



sabento®



## Gliederung

- Was ist Ökoeffizienz?
- Methode
- Systemgrenzen
- Ergebnisse

## Ökoeffizienz – Was ist das?

- **Ökonomisch: kosteneffiziente Wirtschaftsweise.** Ressourcen sollen dort eingesetzt werden, wo sie den größten zusätzlichen Nutzen bewirken.
- **Ökologisch: Maßgröße** für verursachte **Umweltbelastungen** pro erstellter Leistung.
- **Ökonomisch & ökologisch: ökonomisch-ökologische Effizienz**, welche die verursachte **Umweltbelastung pro erwirtschaftete Geldeinheit** misst.

- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD):

Ökoeffizienz ist dann erreicht, wenn **ressourcenschonende** Produkte und Dienstleistungen, die **menschliche Bedürfnisse befriedigen** und einen Beitrag zur **Lebensqualität** leisten, zu **wettbewerbsfähigen Preisen** angeboten werden.

### Fazit:

Es gibt viele Definitionen und viele Methoden, um dem Gedanken der Ökoeffizienz gerecht zu werden.

## Ausgewählte Methoden

- Für die ökoeffiziente Bewertung dieses Projektes werden folgende Bewertungsmethoden eingesetzt. Für die Modellierung und Auswertung wird die Software Sabento eingesetzt

- **Ökologische Bewertung:**

Die ökologische Bewertungsmethode wurde von der Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Heinzle entwickelt wurde. Näheres zur Methodik im angehängten Bericht.

- Elmar Heinzle  
Abdul Kholiq



- **Ökonomische Bewertung:**

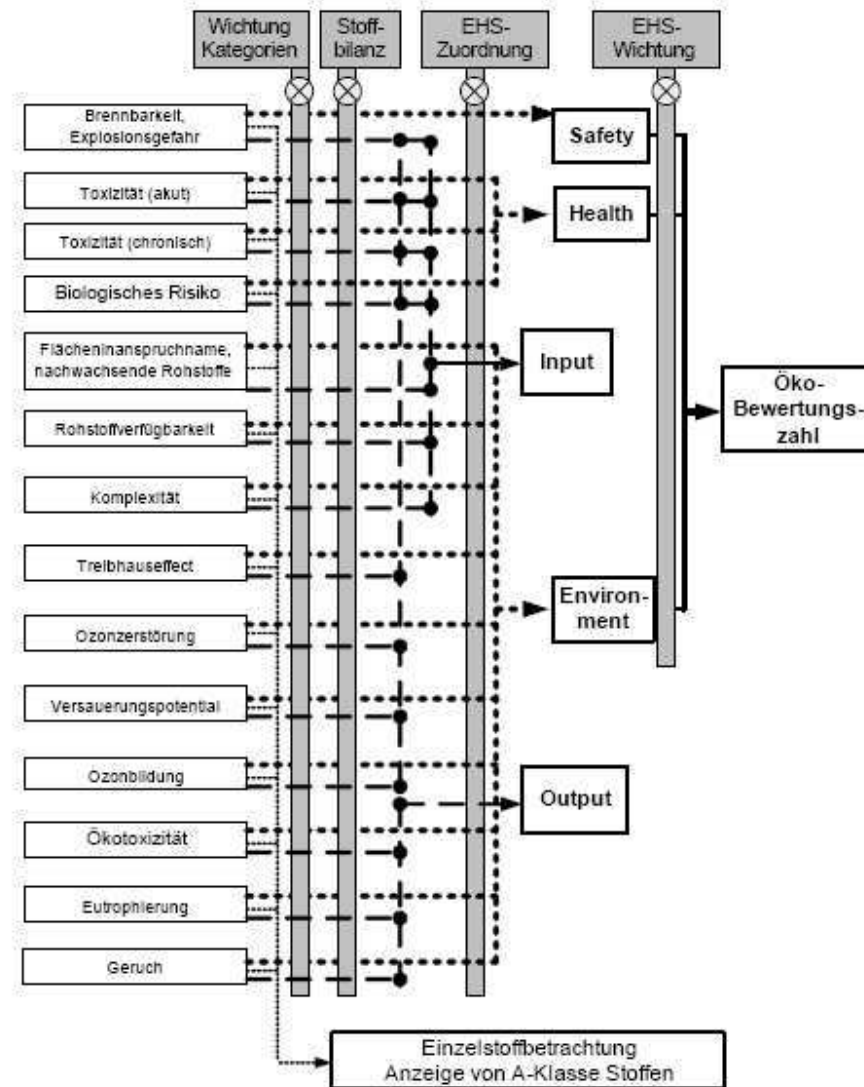
Die ökologische Bewertungsmethode wurde von der Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Bellmann entwickelt wurde. Näheres zur Methodik im angehängten Bericht.

