

Nachhaltigkeit beginnt mit Energieeffizienz

Vortragsreihe „Nachhaltigkeit – eine globale Herausforderung“
FH Frankfurt und Umweltforum Rhein-Main

Prof. Dr.-Ing. Jens Hesselbach

7. November 2012



Forschungsschwerpunkte Fachgebiet „Umweltgerechte Produkte und Prozesse“ (upp)

1. Klima-, energie- und ressourceneffiziente Produktion
2. Modellierung, Simulation und Steuerung von Produktion und Umfeld
3. Dezentrale Energieversorgung und erneuerbare Energien in der Produktion
4. Life Cycle Engineering



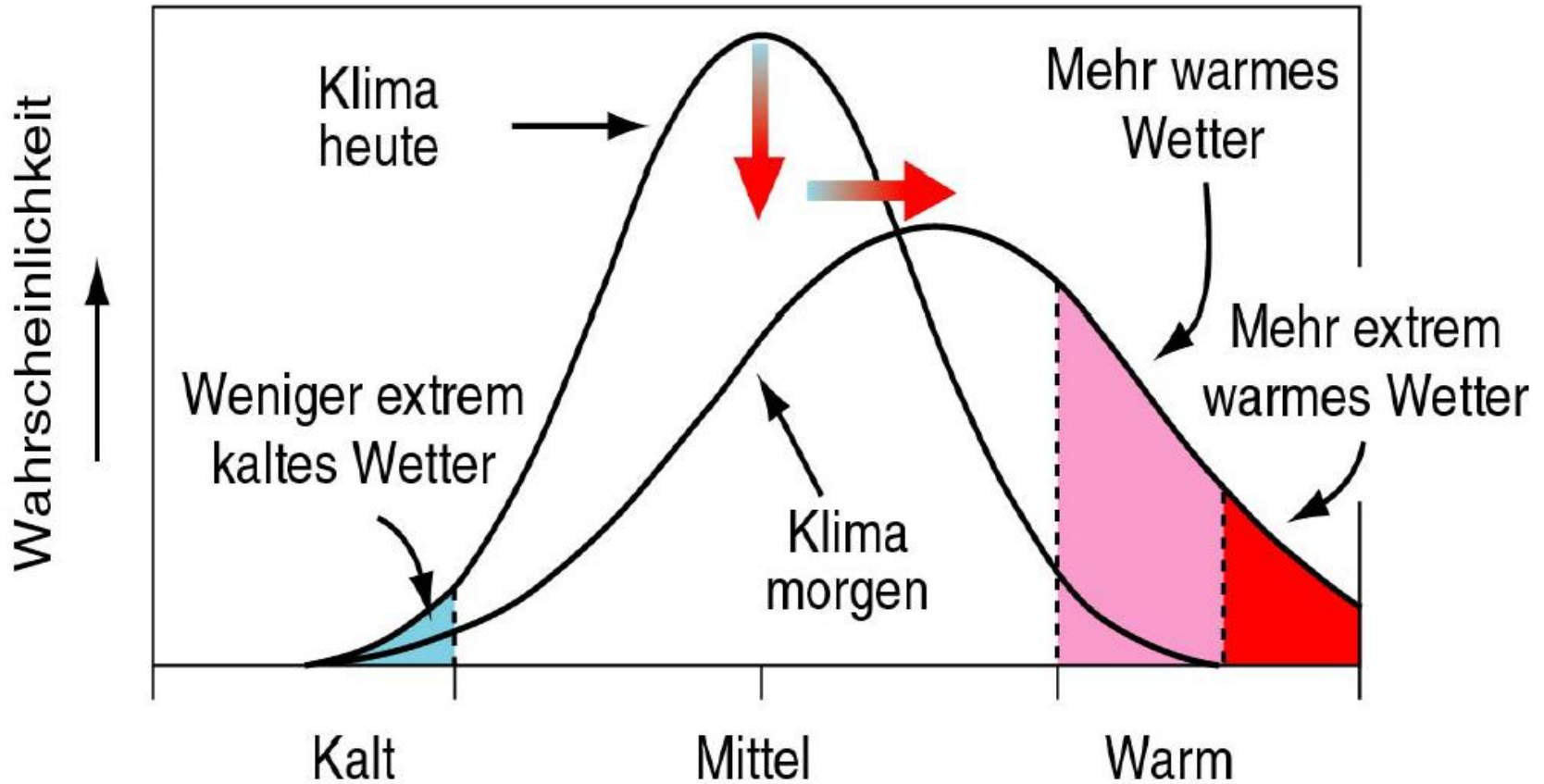
Lehrangebot des upp

- Fabrikbetriebslehre (WS, 2V)
- Messen von Energie- und Stoffströmen (WS+SS, 2V + 2P)
- Energieeffiziente Produktion (SS+WS 2V + 2P)
- Dezentrale Energieversorgung in der Industrie (WS+SS 2V + 2P)
- Life Cycle Engineering (WS+SS, 2V + 2P)
- Simulation und Steuerung von Produktions- und Energiesystemen (SS, 2 V + 2Ü)
- Unternehmensgründung (WS+SS, 2V + 2P)



Auswirkungen des Klimawandels

Steigender Mittelwert und Varianz



Abschmelzen der Eisflächen

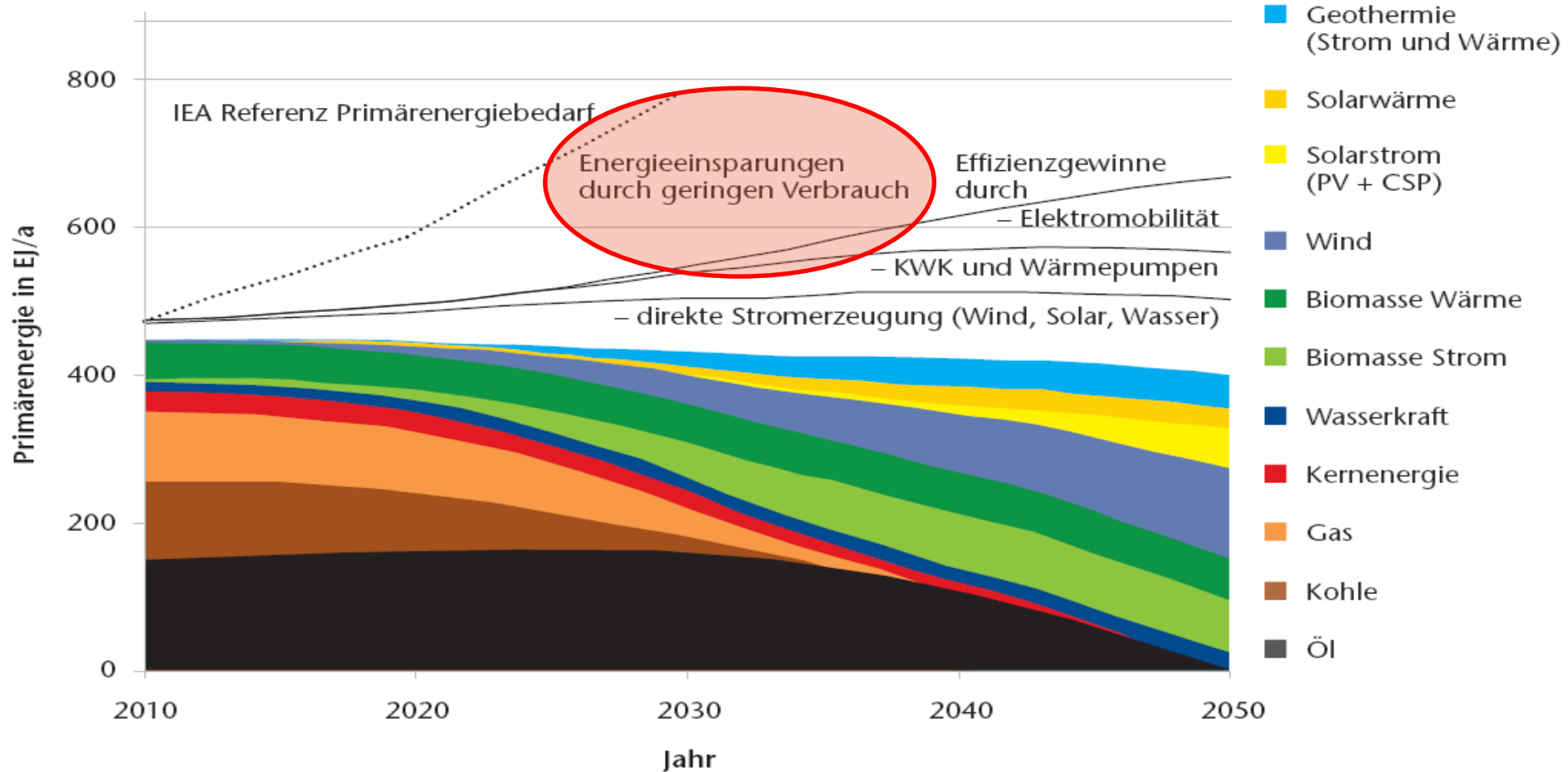
Es gibt ca. 29.000.000 km³ Eis auf den Landflächen der Welt (Südpol, Grönland und Gletscher).

Wenn wir das ganze Eis auf Frankfurt stapeln, erreicht es eine Höhe von ca. 117.000 km

Schmilzt alles Eis, steigt der Meeresspiegel um fast 70 m.

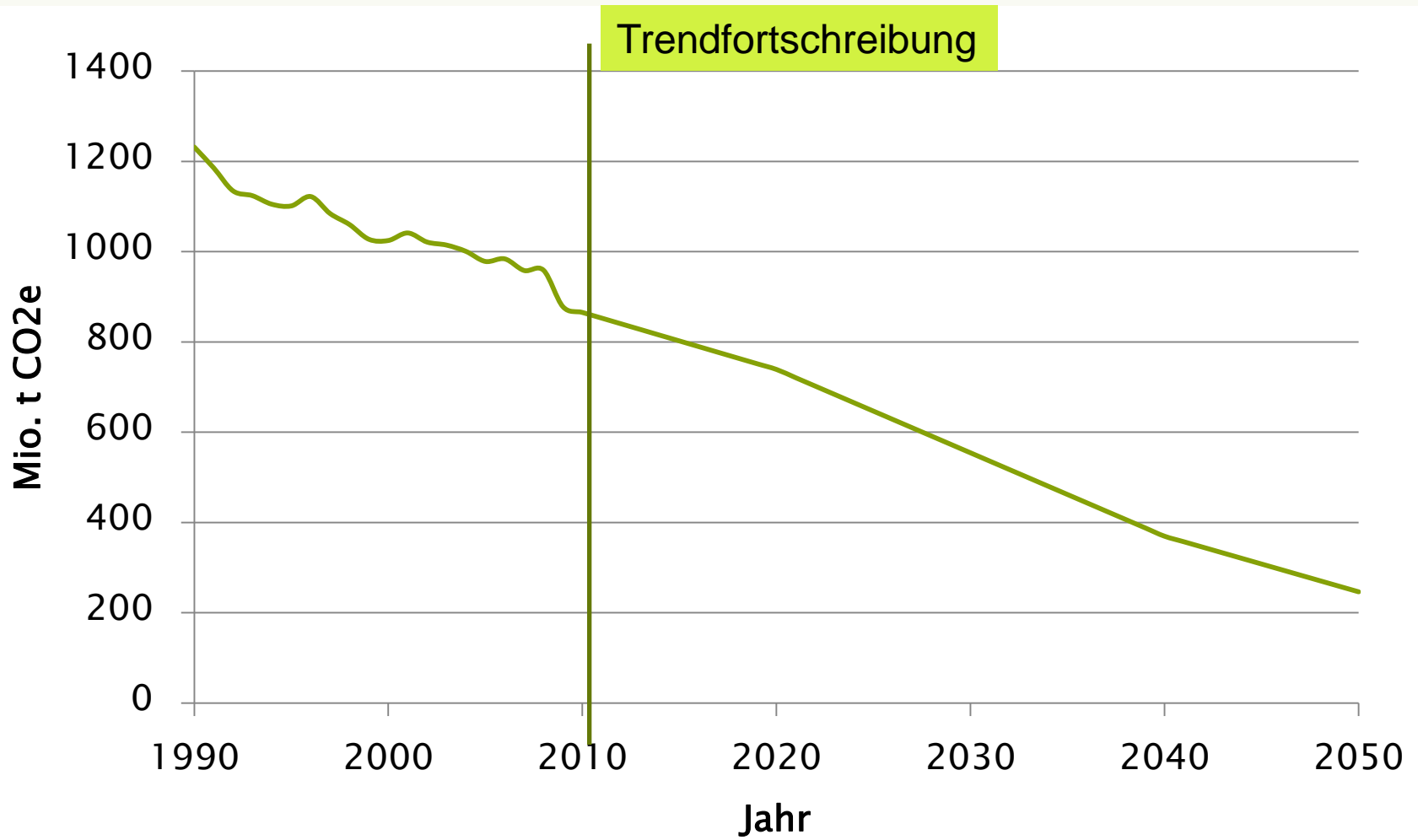


Energieversorgungsszenario Fraunhofer IWES

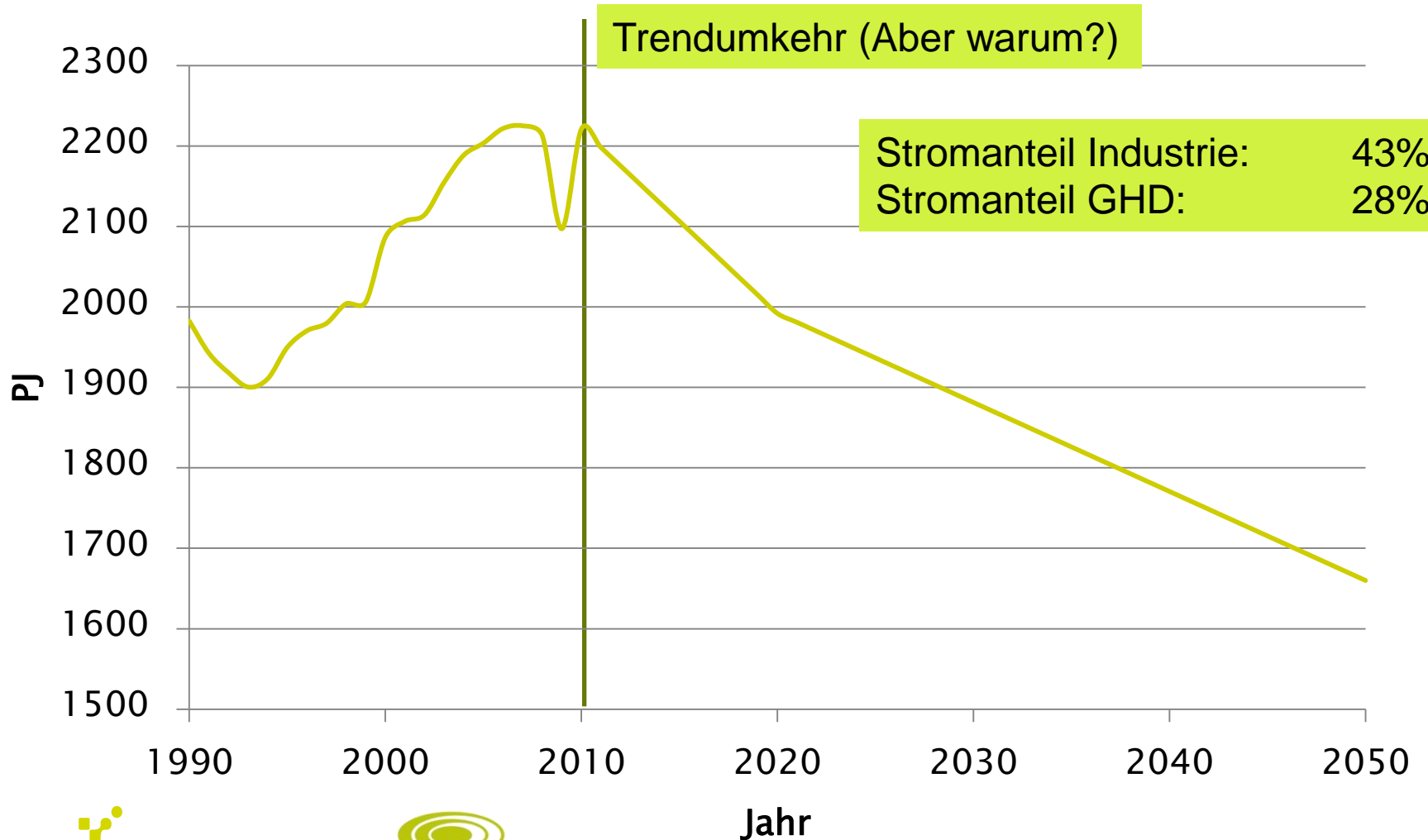


Quelle: Fraunhofer IWES (Schmid, Sterner, 2010).

