

Life-Cycle-Engineering: Nachhaltigkeit gestalten

Sustainability in Industry and Engineering

Stephan Stieren und Alexander Flekler | 17.01.2024



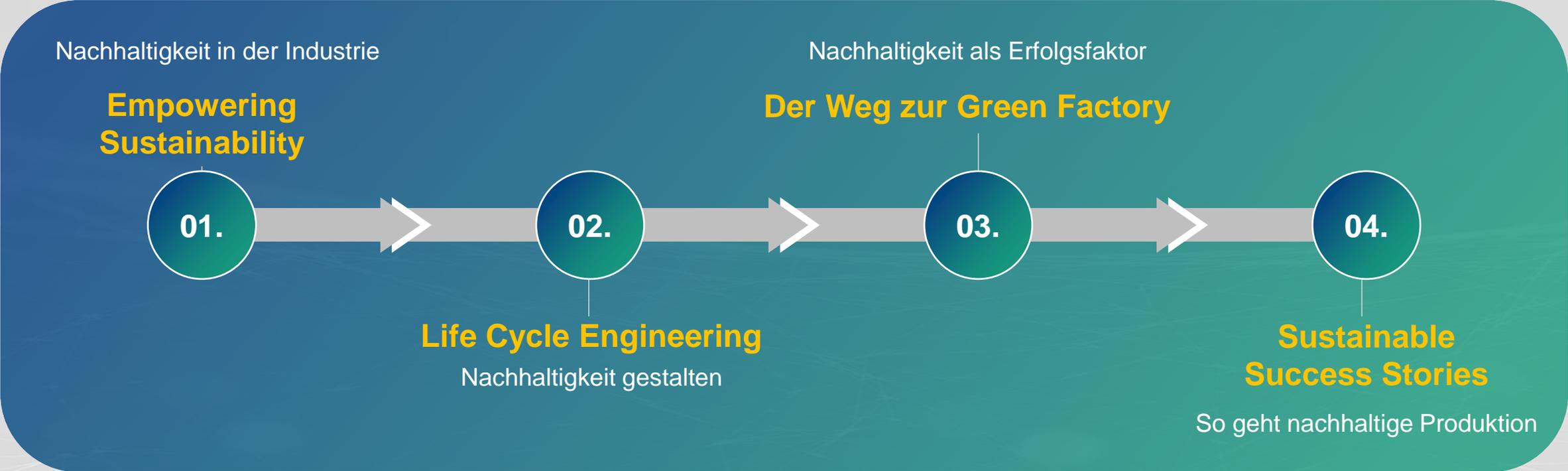
MISSION

Tauchen Sie ein in die faszinierende Welt des Life Cycle Engineerings und erfahren Sie, wie Sie mit dem „Digitalen grünen Zwilling“ ökologische Bilanzen erstellen und dadurch Ihre Umweltauswirkungen minimieren können.

Diese Session zeigt Ihnen, wie Nachhaltigkeit nicht nur ein Konzept, sondern Realität in Ihrer Produktentwicklung und Produktion werden kann.

Webinar – „Sustainability in Industry and Engineering“

Nachhaltige Gestaltung der Industrie in der Zukunft



AGENDA



● Wiederholung - Empowering Sustainability



● Der digitale grüne Zwilling



● Beispiele aus der Praxis



● Key Takeaways

Blue Marble NASA – Apollo 17 Mission 7. Dez. 1972



<https://alan-scott.blogspot.com/2016/12/apollo-17-last-trip-to-moon-launched.html>

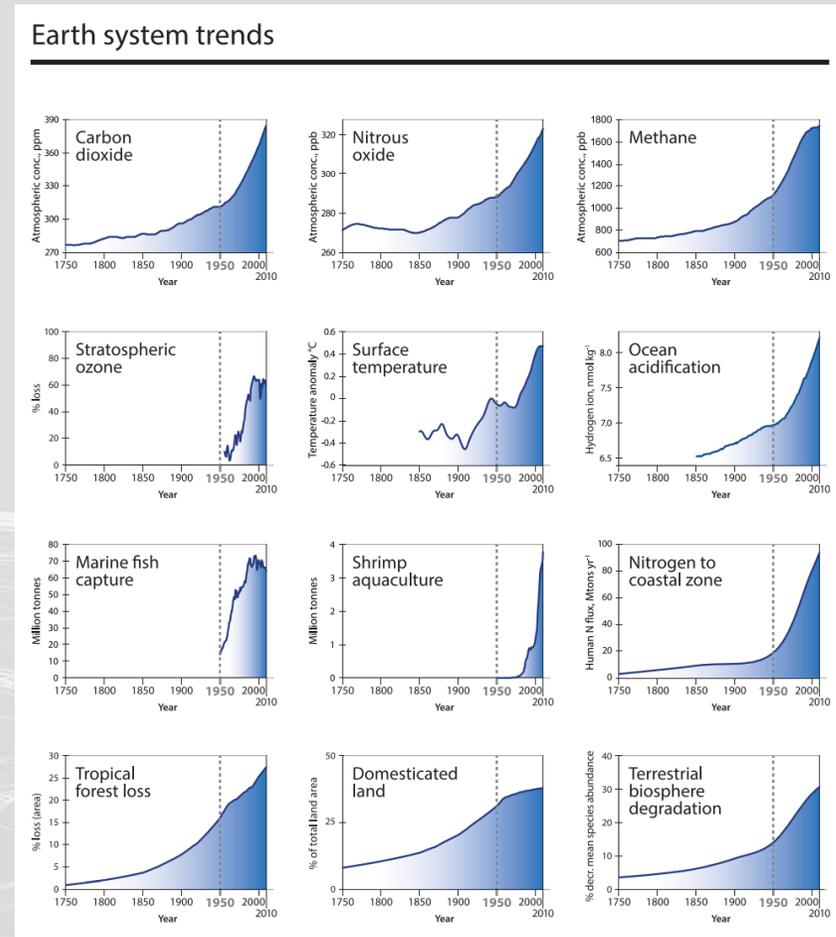
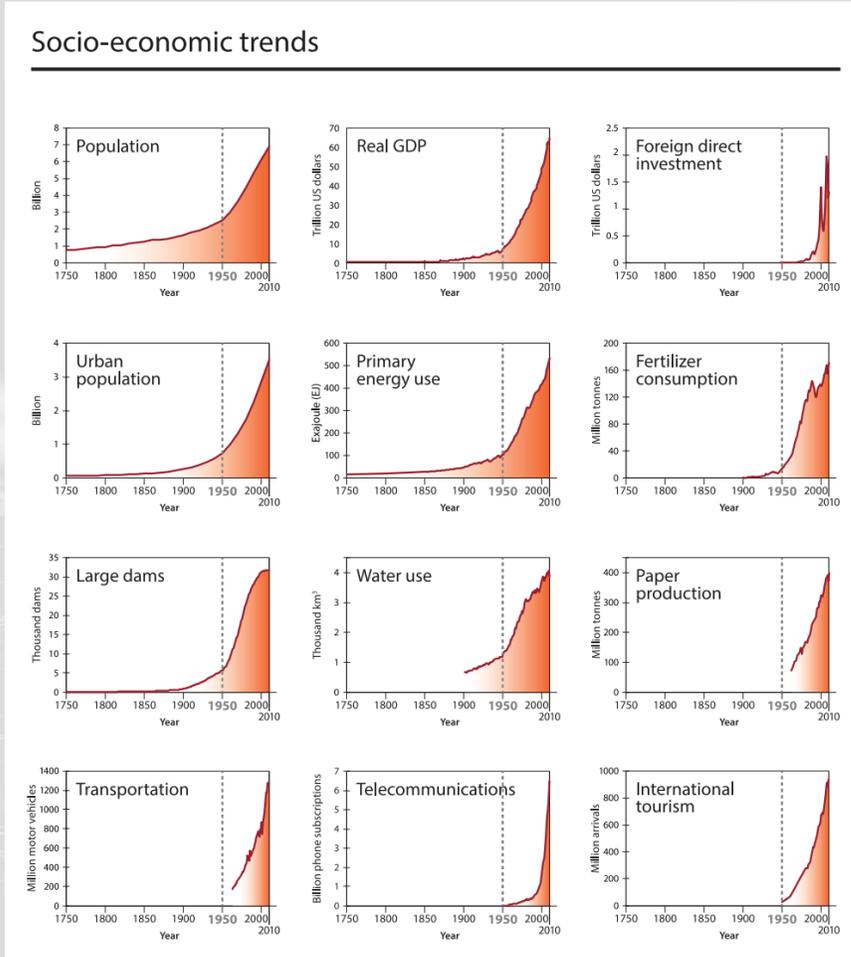
Nachhaltigkeit

Definition und Einführung



Die schlechte Laune Folie

Sozioökonomische Trends und Umweltindikatoren



Quelle: Steffen, W, Broadgate, W, Deutsch, L, & ... (2015). The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration.

1 | CSRD – Eine Einführung

Zeitplan zur Umsetzung und Erstanwendung

Wer?

Was?

Wann?

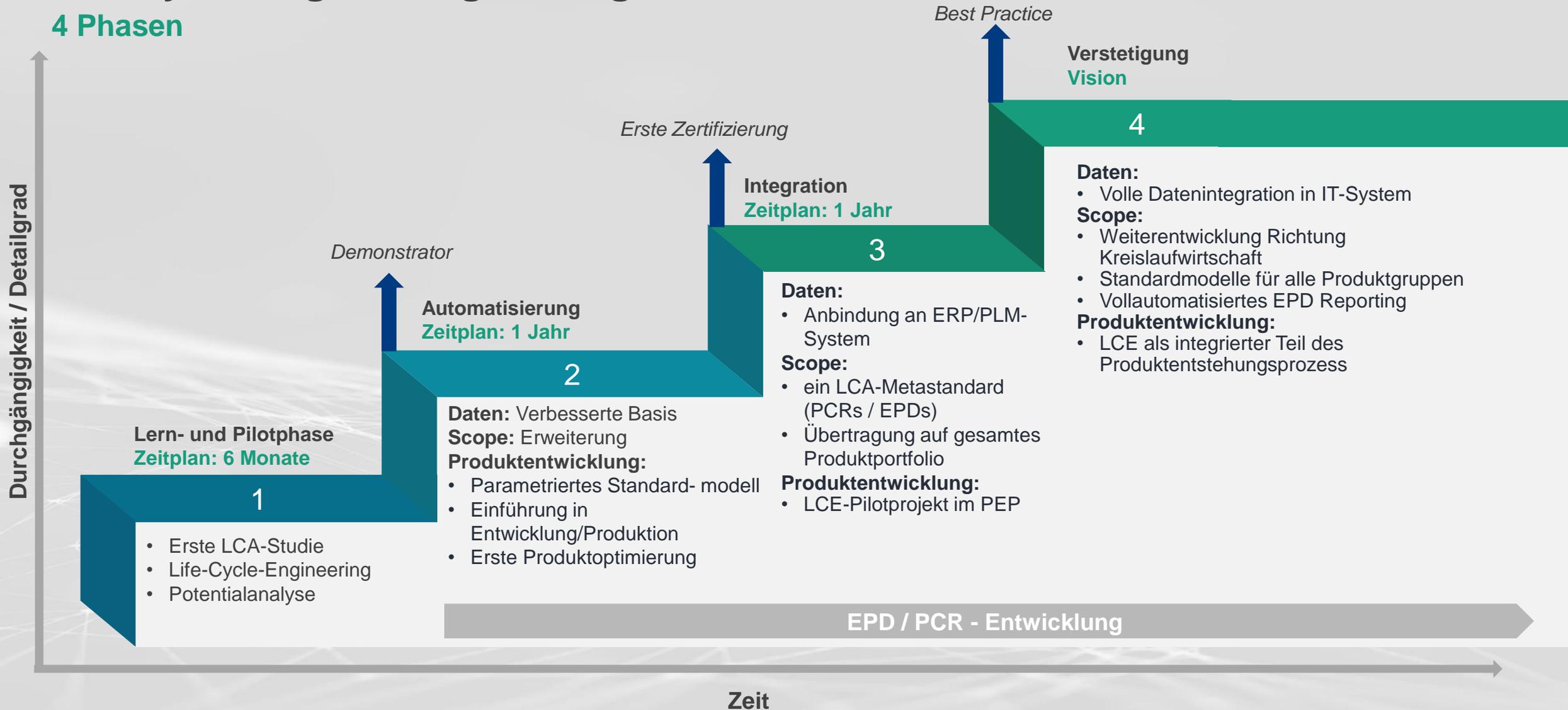
Verantwortung?

