

Vorlesung Produktion

Sommersemester 2011

Teil 7: Supply Chain Management (SCM)

niko.paech@uni-oldenburg.de

<http://www.uni-oldenburg.de/produktion>

Tel. 0441/798-4264

A 5 – 2 – 262

Sprechstunde: Montag, 13.30 – 15.00 Uhr

Anmeldung per E-mail

Inhaltsübersicht und Lernziele

- Inhalt
 - „Bullwip-Effekt“
 - Begriffsklärung: Supply Chain Management (SCM)
 - Gegenstandsbereich, Modelle und Instrumente des SCM
 - Sustainable Supply Chain Management (SSCM)
- Lernziele: Entwicklung von Kenntnissen über
 - „Bullwhip-Effekt“
 - Definitionen und Konzepte des Supply Chain Managements und dessen Abgrenzung von der Logistik
 - Fisher-Modell, SCOR-Modell
 - Nachhaltigkeit in Supply Chains

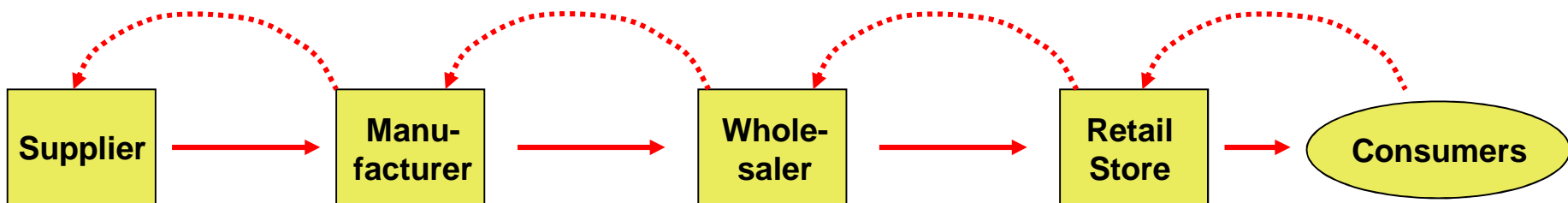
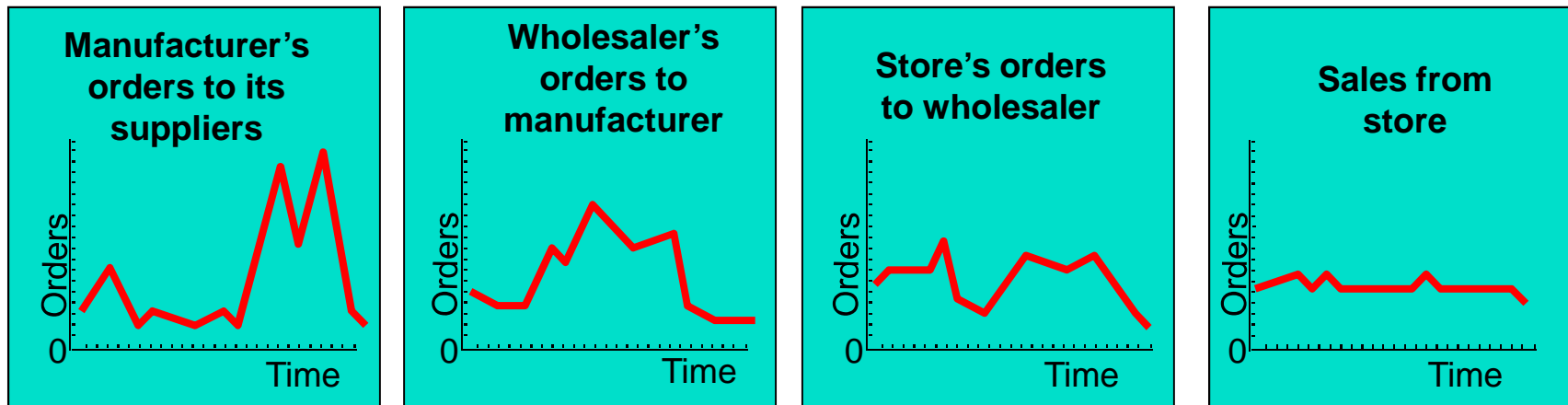
Literatur zur Vorlesung

- Müller, M. (2005): Informationstransfer im Supply Chain Management – Analyse aus Sicht der Neuen Institutionenökonomie, Wiesbaden, S. 10-49.
- Chopra, S./Meindel, P. (2004): Supply Chain Management, 2. Auflage, New York.
- Schary, P.B. / Skjott-Larsen (2002): Managing the Global Supply Chain, Kopenhagen, 2. Auflage, S. 21-71.
- Bechtel, C./Jayaram. J. (1997): Supply Chain Management, A Strategic Perspective, in: International Journal of Logistics Management, 8. Jg., Nr. 1, S. 15-34
- Cooper, M. C./Ellram, L. M. (1993): Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy, in: The International Journal of Logistics Management, 4. Jg., Nr. 2, S. 13-24.
- Paech, N. (2005): Nachhaltiges Wirtschaften jenseits von Innovationsorientierung und Wachstum, Marburg.

Der Bullwip-Effekt

- Logistikleiter bei Procter & Gamble untersuchten die Bestellmuster für eines ihrer meistgekauften Produkte und beobachteten folgendes:
 - Schwankungen der Nachfrage verstärkten sich entlang der Supply Chain. Anfänglich geringe Schwankungen im Einzelhandel lösten hohen Schwankungen bei den Lieferanten aus.
 - Die Produkte wurden jedoch nach wie vor in einer konstanten Rate nachgefragt.
- P & G nannte dieses Phänomen „Bullwhip“. Bestellmuster zeigen demnach ein typisches Bild: *Die Schwankung einer vorgelagerten Stufe ist stets höher als die der nachgelagerten Stufe.*
- Gemeinsame Symptome: überhöhte Lagerbestände, fehlerhafte Verkaufsprognosen, unzureichende Kapazitäten, schlechter Kundenservice aufgrund nicht erhältlicher Produkte, unsichere Produktionsplanung und hohe Korrekturkosten

Bullwip-Effekt: Beispiel



Vgl. Slack/Chambers/Johnston (2007, S. 423)

Ursachen für den Bullwip-Effekt

- Es lassen sich vier Hauptursachen für den Bullwhip-Effekt identifizieren:
 - Falsche Nachfrageprognosen durch Informationsasymmetrien
 - Auftragsbündelung, um K_f (= fixe Kosten pro Auflage) zu senken oder Mengenrabatte auszuschöpfen \Rightarrow Schwankungen
 - Preisschwankungen
 - „Engpasspoker“
- Erwartete Preissteigerungen, Knappheiten oder Engpässe: Nachfrager bestellen punktuell mehr, dafür in der darauffolgenden Periode entsprechend weniger
- Jeder dieser Effekte führt in Verbindung mit einer Supply-Chain-Infrastruktur zu einem sich in Richtung upstream verstärkenden Effekt: Schwankungen nehmen zu

Falsche Nachfrageprognosen

- Jedes Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette entwickelt Absatzvorhersagen für seine *eigene* Produktionsplanung, Kapazitätsplanung, Bestandsüberwachung und Materialbedarfsplanung.
- Wenn auf einer nachgelagerten Stufe eine Bestellung erfolgt, verarbeiten Manager der vorgelagerten Stufe diesen isolierten Informationsausschnitt zu einem Signal, das auf die zukünftige Produktnachfrage hindeutet. Die Prognosen und die upstream weitergegebenen Bestellungen werden auf der Grundlage dieser Informationen erstellt.
- Vertikale Informationsasymmetrien
- Die Sicherheitsbestände steigen upstream.

Auftragsbündelung

- Entlang der Supply Chain erteilt jedes Unternehmen an eine vorgelagerte Organisation Aufträge unter Verwendung von Bestandsmonitoring und -kontrollen. Oftmals bündelt es die Bedarfe, bevor eine Bestellung erfolgt.
- Minimierung bestellfixer Kosten: Anstelle häufiger Bestellungen führen Unternehmen diese lediglich wöchentlich oder monatlich durch, so dass Bestellungen gebündelt werden.
- Diese „Ausreißer“ können von Lieferanten falsch interpretiert werden, nämlich als Indiz für eine generelle Zunahme der Nachfrage.
- Weiterhin sorgen die „Ausreißer“ dafür, dass der Upstream-Anbieter seinen Sicherheitsbestand erhöht und damit den Nachfrageimpuls an seine Lieferanten weitergibt.
- Die hierdurch ausgelösten Schwankungen „schaukeln“ sich entlang der vorgelagerten Stufen hoch.

Preisschwankungen

- Hersteller und Händler wenden oftmals preispolitische Instrumente an: Preisrabatte, Mengenrabatte, Gutscheinkaktionen etc. Dies führt zu Preisschwankungen.
- Abnehmer, die dies nutzen, bestellen punktuell über ihren aktuellen Bedarf hinaus hohe Mengen und lagern diese.
- Infolge dessen spiegelt das Bestellmuster des Nachfragers nicht seinen tatsächlichen Verbrauch wieder. D. h. es werden Schwankungen erzeugt, die nicht dem Verlauf seiner Verbrauchsmuster entsprechen.
- Allein die Vermutung bevorstehender Preissteigerungen kann Vorratslagerungen verursachen. Konsequenz: In darauffolgenden Perioden sinken die Bestellmengen entsprechend, was upstream hohe Schwankungen verursacht.

„Engpasspoker“

- Wenn die Nachfrage das Angebot übersteigt, rationiert ein Hersteller oftmals seinen Output, so dass die Nachfrager nur einen bestimmten Teil ihrer Bestellungen erhalten.
Beispiel: Wenn das Gesamtangebot nur 50 % der gesamten Nachfrage deckt, erhalten alle Kunden nur 50 % von ihren bestellten Mengen.
- Um ihren Bedarf zu decken, reagieren manche Nachfrager darauf mit einer entsprechenden Steigerung ihrer Bestellungen. Sinkt die Nachfrage dann irgendwann wieder, werden die überschüssigen Bestellmengen wieder storniert.

Maßnahmen gegen den Bullwip-Effekt (1)

Vermeidung mehrfacher Nachfrageprognosen entlang der Supply Chain:

- Informationen über die Nachfrageentwicklung auf einer nachgelagerten Stufe könnten für die vorgelagerte Stufe sichtbar gemacht werden. So würden die Prognosen beider (aufeinander folgenden) Stufen auf denselben Datengrundlagen entwickelt und aktualisiert.
- Supply Chain Partner können Konzepte wie „Electronic Data Interchange“ (EDI) nutzen, um ihre Daten entlang der Supply Chain zugänglich zu machen.
- Insbesondere: Vernetzung aller Supply Chain-Stufen mit den Informationen am Point of Sale.
- Direkter Verkauf an Endnutzer ohne zwischengeschaltete Distributions- und Wiederverkaufsstufen.