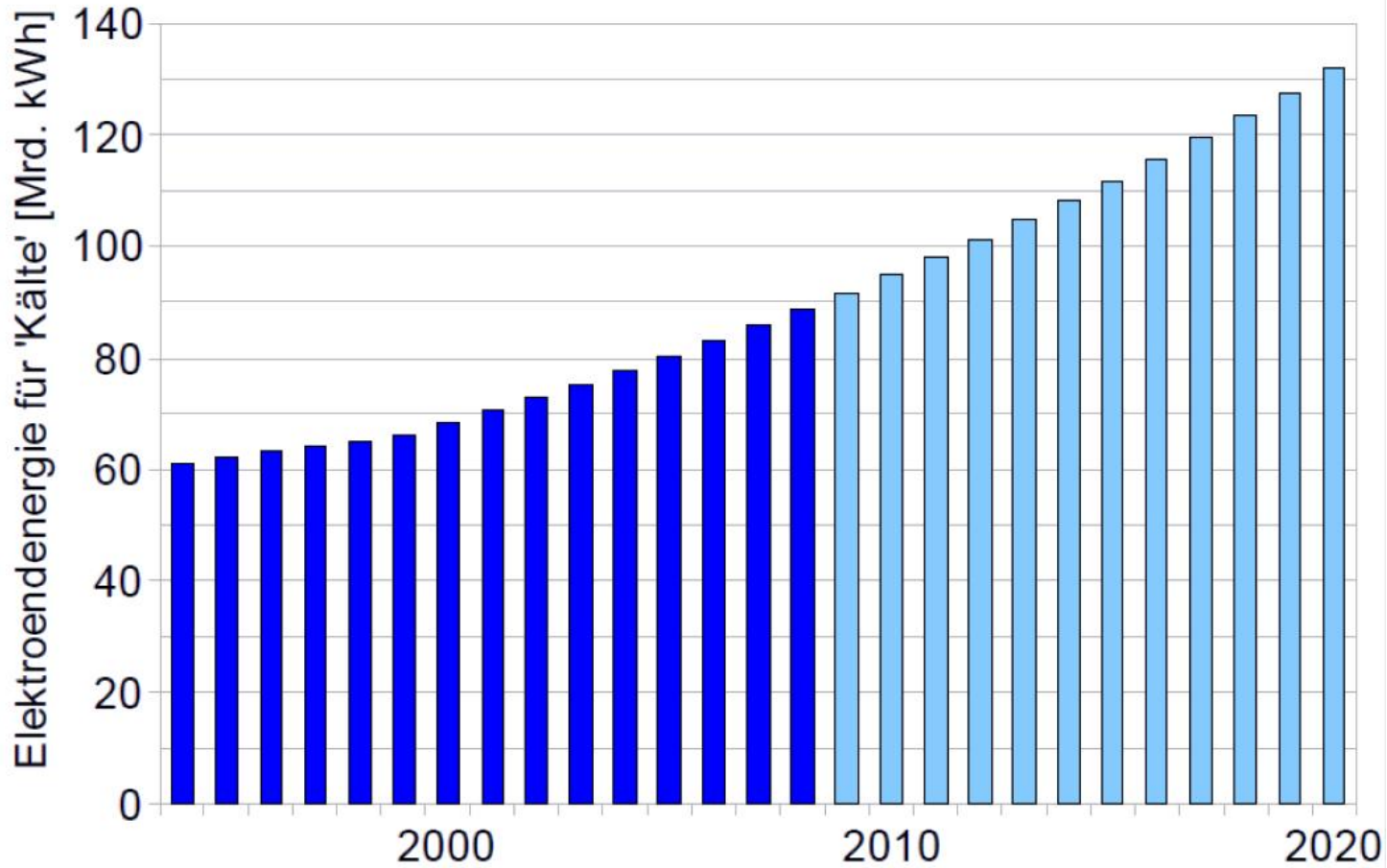
Entwicklung Treibhausgasemissionen in Deutschland



Entwicklung Strombedarf in Deutschland



Anstieg Strombedarf für „Kälte“



Quelle: Gertec GmbH

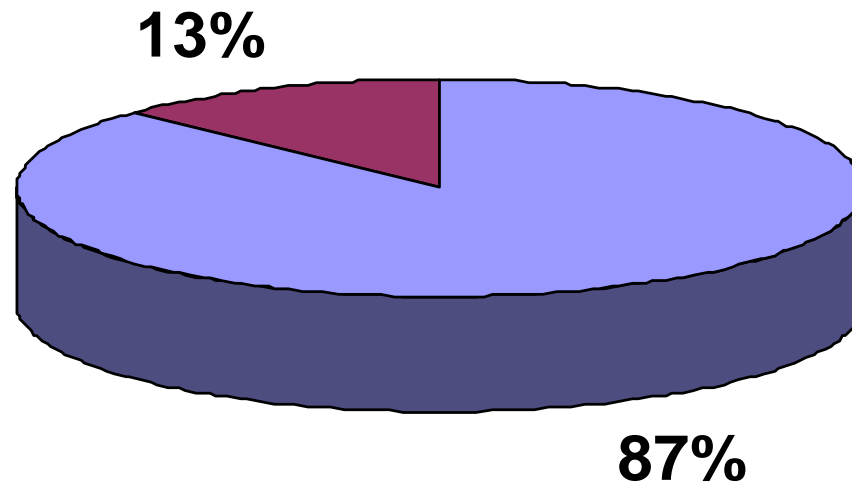
Gründe für erhöhten Kältebedarf

- Steigender Komfortanspruch
- Tiefkühlkost
- Mehr und längere Heißwetterperioden

- Ausfälle der Maschinensteuerungen durch überhöhte Temperaturen in den Produktionsräumen
- Sinkende Produktivität der Mitarbeiter durch zu hohe Temperaturen
- Mehr IT
- Steigende Anforderungen an Genauigkeit der Produkte (thermische Längenausdehnung)
- Miniaturisierung (Mikrosystemtechnik)
- Reduktion der Produktionszeiten

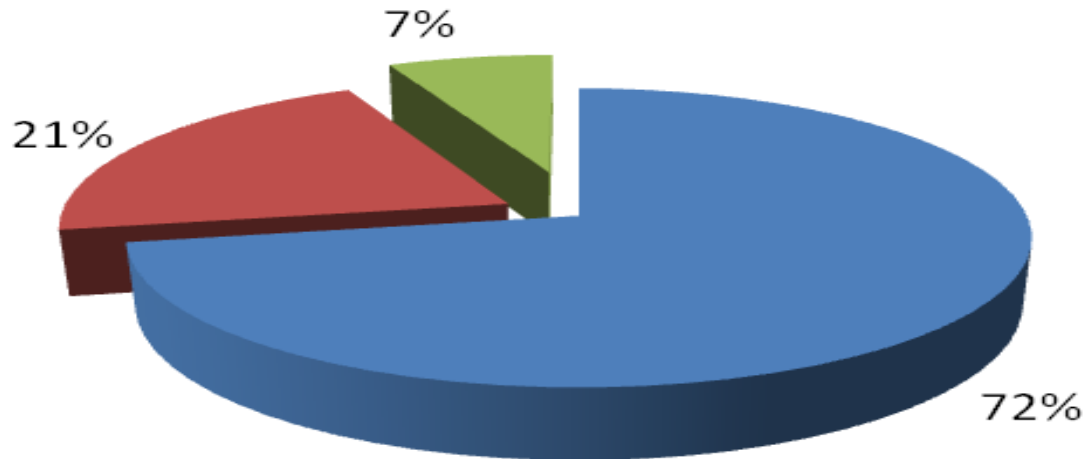
An welcher Stelle lohnt es sich am meisten Klimaschutz zu betreiben ? (Komponentenwerk für PKW)

Eigene GWP-Emissionen



Importierte GWP-Emissionen

Treibhausgasemissionen in der Kunststoffverarbeitung

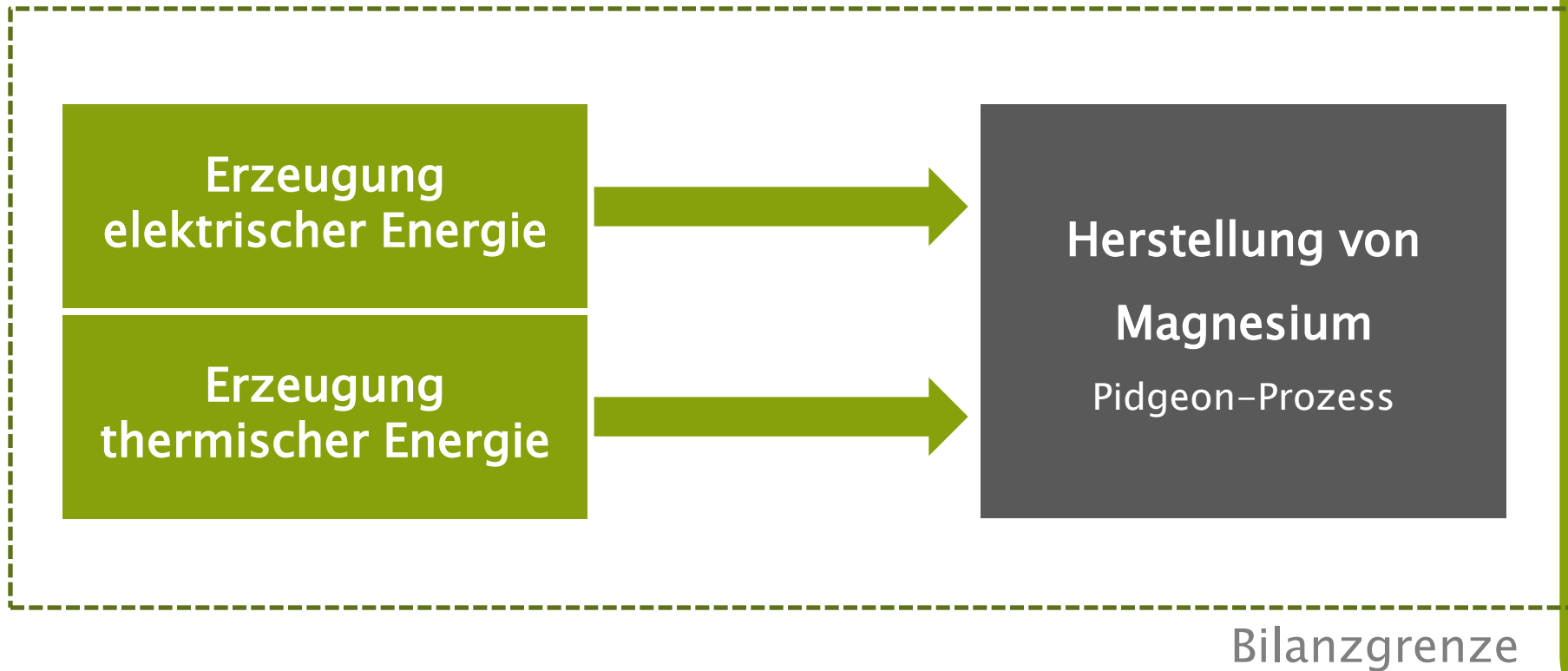


■ Herstellung Kunststoffgranulat (öko. Rucksack)

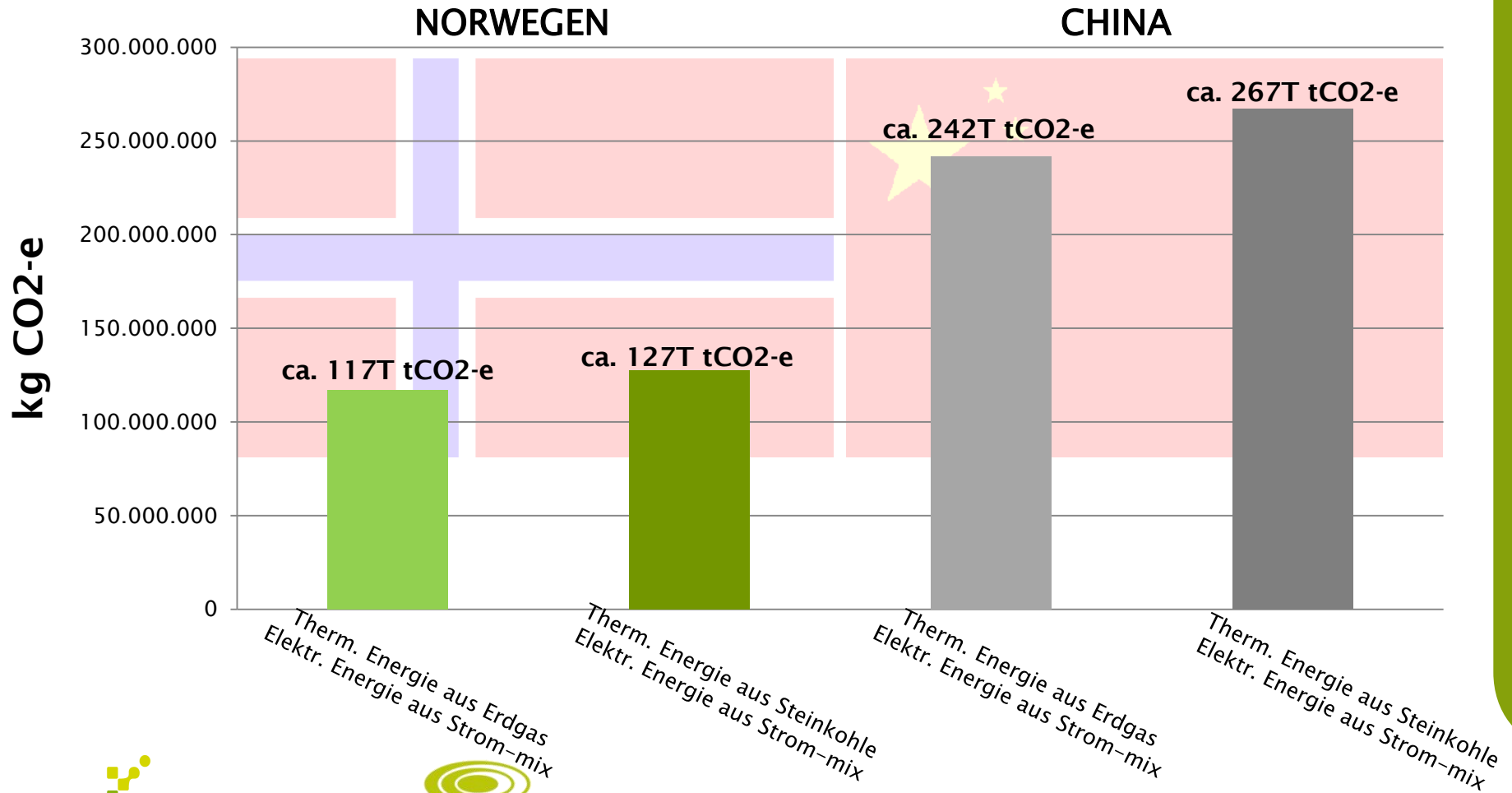
■ Energiebedarf Spritzgießmaschinen

■ Energiebedarf Druckluft, Lüftung, Heizung, Granulattrocknung, Kühlung, Beleuchtung

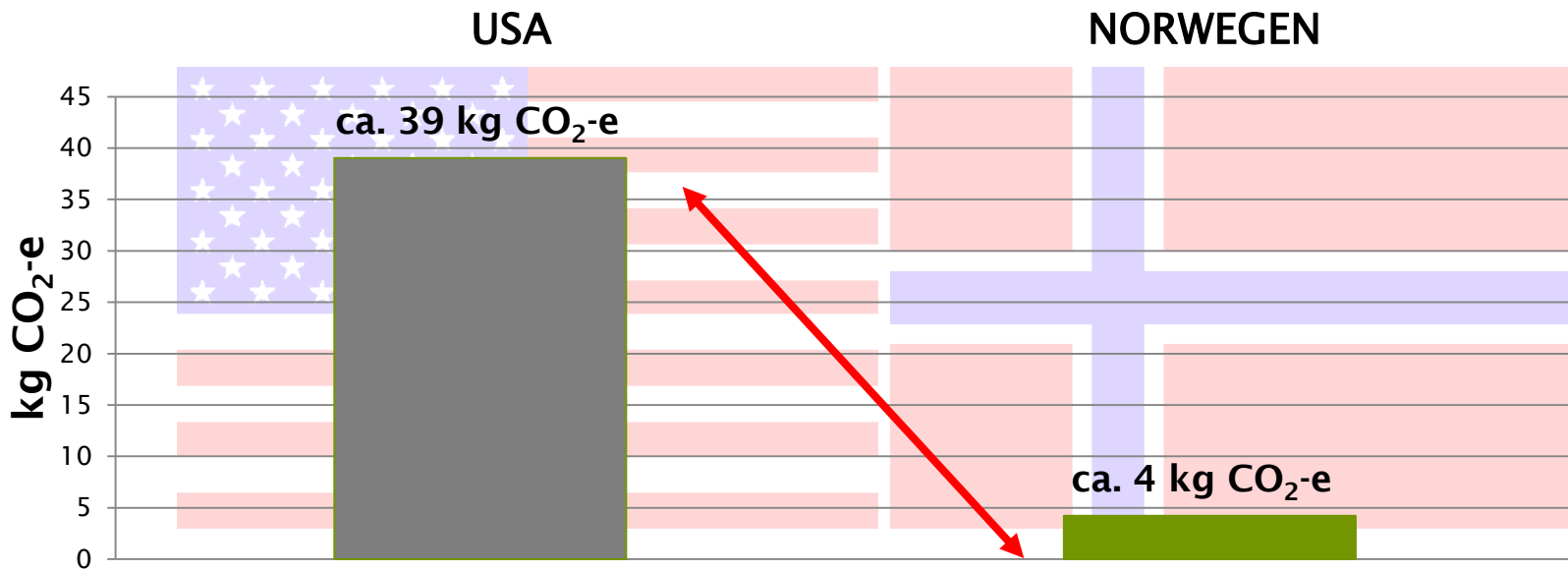
Carbon Foot Print–Werte für Magnesium



Carbon Foot Print–Werte für Magnesium



3kW Permanent-Magnet Motor (Ohne Elektronik)

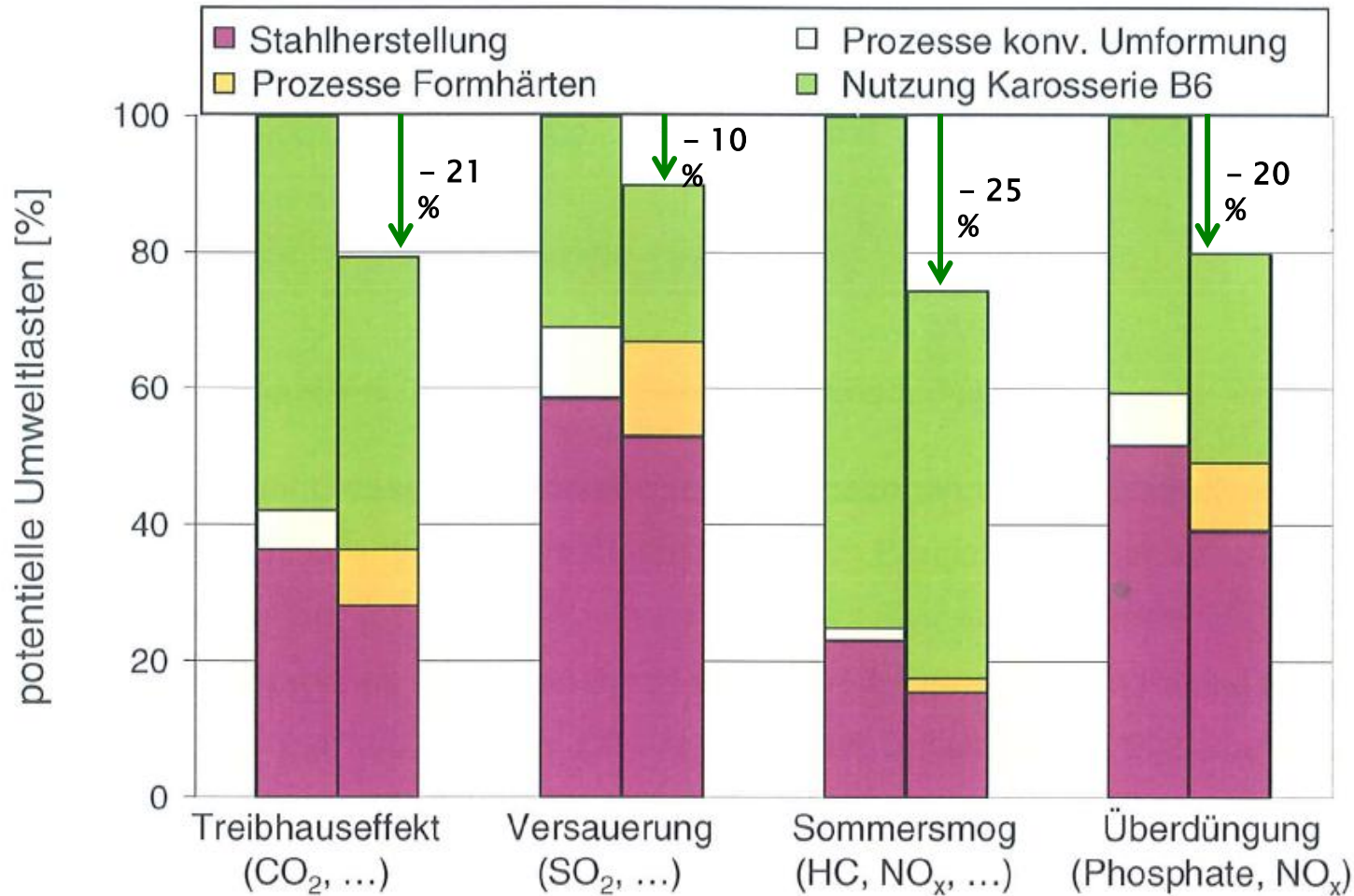


Differenz von ca. 35 kg CO₂-e pro Motor

Anmerkung:

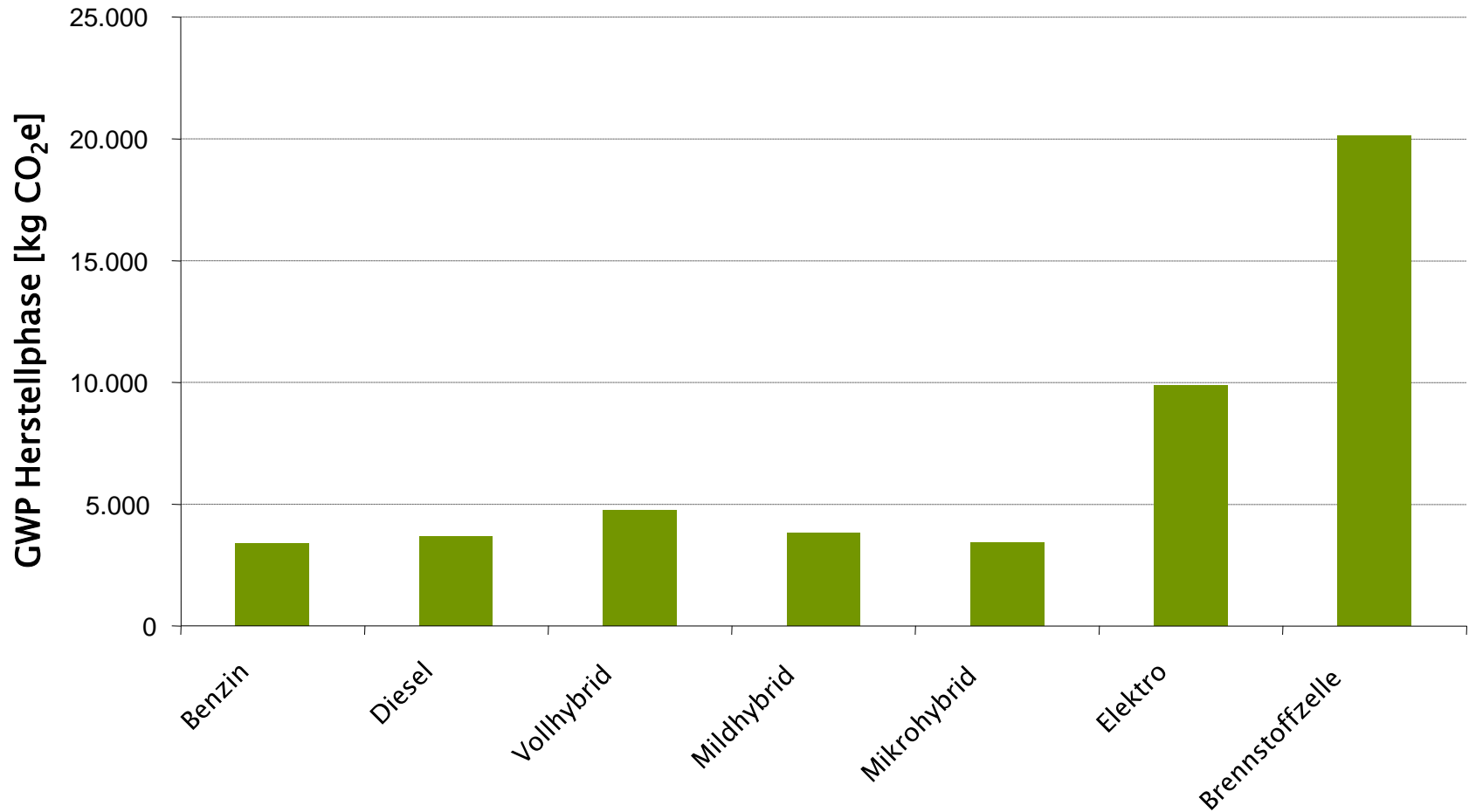
Thermische Energie aus Steinkohle;
Elektrische Energie aus länderspez. Strom-mix;

Life-Cycle-Analyse Formhärten Karosseriebau

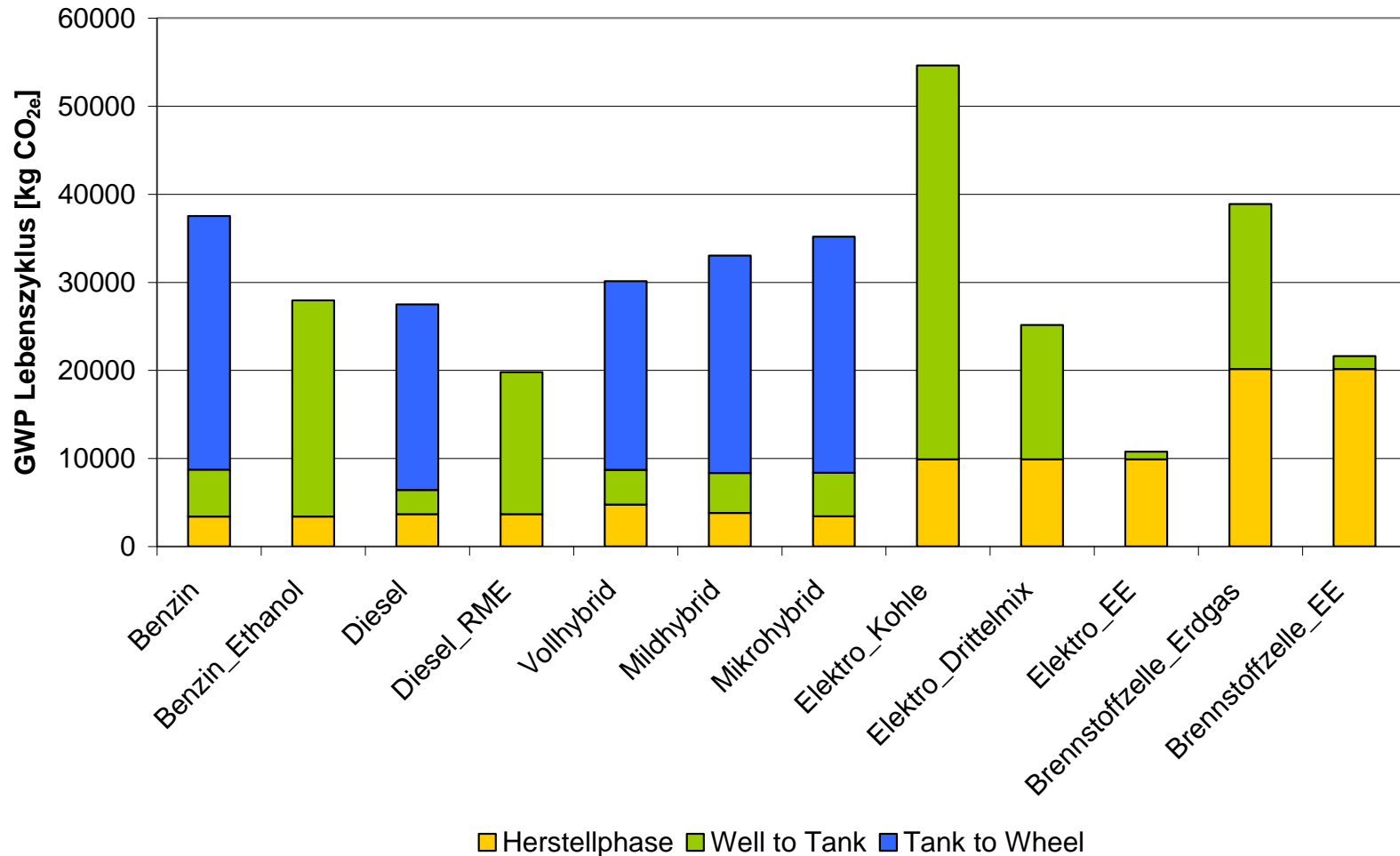


Quelle: Umweltbilanz „Leichtbau“, Dr. Stephan Krinke, 2006

Carbon Foot Print für unterschiedliche Antriebskonzepte in der Herstellphase



GWP des gesamten Lebenszyklus verschiedener Antriebskonzepte



Warum sollten Unternehmen (kurzfristig) in Energieeffizienz investieren ?

- Durchschnittliches Alter Maschinen und Anlagen: 20 a
- Insbesondere energieintensive Anlagen haben eher noch längere Lebensdauern (Urformen, Umformen, Beschichten)
- Austausch erfolgt nie aufgrund des Energiebedarfes
- Wirtschaftlichkeit von klassischen Effizienzmaßnahmen oftmals unbefriedigend
- Life-Cycle-Kosten als Entscheidungsbasis für Investitionen noch nicht in Beschaffung integriert
- Kenntnisse zu Energieeffizienz ungenügend
- **Welthandelsanteil Maschinenbau ca. 19%**
- **CO₂-Emissionen Deutschland 2,5 %**

Zusammensetzung Stromkosten – 12 Cent/kWh

EEG-Umlage 2013: 5,277 ct.



Übersicht möglicher Ausnahmeregelungen

	Ökosteuer	EEG-Umlage	Netzentgelte	KWK-Umlage	Konzessionsabgabe
Beschreibung	Ermäßigung der Steuersätze Spitzenausgleich Befreiung	Begrenzung der Umlage	Ermäßigung Befreiung	Begrenzung der Umlage	Ermäßigung Befreiung
Gesetzesgrundlage	§§9,10 StromStG §§54,55 EnergieStG	§ 40 ff. EEG	§ 19 StromNEV	§ 9 KWK-G	§ 2 KAV

Zertifiziertes Energiemanagementsystem nach ISO 50001 (bzw. ein Energieaudit für KMU)



Auswirkungen der erhöhten EEG-Umlage an einem Beispiel

Mittelständischer Kunststoffverarbeiter:

Mitarbeiter:	100
Jahresumsatz:	10 Mio. €
Umsatzrendite:	4% = 400 T€
Strombedarf:	10 GWh/Jahr
Strompreis bisher:	12 ct/kWh = 1,2 Mio. €/Jahr

Steigerung EEG: 1,685 ct/kWh = 168.500 €

Reduktion Rendite: 42,1 %

Notwendige Verbrauchsreduzierung zur Kompensation: 12,3%

Wahrnehmung von Energieeffizienz im Vergleich zu Erzeugungsanlagen



Energieeffizienz ist kein
eigenständiges Produkt, riecht nach
Styropor, schmeckt nach weniger
und ist damit politisch und
gesellschaftlich vollkommen unsexy

Energieeffizienz: Umdenken erforderlich – ist aber nichts Neues

90–er Jahre Automobilindustrie:

... der Kunde will primär keinen Bohrer kaufen sondern ein Loch mit definierten Eigenschaften und geringen Kosten erzeugen.

zukünftige Energieversorgung in der Industrie:

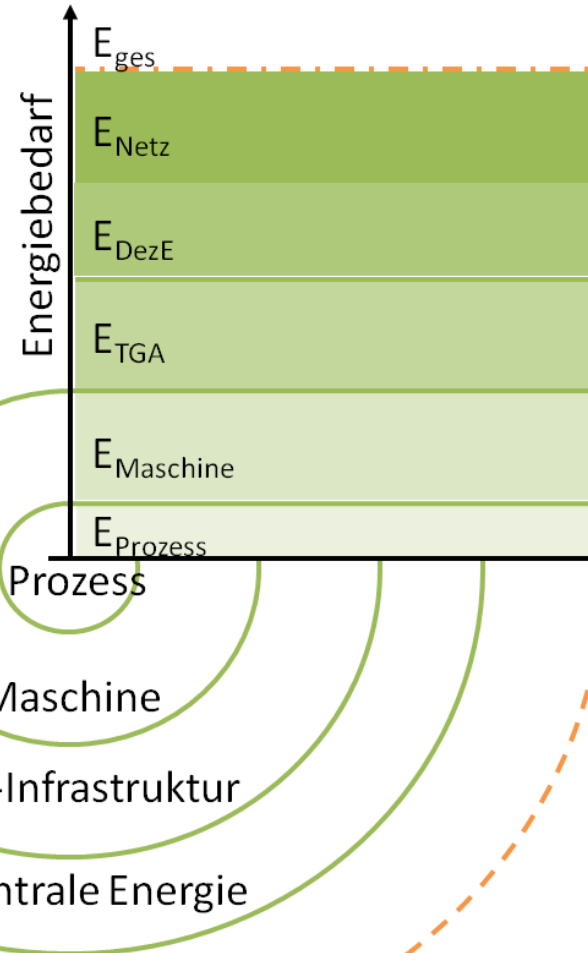
... der Kunde will weder Strom, Gas oder Druckluft, sondern mit definierten Anforderungen und geringen Kosten Bewegen, Schalten, Urformen, Umformen, Fügen, Trennen, Beschichten oder Reaktionen starten.

Das Zwiebelschalenmodell– Energieeffizienz vom Prozess her denken

1. Effizienzregel

Nur eine ganzheitliche Betrachtung der Energieflüsse beginnend beim Prozess bis hin zur Versorgung gewährleistet maximale Energieeinsparung.

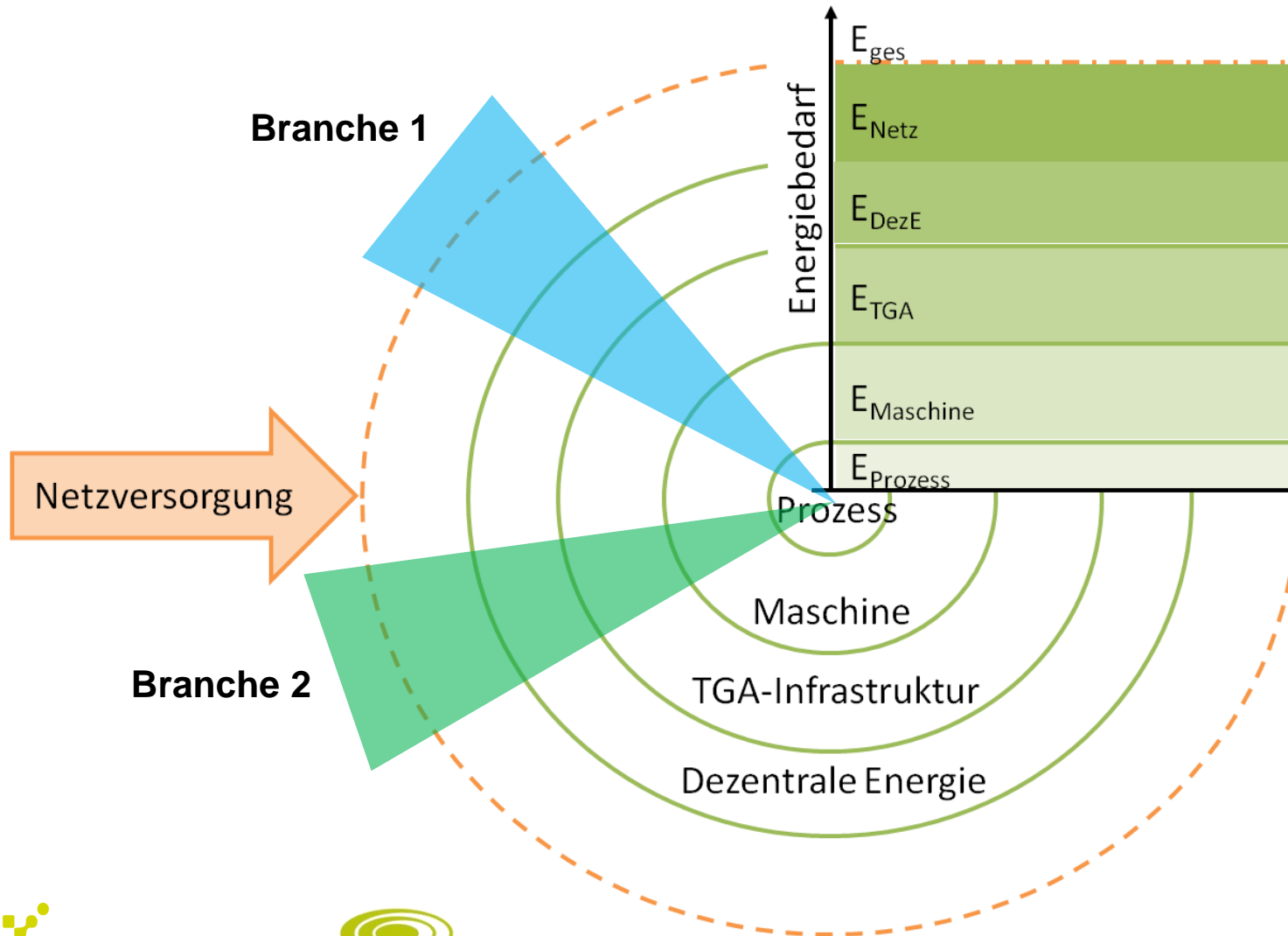
Netzversorgung



Struktur der Energieeffizienzfabrik

	Kunststoff- verarbeitung	Pharma	Metallverarbeitung
Kern-Technologien	Extrudieren, Kalandrieren, Spritzgießen	Destillieren, Sterilisieren	Bohren, Drehen, Fräsen, Schweißen, Kleben
Querschnittstechnologien			
Pneumatik			
Hydraulik			
Elektroantriebe	2. Effizienzregel		
Prozesswärme	Energieeffizienz muss vom Kernprozess her, also branchenspezifisch gedacht werden.		
Prozesskälte			
Heizungs-, Lüftungs-, Klimatechnik	Welche Energieträger eignen sich am besten für meinen Prozess und nicht welcher Prozess passt zu meiner jetzigen Versorgung?		
Beleuchtung			

Branchenorientierte Vorgehensweise



Energieeffizienz bei Maschinen und Anlagen

1. Durchschnittsalter von Produktionsmaschinen ca. 20 Jahre. Bis 2020 gibt es rechnerisch noch ca. 0,5 Wechselzyklen.
2. Ein Austausch von funktionsfähigen Maschinen nur um Energiekosten zu sparen gibt betriebswirtschaftlich (trotz steigender Kosten) auf absehbare Zeit keinen Sinn.