Prüfung?



Life Cycle Engineering Strategie

4 Phasen



2 | Zielbild – Der digitale grüne Zwilling

Überblick



Historie

General Motors EV-1, „Zero Emission Vehicle“



Quelle: Motor1.com

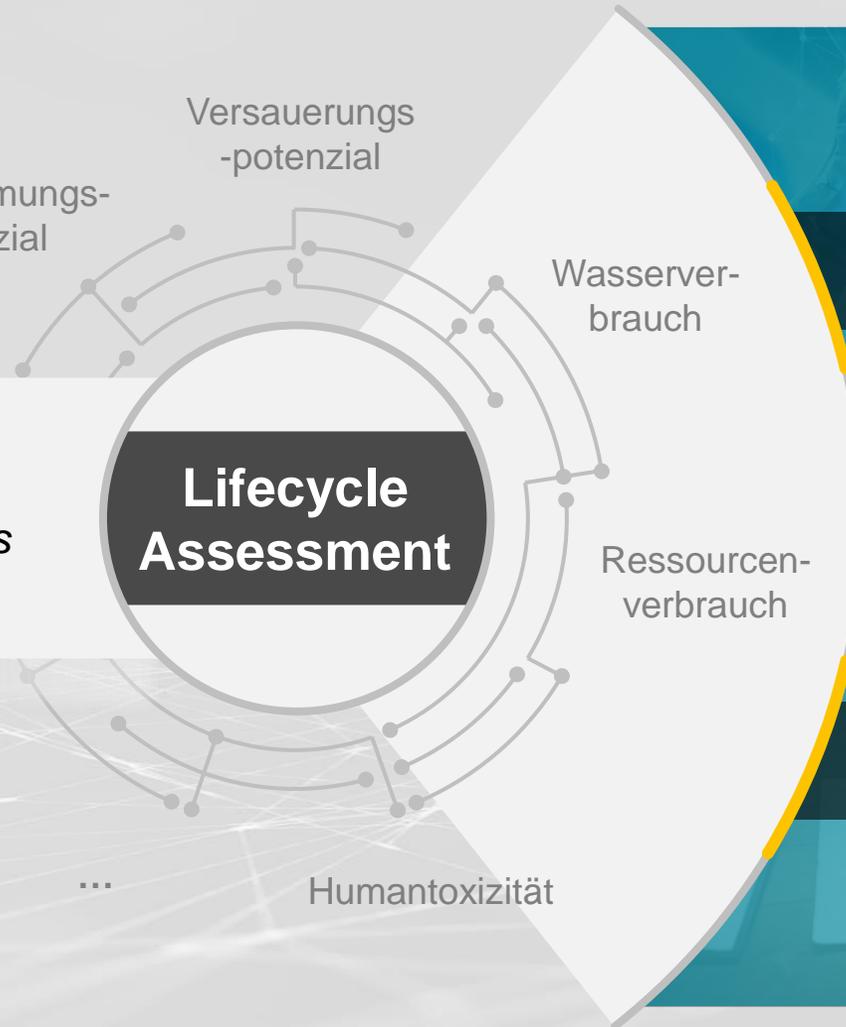


Quelle: Motor1.com

Was ist Life Cycle Assessment (LCA)?

Die Methode des Life Cycle Assessment ermöglicht es, eine Lebenszyklusperspektive einzunehmen, um die Umweltauswirkungen von Produkten messbar zu machen.

"Zusammenstellung und Bewertung des Inputs, des Outputs und der potenziellen Umweltauswirkungen eines Produktsystems während seines gesamten Lebenszyklus."¹



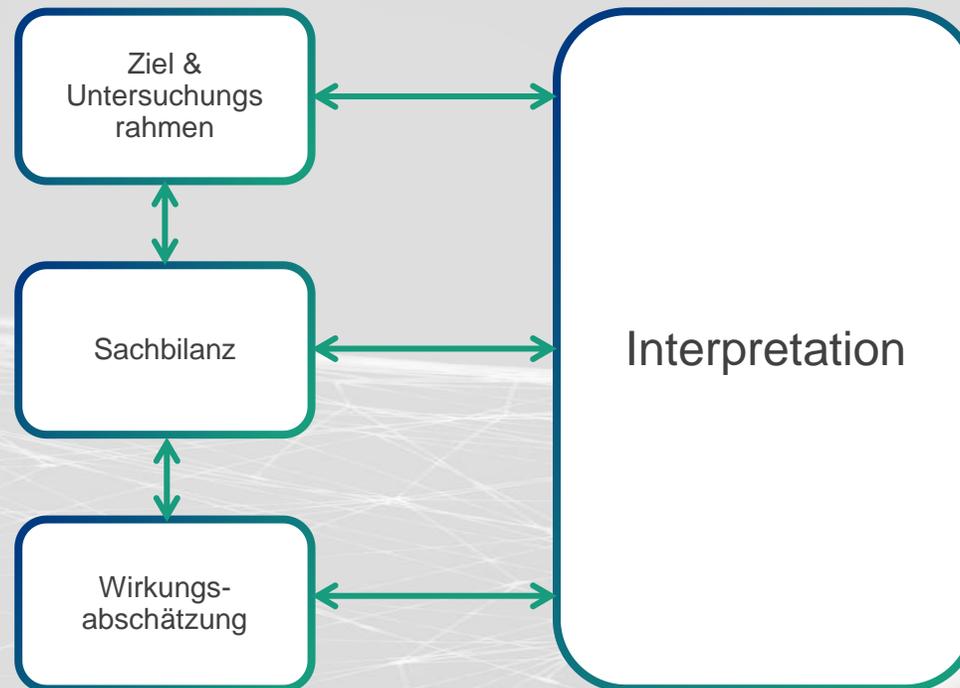
14040:2021-02

Es gibt verschiedene Frameworks für die Durchführung von Ökobilanzen, aber die wichtigste und weltweit anerkannte Methode ist die ISO-Norm für Ökobilanzen, die hauptsächlich aus diesen beiden Normen besteht.

14044:2021-02

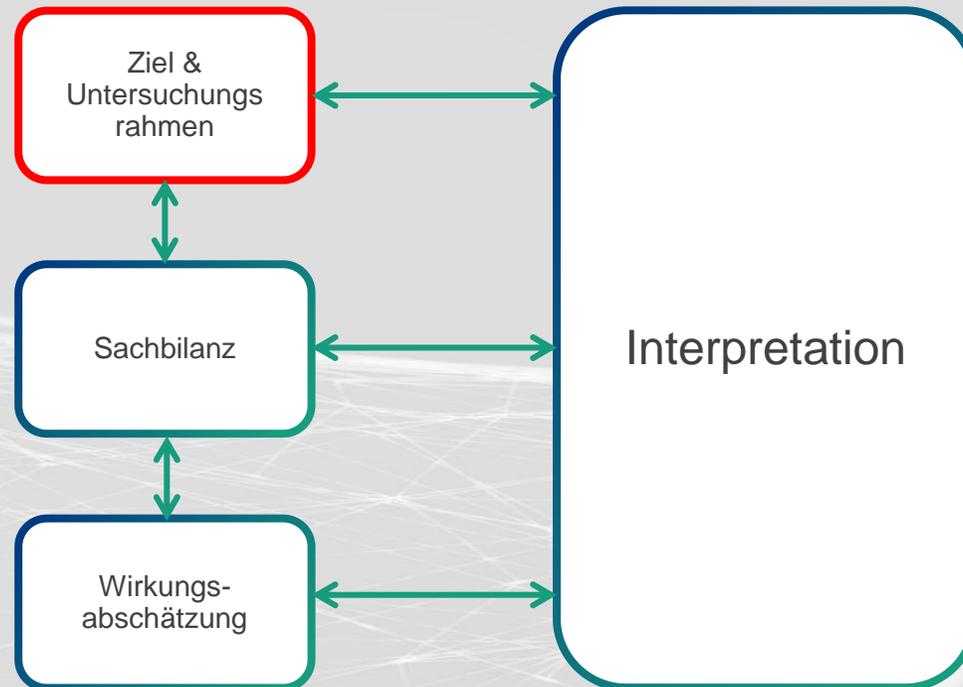
Lifecycle Assessment Methode

Jede LCA-Studie wird in 4 Phasen durchgeführt.



Lifecycle Assessment Methode

Jede LCA-Studie wird in 4 Phasen durchgeführt.



Ziel

Bei der Festlegung des Ziels einer Ökobilanz müssen die folgenden Punkte eindeutig festgelegt werden:

1. die beabsichtigte Anwendung;
 2. die Gründe für die Durchführung der Studie;
 3. die angesprochene Zielgruppe, d. h. an wen sich die Ergebnisse der Studie richten sollen;
 4. ob die Ergebnisse für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt sind.
- „Wen könnte das interessieren und in welchem Zusammenhang?“ (Punkte #3 und #4)
 - „Warum haben wir die Studie durchgeführt und was werden wir mit den Ergebnissen tun?“ (Punkte #1 und #2)

Definition Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit ist einer der Eckpfeiler der LCA-Methodik. Sie bildet die Grundlage für die Quantifizierung der Umweltwirkungen. Sie bildet die Grundlage für die Quantifizierung der Umweltwirkungen und verbindet die Funktion mit den Inputs und Outputs des Produktsystems.

Funktionelle Einheit

„Quantifizierter Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit.“¹

Funktionelle Einheit

Die funktionale Einheit muss ein klar und quantitativ definiertes Maß sein, das die Funktion mit den zu untersuchenden Inputs und Outputs in Beziehung setzt.