Maßnahmen gegen den Bullwip-Effekt (2)

Aufbrechen von Auftragsbündeln:

- Entwicklung von unternehmerischen Strategien, die zu geringeren Bestellmengen und häufigeren Nachbestellungen führen
⇒ Just in Time, Annäherung an möglichst friktionslose Pull-Konzepte
- Standardisierungen unter Einbezug möglichst vieler aufeinander folgender Stufen können zu vereinfachten Bestellprozessen führen.
Beispiel: Eine LKW-Ladung kann verschiedene Produkte vom selben Hersteller enthalten (anstelle einer vollen Ladung mit dem gleichen Produkt) und so mit erhöhter Bestellhäufigkeit korrespondieren.
- Das Hinzuziehen von Dritten (Koordinator/Intermediär) kann ebenfalls dazu beitragen, die Wiederbeschaffung auf Basis kleinerer Bestellmengen zu realisieren.

Maßnahmen gegen den Bullwip-Effekt (3)

„Preisstabilisierung“:

- Empfohlen wird in der Literatur zuweilen, den Bullwhip-Effekt – ausgelöst durch Termingeschäfte und Preisschwankungen – dadurch zu verhindern, dass sowohl die Häufigkeit als auch das Ausmaß von Großhandelssonderangeboten reduziert wird. Hersteller könnten dadurch Anreize zu einem linearen Bestellverhalten setzen.
- Aber: Wie realistisch ist das? Lässt sich diese Vorstellung überhaupt mit einer wettbewerbsintensiven Marktwirtschaft in Einklang bringen?
- Andererseits: Vertikale Vernetzungen, Kooperationen und weitergehende Vereinbarungen (Lieferverträge) sind nicht nur denkbar, sondern längst Realität
⇒ Herausforderung für das SCM!

Maßnahmen gegen den Bullwip-Effekt (4)

Eliminierung des „Engpasspokers“:

- Wenn Lieferanten mit einem Nachfrageüberhang konfrontiert sind, könnten sie sich an den letzten tatsächlichen Verkaufsmengen orientieren, anstatt eine pauschale Zuteilung der Produkte vorzunehmen. So haben die Kunden einen geringeren Anreiz, ihre Bestellungen zu „übertreiben“.
- Die Trennung von Kapazitäts- und Bestandsinformationen kann dazu beitragen, Nachfragern mehr Sicherheit und weniger Anlass zum „Pokern“ zu geben. Etliche Unternehmen haben damit begonnen, eine strengere Stornierungspolitik durchzusetzen.

Fazit: Anhand des Bullwhip-Effektes – aber nicht nur daran – lässt sich zeigen, wie wichtig die Vernetzung, Koordination und ganzheitliche Betrachtung der Wertschöpfung (= System) ist. Das Management der *gesamten* Supply Chain ist daher Gegenstand der Produktionswirtschaft!

Begriffsklärung: Supply Chain Management (SCM)

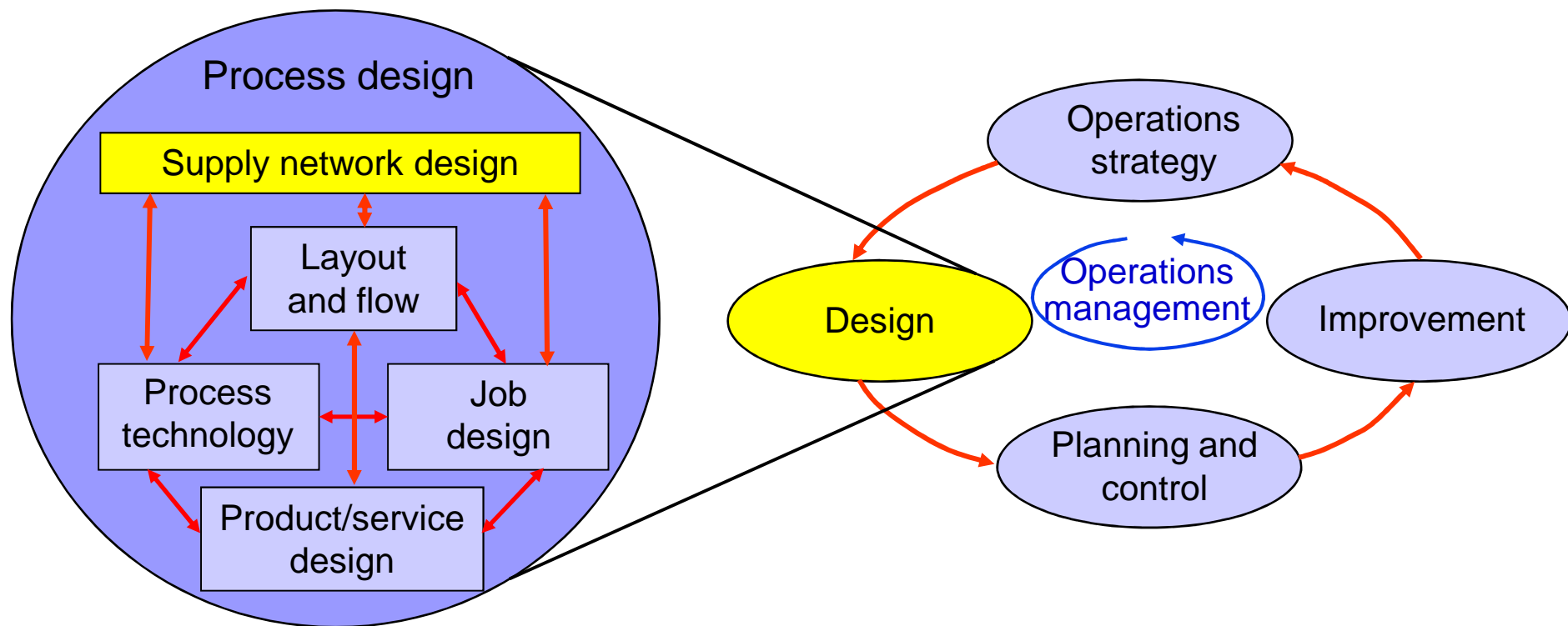
Synonyme für SCM...

- Value Chain Management
- Lieferkettenmanagement
- Versorgungskettenmanagement
- Wertschöpfungskettenmanagement
- Wertschöpfungsnetzwerkmanagement

Definition

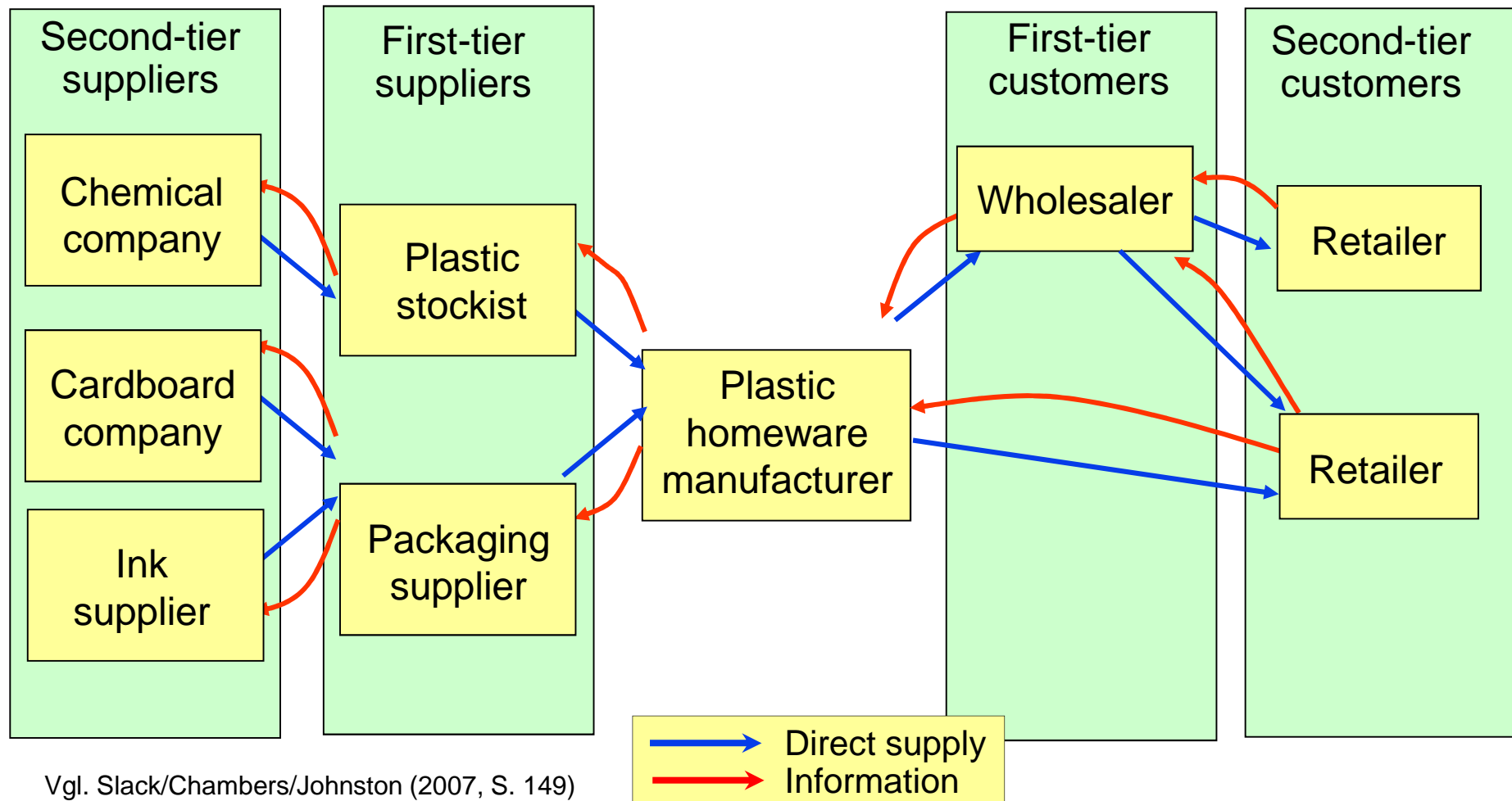
- Supply-chain is a term that describes how organizations (suppliers, manufacturers, distributors, and customers) are linked together.
- Supply-chain management is a total system approach to managing the entire flow of information, materials, and services from raw-material suppliers through factories and warehouses to the end customer.