3. Effizienzregel

Die Steigerung muss zu großen Teilen im Bestand erreicht werden.

Der Schlüssel hierzu liegt in der intelligenten Kopplung von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik.

Der Verbraucher wird dadurch zum **smart consumer** als Bestandteil eines zukünftigen **smart grid**

HIER! Hessen – Innovationen für Energie- und Ressourceneffizienz

upp
umweltgerechte produkte und prozesse

LIMÓN
Frisches Denken für Produktion und Energie



1. Aus- und Weiterbildung
2. Innovations- und Demonstrationsprojekt in zentralen Effizienzfeldern mit großem Potenzial
 - Druckluftarme Produktion
 - KWK-gerechte Produktion
 - Produktion in klimatisierten Räumen
3. Kommunikation

Laufzeit: 01.01.2010 bis 31.03 2013

Projektvolumen: 2,2 Mio.€

Partner: Fachgebiet upp Universität Kassel, Limón GmbH, Kassel, Imtech Deutschland GmbH, Hamburg, Volkswagen AG, Kassel, Viessmann Werke, Allendorf

Förderung: HMUELV Hessen, NATUR pur Institut für Klima- und Umweltschutz gGmbH, EU EFRE

... Um sicherzustellen, dass auch in Zukunft ausreichend kompetente Mitarbeiter für das Unternehmen zur Verfügung stehen, wird deren Qualifizierung noch stärkere Aufmerksamkeit geschenkt ...
(Studie Roland Berger im Auftrag des VDMA zum Beitrag des Maschinen- und Anlagenbaus zur Energieeffizienz, Okt. 2009)

Projektziele **HIER**:

1. Kopplung von Lehrveranstaltungen und Weiterbildung
2. Ausbau des bestehenden Ausbildungsangebotes „Energiemanager“ (IHK)
3. Unternehmens- bzw. branchenspezifische Ausbildung von Energiecoaches als ergänzendes spezifisches Angebot zum Energiemanager
4. Branchenspezifische Veranstaltung von Workshops in Unternehmen in Abstimmung mit den IHK und Handwerkskammern
5. Aufbau von Versuchsständen, Messmitteln, Steuerungstechnik und Kalkulationstools zur Durchführung möglichst anwendungsnaher Praktika und Übungen

Druckluftarme Produktion

Druckluftbereitstellung etwa 7 % des industriellen Strombedarfs (entspricht 1,3 AKW), Wirkungsgrad <10%. Bisher steht Optimierung der bestehenden Systeme (Leckage, Regelung) im Vordergrund

HIER:

Vollständige Vermeidung von Druckluftanwendungen, da alternative Techniken prinzipiell verfügbar und wirtschaftlich einsetzbar sind (Anwender: VW Baunatal)

KWK-gerechte Produktion

Ziel KWK-Gesetz: Bis zum Jahr 2020 ein Viertel der Stromversorgung durch Kraft-Wärme-Kopplung. Problem ist unzureichende Nutzungsmöglichkeit für Wärme und dadurch unbefriedigende Wirtschaftlichkeit (Anwender: Viessmann Werke)

HIER:

KWK-gerechtes Design der Prozesse und Produktionsstrukturen und Einsatz intelligenter Steuerungen

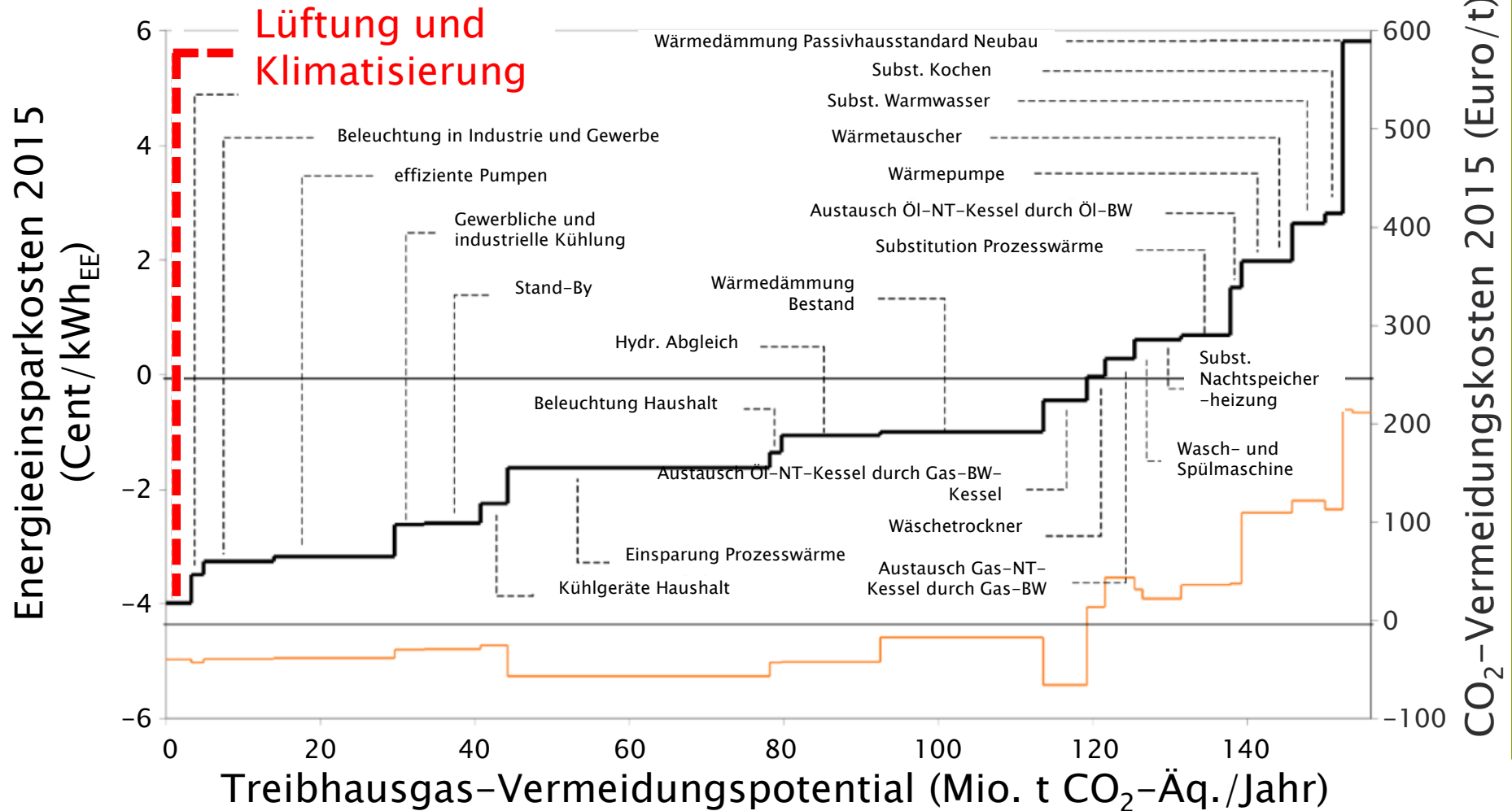
Produktion in klimatisierten Räumen

Wachstumsmarkt Klimatisierung: 17,5 TWh elektrische wie auch nichtelektrische Energie werden zur Erzeugung von Kälte für die Klimatisierung aufgewendet. Dies entspricht ca.3% des deutschen Strombedarfes. Weltweit werden derzeit 50 Mio. Anlagen installiert, bis 2020 in Deutschland Verdreifachung der gekühlten Fläche auf 3,8 m² pro Einwohner

HIER:

Reduktion interner Lasten in klimatisierten Produktionsbereichen, da für 3 kWh eingebrachte Energie nochmal etwa 1 kWh für die Kühlung erforderlich wird. Anpassung der Produktionsbedingungen an das produktbedingt Notwendige (und nicht an das technisch Machbare). Anwender: Imtech GmbH

Energieeinspar- und CO₂-Vermeidungskosten (gesamtwirtschaftlich)

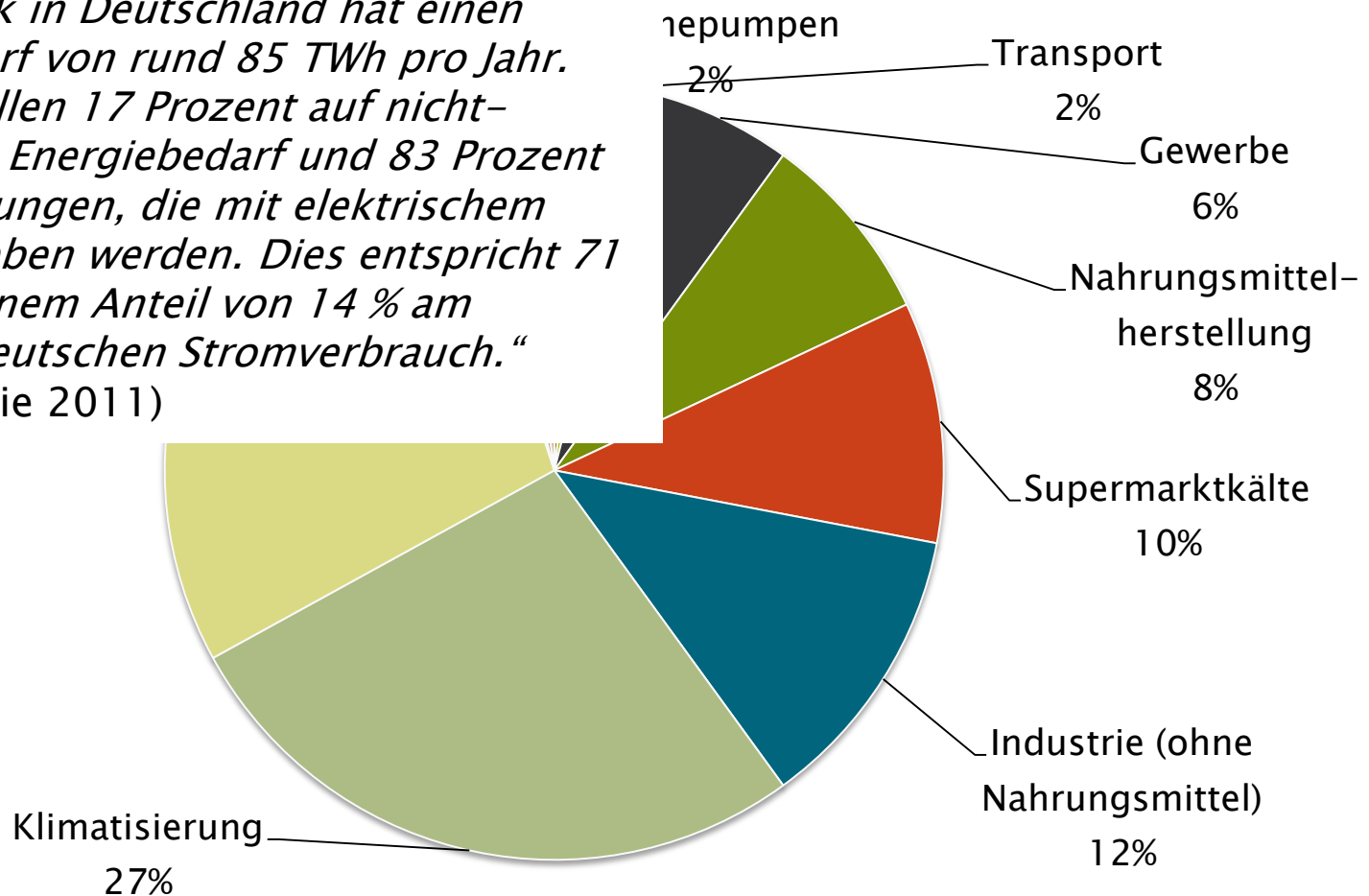


Quelle: Wuppertal Institut, 2006

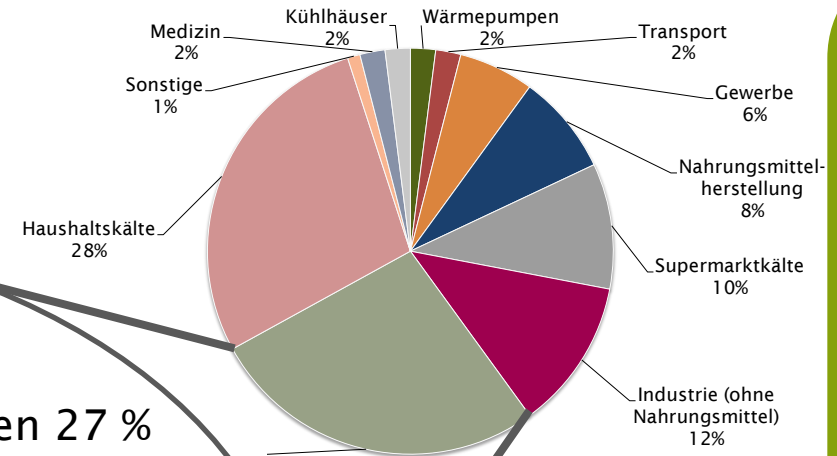
VDMA-Studie "Energiebedarf von Kältetechnik in Deutschland"

„Kältetechnik in Deutschland hat einen Energiebedarf von rund 85 TWh pro Jahr. Davon entfallen 17 Prozent auf nicht-elektrischen Energiebedarf und 83 Prozent auf Anwendungen, die mit elektrischem Strom betrieben werden. Dies entspricht 71 TWh oder einem Anteil von 14 % am gesamten deutschen Stromverbrauch.“
(VDMA-Studie 2011)

28%

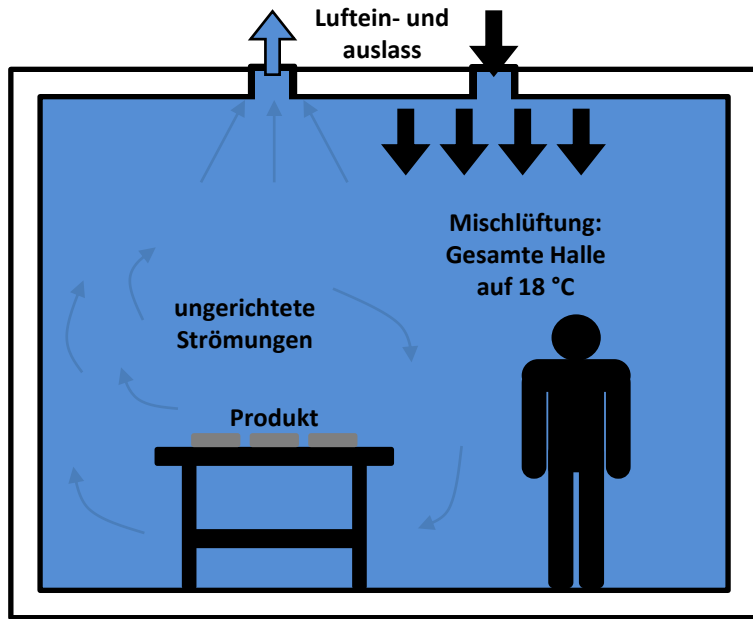


Energetische Einsparpotentiale auf Basis der VDMA-Studie

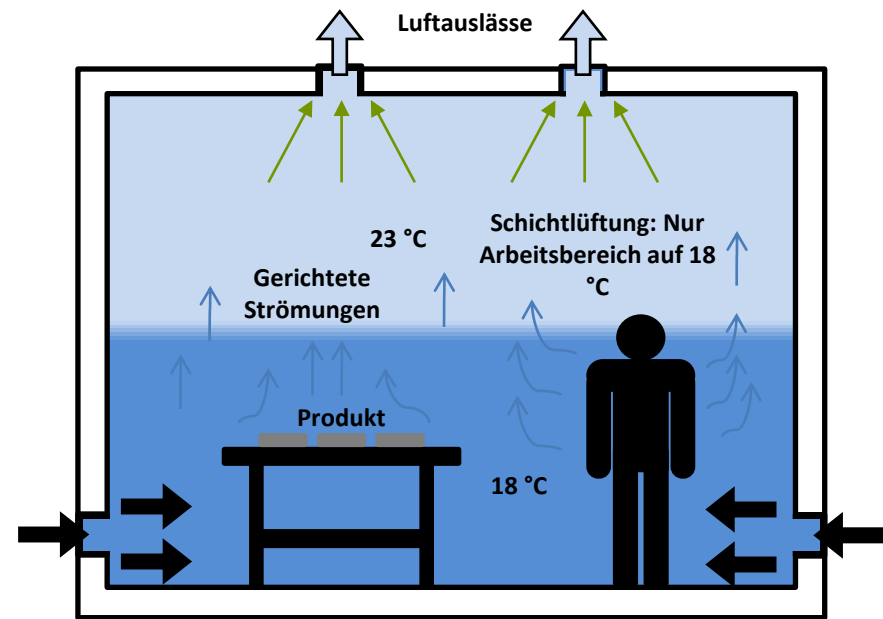


- Von den rund 71 TWh pro Jahr entfallen 27 % auf die Klimatisierung!
- Dies entspricht alleine 19 TWh pro Jahr!
- Eine Einsparung des dafür notwendigen Energiebedarfs von nur 10 % entspricht 1,9 TWh!
- **Diese Einsparung von nur 10 % entspricht dem jährlichen Strombedarf von etwa 650.000 Privathaushalten oder 1,4 Millionen Menschen!**

