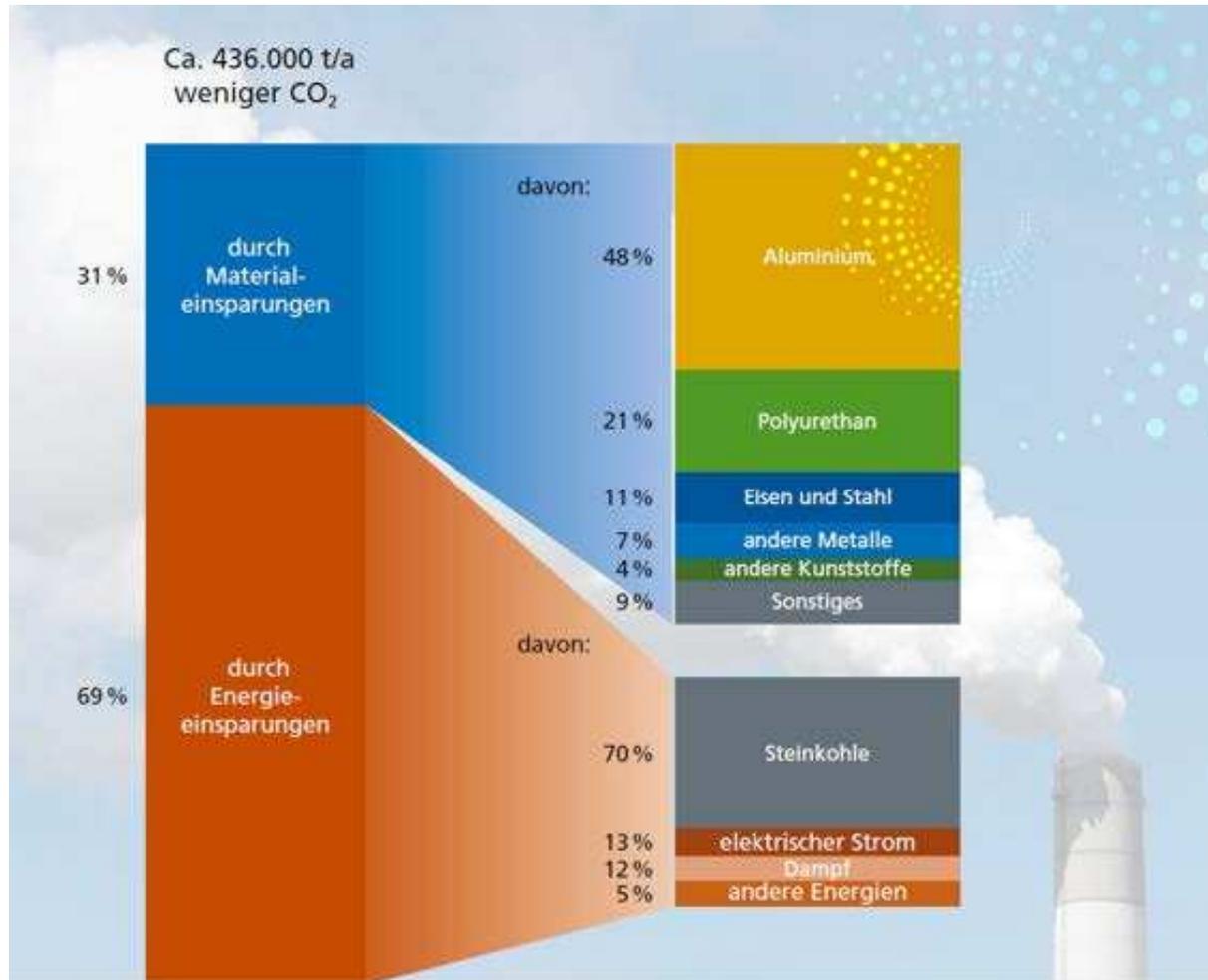
Für die Berechnung von CO₂-Emissionen je Ressource sind die in untenstehender Tabelle abgebildeten Faktoren **bindend**. Die Faktoren sind im Einsparkonzept für alle Ressourcen hinterlegt, es erfolgt eine automatische Berechnung der CO₂-Emissionen.

Die hier aufgeführten Ressourcen sind während der Gültigkeit des Merkblatts abschließend. Für Projekte, bei denen hohe Einsparungen durch nicht aufgeführte Ressourcen erreicht werden könnten, wird auf den Förderwettbewerb verwiesen. In Ausnahmefällen und nur nach Rücksprache und expliziter Genehmigung durch die administrierenden Institutionen können Äquivalenzen zwischen nicht aufgeführten Ressourcen und in der Tabelle enthaltenen Ressourcen festgelegt werden.