Supply network design



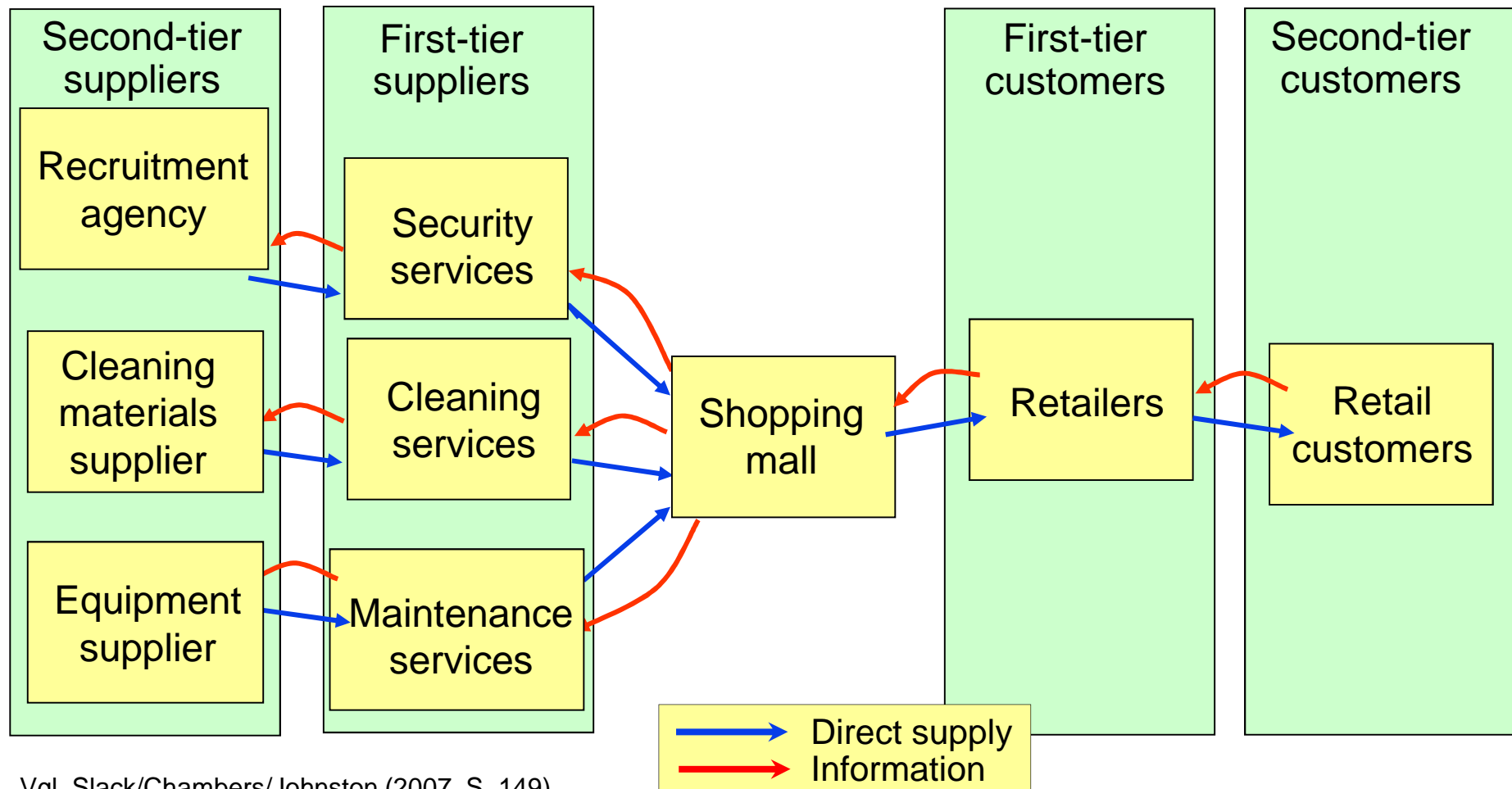
Vgl. Slack/Chambers/Johnston (2007), S. 146)

Beispiel 1: Operations network for a plastic homeware company



Vgl. Slack/Chambers/Johnston (2007, S. 149)

Beispiel 2: Operations network for a shopping mall



Vgl. Slack/Chambers/Johnston (2007, S. 149)

Supply Chain Management als Erweiterung der Logistik

- SCM als Integration
 - von Produktion und Logistik entlang der Wertschöpfungskette
 - der Produktgestaltungsfunktion
 - SCM als Kooperationsmanagement
 - Auswahl der Partner in der Kette und Gestaltung der Beziehungen
 - Optimierung der Schnittstellen zu Kunden und Lieferanten
 - Grundprinzipien des SCM
 - Marketing- bzw. Kundenorientierung
 - Integrations-, Effektivitäts- und Effizienzprinzip
- ⇒ SCM zielt darauf ab, die Gesamtheit der Ressourcen zu minimieren, die notwendig sind, um Kundenbedürfnisse in einem Segment zu bedienen.

Sachziele des SCM

- Output: Das Ziel der Wertschöpfungskette ist die optimale Befriedigung der Kundenbedürfnisse, z. B. durch hohe Lieferbereitschaft, geringe Lieferzeit oder kundenindividuelle Produkte bei hoher Qualität.
- Input: Ziel ist die Minimierung der zur Erstellung einer Leistung notwendigen Ressourcen wie Material, Bestände, Personal und Kapazitäten. Häufig wird dieses Ziel dergestalt zusammengefasst, dass von möglichst geringen Gesamtkosten die Rede ist.
- Gleichzeitig soll eine hohe Flexibilität in der Wertschöpfungskette erreicht werden. Dies betrifft gleichermaßen die Produktionskapazität in der Kette vorhandener Produkte wie die Fähigkeit, veränderte oder neue Produkte anbieten zu können (Innovationsfähigkeit).

Dimensionen des Supply Chain Managements

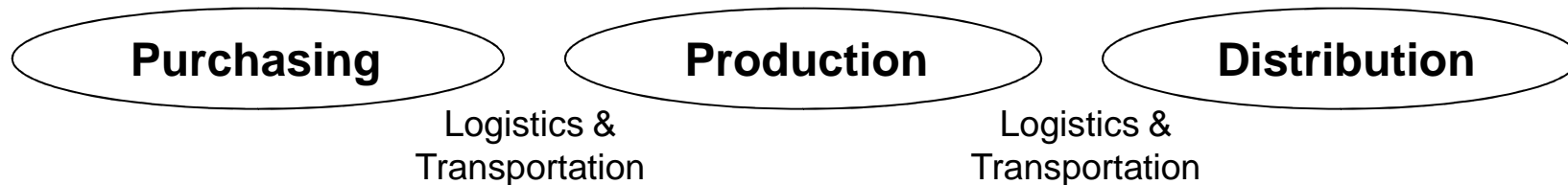
Kooperationsdimension	Netzwerk- bildung	I. Konfiguration von Produkt und Netzwerk	III. Gestaltung des Produktionsnetzwerkes
	Schnitt- stellen	II. Produktentwicklung in der Wertschöpfungskette	IV. Prozessoptimierung in der Wertschöpfungskette
		Produktdesign	Produktion und Logistik
Produktdimension			

Die Fünf SCM-Schulen von Bechtel/Jayaram (1- 3)

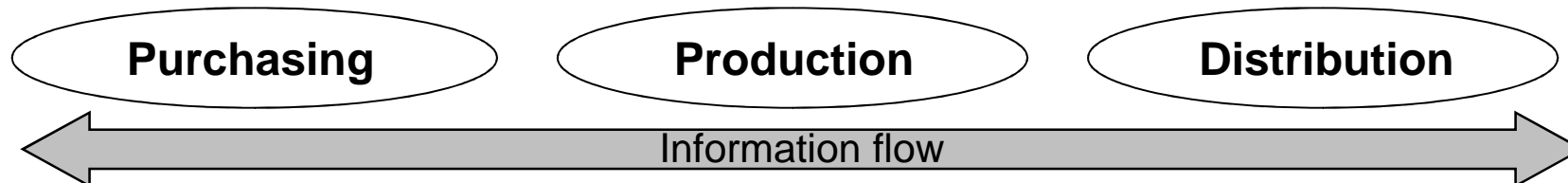
Chain Awareness School: There is a chain from supplier to end user through which materials flow.



Linkage/Logistics School: Emphasis is on linkages between functional areas where logistics and transportation are the focus.

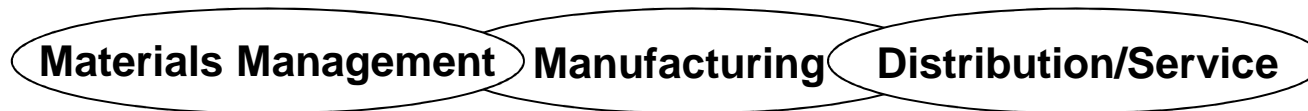


Information School: Emphasis is on information flow among chain members which can be bi-directional.



Die Fünf SCM-Schulen von Bechtel/Jayaram (4 - 5)

Integration School: Emphasis on processes
not functions and system thinking.