Mischlüftung

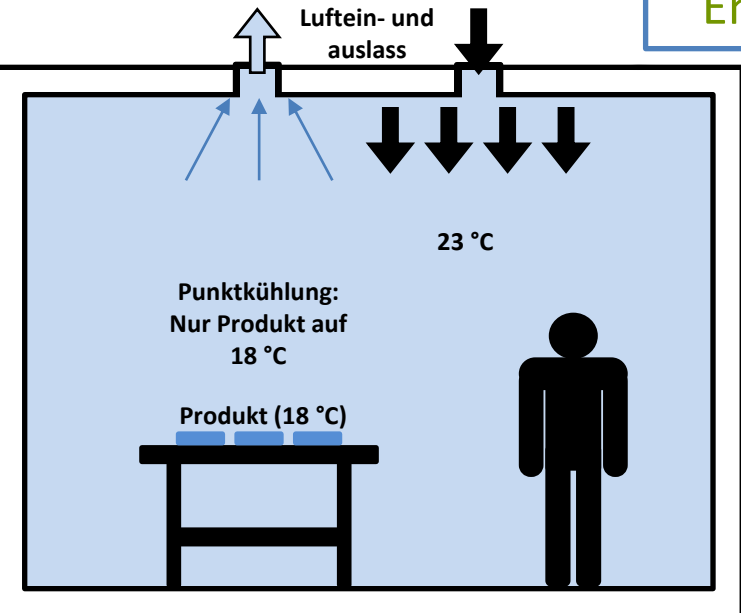


Schichtlüftung

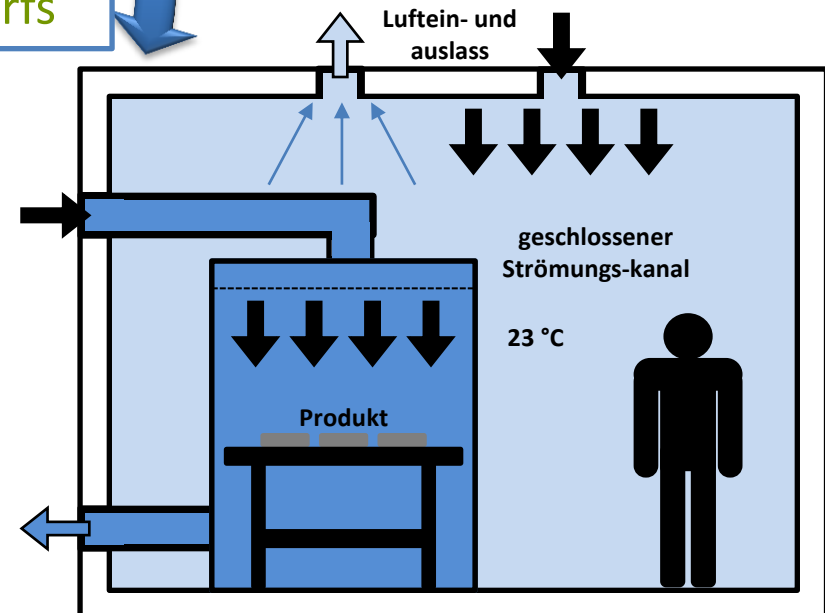


Senkung des Energiebedarfs

Punktkühlung



Kapselung





e.VISOR Energieeffizienzmonitoring & -bewertung



» Vorteil

Das e.VISOR-System ermöglicht die kontinuierliche Erfassung und Auswertung von Energieeffizienzdaten in industriellen Anlagen. Durch die Integration von Sensoren und Messgeräten wird ein umfassendes Bild der Energieeffizienz der Anlage erstellt. Die Daten werden in Echtzeit analysiert und in übersichtlichen Diagrammen und Tabellen dargestellt. Dies ermöglicht es, Energieverschwände zu identifizieren und zu beheben, was zu erheblichen Energieeinsparungen führt. Zudem bietet das System die Möglichkeit, die Energieeffizienz über die Lebensdauer der Anlage hinweg zu überwachen und zu optimieren.



Maschine

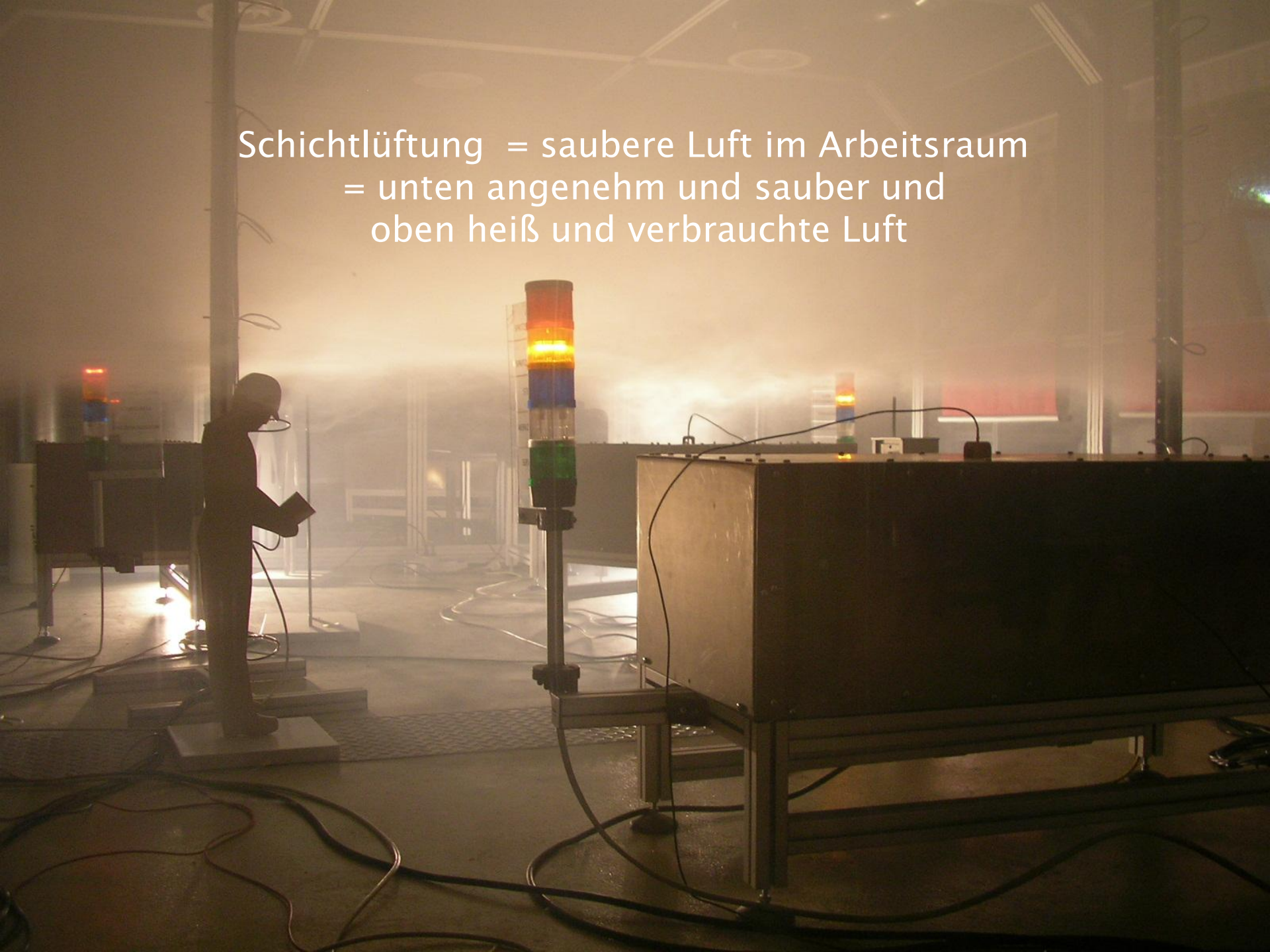
Sensorik

Menschen

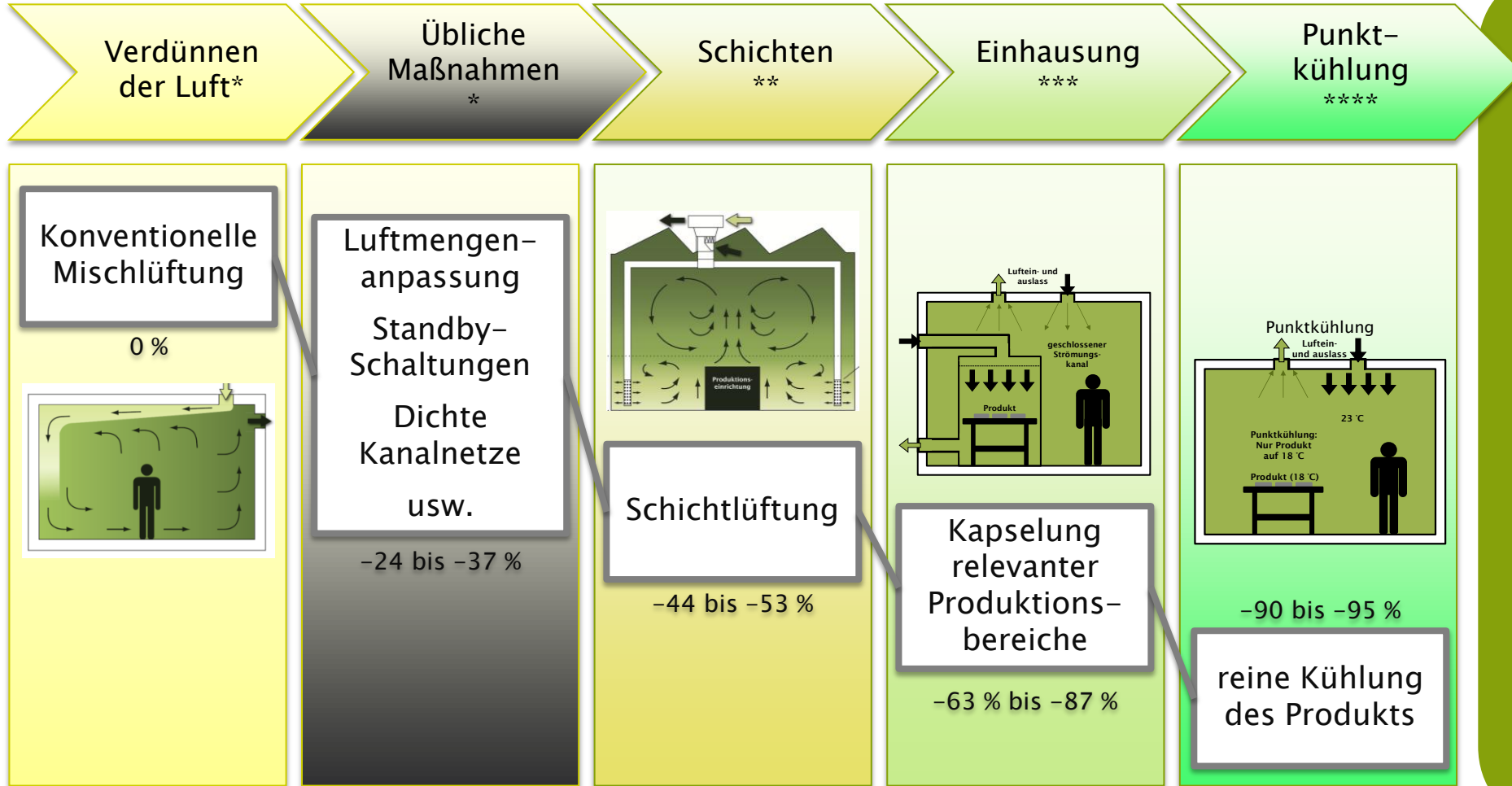
Mischlüftung = hoher Luftbedarf = konstante Durchmischung =
überall gleiche Temperatur



Schichtlüftung = saubere Luft im Arbeitsraum
= unten angenehm und sauber und
oben heiß und verbrauchte Luft



Energetische Übersicht von Systemen zur Klimatisierung



■ Druckluftbedarf in Deutschland

- Jährlicher Energiebedarf ca. 14 TWh = 14.000.000.000 kWh
- **Entspricht etwa:**

- dem mehr als Vierfachen der jährlichen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Hessen (2010)¹



- 15 % mehr als die jährliche Stromerzeugung aus allen Photovoltaikanlagen in Deutschland (2010)²

¹Quelle: www.statistik-hessen.de
²Quelle: www.erneuerbare-energien.de

Druckluft- verteilung

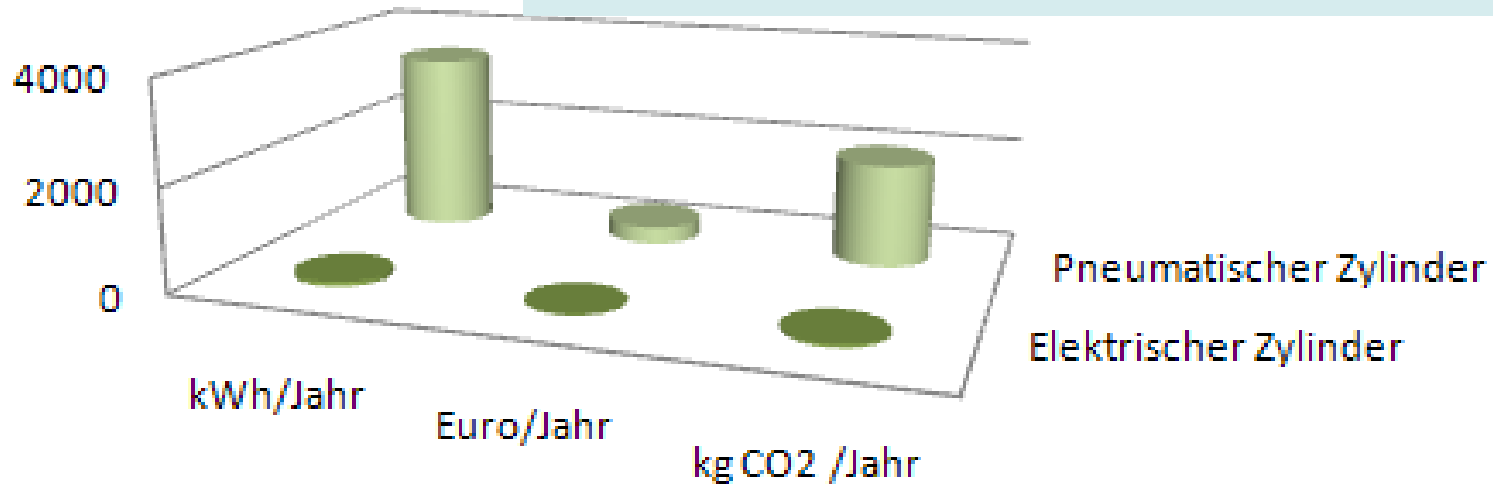


Vergleich elektromechanischer und pneumatischer Linearantrieb



Vergleich elektromechanischer und pneumatischer Antrieb (4.000 Betriebsstunden/a)

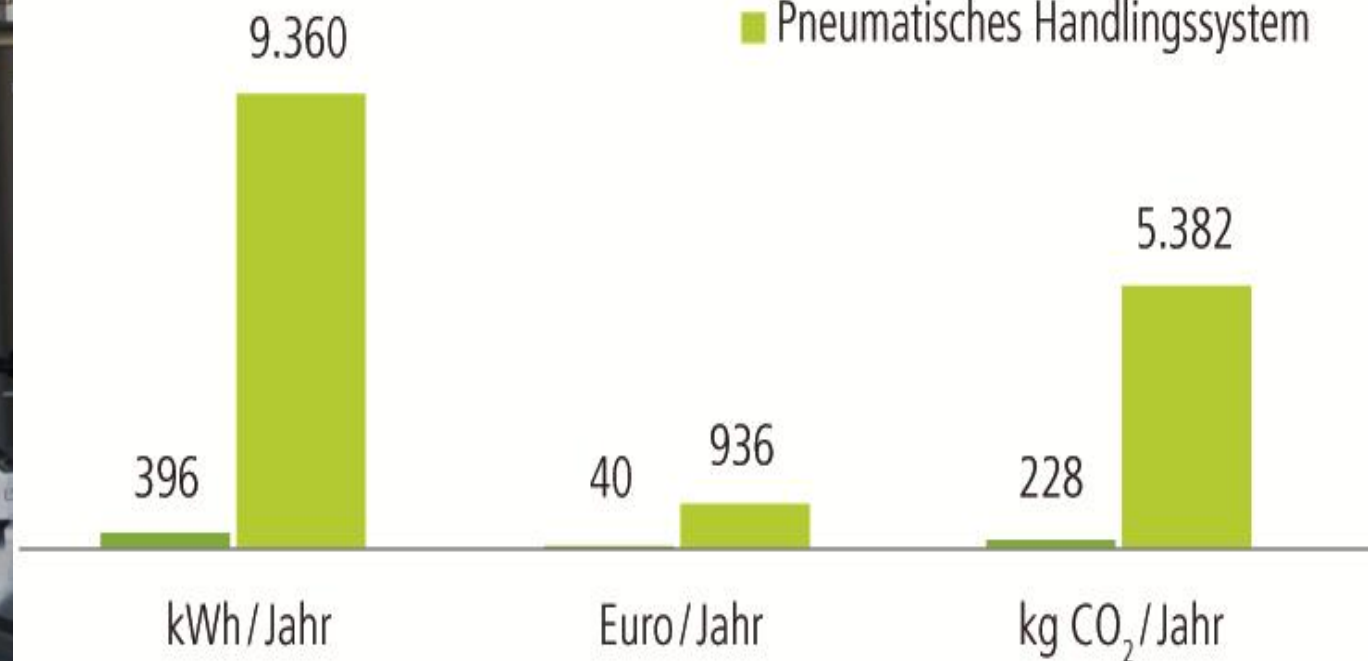
Mehrinvest Elektroantrieb: ca.570 € (33%)
Amortisation (ohne Wartung): ca. 1,6 a



	kWh/Jahr	Euro/Jahr	kg CO2 /Jahr
Elektrischer Zylinder	86	8	49
Pneumatischer Zylinder	3456	345 €	1987

Energetischer Vergleich pneumatisches / elektrisches Handlungssystem

- Elektrisches Handlungssystem
- Pneumatisches Handlungssystem



Problemstellungen Energiepolitik – Unternehmen

Energiepolitik

- Steigende EEG-Umlage
- Nord-Süd-Problematik (Windparks im Norden – Großverbraucher im Süden)
- Fluktuierende Erzeugung durch Erneuerbare Energien
- Versorgungssicherheit nach Abschaltung AKW