Beispiele:

- **Glühbirne:** 20.000.000 Lumenstunden Licht
- **Bus:** 10.000 Passagierkilometer
- **Studentenwohnheim:** 200 Studenten für ein Jahr beherbergen

20 mio. Lumenstunden



Glühlampe

60 Watt
900 Lumen
1000 Lebensstunden

~ 22 Glühlampen



Leuchtstofflampe

15 Watt
900 Lumen
8500 Lebensstunden

~ 3 Leuchtstofflampen



LED-Lampe

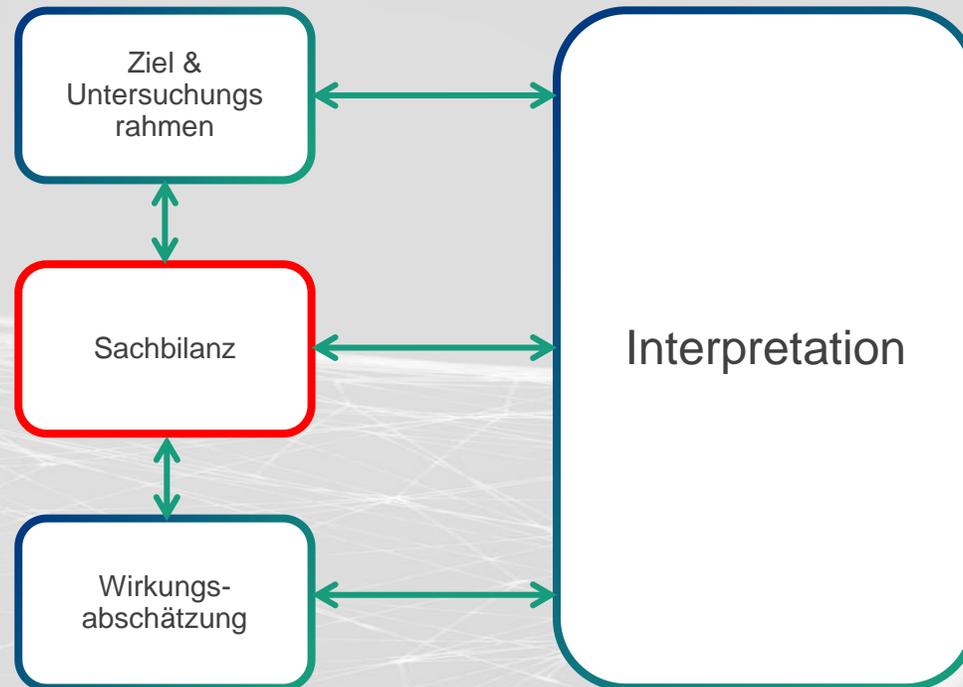
12,5 Watt
800 Lumen
25000 Lebensstunden

~ 1 LED-Lampen

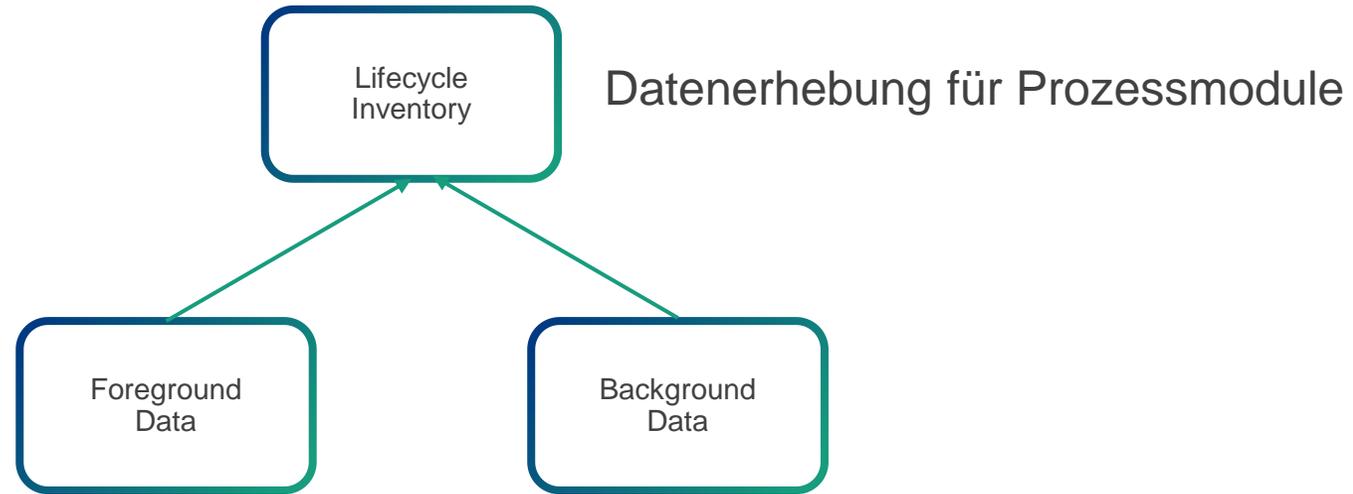


Lifecycle Assessment Methode

Jede LCA-Studie wird in 4 Phasen durchgeführt.



Lifecycle Inventory



- das Vordergrunddaten bestehen aus Prozessen, die unter der Kontrolle des Entscheidungsträgers stehen
- Hintergrunddaten bestehen aus Prozessen, auf die der Entscheidungsträger, für den die LCA erstellt wird, keinen oder bestenfalls einen indirekten Einfluss ausüben kann.

Datenquellen

Primärdaten

Dokumentation/Messungen
aus internen Prozessen

Bill of Materials

Bill of Processes

ERP-System

Energiemonitoring

Sekundärdaten

LCI-Datenbanken

-> EcolInvent

-> GABI

Umwelt-
Produktdeklaration
(EPDS)

Geschätzte Daten

Schätzungen

Woher kommen die Daten?

Definition Prozessmodul

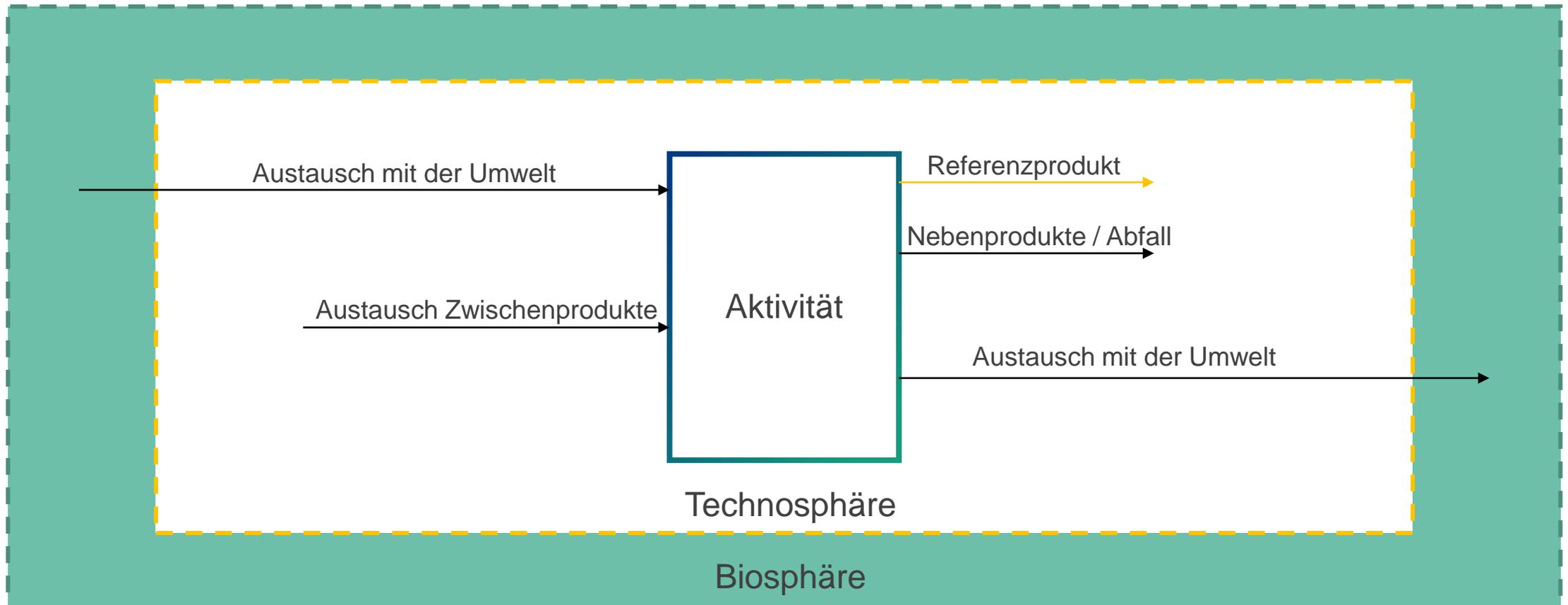
Ein Prozessmodul ist der kleinste Legobaustein in einem LCA-Modell.

Prozessmodul

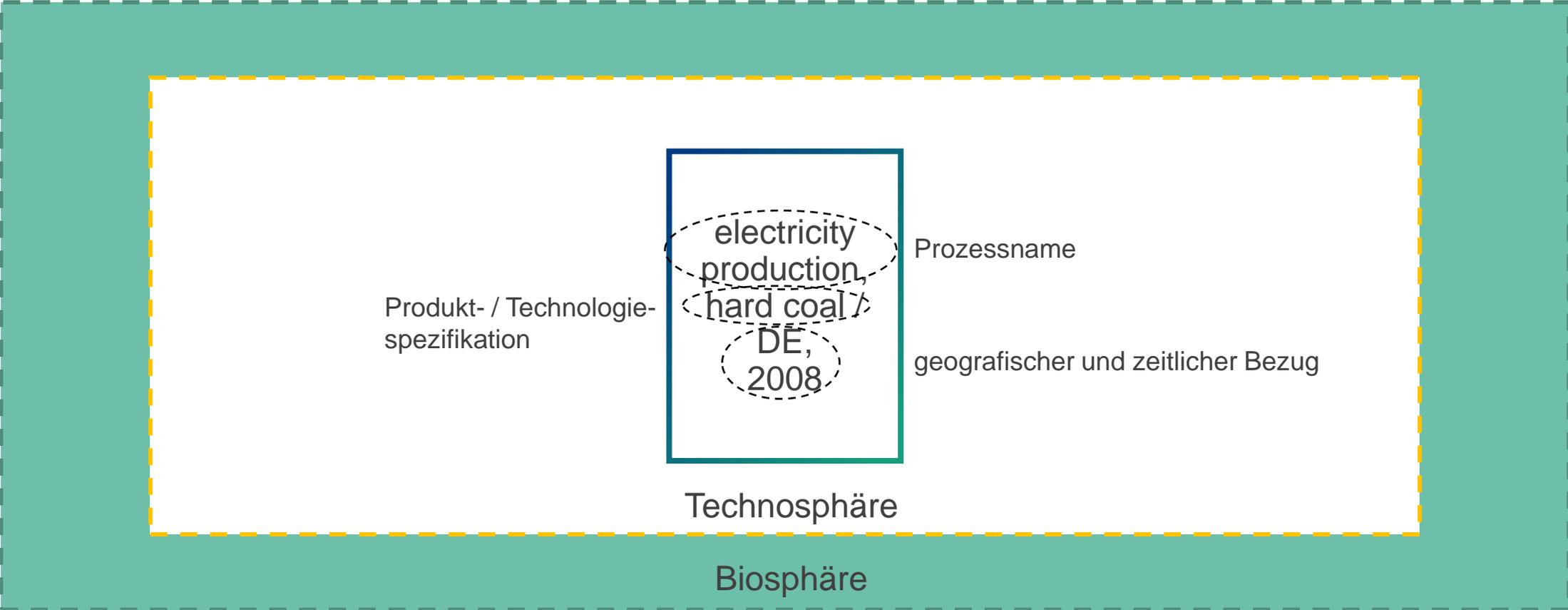
„Kleinster in der Sachbilanz berücksichtigter Bestandteil, für den Input- und Outputdaten quantifiziert werden.“¹