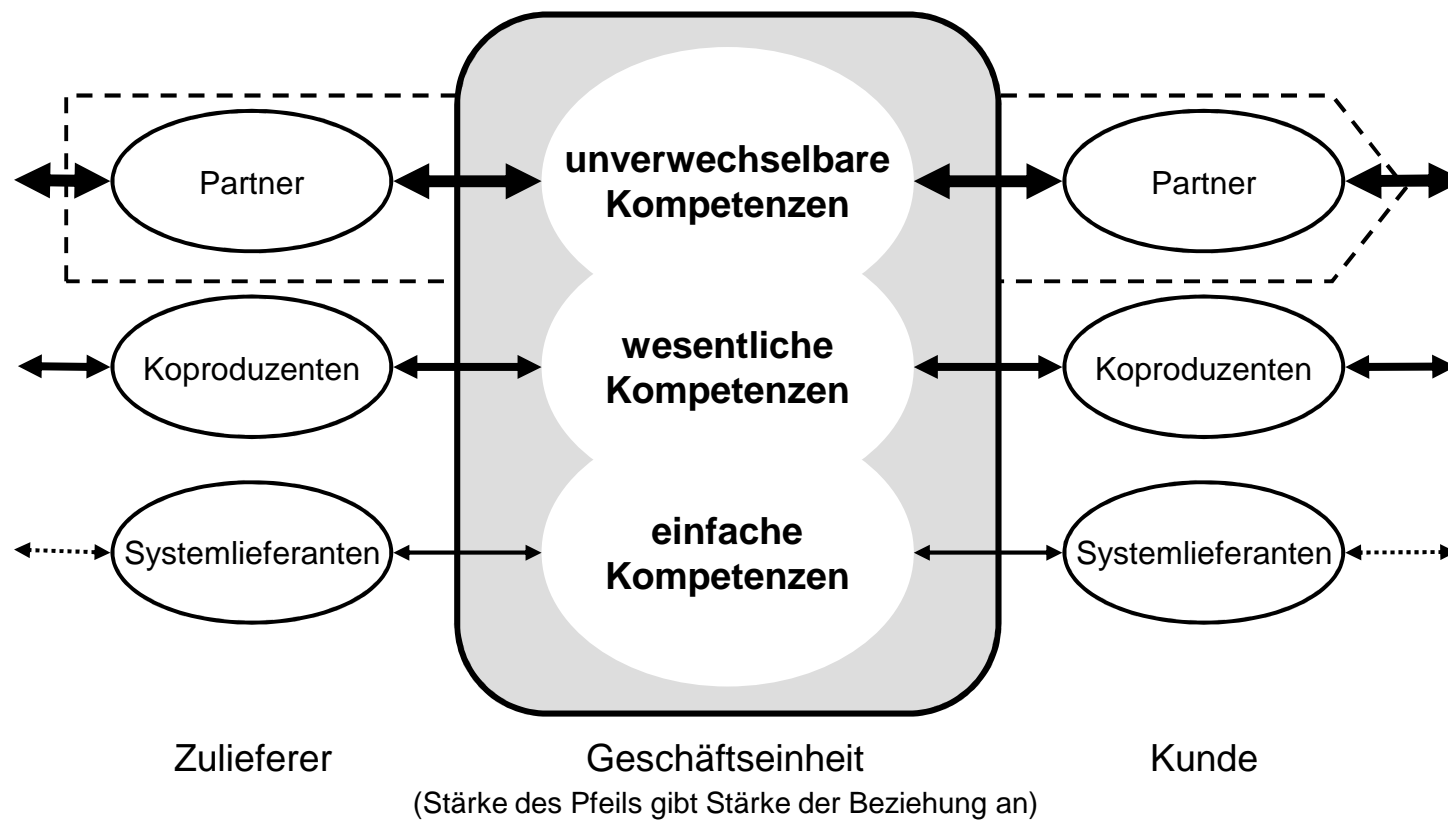


The Future: A demand driven seamless pipeline
emphasizing relations as well as transactions.



Nachfrageorientierung bzw. Nutzertegration reicht so weit, dass Nutzer zuweilen als sog. “Prosumenten” (Toffler), “Co-Producers” (Kotler) oder als “Lead User” (von Hippel) eingebunden werden.

Netzwerkbildung



Vergleich zwischen traditioneller und SCM-Sicht (1)

Element	Traditional	Supply Chain
Inventory Management Approach	Independent efforts	Joint reduction in channel inventory
Total Cost Approach	Minimise firm costs	Channel-wide cost efficiencies
Time Horizon	Short term	Long term
Amount of Information Sharing and Monitoring	Limited to needs of current transactions	As required for planning and monitoring processes
Amount of Coordination of Multiple Levels in the Channel	Single contact for the transaction between channel pairs	Multiple contacts between levels in firm and levels in channel
Joint Planning	Transaction based	On-going
Compatibility of Corporate Philosophies	Not relevant	Compatible at least for key relationships

Vgl. Cooper/Ellram (1993), S. 16)

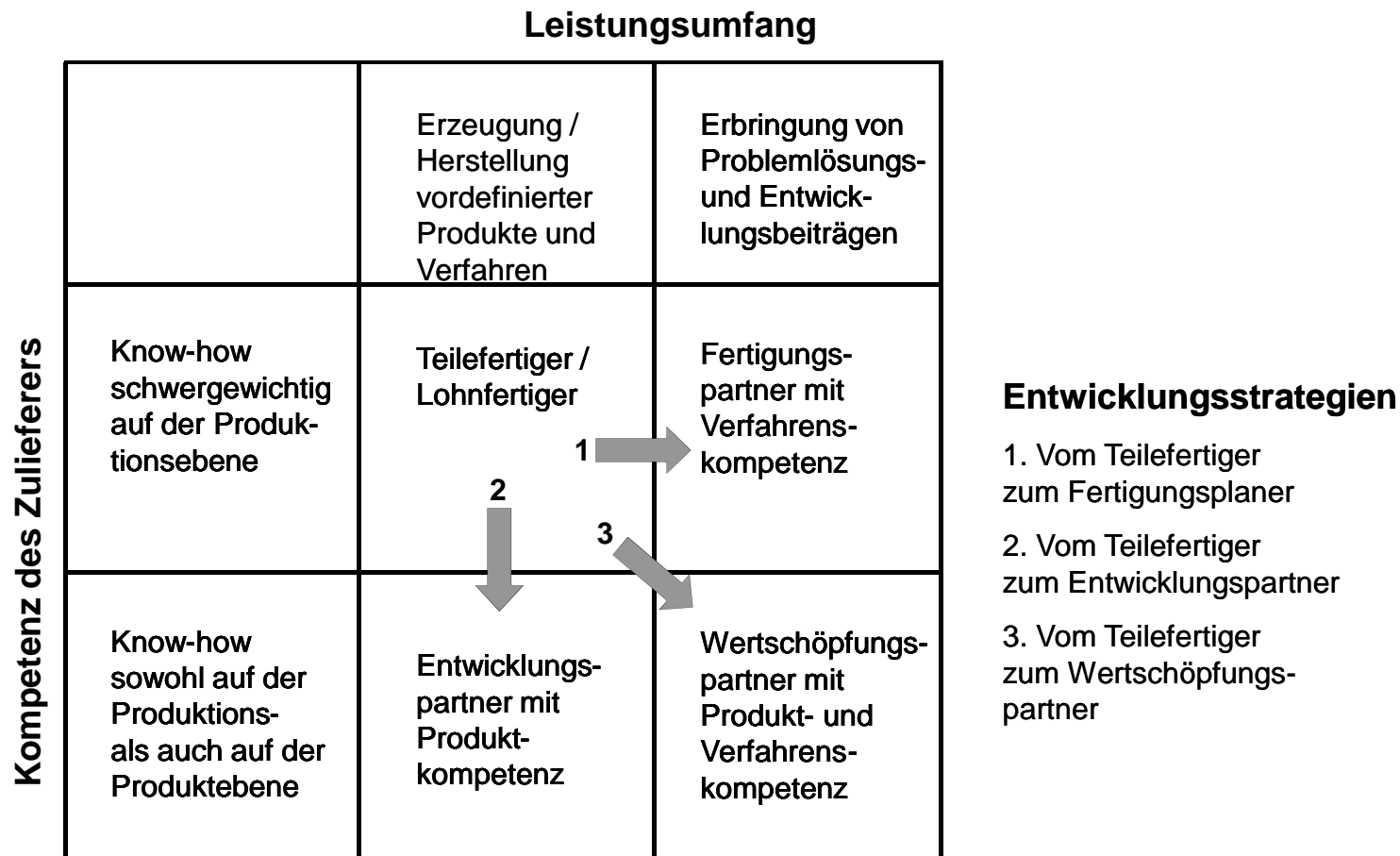
Vergleich zwischen traditioneller und SCM-Sicht (2)

Element	Traditional	Supply Chain
Breadth of Supplier Base	Large to increase competition and spread risk	Small to increase coordination
Channel Leadership	Not needed	Needed for coordination focus
Amount of Sharing of Risks and Rewards	Each on its own	Risks and rewards shared over the long term
Speed of Operations, Information and Inventory Flows	“Warehouse” orientation (storage, safety stock) interrupted by barriers to flow; localised to channel pairs	“DC” orientation* (inventory, velocity) Interconnecting flows JIT, Quick Response across the channel

Vgl. Cooper/Ellram (1993), S. 16

*DC = Direct Current

Entwicklungsstrategien für Zulieferer



Orientierung des SCM an zwei Produktkategorien

Charakteristika der Nachfrage	<i>Functional</i> (Predictable Demand)	<i>Innovative</i> (Unpredictable Demand)
Produktlebenszyklus	More than 2 years	3 month to 1 year
Erlösmarge	5 - 20 %	20 - 60 %
Produktvarianten	Low (10 - 20 variants per category)	High (often millions of variants per category)
Prognosefehler	10 %	40 - 100 %
Durchschnittliche Rate an Lagerfehlmengen	1 - 2 %	10 - 40 %
Durchschn. Preisabschläge am Saisonende	0 %	10 - 25 %
Lieferzeit	6 month to 1 year	1 day to 2 weeks

Vgl. Fisher, M. L. (1997): What is the right supply chain for your product?, in: Harvard Business Review, März/April, S. 105-116.

Zwei SCM-Strategietypen: Efficient versus Responsive

Supply Chain	<i>Physically Efficient Process</i>	<i>Market-responsive Process</i>
Primäre Zielsetzung	Effiziente Belieferung einer gut prognostizierbaren Nachfrage zu den niedrigst möglichen Kosten	Hohe Reaktionsbereitschaft auf schwer prognostizierbare Nachfrage bei Minimierung von Fehlmengen
Produktionsfokus	Hohe Kapazitätsauslastung	Bereithaltung zusätzlicher Pufferkapazität
Lagerhaltungsstrategie	Hohe Lagerumschlagsraten und minimale Lagermengen	Bereithaltung signifikanter Lagermengen von Teilen/Fertigprodukten
Lieferzeitfokus	Optim. Lieferzeiten/Kosten	Verkürzte Lieferzeiten notwendig
Lieferantenauswahl	Auswahl erfolgt primär nach Kosten und Qualität	Auswahl erfolgt primär nach Lieferzeit, Flexibilität, Qualität
Strategie des Produktdesigns	Maximierung der Effizienz und Minimierung der Kosten	Modulares Design, um Produkteigenschaften lange offen zu halten

Das Fisher-Modell

		Products	
		functional	innovative
Supply Chains	efficient	Match	Mismatch
	responsive	Mismatch	Match

SCOR: Supply Chain Operation Reference-Modell

- Modell zur Beschreibung aller unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Geschäftsprozesse; entwickelt vom Supply-Chain-Council (SCC)
- Bislang ca. 1000 Mitgliedsunternehmen weltweit
- Programmbasierte Möglichkeit, Aktivitäten entlang von Lieferketten zu analysieren und zu optimieren
- Basis bilden fünf zentrale Elemente des SCM und Verknüpfung mit Business Process Reengineering (BPR), Benchmarking und Best-Practice-Analyse
- Unterscheidung von vier Detaillierungsstufen, die je nach Unternehmenssituation zu benennen sind

Vgl. Poluha, R. G. (2008): Anwendung des SCOR-Modells zur Analyse der Supply Chain, 4. Auflage, Lohmar/Köln.