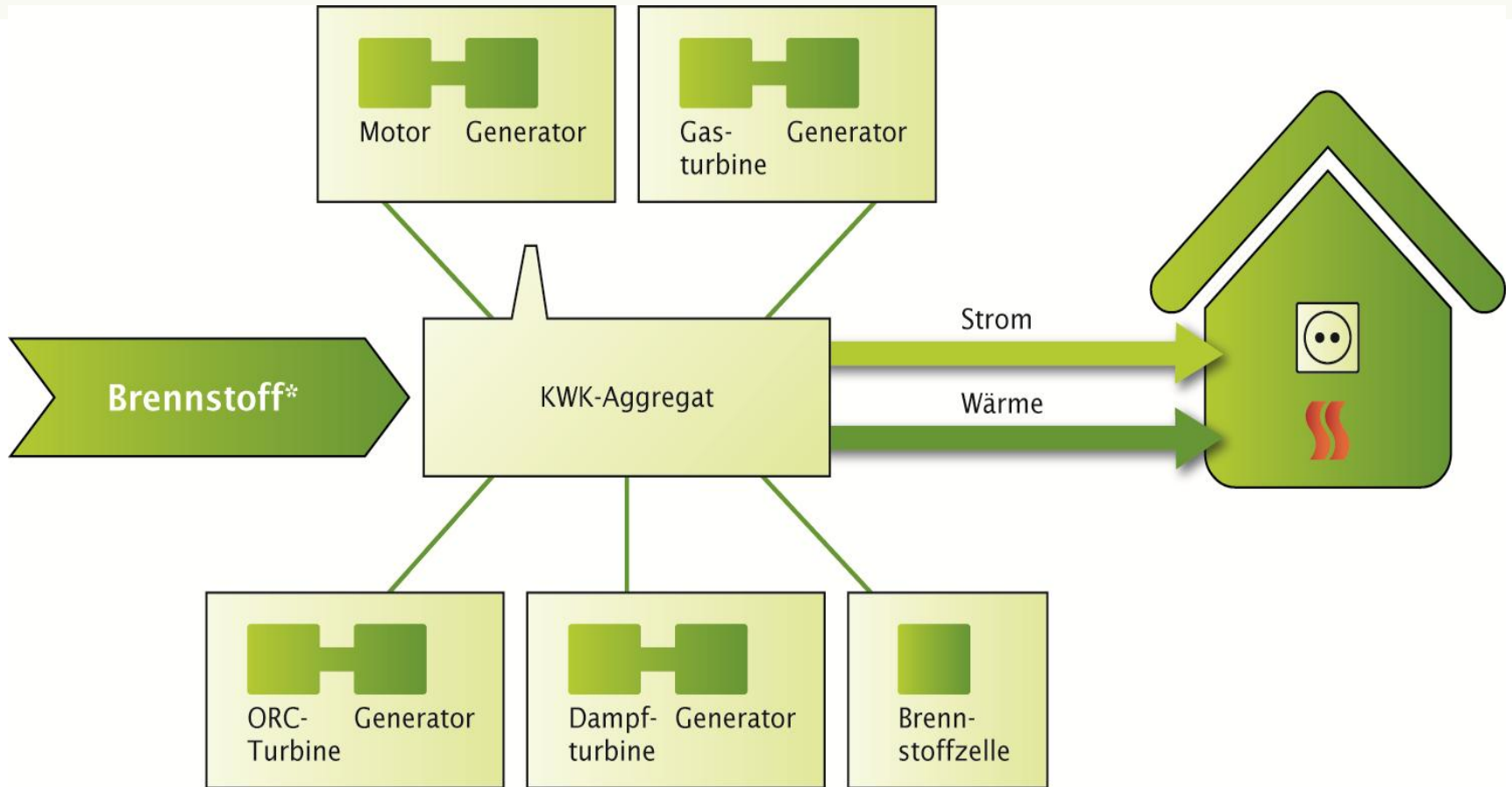
Unternehmen

- Steigende Energiekosten, insbesondere Strom
- Unkalkulierbare und unübersichtliche Kostenentwicklung für Energie
- Geringer Support durch EVU bei Energieeffizienz



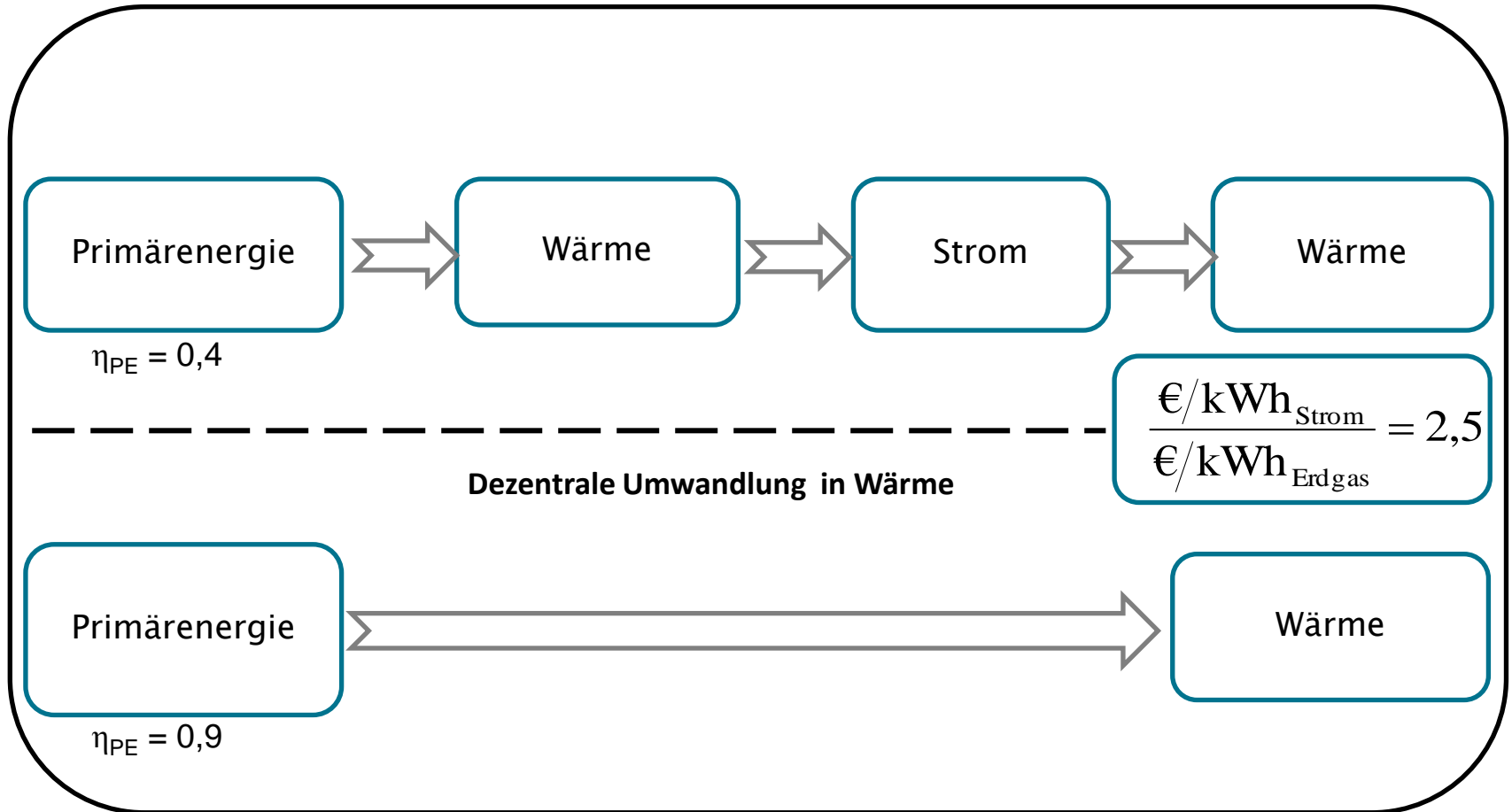
Besser selbst
versorgen ?

Prinzip Kraft-Wärme-Kopplung



* Pflanzenöl, Pflanzenmethylester, Bioethanol, Biogas, Holz, Stroh, Heizöl, Erdgas, Kohle, Abfall

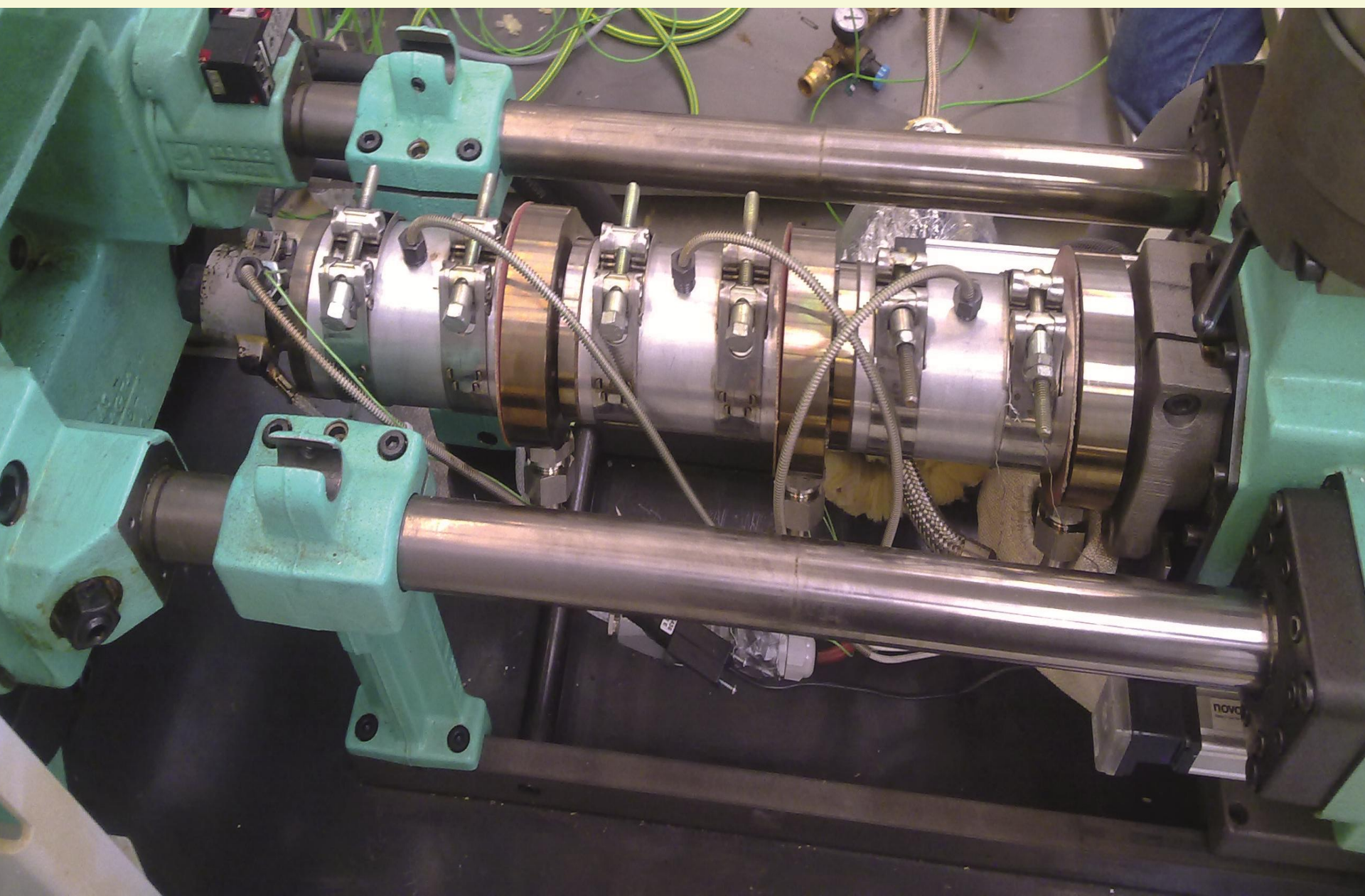
Prozesswärme direkt oder aus KWK erzeugen und nicht aus Strom !



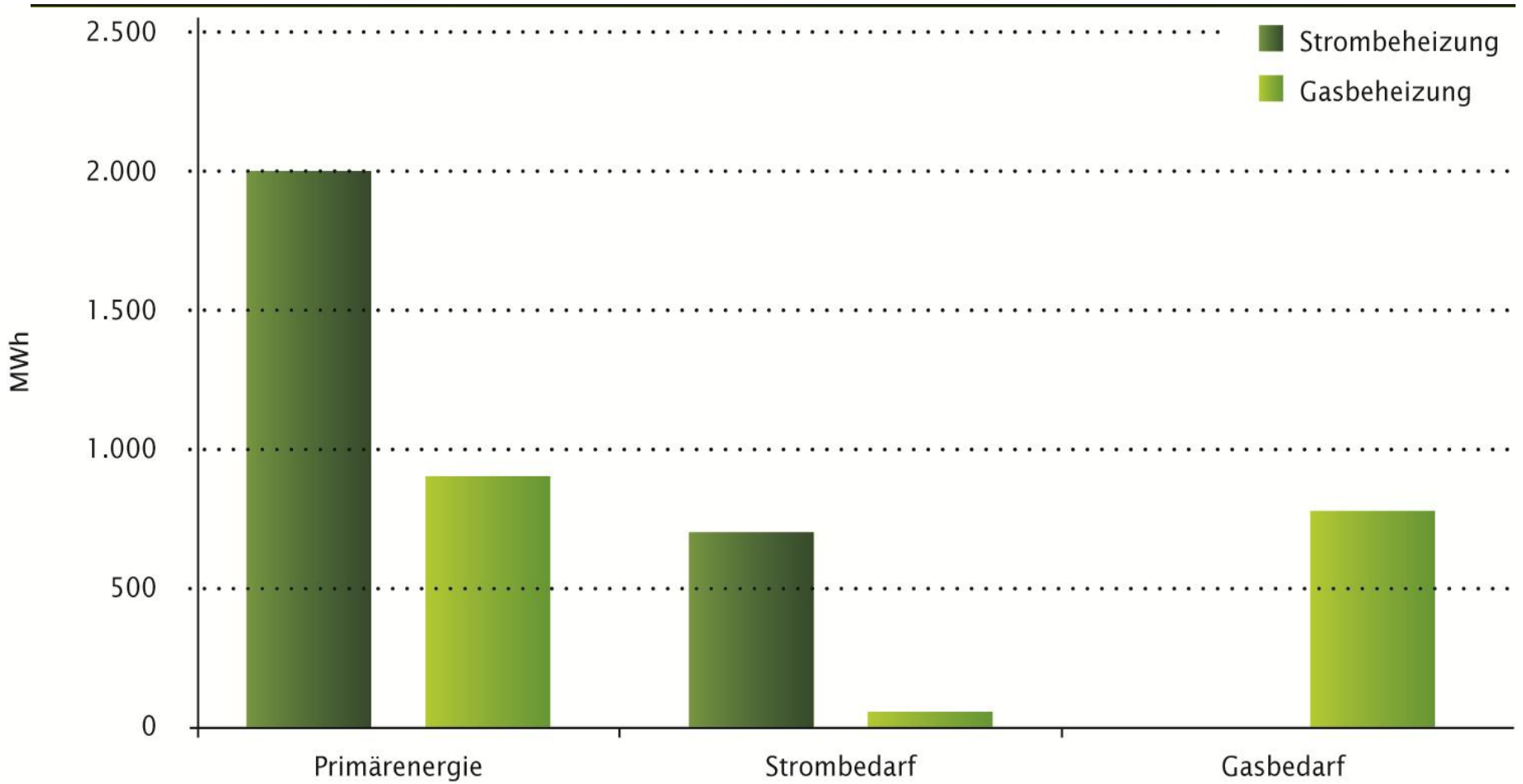
Beispiel Kunststoffverarbeiter



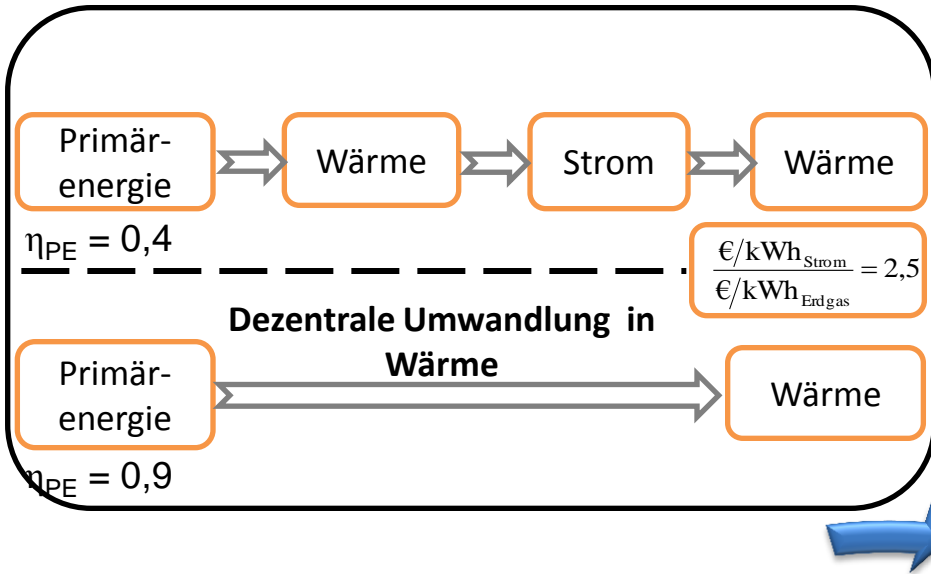
Extruderbeheizung



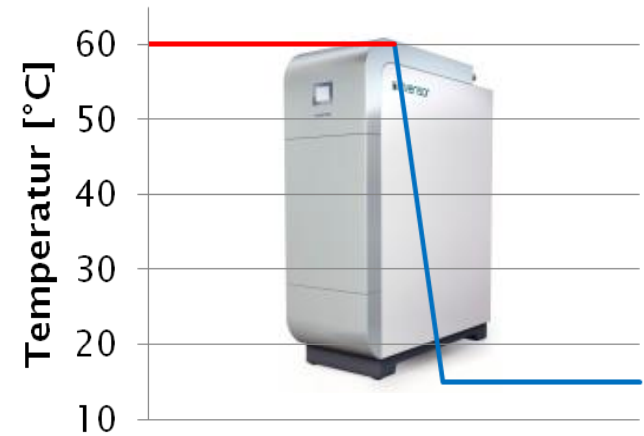
Beispiel Extruderbeheizung



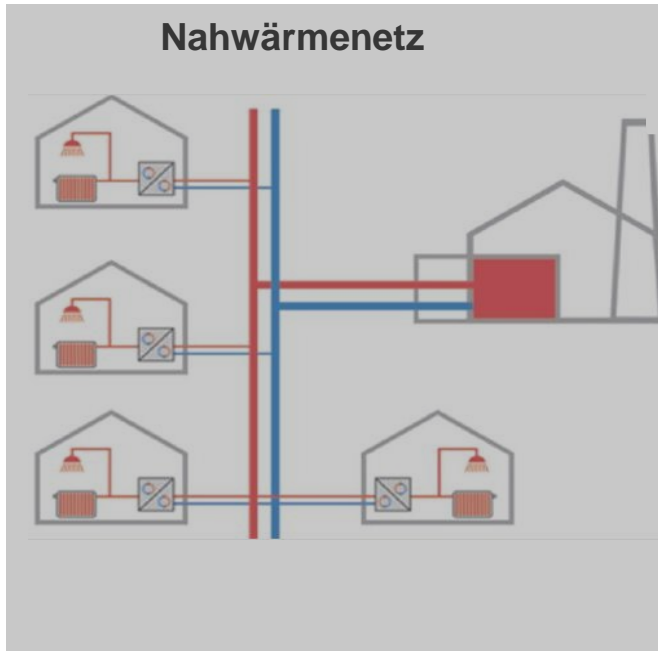
Prozesswärme aus KWK (nicht aus Strom)