Definition einer Aktivität

- eine *Aktivität* ist ein Prozessmodul, die einen Prozess und **seinen Austausch mit der Umwelt** (Biosphäre) und mit den **Produkten** anderer menschlicher Aktivitäten (Technosphäre) darstellt

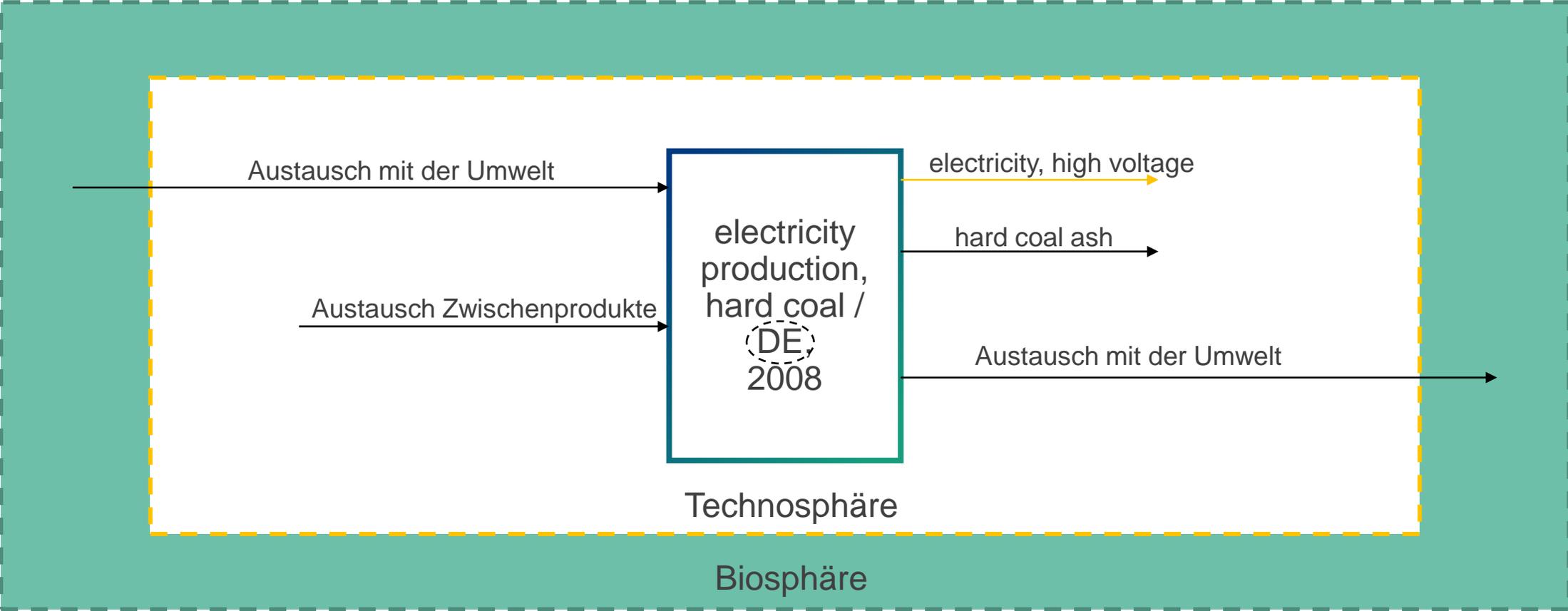


Aktivitäten-Nomenklatur



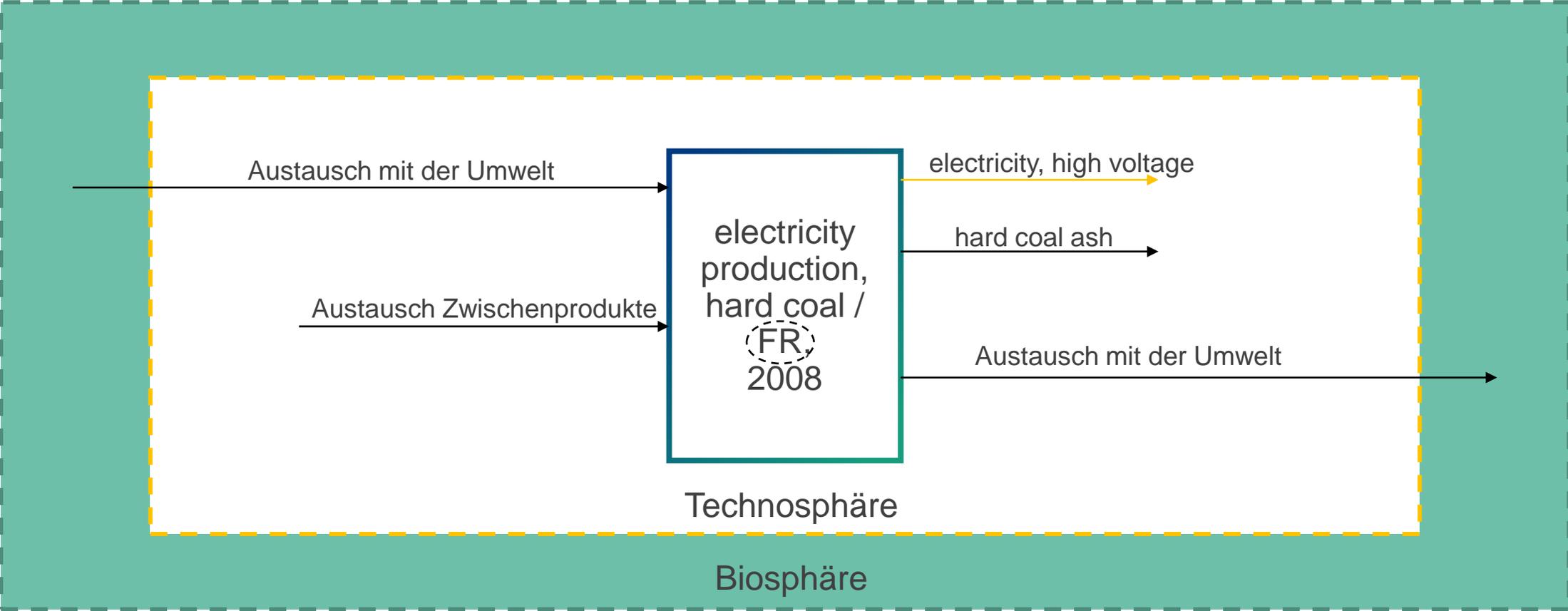
Verschiedene Aktivitäten können das gleiche Produkt erzeugen

Beispiel: andere Geografie



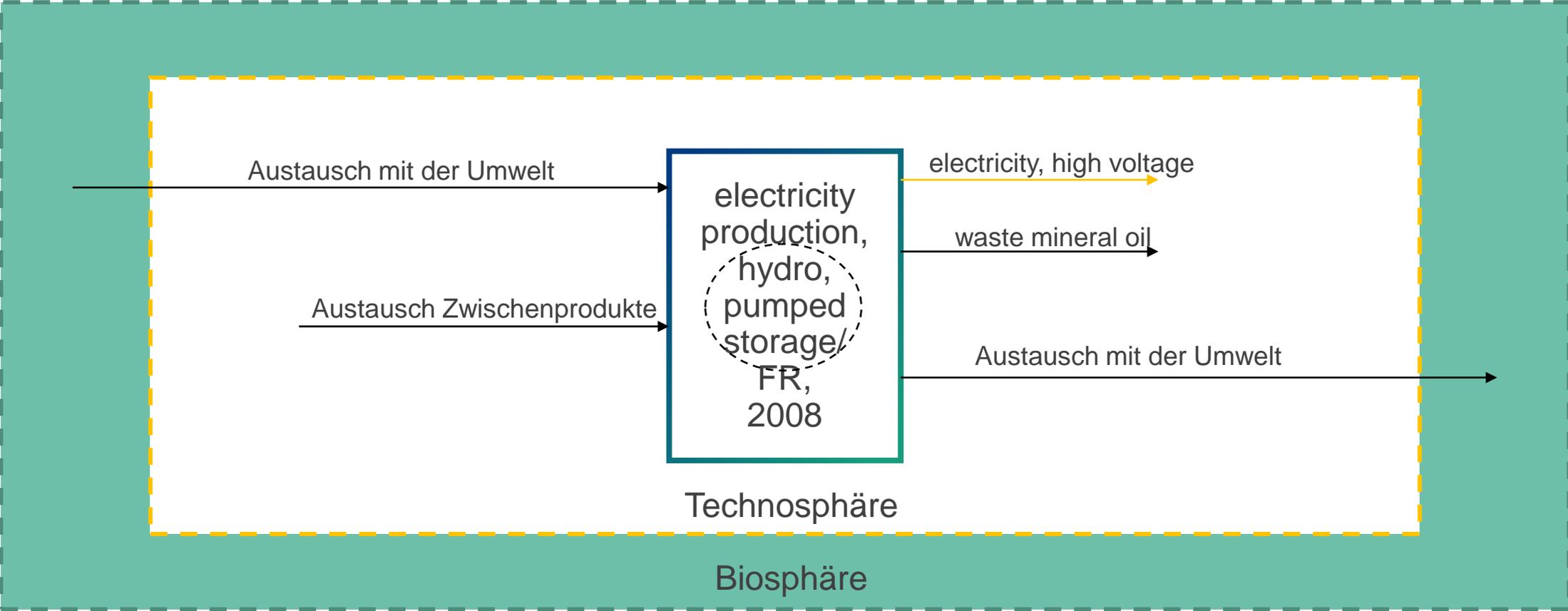
Verschiedene Aktivitäten können das gleiche Produkt erzeugen

Beispiel: andere Geografie



Verschiedene Aktivitäten können das gleiche Produkt erzeugen

Beispiel: andere Technologie



Definition Produktsystem

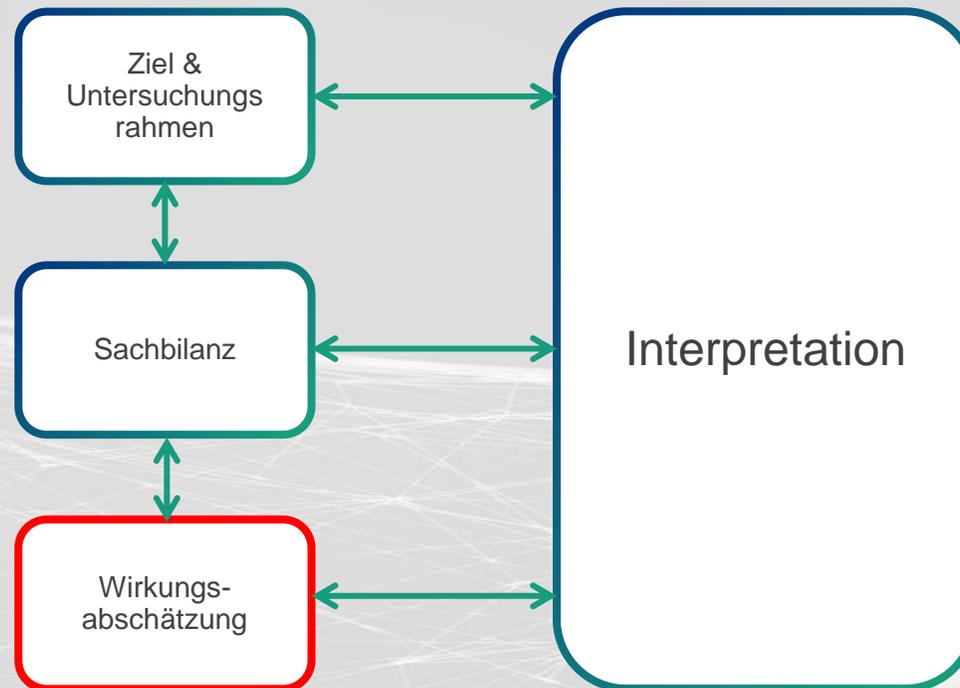
Das Produktsystem ist das vollständige Ökobilanzmodell, das als Grundlage für alle Emissionsberechnungen dient.