SCOR: Fünf zentrale Elemente

- Planung (plan): Aggregierte Nachfrage und Angebot abgleichen
 - Beschaffung (source): (Vor-)Produkte und Dienstleistungen verfügbar machen
 - Herstellung (make):
 - (a) End-/Zwischenprodukte produzieren, die an Kunden geliefert werden können
 - (b) Make-to-stock (Lagerfertigung), Make-to-order (Auftragsfertigung), Engineer-to-order (Projektfertigung)
 - Lieferung (deliver): Lieferung an Kunden; Lager-, Auftrags- und Transportmanagement
 - Rückgabe (return): Entgegennahme fehlerhafter Lieferungen annehmen; Rücksendung von Rohstoffen an Lieferanten
- ⇒ Diese fünf zentralen Prozesse fließen auf der höchsten von insgesamt vier Ebenen in die Strategiebildung ein.

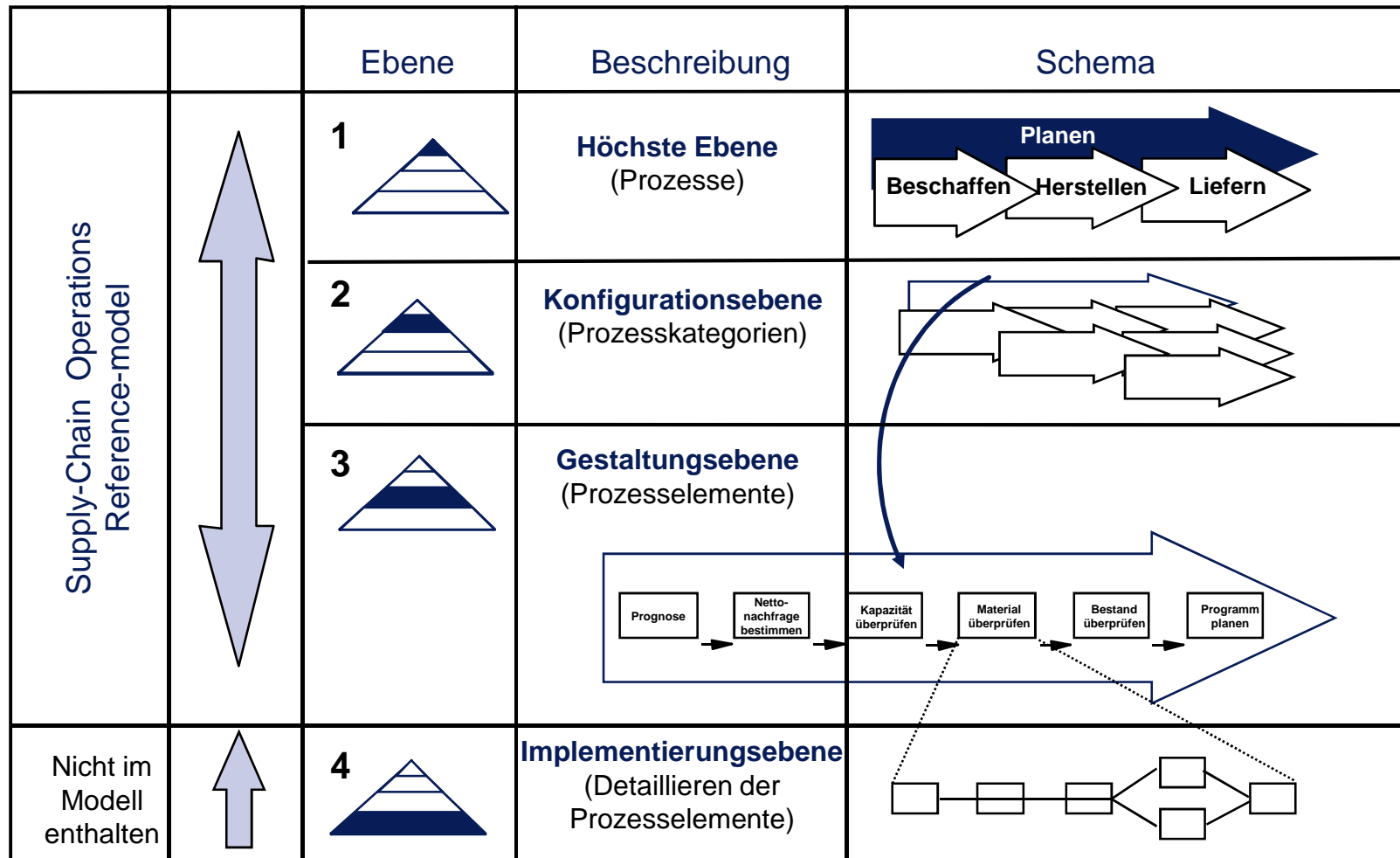
SCOR: Vier Ebenen (1 - 2)

- Ebene 1 (Top Level): Orientierung an Wettbewerbsfähigkeit
 - Ebene 2 (Konfigurationsebene): Die fünf SCOR-Elemente werden drei Prozesstypen zugeordnet
 - Planungsprozesse: Prozesse, die einer aggregierten Nachfrage innerhalb eines Planungszeitraumes nachkommen sollen
 - Ausführungsprozesse: Prozesse, die durch einen Planungsprozess ausgelöst werden und den Status eines Produktes verändern
 - Unterstützungsprozesse: Informationen und Beziehungen vorbereiten oder verwalten, auf denen alle sonstigen Planungs- und Ausführungsprozesse basieren.
- ⇒ Darstellung in Matrixform: Mögliche Prozesskombinationen, die im Rahmen der Supply Chain zwischen den beteiligten Partnern abgewickelt werden

SCOR: Vier Ebenen (3- 4)

- Ebene 3 (Gestaltungsebene): Hauptprozesse in detaillierte Teilprozessen zerlegen; jeder Prozesskategorie einzelne Schritte, deren Reihenfolge sowie Input- und Outputinformationen zuordnen; Flusslaufdiagramm, welches im Bedarfsfall weiter aufgeschlüsselt wird
- Ebene 4 (Implementierungsebene): Im Modell nicht als Standardelement enthalten, da vom jeweiligen Unternehmen abhängig; Software-Lösungen für diesen Bereich werden individuell angepasst

SCOR: Schematische Grobdarstellung



Sustainable Supply Chain-Management

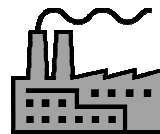


Was kann unternommen werden, damit die Supply Chain nicht so aussieht?

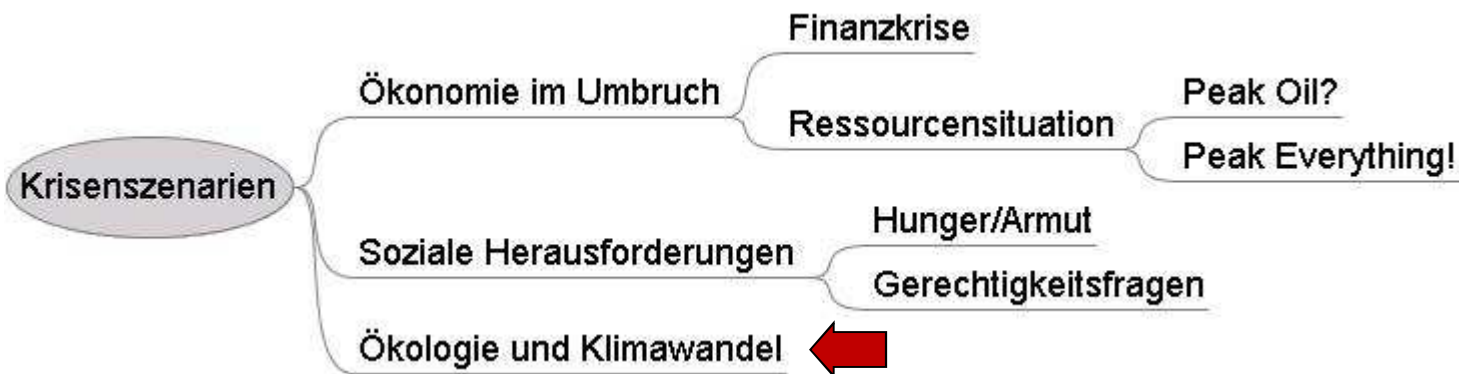
Ressourcen...



Produktion und Konsum



...Output





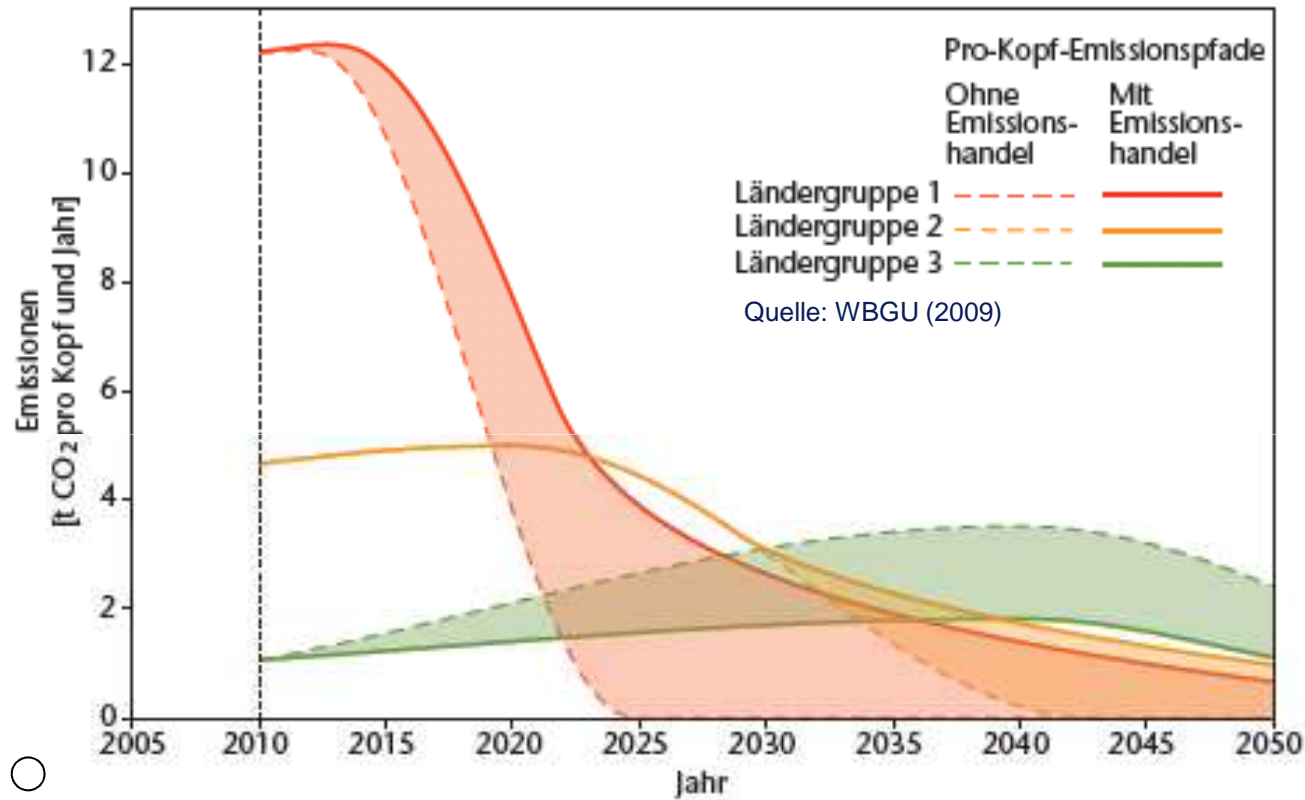
Orientierung an der 2°C-Leitplanke: Budgetansatz des WBGU