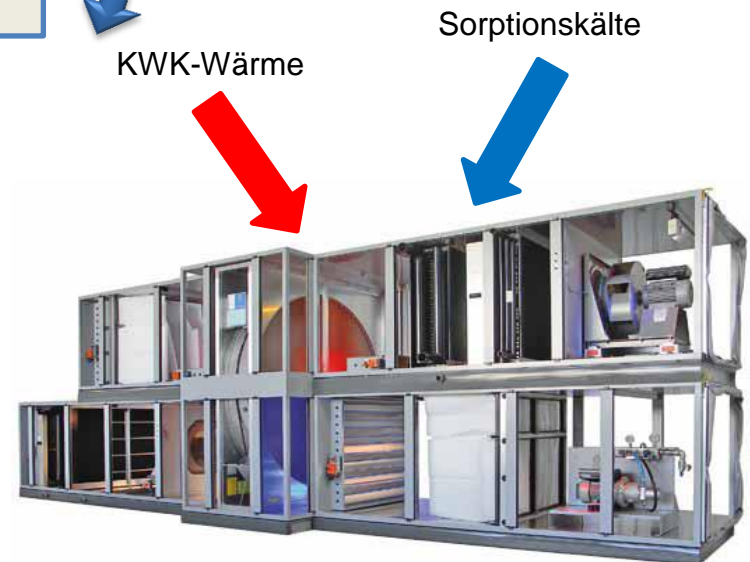
Kälte aus Wärme (Sorptions)



Wärmenutzung aus KWK



HLK mit KWK-Wärme und Sorptionskälte



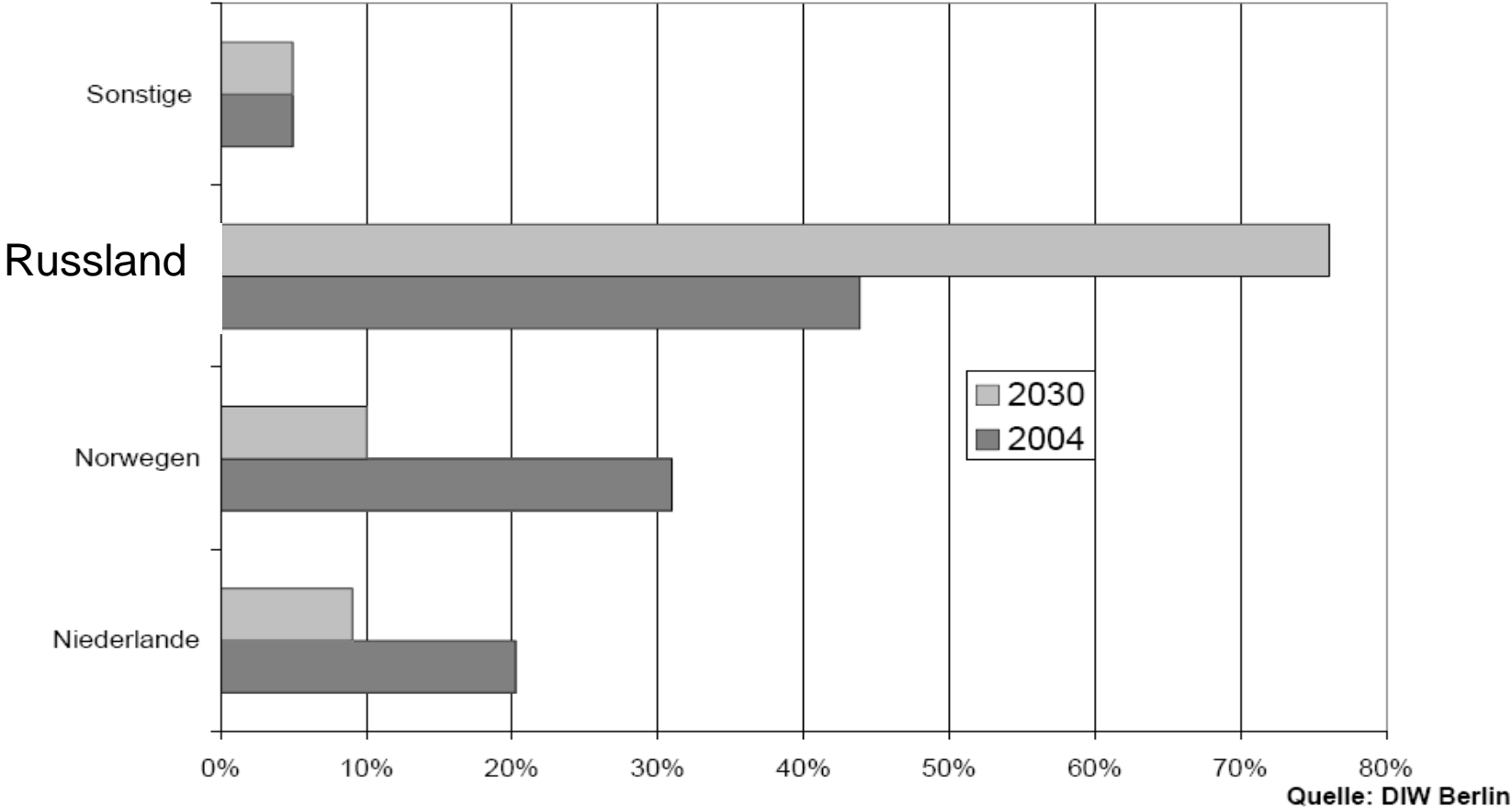


Konsequenzen dezentraler Versorgung

- Verbraucher werden zu Erzeugern
- Unternehmen müssen Know-how zu Energie aufbauen
- Stromnetze werden entlastet
- Energieversorger benötigen neue Geschäftsmodelle

- Erhöhter Gasbedarf durch verstärkten KWK-Einsatz
Preisentwicklung und Abhängigkeiten?

Abhängigkeit Deutschland von Gasimporten



CO₂-Neutralität

Eine Fabrik kann als CO₂-neutral bezeichnet werden, wenn keine klimaschädlichen Emissionen anfallen bzw. diese kompensiert werden können.

Der Ort für die Durchführung dieser Kompensationsmaßnahmen kann beliebig sein, da der Treibhauseffekt ein globales Problem darstellt.

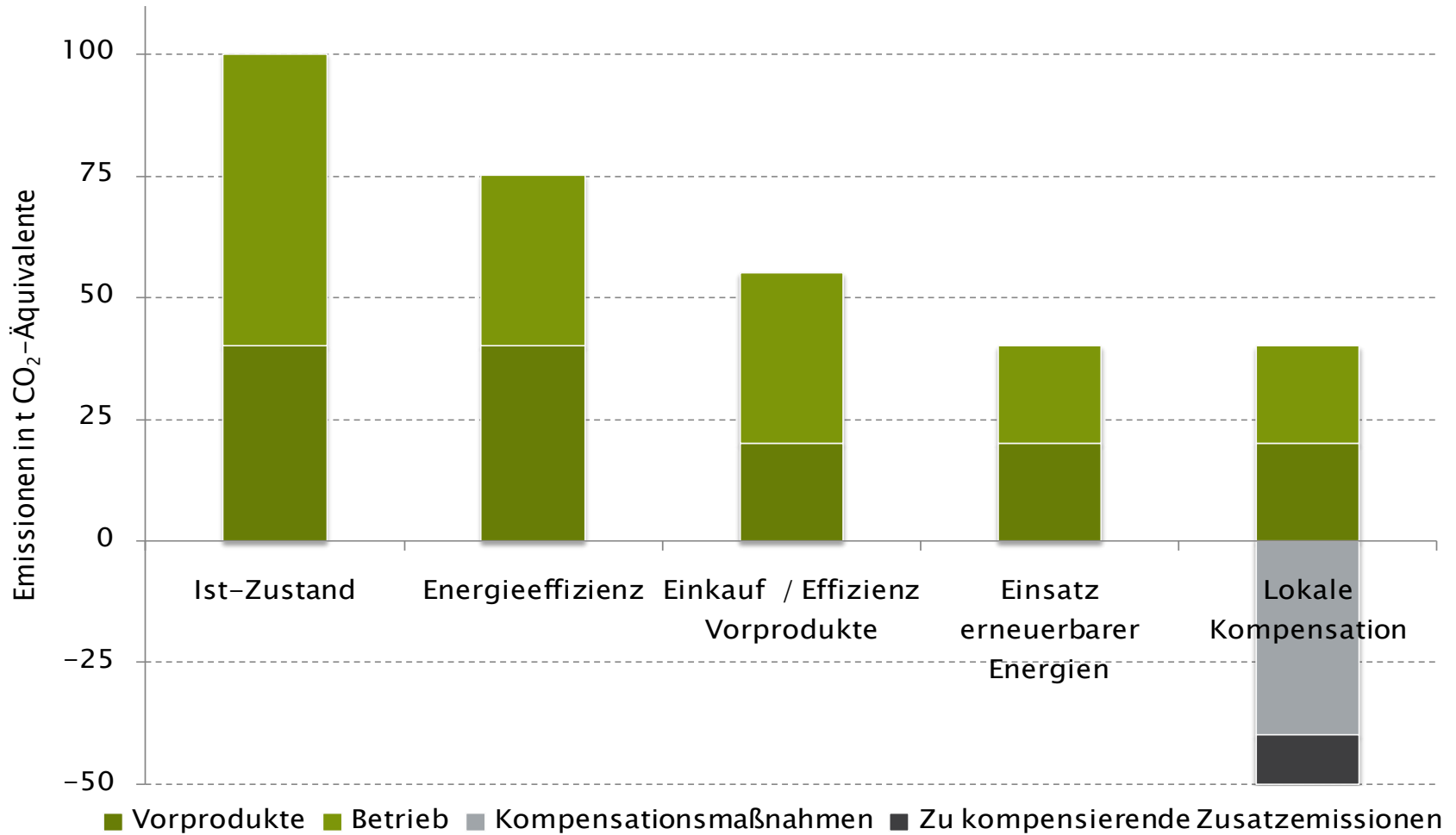
Höhe der Emissionen u.a. bestimmt durch

- die verwendeten Energieträger und deren Vorketten,
- die eingesetzten Ressourcen und Prozesse,
- die technische Gebäudeausrüstung,
- die Produktionslogistik.

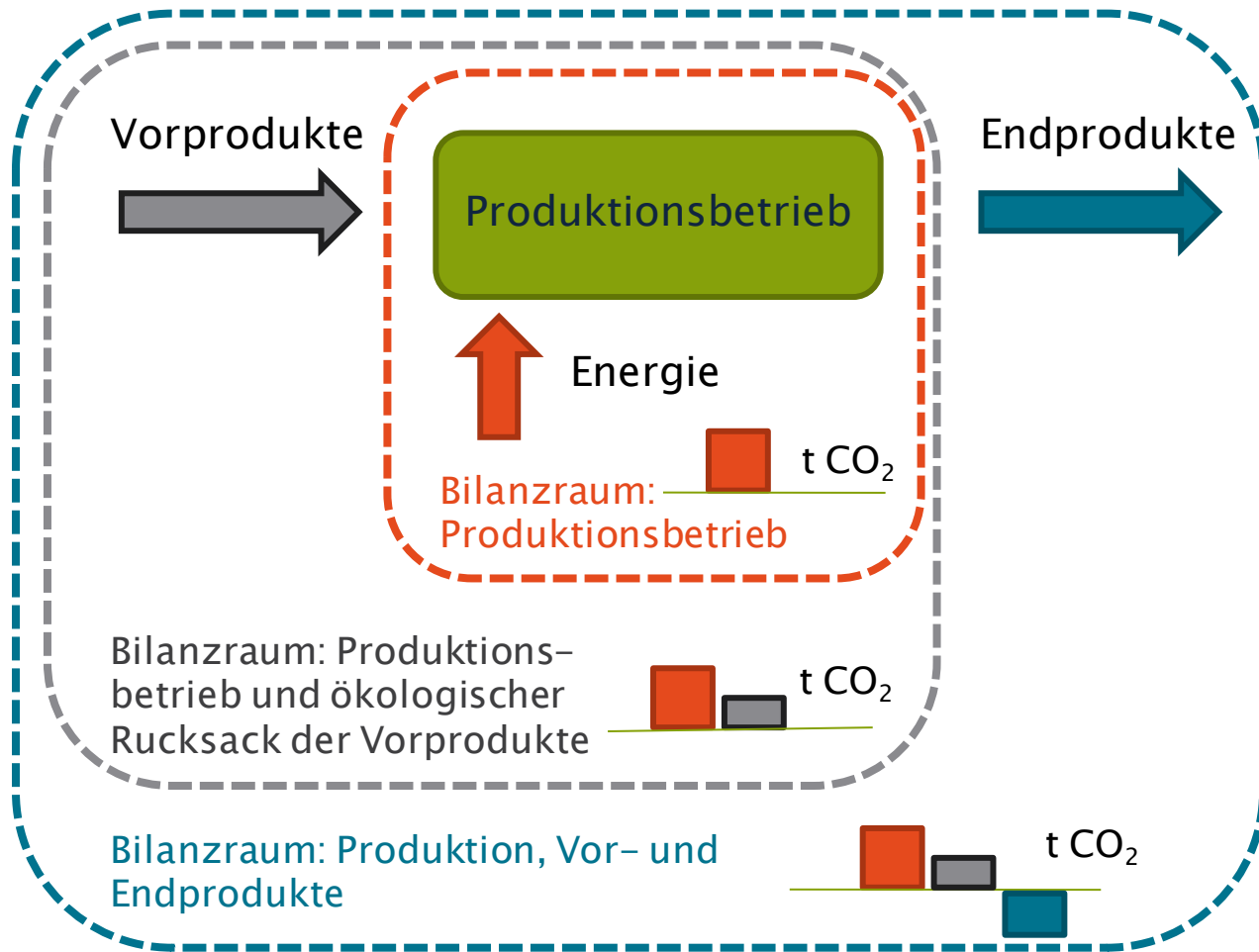
Klimarelevante Treibhausgase und GWP-Werte

Treibhausgas	Chemisches Zeichen	Global Warming Potential (GWP)
CO ₂	CO ₂	1
Methan	CH ₄	21
Lachgas	N ₂ O	310
Fluorchlorkohlenwasserstoffe	FCKW	bis zu 14.400
Fluorkohlenwasserstoffe	FKW/HFKW	bis zu 14.800
Tetrafluorethan	R-134a, HFC-134a	1.430
Schwefelhexafluorid	SF ₆	23.900
Perfluoromethane	CF ₄	6.500
Stickstofftrifluorid	NF ₃	17.200