Produktsystem

„Zusammenfassung von Prozessmodulen mit Elementar- und Produktflüssen, die den Lebensweg eines Produktes modelliert und die eine oder mehrere festgelegte Funktionen erfüllt.“¹

Lifecycle Assessment Methode

ISO 14040, ISO 14044



Was ist eine Umweltwirkungskategorie?

Auszug aus DIN EN ISO 14044

Wirkungskategorie

„Klasse, die wichtige Umweltthemen repräsentiert und der Sachbilanzergebnisse zugeordnet werden können.“¹

Einfacher ausgedrückt:

Arten von Umweltproblemen, die durch die Inputs und Outputs des zu analysierenden Produkts oder Prozesses verursacht werden könnten.

¹ISO 14044

Auswahl üblicher Wirkungskategorien

Midpoint-Wirkungskategorien

Wirkungskategorie	Charakterisierungsfaktor
Klimawandelpotenzial (Treibhauseffekt, GWP100)	CO ₂ -Äquivalent (Kohlenstoffdioxid)
Versauerungspotenzial	SO ₂ -Äquivalent (Schwefeldioxid)
Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP)	kg Sb-Äquivalent (Antimon)
Abiotischer Ressourcenverbrauch, fossil (ADP-fossil)	MJ
Eutrophierungspotenzial	PO ₄ -Äquivalent (Phosphat)
Süßwasserökotoxizität	CTU (Comparative toxic units)
Humantoxizität	CTUh (Comparative Toxic Unit for humans)
Wassernutzung	m ³ Wasser-Äquivalent
Ozonabbaupotenzial (ODP)	kg FCKW-11-Äquivalent

Global Warming Potential

Variabilität der Wirkungen durch verschiedene Substanzen und Zeitrahmen

Unterschiedliche Stoffe bewirken unterschiedliche Mengen an Auswirkungen pro Masseneinheit.

- 1 kg NO_x hat nur das 0,7-fache Versauerungspotenzial wie 1 kg SO₂

Einige Emissionen haben unterschiedliche Verweilzeiten in der Atmosphäre, in denen sie Wirkungen hervorrufen.

- Vor allem relevant beim Treibhauspotenzial

Massenskala

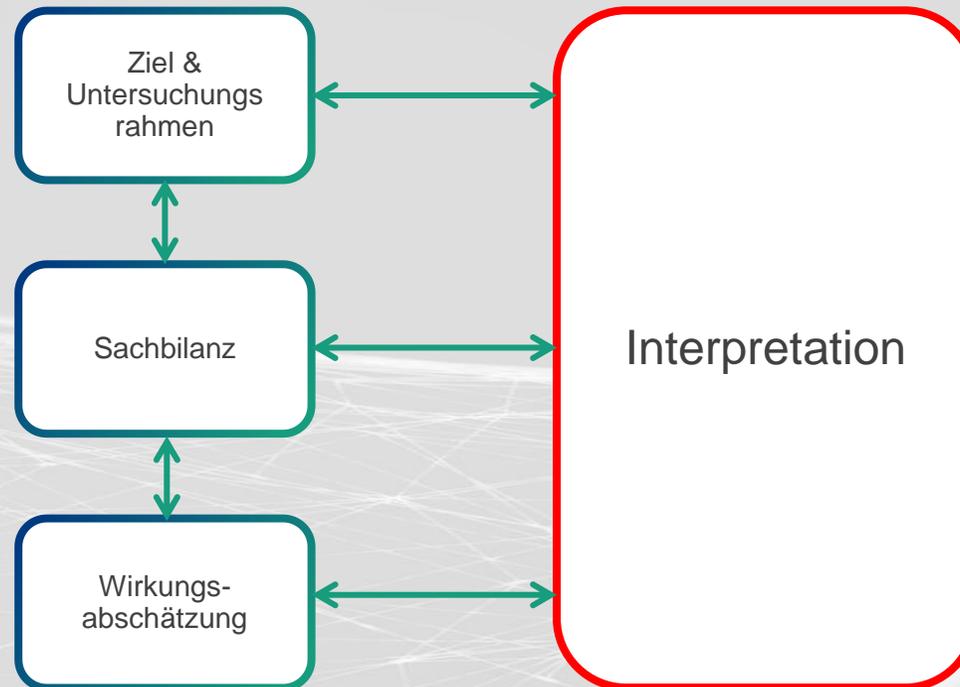


„GWP-Skala“



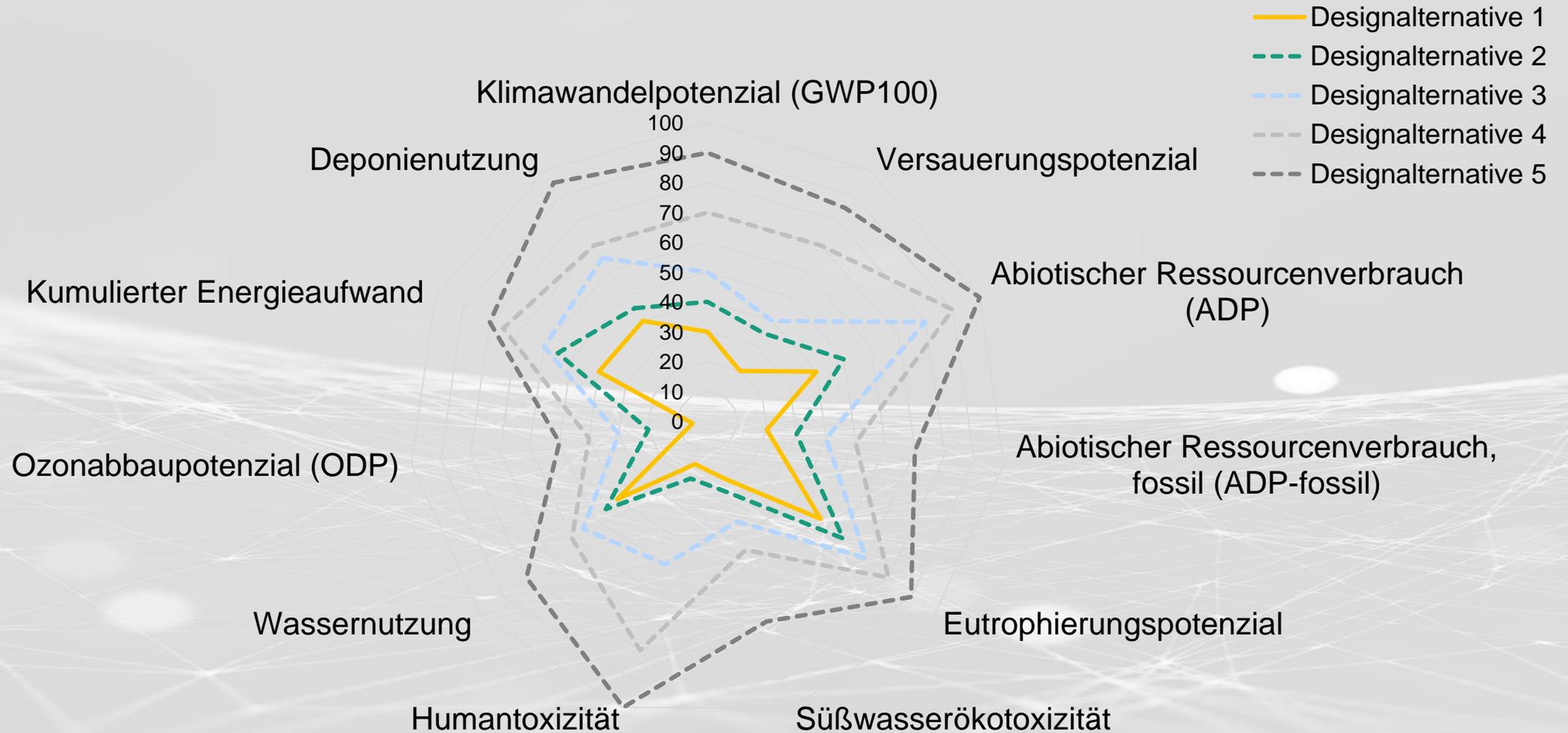
Lifecycle Assessment Methode

Jede LCA-Studie wird in 4 Phasen durchgeführt.