Die Anpassung des CO₂-Faktoren erfolgt halbjährlich auf Basis der neuesten verfügbaren Daten.

Ressourcen	CO ₂ -Faktor in tCO ₂ -äquiv/ t
1,2-Dichlorethan	0,97430
1,3-Butadien	1,20401
1-Butanol	3,26408
Acetylen	2,98932
Adipinsäure	13,20309
Altpapierstoff	0,86496
Aluminium, Gusslegierung	5,71168
Aluminium, Knetlegierung	13,92269
Aluminium, primär	10,00511
Aluminium, sekundär	0,51730
Aluminiumblech, primär	10,65306
Aluminiumblech, sekundär	1,16525
Aluminiumhydroxid	1,01184
Ameisensäure	2,29221
Amin (Trimethylamin)	2,36798
Ammoniak	2,72955
Anilin	3,35437
Antimon	8,51519
Argon, Prozessgas	1,37303
Barit (Schwerspat)	0,09630
Bariumkarbonat	1,15126
Baumwollgewebe	11,10055
Bauxit	0,02685
Bentonit	0,04722
Benzol	1,95207
Beton	0,06121
Bimsstein	0,00823
Bitumen	0,32514
Blei	1,36275
Blei, sekundär	0,50148
Borate	1,51574

Beiträge zur Minderung der CO₂-Emissionen durch alle 126 Fallbeispiele des Projekts 100 Betriebe für Ressourceneffizienz



Eingesparte THG-Emissionen pro Jahr, angegeben in t CO₂-Äquivalent pro Jahr und unterschieden nach eingespartem Energieträger oder Material

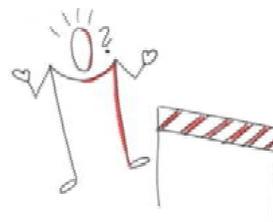
Quelle: Schmidt et al. 2023

Treiber, Barrieren und Erfolgsfaktoren für Ressourceneffizienz



- Wettbewerbsvorteile (z. B. steigende Produktivität, sinkende Kosten, Innovationsführerschaft)
- Umweltfreundlichkeit und verbesserte Arbeitsbedingungen

- Fehlendes Personal für umfassende Effizienzprojekte (in KMU)
- spezifische Anpassung von Technologie auf den jeweiligen Anwendungskontext



- Gute Kooperation zwischen verschiedenen Abteilungen
- Enge Zusammenarbeit mit Maschinen- und Anlagenbauern
- Hohe Beteiligung und Commitment auf allen Unternehmensebenen
- Prozessbeherrschung und Prozessverständnis

Fazit

- Die Einsparpotenziale im Materialbereich werden regelmäßig unterschätzt und deshalb oft nicht gehoben, insbesondere bei KMU bestehen noch große Potenziale.
- Im Materialbereich gibt es – anders als im Energiebereich – nur wenige Standardmaßnahmen. Die Ideen sind vielfältig, individuell und innovativ.
- Ressourceneffizienz ist eng mit der Prozessbeherrschung in der Produktion verknüpft.
- Ressourceneffizienz ist oftmals mit weiteren Zukunftsthemen in der Produktion, z. B. Industrie 4.0, Circular Economy und Lean Management, verbunden.
- Ressourceneffizienz ist ein Schlüssel zur Klimaneutralität.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Dr. Christian Haubach

Email: christian.haubach@hs-pforzheim.de

Tel.: 07231 28-6137

Web: <https://www.hs-pforzheim.de/forschung/institute/inec/>

Die Arbeiten wurden z. T. mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg gefördert. Für den Inhalt sind ausschließlich die Autoren verantwortlich.