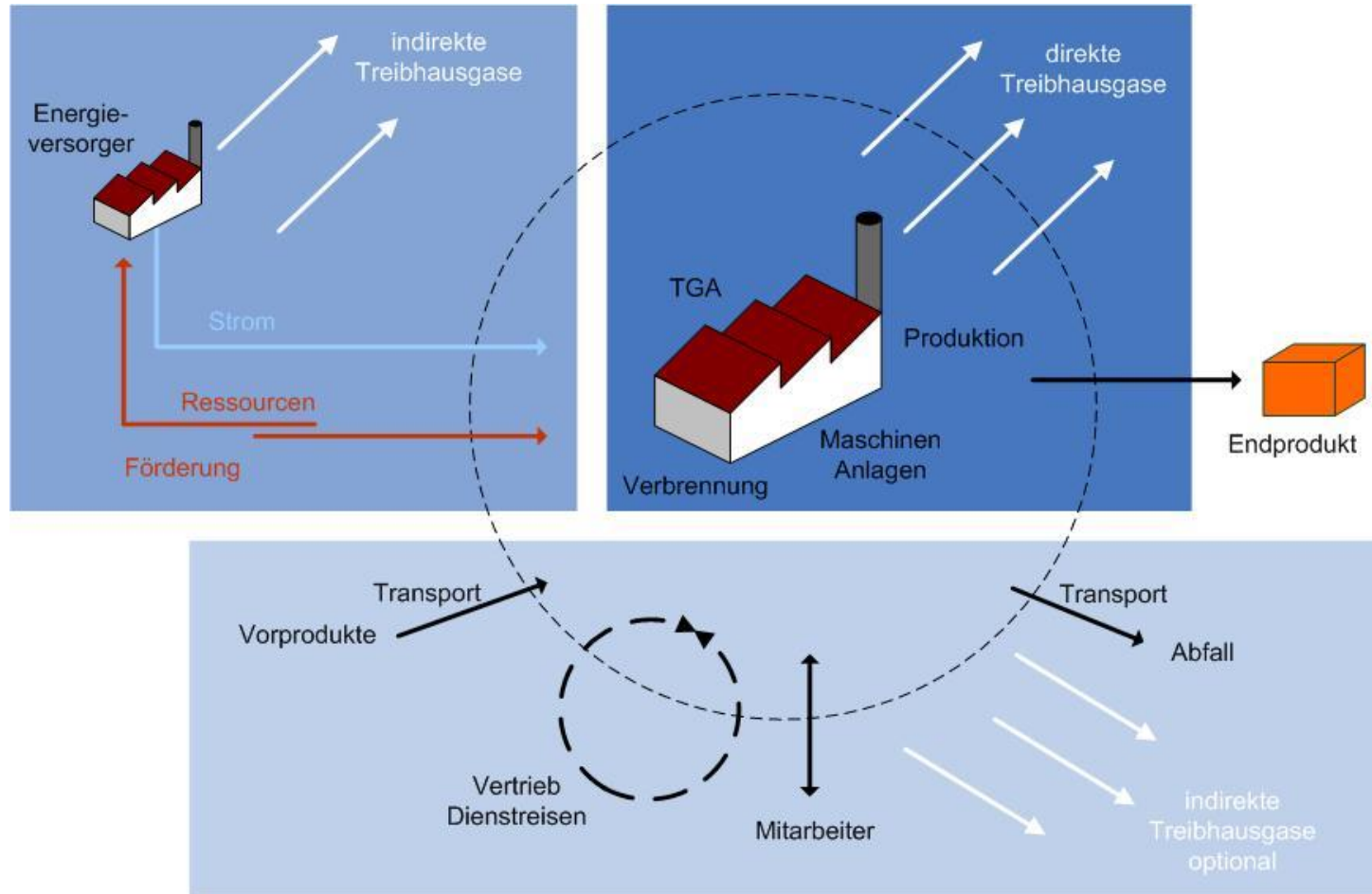
Vorgehensweise



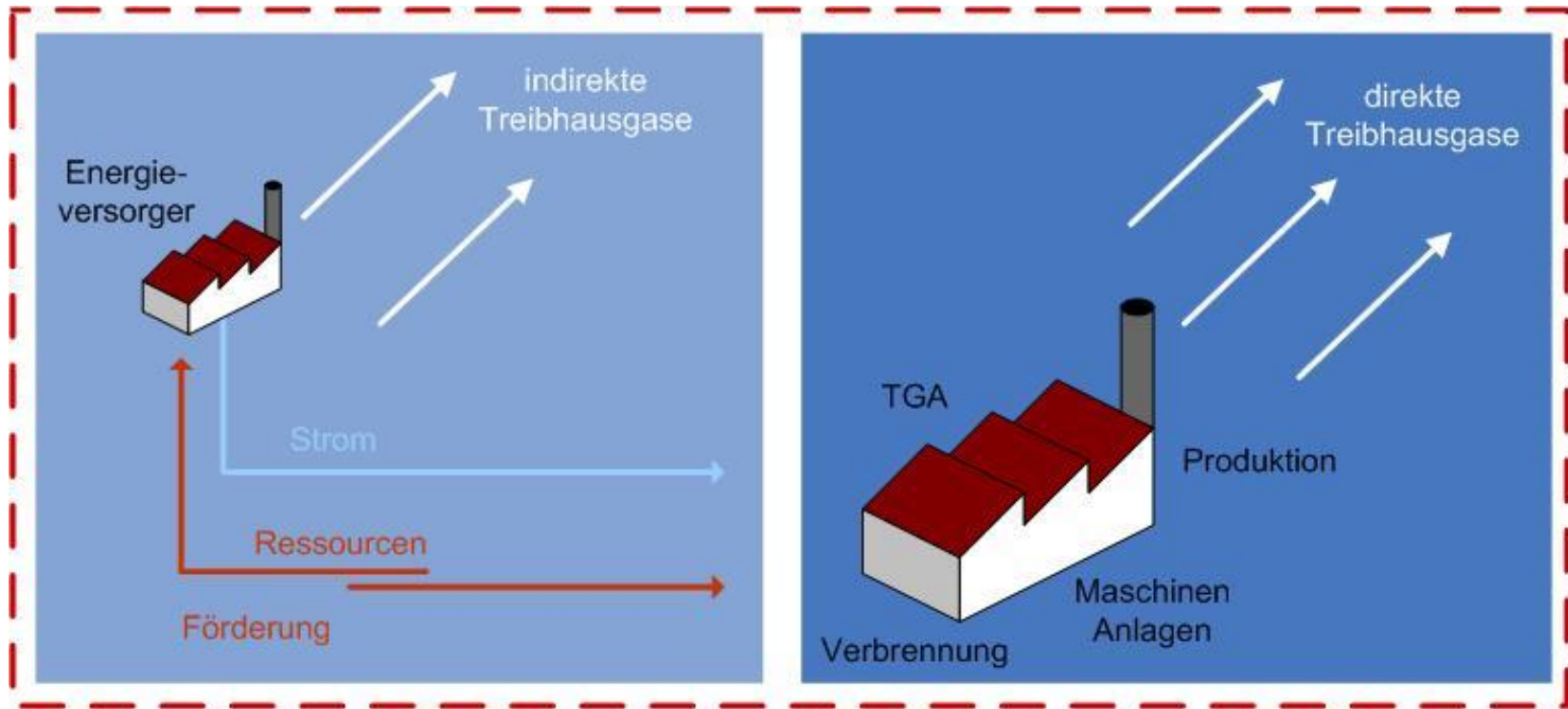
Bilanzräume



CO₂-neutrales Unternehmen



CO₂-neutrale Produktion Bilanzgrenzen



Vorgehensweise

- Bilanzgrenzen ziehen
- Eingangsströme benennen und messen (z.B. Strom, Wärme, Kälte, Druckluft; Rohstoffe und Vorprodukte für die Produktion)
- Ausgangsströme benennen und messen (z.B. Produkte, Abfall, Abwärme, Emissionen)
- Ein- und Ausgangsströme herausfiltern, die zu den wesentlichen Belastungen des Klimas führen
- CO₂-Reduzierungspotenziale ausarbeiten und umsetzen (z.B. Energieeffizienzmaßnahmen, Bau von Anlagen erneuerbarer Energien)
- Berechnung der Restemissionen und Kompensierung gemäß gewählter Richtlinie

Erstellung von Bilanzen – Beispiel elektrische Energie

Datensatz aus gemis 422	CO ₂ -Äquivalent
Deutscher Strommix	620 kg/MWh
PV multikristallin	107 kg/MWh
Strom aus Biogas-BHKW	89 kg/MWh
Strom aus Erdgas-BHKW	258 kg/MWh
Strom aus Windkraftanlage	23 kg/MWh

→ Um CO₂-neutral zu sein:
Emissionen auf Null reduzieren



Kompensationsmöglichkeiten

- Teilnahme am Emissionshandel
- CDM- oder JI-Projekte
- Investition in Senken
- Investition in regionale Projekte



Zertifizierungen / Labels



World Business Council for Sustainable Development



WORLD RESOURCES INSTITUTE



Frisches Denken für Produktion und Energie



umweltgerechte produkte und prozesse

Vorteile der CO₂-Neutralität

- CO₂-neutrale Fabrik nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch sinnvoll
- Optimierung der Stoff- und Energieströme reduziert Kosten
- Betrachtung der Klimawirkung über den gesamten Produktlebenszyklus schafft Transparenz und hilft, die Umweltbilanz zu verbessern
- Mit lokalem Energiekonzept wird zusätzliche lokale Wertschöpfung betrieben und die regionale Verankerung des Unternehmens gefördert
- Durch Investitionen in diesem Bereich werden die entsprechenden Technologien fortschrittlicher und kostengünstiger
- CO₂-neutrale Fabrik leistet einen wichtigen Beitrag für eine zukunftsweisende klimafreundliche Energieversorgung

Praxisbeispiel

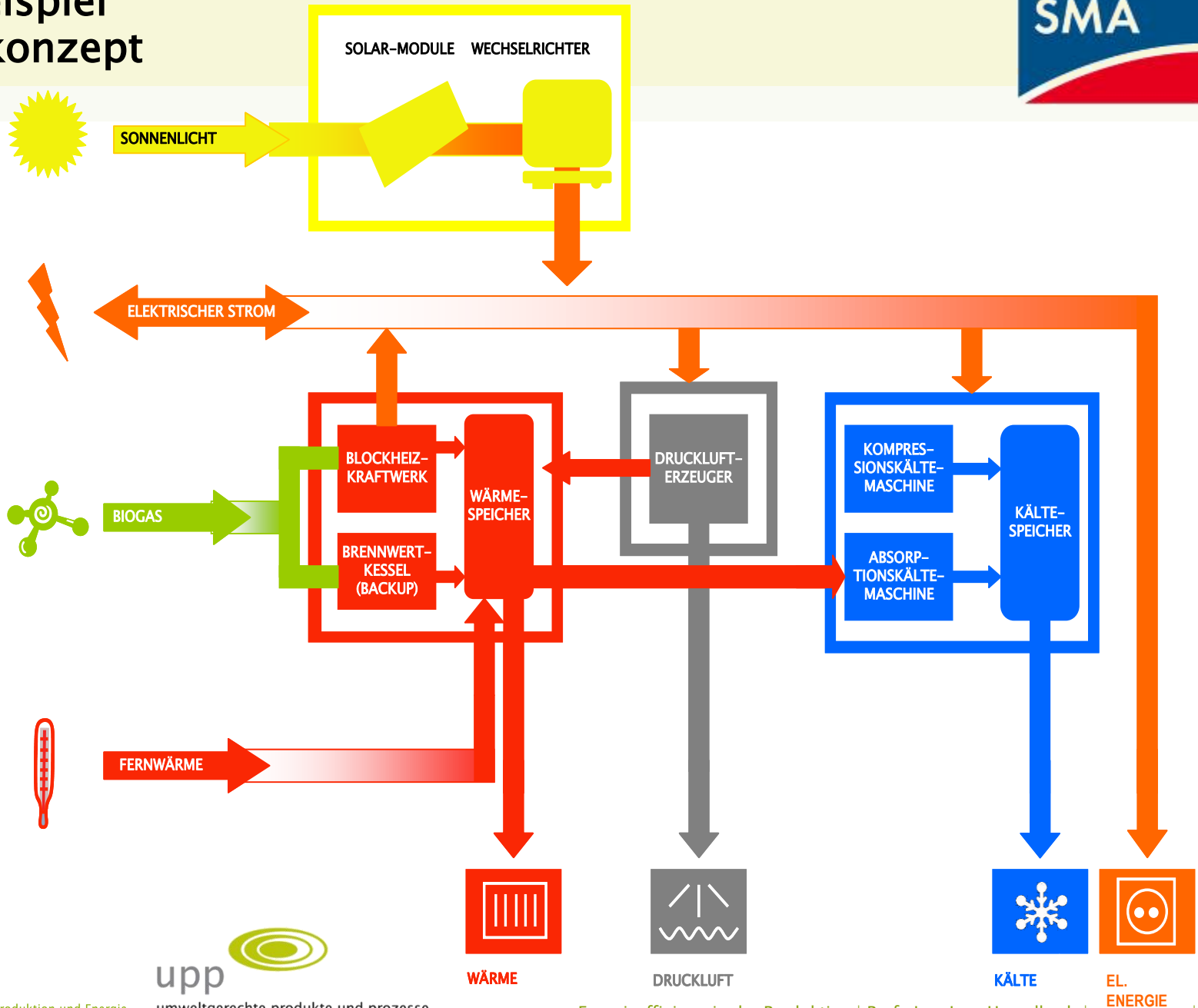
Die neue SMA Wechselrichter-Fabrik



- Produktion und Vertrieb von Solar-Wechselrichter für Photovoltaikanlagen
- Weltweit größte Solar-Wechselrichterfabrik
- Vorrangige Ausschöpfung der Vermeidungspotenziale vor Ausgleich mit Kompensationsmaßnahmen



Praxisbeispiel Energiekonzept



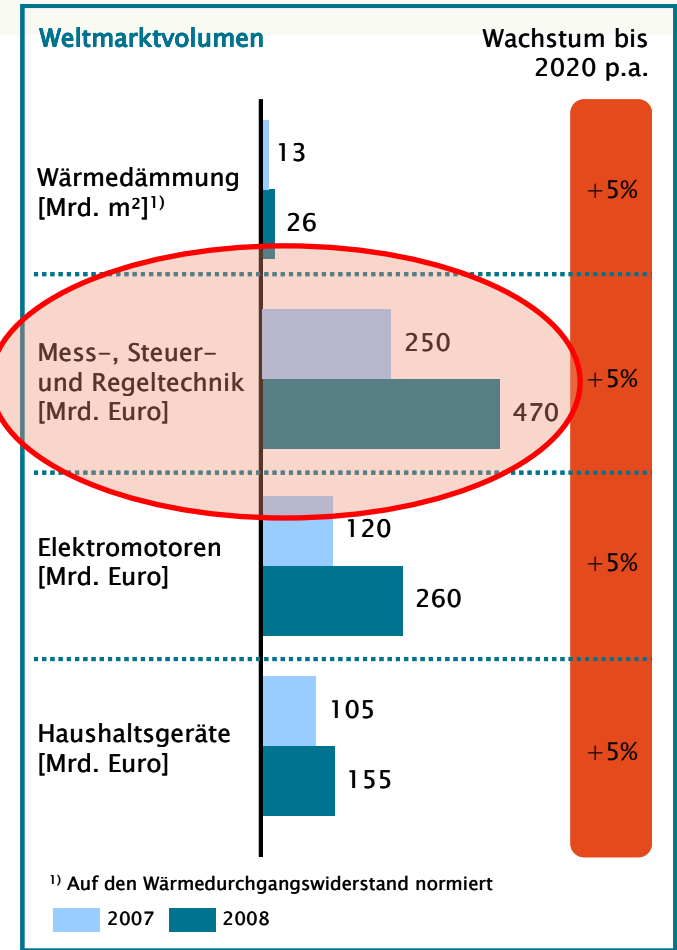
Markt für Energieeffizienz

Studie Umweltwirtschaftsbericht

- „Energieeffizienz ist der grüne Zukunftsmarkt mit dem größten Marktvolumen bis 2020“
- „Jährliches Wachstum von ca. 5% des Leitmarktes Energieeffizienz“
- „Treiber in diesem Leitmarkt sind vor allem die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und Elektromotoren“

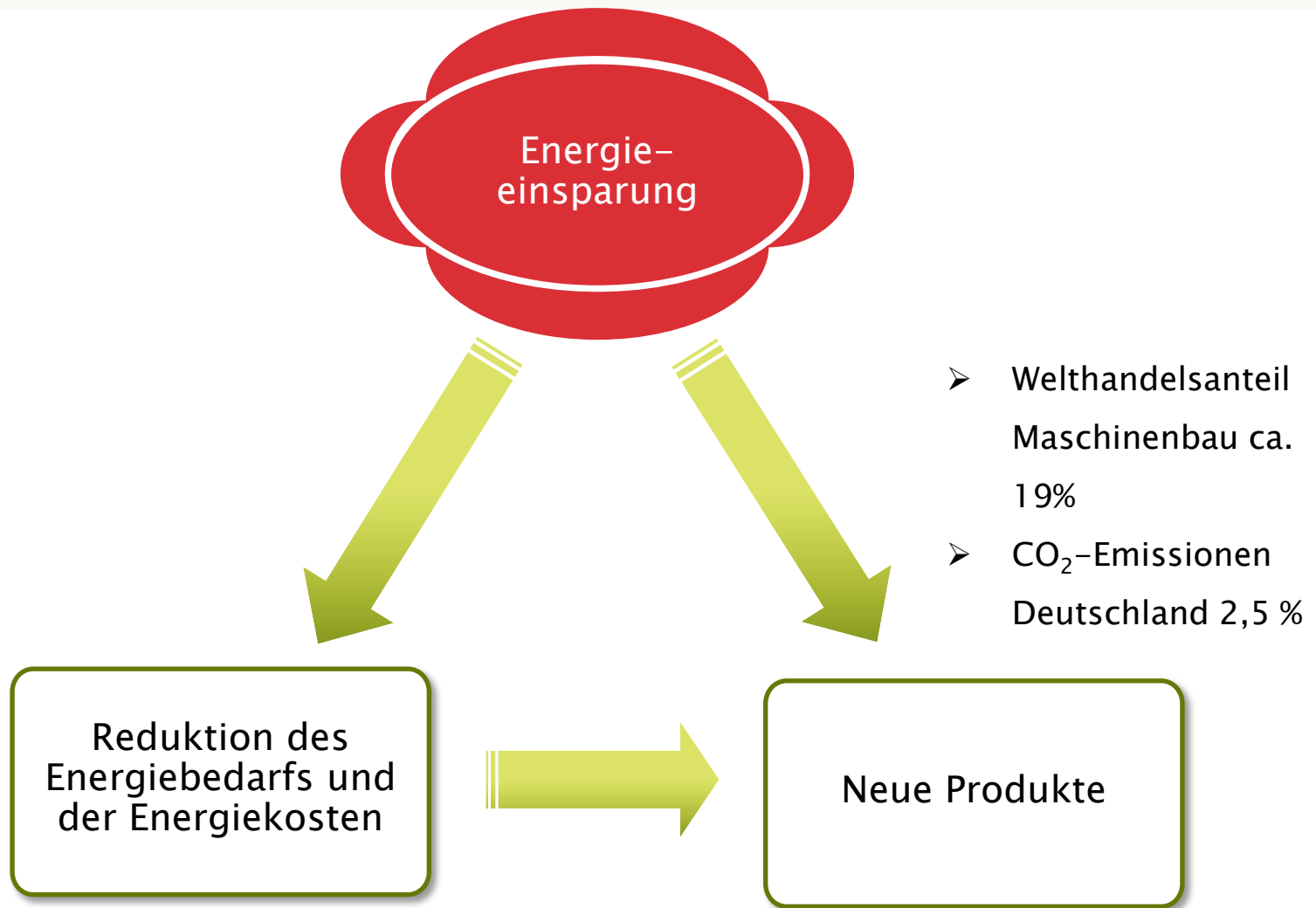
(BMU (Hrsg.) in Zusammenarbeit mit der Roland Berger Strategy Consultants (2007))

Welthandelsanteil Maschinenbau: 19%



Weltmarktprojektionen in Kernsektoren

Motivation für Energieeinsparung



Zusammenfassung

- Energiekonzepte sind keine Prognosen wie es wahrscheinlich kommen wird, sondern (Wunsch-)Szenarien wie es kommen könnte, wenn eine Vielzahl von (gewünschten) Annahmen eintreten.
- Die derzeit gesteckten Reduktionsziele für Strom sind unreal.
- Aufgrund der typischen Investitionszyklen in der Wirtschaft besitzen Maßnahmen zur Reduzierung der Energiebedarfe große Trägheit.
- Die größte Problematik für Unternehmen besteht nicht in der absoluten Höhe der Energiekosten, sondern in deren Unplanbarkeit.
- (Eigene) dezentrale Versorgung rückt zunehmend in den Fokus um diese Planbarkeit zu verbessern.
- Eigentümer geführte Unternehmen sind dabei Vorreiter. Unplanbare Abhängigkeiten sind ihnen ein Greul.
- In vielen Unternehmen fehlen allerdings heute noch Basiskenntnisse zum Thema Energie und Energieeffizienz.
- Typisch deutsch wird die Notwendigkeit zu mehr Energieeffizienz als unangenehmer Zwang angesehen. Es ist aber vielmehr (wieder) eine große Chance unseren Export zu stärken und damit gleichzeitig globalen Klimaschutz zu betreiben.