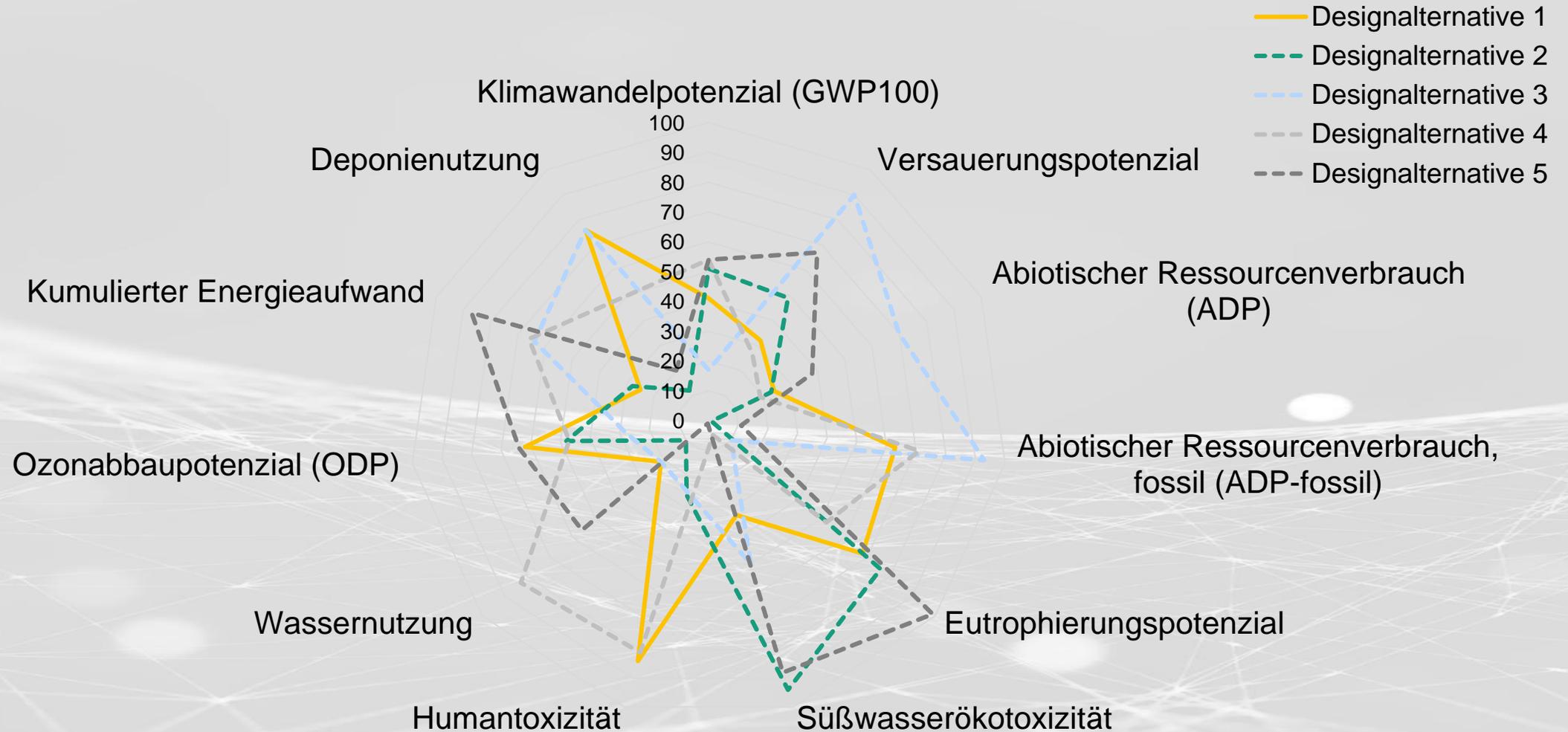
Berechnung aller Emissionen und des gesamten Energieverbrauchs

Ideal



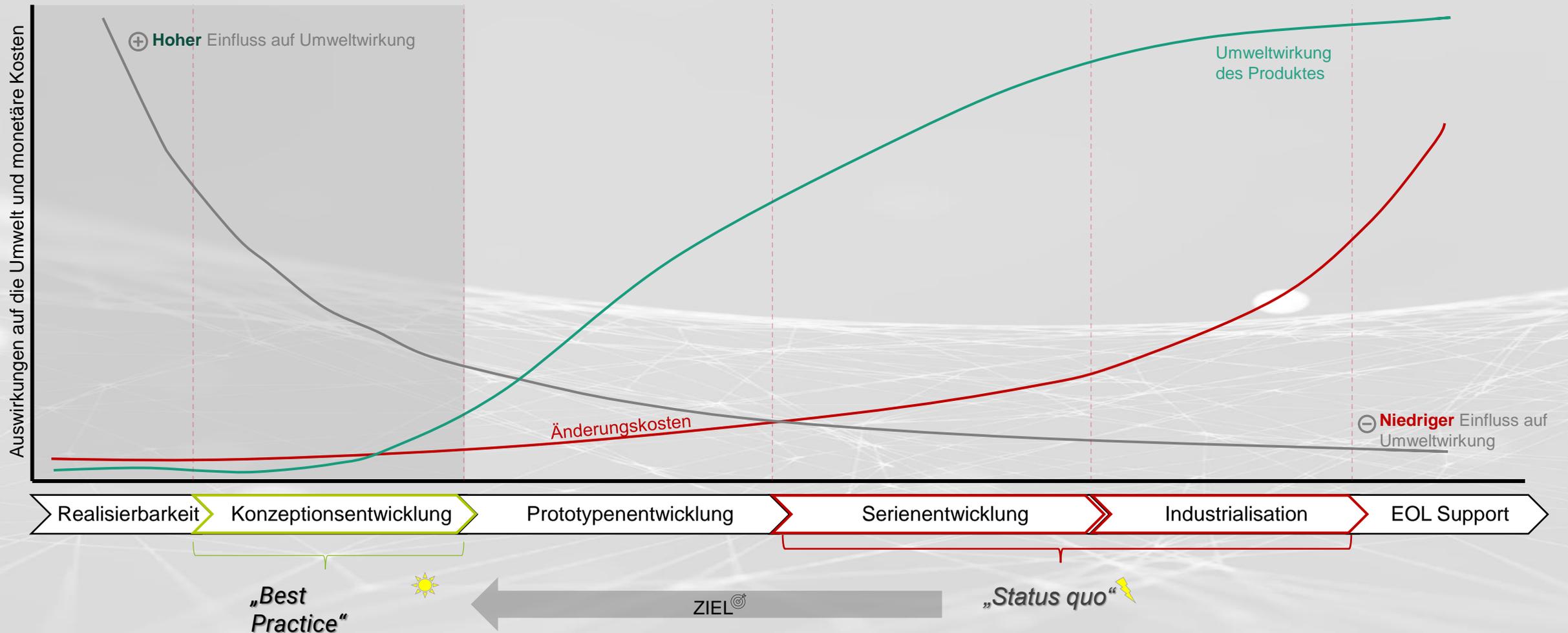
Berechnung ausgewählter Emissionen und des gesamten Energieverbrauchs

Realität



Von Life Cycle Assessment zu Life Cycle Engineering

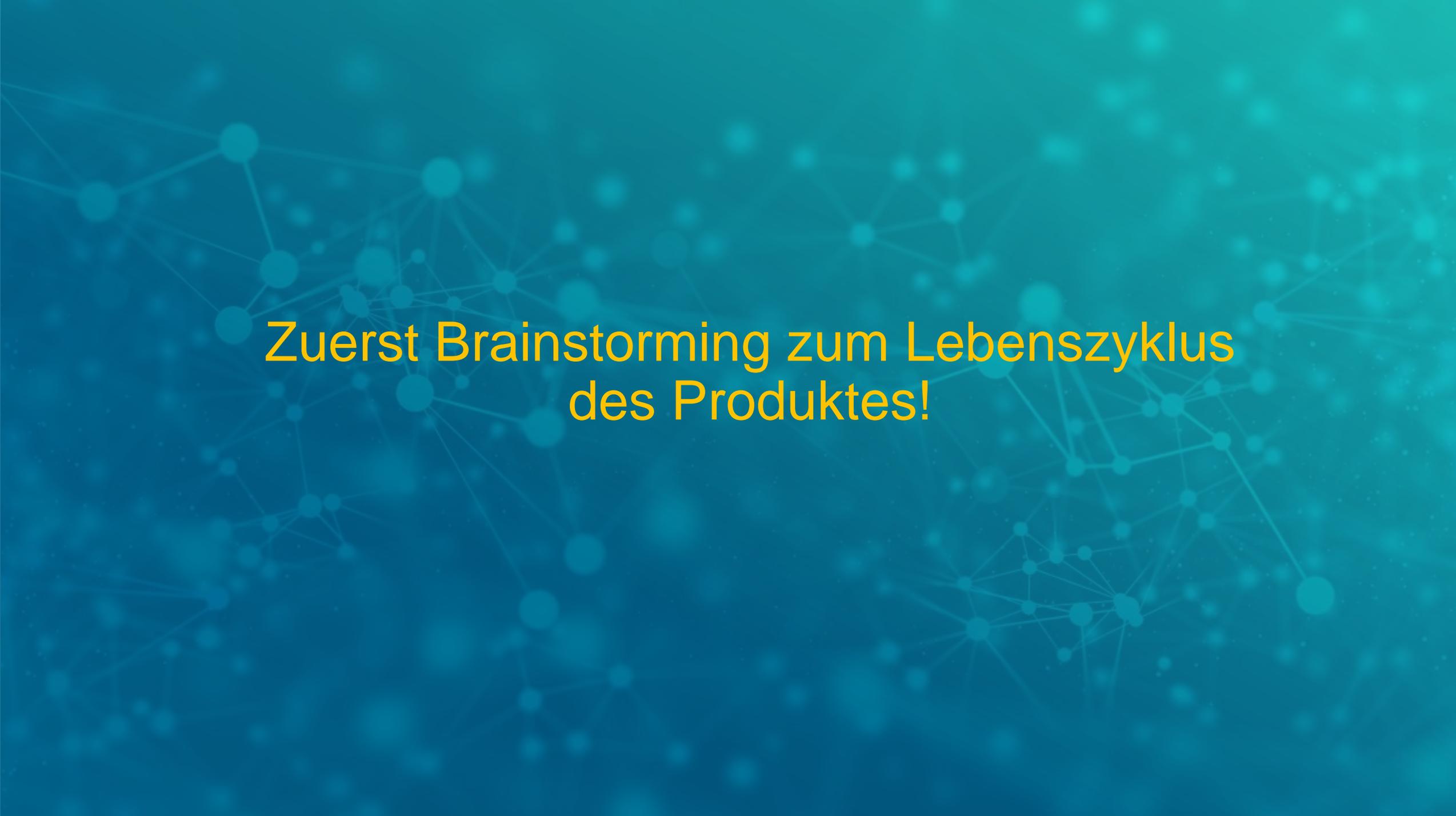
80% der Umweltwirkung eines Produktes wird in der Designphase bestimmt!



Wie läuft die LCA-Bilanzierung in der Praxis ab?
Und wie sieht dieser Digitale **Grüne** Zwilling aus?

So natürlich!