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Links

- 100 Betriebe-Projekt:

<https://www.umwelttechnik-bw.de/de/initiativen/100-betriebe-ressourceneffizienz>

- Leitfaden betriebliche Ressourceneffizienz und Ressourcenschonung:

https://www.hs-pforzheim.de/fileadmin/user_upload/uploads_redakteur/Forschung/INEC/Dokumente/Publicationen/100_Betriebe_Leitfaden.pdf

- scope3analyzer:

<https://sustain.com/news-und-views/der-scope3analyzer-ein-kostenfreies-carbon-footprinting-tool-fuer-scope-3/>

- ESTEM: Einfache standardisierte Vorgehensweise zur Ermittlung eingesparter Treibhausgas-Emissionen von Projekten zur Materialeffizienz

<https://www.ressource-deutschland.de/service/estem/>

	Mögliche Ansatzpunkte	Fragen	VDI 4800
1	Anlieferung <ul style="list-style-type: none"> • Transportschäden, Schwund • Fehllieferungen • Qualität oder Anforderungen werden nicht eingehalten 	<ul style="list-style-type: none"> • Kommt es bei Lieferungen häufig zu Transportschäden? • Werden die bestellten Materialien korrekt angeliefert? • Entsprechen die bestellten Materialien der gewünschten Qualität? 	24 Vermeiden von Verlusten durch Entsorgung eingekaufter Materialien 34 Effizienter Transport 37 Mitarbeiterqualifikation/Mitarbeiterpotenzial
2	Eingangslager <ul style="list-style-type: none"> • Fehldisposition • Große Materialbestände • Vorratshaltung für kurze Reaktionszeiten • Bestellungen • Überschüssige Mengen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wie hoch sind die Bestände in den Lagern? • Wird für Notfälle Lagerhaltung betrieben? • Ergeben sich hohe Lagerbestände aufgrund von Bestellvorgaben des Lieferanten? • Stimmen Bestände mit Angaben in ERP-System überein? 	24 Vermeiden von Verlusten durch Entsorgung eingekaufter Materialien 35 Eindeutige und vollständige Produktdokumentation 36 Detaillierte Arbeitsanleitungen und geregelte Schichtübergabe 37 Mitarbeiterqualifikation/Mitarbeiterpotenzial
3	Produktionsplanung <ul style="list-style-type: none"> • Produktionsoptimierung • Losgrößen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wie werden Fertigungsaufträge zusammengefasst? • In welchen Losgrößen wird produziert? 	15 Fertigungsprozessauswahl und Fertigungsprozessoptimierung
4	Produktentwicklung <ul style="list-style-type: none"> • Funktionalität • Dimensionierung • Werkstoffauswahl • Langlebigkeit • Recyclingfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Werkstoffe werden in Produkten eingesetzt? • Ist Leichtbauweise oder Miniaturisierung eine Option? • Wie viel „Sicherheit“ enthalten Produkte? Gründe für eine Überdimensionierung? • Wie lange ist die Nutzungsdauer des Produkts? Kann diese verlängert werden? • Sind Produkt-Service-Systeme eine Option? • Lassen sich die Produkte gut reparieren? • Wie werden die Produkte üblicherweise entsorgt? Lassen sie sich recyceln? • Hätte eine bessere Anleitung des Nutzers positive Auswirkungen? 	1 Werkstoffauswahl/Materialsubstitution 2 Leichtbauweise 3 Beanspruchungsgerechtigkeit und Sicherheit 4 Miniaturisierung 5 Fertigungsgerechte Produktgestaltung 6 Nutzungsgerechte Produktgestaltung 7 Verlängerung der technischen Produktlebensdauer 8 Verlängerung der Produktnutzungsdauer 9 Produkt-Service-Systeme (Dematerialisierung) 10 Kaskadennutzung von Produkten 11 Reparierbarkeit 12 Recyclinggerechte Produktgestaltung 13 Bedienungsanleitung mit Hinweisen zum Nutzerverhalten
5	Nutzenplanung <ul style="list-style-type: none"> • Verschnitt 	<ul style="list-style-type: none"> • Gibt es im Unternehmen Prozessen in denen prozessbedingt Verschnitt oder anderer Verlust entsteht? Z.B. Zuschneiden, Stanzen, Spanen,... 	20 Vermindern von geplantem Verlust