- Globalbudget: 750 Mrd. t CO₂ bis 2050
- Bei ca. 6,9 Mrd. Menschen im Jahr 2010 ergibt sich eine durchschnittlich erlaubte jährliche Pro-Kopf-Emissionen von rund 2,7 t CO₂.
- Keine Berücksichtigung von Bevölkerungswachstum

	Anteil an Weltbevölke- rung im Jahr 2010 (Schätzung) [%]	Budget 2010–2050 [Mrd. t CO ₂]	Emissionen im Jahr 2008 (Schätzung) [Mrd. t CO ₂]	Reichweite des Budgets bei jähr- lichen Emissionen wie 2008 [Jahre]
Deutschland	1,2	9,0	0,91	10
USA	4,6	35	6,1	6
China	20	148	6,2	24
Indien	18	133	1,5	88
Burkina Faso	0,24	1,8	0,00062	2.892
Welt	100	750	30	25

Quelle: WBGU (2009)

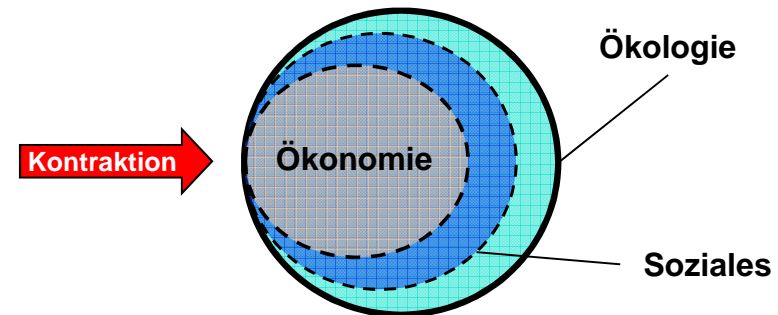
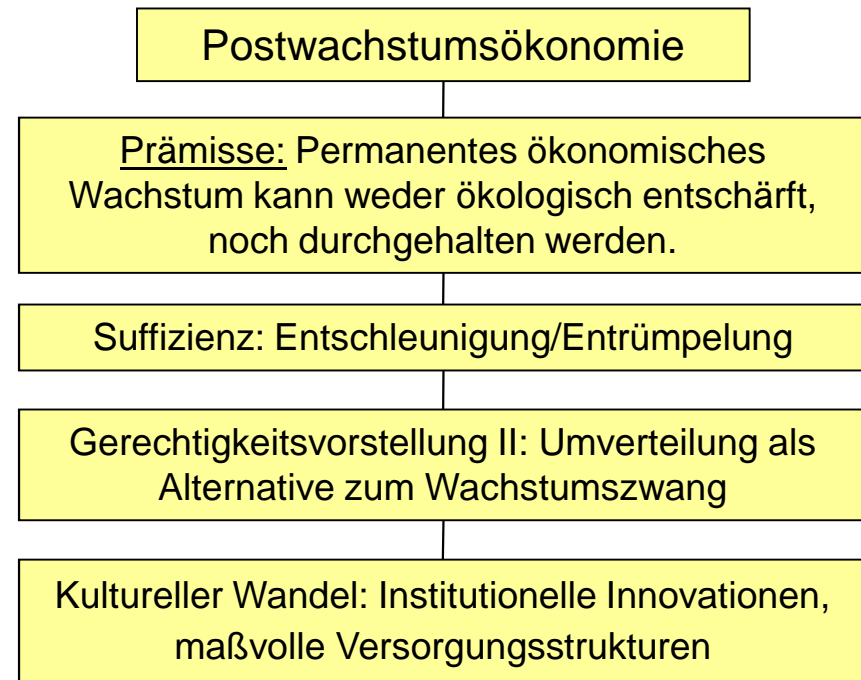
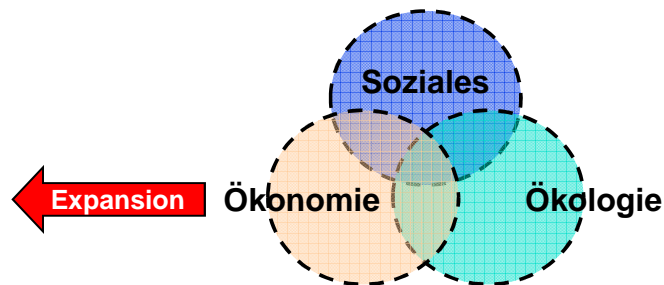
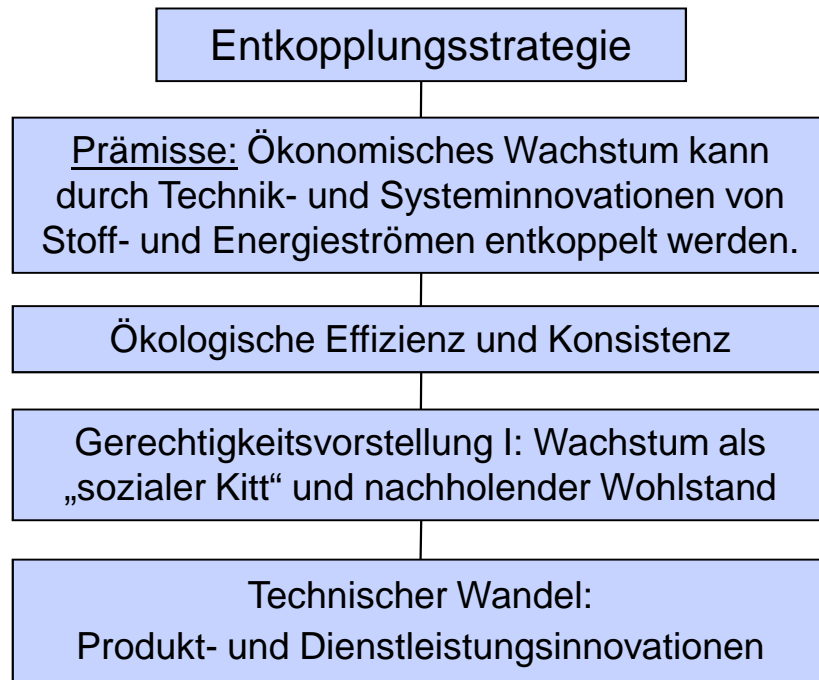
Zielkorridor für individuelle CO₂-Mengen



Auf welchem Weg lässt sich dieses Ziel erreichen?

Zwei Nachhaltigkeitsphilosophien

(vertieft wird im Folgenden lediglich die Entkopplungsstrategie)



Nachhaltigkeitsprinzipien im Produktionsmanagement: Ökologische Effizienz und Konsistenz

Effizienz

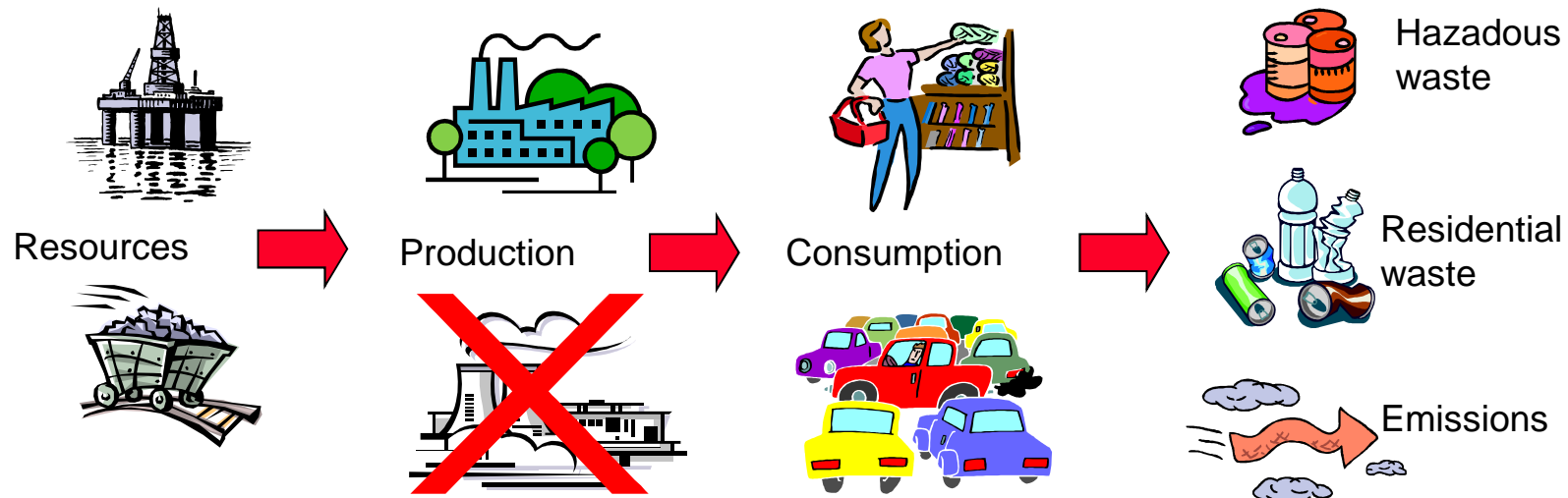
Minimize input (increase resource productivity); get the same result with less energy, material, etc.