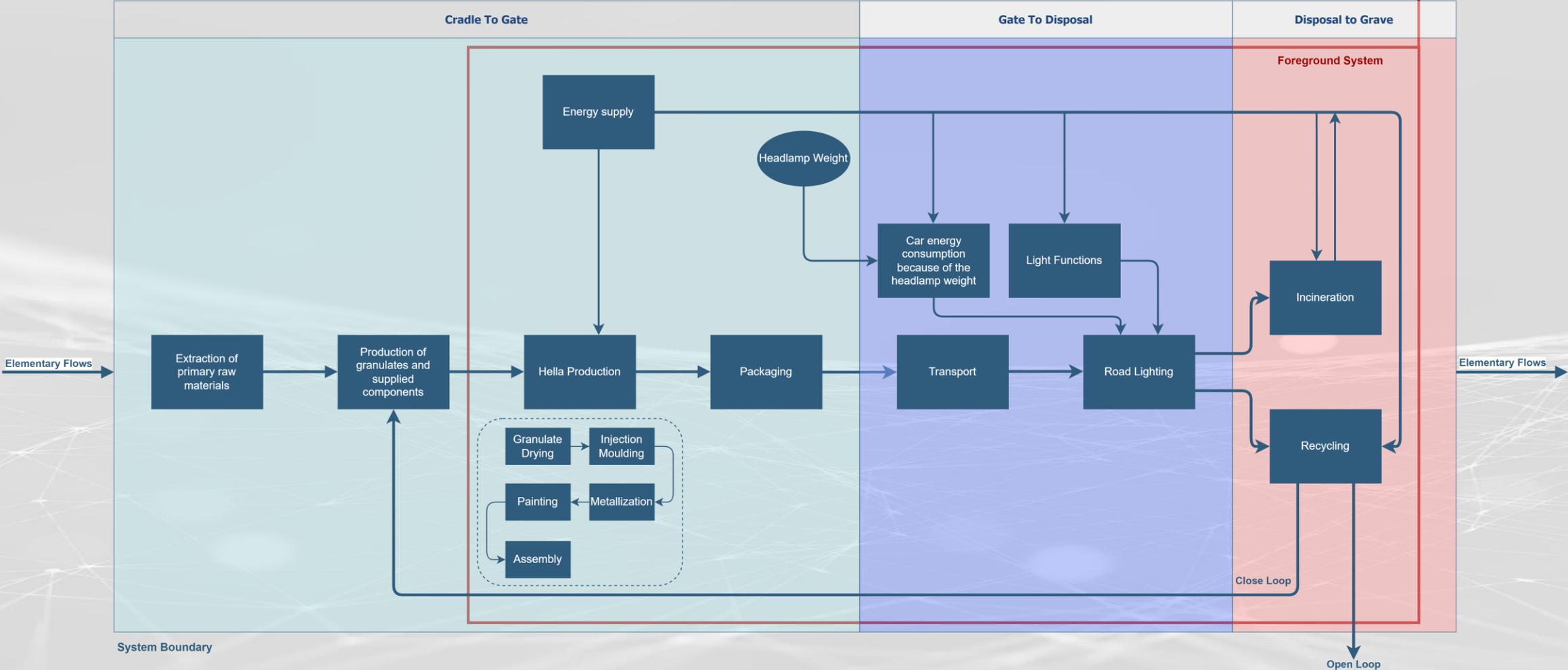


Zuerst Brainstorming zum Lebenszyklus
des Produktes!

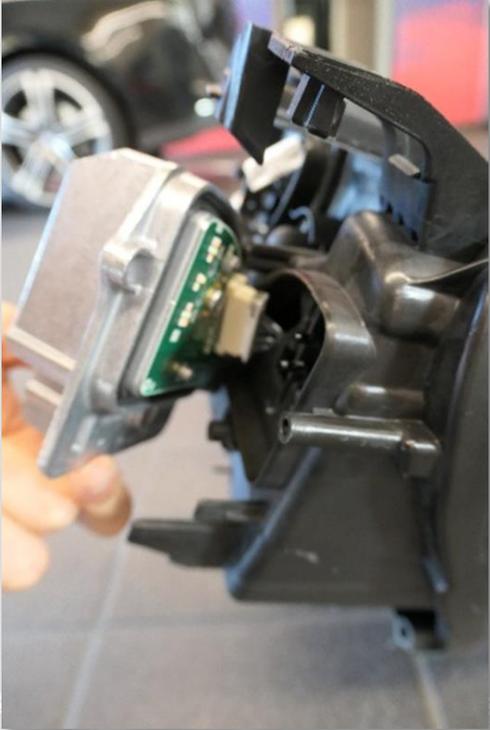
Produktsystem Scheinwerfer

NALYSES

Fokus des Systems,
Verwendung von Primärdaten



Beispiel – Zerlegungsworkshop

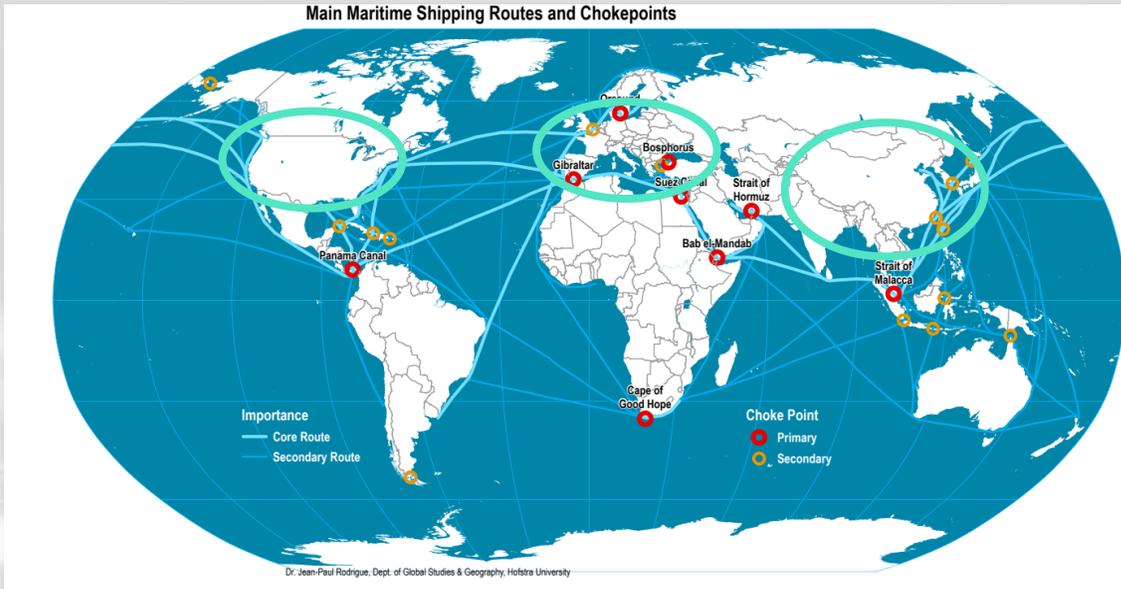


Beispiel – Zerlegungsworkshop



Erstellen eines Transportszenarios

Beispieltransport je Zielregion mit LKW-, Schienen- und See-Transport



	Schiens-transport nach	Distanz [km]	Schiffstransport	Distanz [km]	LKW-Transport	Distanz [km]
Europa	Marseille	809	-	-	Zielstadt: Valence, FR	215
Nord-amerika	Rotterdam	850	Zielhafen: Jacksonville Harbour	7287	Zielstadt: Chicago	1663
Asien	Rotterdam	850	Zielhafen: Hong Kong	17848	Zielstadt: Jieyang, Guangdong, China	326



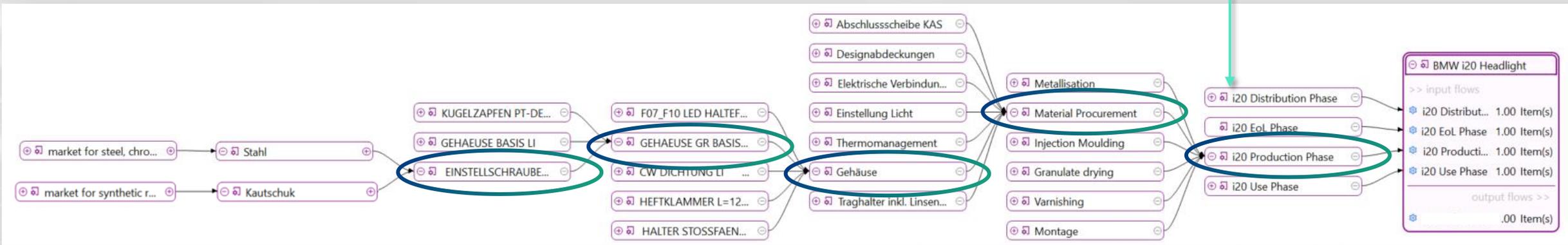
Mittlere Distanz von 836 km per Bahn, 8.257 km per Schiff und 735 km per LKW je Fahrzeugauslieferung.

Modellierung und Emissionsfaktor-Matching

Ausschnitt: Produktionsphase – Materialbeschaffung in OpenLCA

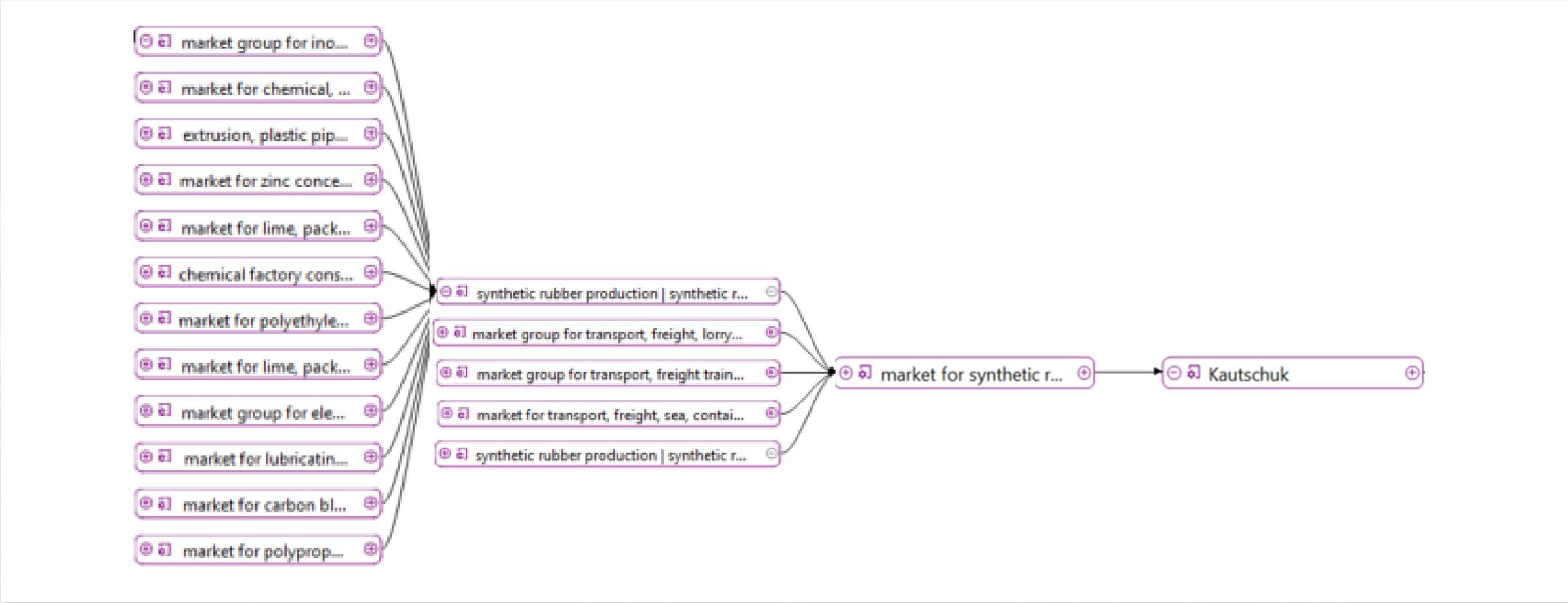
Prozesserstellung je Lebensphase

- Auswertung der Emissionen
- Granularität der Daten



Ausschnitt: modellierte Prozesse

Verwendeter Ecoinvent-Datensatz: bsp. Kautschuk in OpenLCA

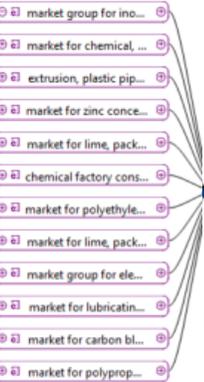


Ausschnitt: modellierte Prozesse

Verwendeter Ecoinvent-Datensatz: bsp. Kautschuk



Der Ecoinvent-Datensatz beinhaltet alle Aktivitäten von der Wiege an



Schnittstelle zum Backgroundsystem

Verwendung von Marktdatensätzen, mit durchschnittlichem Transportszenario für Materialproduktion

Inputs/Output: synthetic rubber production | synthetic rubber | Cutoff, U - RER

Flow	Amount	Unit	Costs...	Uncer...	Avoi...	Provi...	Data ...	Locati...	Descr...
carbon black	0.36900	kg		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...
chemical fac...	4.00000E-10	Ite...		logn...		ch...	(5; 2; ...		activi...
chemical, or...	0.05820	kg		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...
electricity, ...	0.71900	kWh		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...
extrusion, pl...	1.00000	kg		logn...		ext...	(1; 1; ...		has t...
inorganic ni...	0.00226	kg		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...
lime, packed	0.00219	kg		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...
lime, packed	0.08611	kg		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...
lubricating oil	0.15500	kg		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...
polyethylen...	0.25100	kg		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...
polypropyle...	0.06280	kg		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...
Water, cooli...	0.04500	m3		logn...			(5; 2; ...		
zinc concentr...	0.01910	kg		logn...		ma...	(4; 2; ...		EcoS...