	Mögliche Ansatzpunkte	Fragen	VDI 4800
6	Optimierung Einzelprozess <ul style="list-style-type: none"> Energie- und Betriebsstoffverbrauch Alternative Technologie Ausschuss Reststoffe Produktivität 	<ul style="list-style-type: none"> Kann das Bearbeitungsvolumen verkleinert werden? Können Hilfs- und Betriebsstoffe verringert, substituiert oder recycelt werden? Kann Trockenbearbeitung oder Minimalmengenschmierung eingesetzt werden? Kann Energie eingespart werden z.B. durch Standby? Gibt es Reinigungsprozesse? Kommt es in Prozessen zu einer Kreislaufführung? 	16 Dimensionierung der Fertigungsmittel 17 Minimierung des Bearbeitungsvolumens 18 Materialsubstitution von Hilfs- und Betriebsstoffen 19 Trockenbearbeitung und Minimalmengenschmierung 26 Vermindern des Energieverbrauchs 31 Effiziente Reinigung 32 Fertigungsprozessbezogene Kreislaufführung
7	Rüstprozesse <ul style="list-style-type: none"> Anlaufverluste Zeitverluste/Produktivität 	<ul style="list-style-type: none"> Wie hoch sind Anfahrverluste? Wie häufig wird neu angefahren/das Produkt gewechselt? 	
8	Nachbearbeitung <ul style="list-style-type: none"> Energie- und Betriebsstoffverbrauch Ausschuss 	<ul style="list-style-type: none"> Werden Produkte/Komponenten nachgearbeitet? Wenn ja aus welchen Gründen? 	22 Vermindern von Verlust durch Nacharbeit
9	Interne Kreislaufführung (Produkt(ion)) <ul style="list-style-type: none"> Energie- und Betriebsstoffverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> Gibt es in der Produktion Kreislaufführungen von Reststoffen, Produkten etc.? 	
10	Hilfsprozesse <ul style="list-style-type: none"> Effizienz Alternative Technologien Betriebsstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> Gibt es Hilfsprozesse wie etwa Druckluftherzeugung? Kommt es dabei zu Verlusten? Welche Betriebsstoffe werden in den Hilfsprozessen eingesetzt? 	18 Materialsubstitution von Hilfs- und Betriebsstoffen 19 Trockenbearbeitung und Minimalmengenschmierung 26 Vermindern des Energieverbrauchs 27 Effiziente Energiebereitstellung 33 Kaskadennutzung von Hilfs- und Betriebsstoffen
11	Interne Kreislaufführung (Betriebsstoffe) <ul style="list-style-type: none"> Abfälle Emissionen Abwärmenutzung 	<ul style="list-style-type: none"> Was passiert mit genutzten Betriebsstoffen (Reinigungsmittel, KSS,..)? Gibt es in der Produktion eine Kreislaufführung von Betriebsstoffen? Gibt es Möglichkeiten genutzte Betriebsstoffe an einer anderen Stellen zu nutzen (mit geringeren Qualitätsanforderungen (Kaskade))? Gibt es Möglichkeiten zur Nutzung von Prozess- und Abwärme? 	28 Nutzung von Prozess- und Abwärme 33 Kaskadennutzung von Hilfs- und Betriebsstoffen

	Mögliche Ansatzpunkte	Fragen	VDI 4800
12	Verpackung <ul style="list-style-type: none"> • Packstoffauswahl • Wiederverwendbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Materialien werden bei der Verpackung der Produkte eingesetzt? • Einweg oder Mehrweg? • Ist Verpackung überdimensioniert? • Könnten andere Materialien eingesetzt werden? 	14 Ressourceneffiziente Gestaltung der Verpackung
13	Ausgangs- oder Zwischenlager <ul style="list-style-type: none"> • Überproduktion • Lagerschäden • Verderblichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Müssen fertige Produkte entsorgt werden? Warum? Lagerschäden oder Überproduktion? 	23 Vermeiden von Verlust durch Entsorgung fertiger Produkte 25 Vermeiden von Verlusten durch unsachgemäße Lagerung/Überlagerung 37 Mitarbeiterqualifikation/Mitarbeiterpotenzial
14	Distribution <ul style="list-style-type: none"> • Bruch • Schwund 	<ul style="list-style-type: none"> • Entstehen bei der Distribution Schäden? 	34 Effizienter Transport
15	Gebäudemanagement <ul style="list-style-type: none"> • Licht • Heizung/Klimaanlage • IT • Kantine u. Sanitärbereich 	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Energieträger werden für Gebäudebetrieb eingesetzt? • Sind PV-Anlagen vorhanden/installiert? • Kann/wird Prozess- oder Abwärme genutzt? • Alter des Gebäudes? Liegt eine Wärmedämmung vor? • Auf welche Bereiche verteilt sich der Energieverbrauch? Wo wird am meisten benötigt? 	26 Vermindern des Energieverbrauchs 27 Effiziente Energiebereitstellung 28 Nutzung von Prozess- und Abwärme 29 Effiziente Gebäudeinfrastruktur 30 Effiziente Gebäudehülle 37 Mitarbeiterqualifikation/Mitarbeiterpotenzial (13 Bedienungsanleitung mit Hinweisen zum Nutzerverhalten)