Suffizienz

Develop new consumption patterns that provide the same well being with less product and service demand

Konsistenz

Minimize „undesired“ output by closed circles; apply the principles of the biosphere



Entkopplung: „Qualitatives“ Wachstum durch Effizienz und Konsistenz

Dematerialisierung durch **Effizienz**

- Minimierung des Einsatzes an ökologischen Ressourcen
- Quantitative Optimierung

Primärenergie



Wertschöpfung



Ökologisierung durch **Konsistenz**

- Geschlossene Kreisläufe: Wirtschaftstil der Biosphäre
- Qualitative Optimierung: Regenerative Energieträger

CO₂-Emissionen

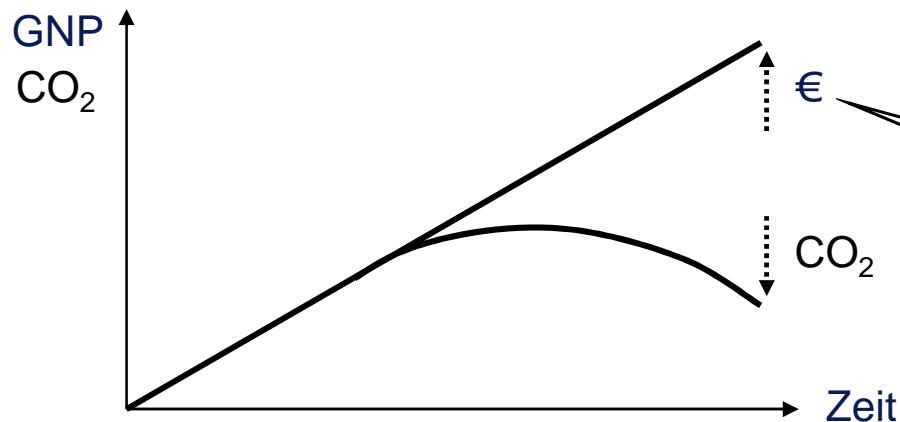


Primärenergie

CO₂-Emissionen

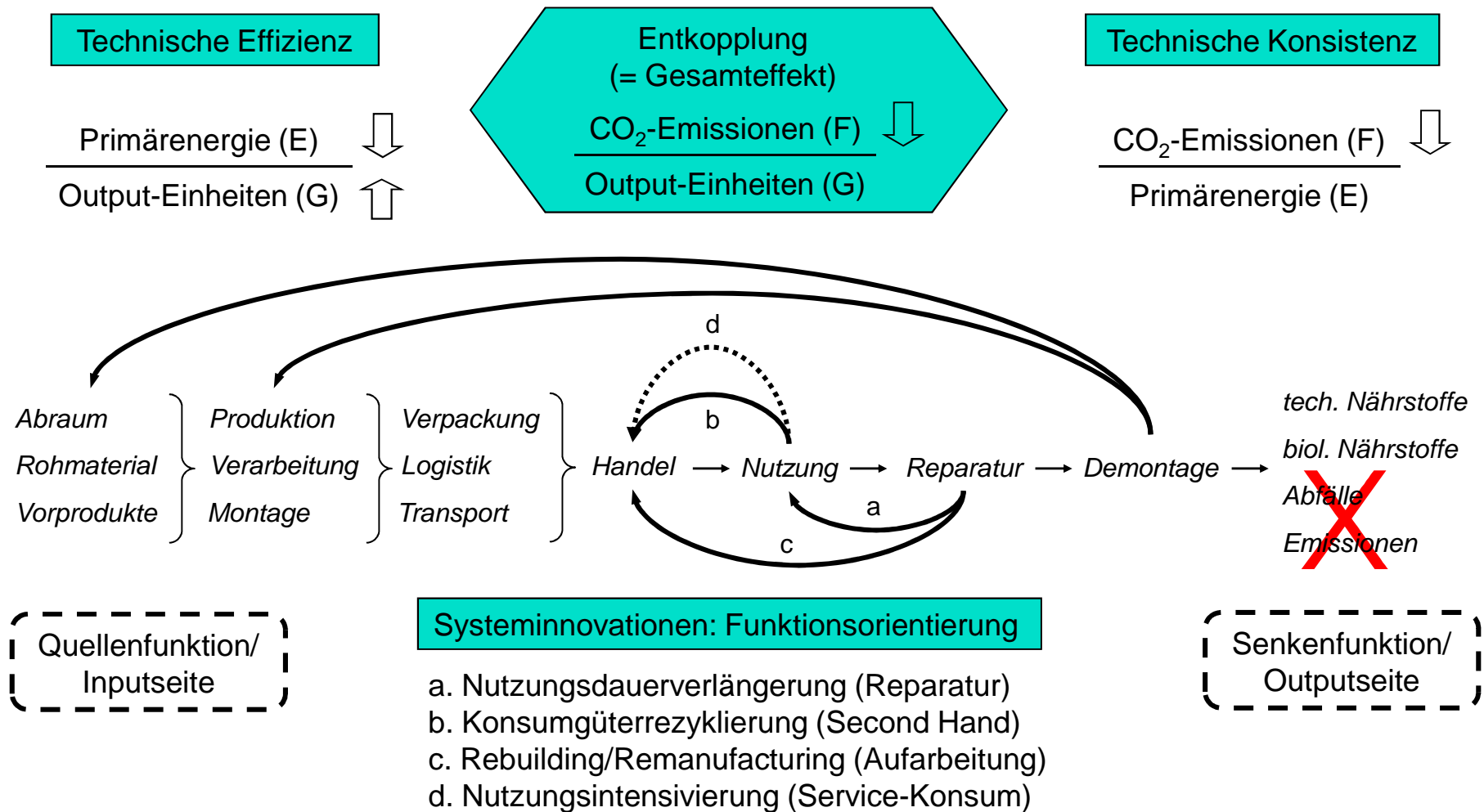


Wertschöpfung



Wirtschaftswachstum =
Zunahme der in Geld
gehandelten Wertschöpfung

Entkopplung: Drei Ansatzpunkte zur Maßnahmenoptimierung

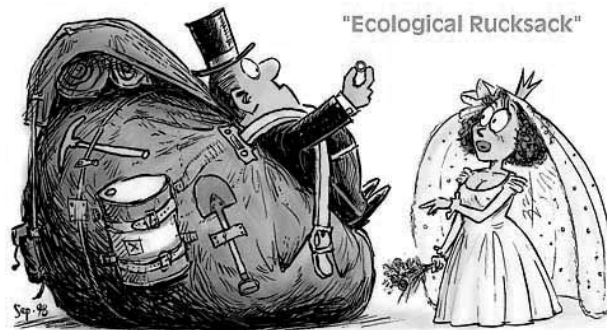


Eco-Efficiency (I): Main Idea

- Input emphasis: increasing the productivity of natural resources; more services and well-being by using less raw materials and energy
- Dematerialization: decoupling of the economic growth from resource and energy flow; substituting knowledge flows for material flows
 - New services - for instance, leasing products rather than selling them, which changes companies' perceptions, spurring a shift to product durability
 - Functional extension: Companies are manufacturing smarter products with new and enhanced functionality
- How to calculate the input? \Rightarrow „Ecological Rucksack“ (= life-cycle-wide material input minus the mass of the product itself)
 - Unused extraction comprises materials translocated in the course of the extraction of primary materials, but not economically used.
 - Indirect flows (ecological rucksacks) of products: These are the rucksacks in the strict sense, comprising all materials used in the life-cycle of a product.

Eco-Efficiency (II): Rucksacks

- Input emphasis: increasing the productivity of natural resources; more services and
- A 20 kg computer has an ecological rucksack of 1,500 kg!
- A 5 g-gold ring has an ecological rucksack of 2,000 kg !



Eco-Efficiency (III): Ecological Rucksacks

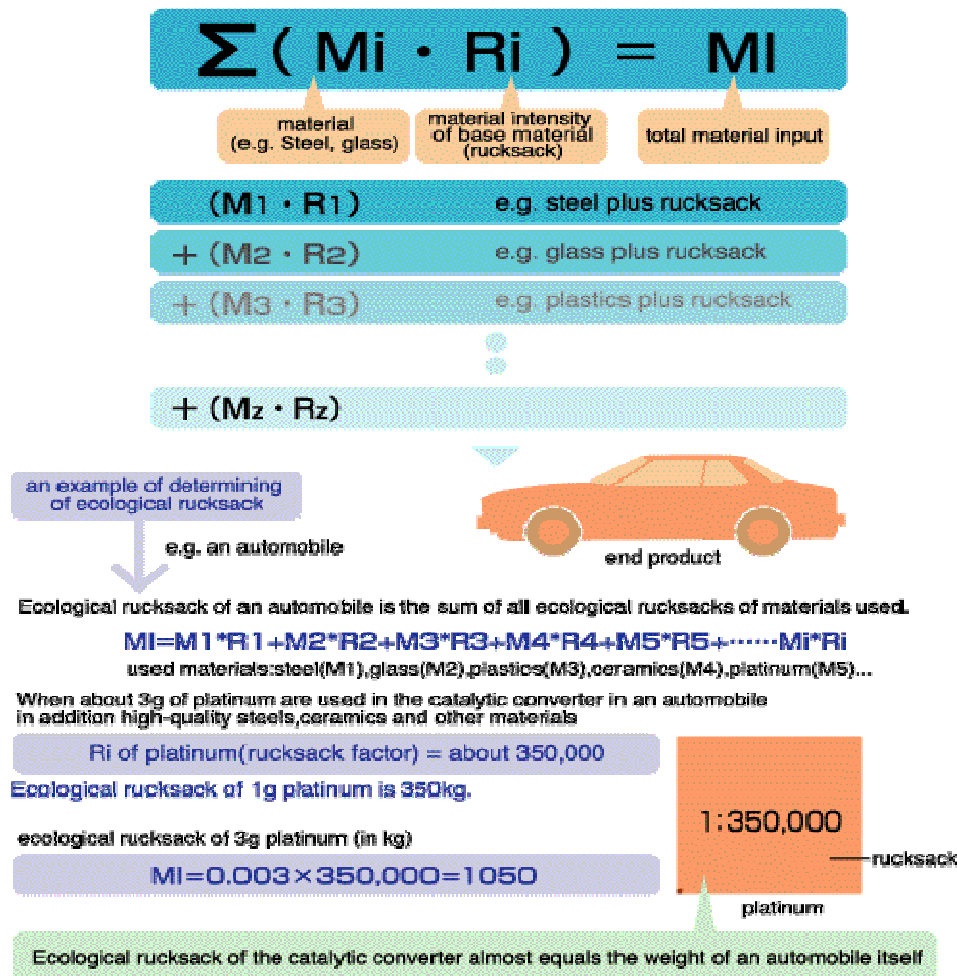
The ecological rucksack of 1 kg of "pure" metal used in manufacturing:

Aluminium	5kg
Iron	14kg
Lead	19kg
Zinc	27kg
Copper	420kg
Silver	7,500kg
Gold	350,000kg

Comparing beverage containers of 0.33 litres:

Container	Constituents	Average Weight (g)	Recycled Content	Eco-Rucksack
Aluminium Can	Aluminium	14.50	50%	8.18
Steel Can	99.75% Steel 00.25% Tin	25	25% 0%	3.05
Glass Bottle	Glass	290	37%	4.87
Pet Bottle	PET	38	0%	11.57
Gable Top Carton	70% Paper 24% Polyethylene 6% Aluminium	17.5	0% 0% 50%	5.68

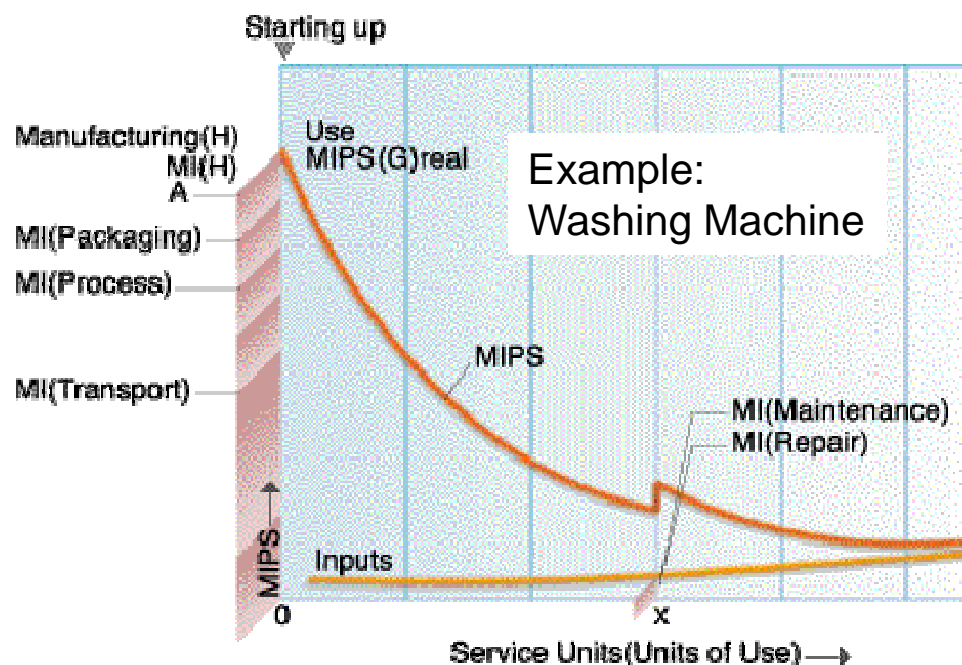
Eco-Efficiency (IV): Calculating Total Material Input



Eco-Efficiency (V): MIPS

- How can we relate the input to the amount of service that is generated by a product or technology?
- MIPS = **M**aterial **I**nter **P**er **S**ervice unit (= reciprocal of resource productivity)
- How to create low MIPS solutions?

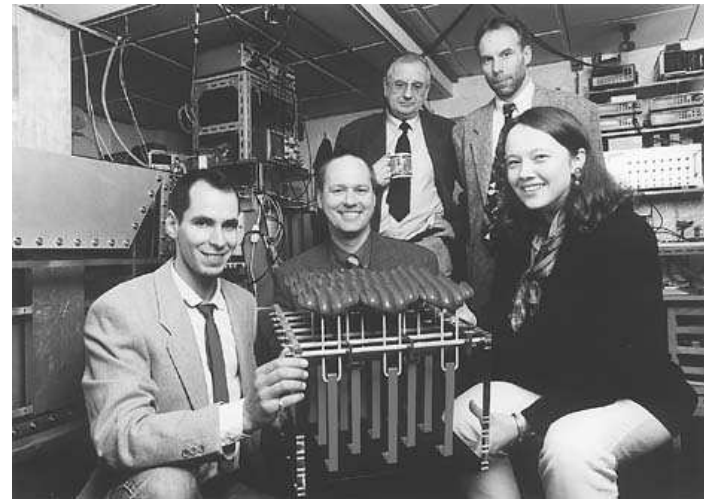
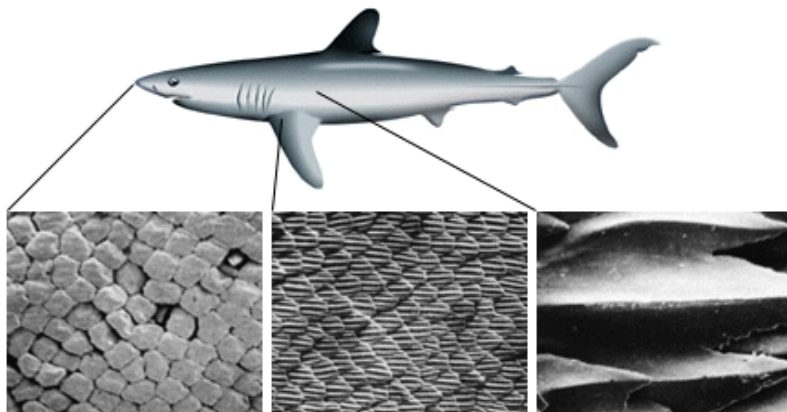
$$\text{MIPS} = \frac{\text{Material Input} \downarrow}{\text{Service Unit} \uparrow}$$



- The MIPS concept neglects
- the specific "surface-use" for industrial as well as for agricultural
 - the environmental toxicity of material flows,
 - questions of biodiversity.

Ökologische Konsistenz (I): Bionik

- Applying the „economic“ principles of the biosphere which may be viewed as the oldest and most succesful „company“
 - Only renewable energy resources are used
 - There does not exist any kind of waste
- Bionik: copying of natural contructions and applying the organizational principles of living organisms to the solution of engineering problems
- Example: shark skin structure applied to aircraft reduces the energy demand

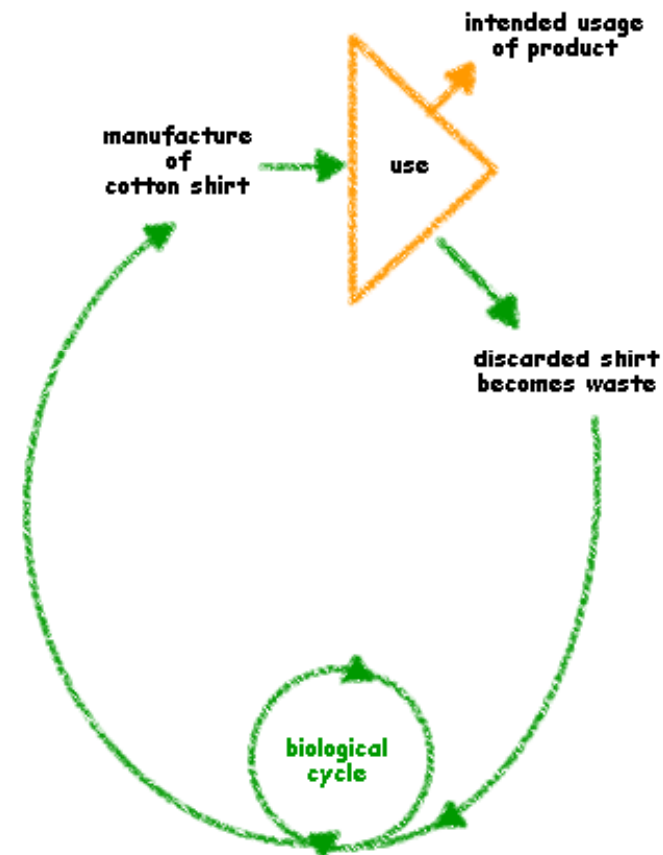


Ökologische Konsistenz (II): Upcycling and Zero Emission

- Upcycling: turning waste into „food“
- Biological cycle: Using biodegradable materials that can be completely composted
- Technical cycle: After using a product all materials and modules can be fragmented and feeded into another cycle
- Output emphasis: closed cycles by „Zero Emission“ technologies and systems
- Example: a cherry tree is not eco-efficient but eco-effective – why?

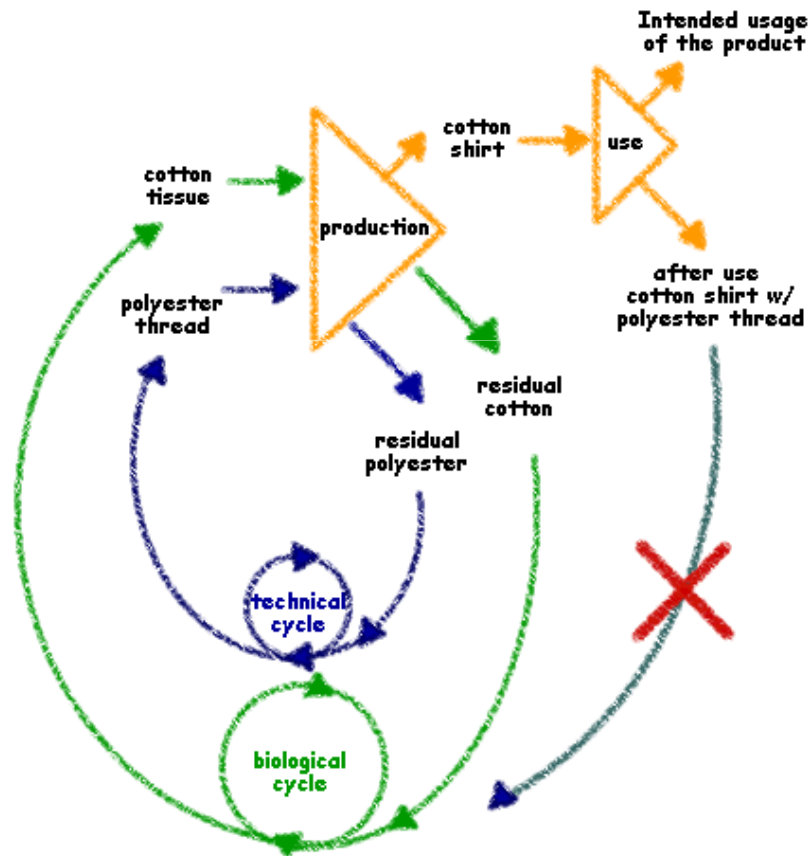


Example: cotton shirt (without production)



Ökologische Konsistenz (III): Closed Cycles

Example: cotton/polyester shirt



Example: cotton shirt