Flow	Amount	Unit	Costs...	Uncer...	Avoi...	Provi...	Data ...	Locati...	Descr...
synthetic r...	1.00000	kg	1.54...	none					EcoS...
Water	0.01744	m3		logn...			(2; 2; ...		Calcu...
Water, RER	0.02756	m3		logn...			(2; 2; ...		Calcu...

Inputs/Output: market for synthetic rubber | synth

Flow	Amount	Unit	Costs...
synthetic rubber	0.67025	kg	1.032...
synthetic rubber	0.32975	kg	0.507...
transport, freight train	0.28870	t*k...	
transport, freight, lorry, unspecified	0.45040	t*k...	
transport, freight, sea, container ship	0.52480	t*k...	

Flow	Amo...	Unit	Costs...	U
synthetic rubber	1.00...	kg	1.54...	n

Hotspotanalyse

Berechnung, Auswertung und Interpretation

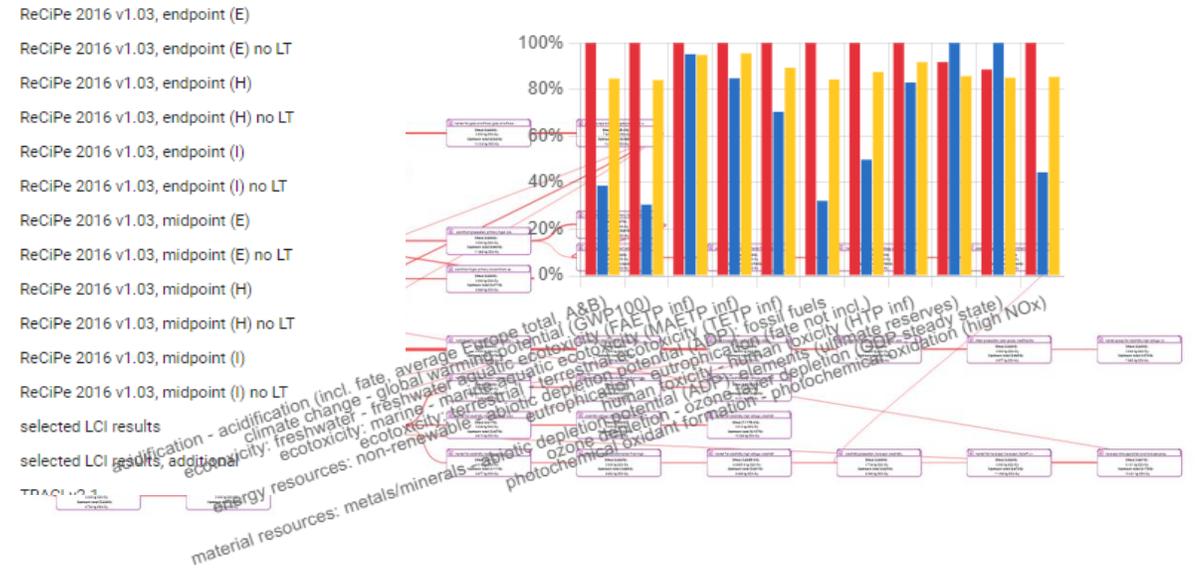
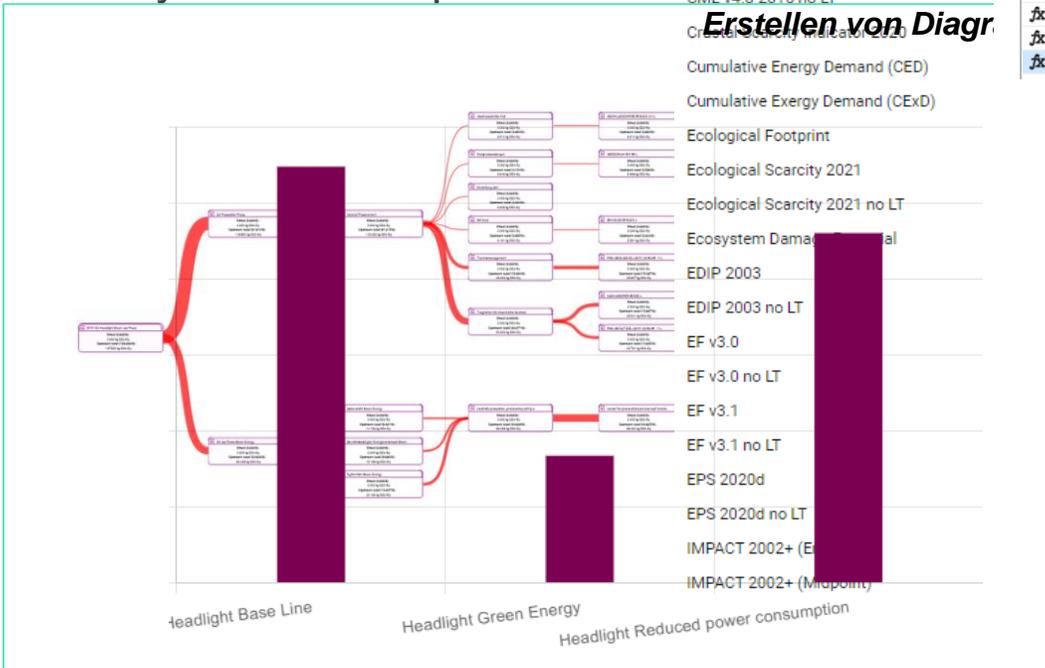
- Wahl der Wirkungskategorie(n)
- Durchführung von Kalkulationen
- Durchführung von Parameterstudien **Beispiele der mögl.**
- Analyse und Interpretation der **Erstellen von Diagr.**

Compared product systems

Name	Product system	Display	Allocation method	Amount	Unit
Headlight Base Line		<input checked="" type="checkbox"/>	None	1.0	Item(s)
Headlight Green Energy		<input checked="" type="checkbox"/>	None	1.0	Item(s)
Headlight Reduced power consumption		<input checked="" type="checkbox"/>	None	1.0	Item(s)

Parameters

Parameter	Context	Descrip...	Headlight Base Line	Headlight Green Energy	Headlight Reduced power ...
Leistungsaufnahme_ABL	global	[W]	39.0	39.0	7.0
Leistungsaufnahme_Blinker	global	[W]	19.0	19.0	7.0
Leistungsaufnahme_FL	global	[W]	73.0	73.0	7.0
Leistungsaufnahme_PO	global	[W]	9.0	9.0	9.0
Leistungsaufnahme_TFL	global	[W]	60.0	60.0	7.0



Headlight Base Line Headlight Green Energy Headlight Reduced power consumption

4 | Key Takeaways

Empowering Sustainability

Life Cycle Engineering



- Die Produktentwicklung der Zukunft ist nachhaltig!

Transparenz



- Schaffung von Transparenz durch Life-Cycle-Assessment

Optimierung



- Digitale Anbindung von Life-Cycle-Assessment in das Unternehmen

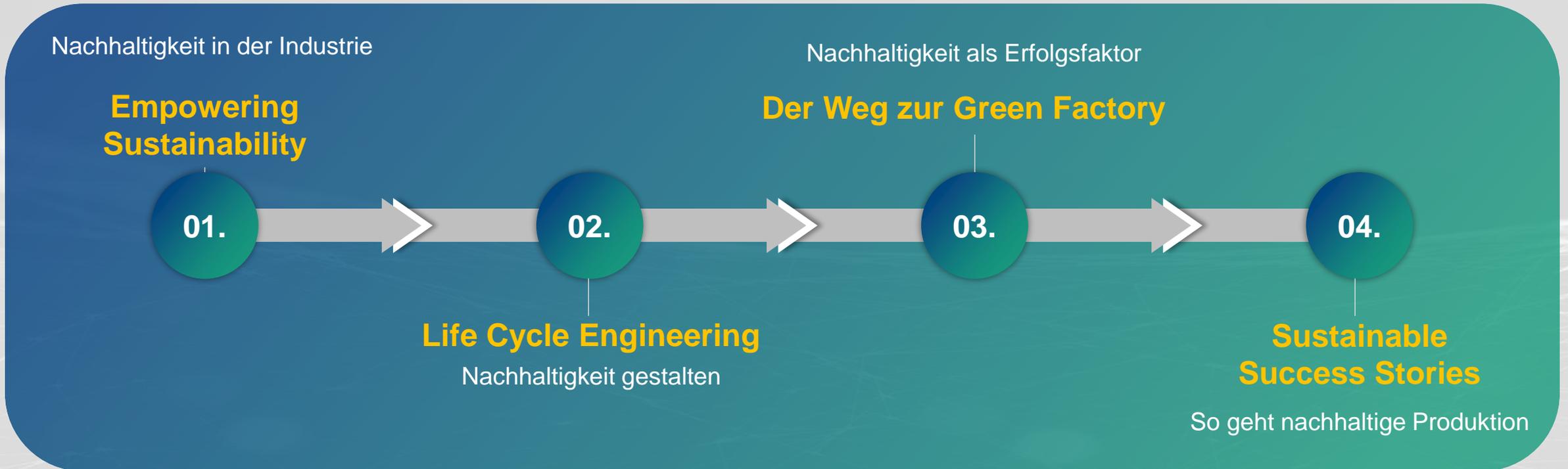
Und jetzt?



- Prüfung der Kundenanforderungen und individuellen Regulierungen

Webinar – „Sustainability in Industry and Engineering“

Nachhaltige Gestaltung der Industrie in der Zukunft





Stephan Stieren M. Sc.

Scientific Automation

HEINZ NIXDORF INSTITUT
UNIVERSITÄT PADERBORN



Fraunhofer IEM
Zukunftsmeile 1
33102 Paderborn
Tel +49 5251 5465 -148
stephan.stieren@iem.fraunhofer.de



Alexander Flekler M. Sc.

Scientific Automation

HEINZ NIXDORF INSTITUT
UNIVERSITÄT PADERBORN



Fraunhofer IEM
Zukunftsmeile 1
33102 Paderborn
Tel +49 5251 5465 - 219
alexander.flekler@iem.fraunhofer.de