- Klaus Bellmann  
Alexander Danek



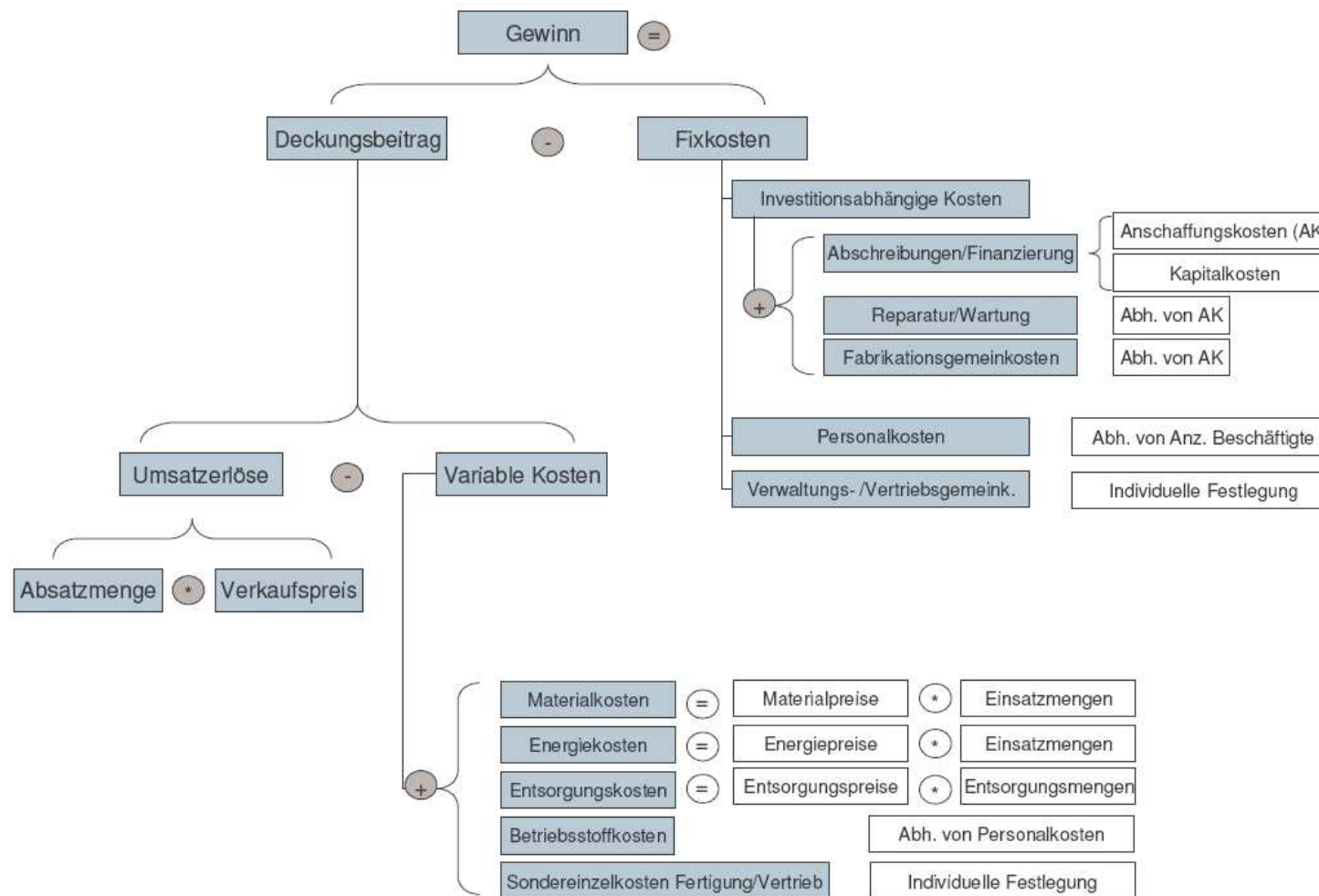
# Ökologisches Bewertungssystem – Eine Übersicht

- ABC- Klassifizierung
- Massenbilanz
- mehrstufige Gewichtung
- Aggregation zur Umweltbewertungszahl (UBZ)
- Einzelstoffbetrachtung
- Darstellung allgemeiner Kennzahlen, wie Massen- und Energieindex.



Quelle: Lehrstuhl für Technische Biochemie (2003): Bewertung ökologischer Aspekte der Nachhaltigkeit biotechnischer Prozesse. Universität Saarbrücken. Unveröffentlichter Bericht Kontakt: Prof. Dr. Elmar Heinzele

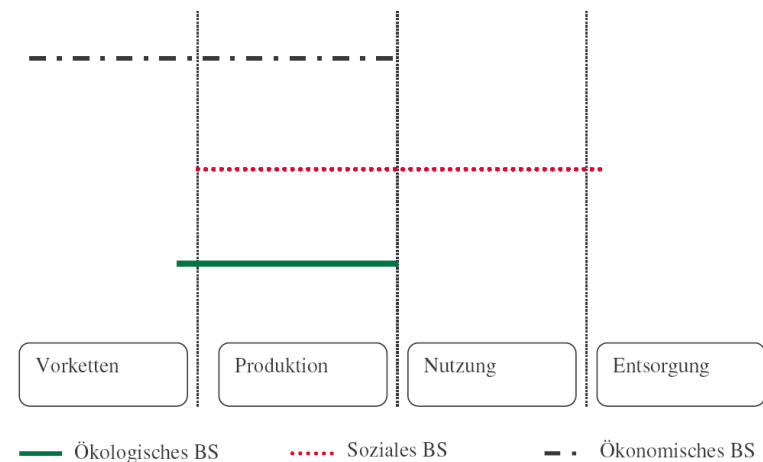
# Ökonomisches Bewertungssystem – eine Übersicht



Quelle: Center for Market-Oriented Product and Production Management (2005): Teilprojekt „Ökonomische Evaluierung biotechnischer Prozesse“ der Begleitstudie im Rahmen der Förderaktivität „Nachhaltige Bioproduktion“, Fördervorhaben AZ 0312752A, Auftragsnummer 0312752A,

## Systemgrenzen der eingesetzten Methoden

Die Systemgrenzen der ökologischen Bewertung beschränken sich auf den Herstellungsprozess. Dabei stehen bei der ökologischen Bewertung die Sicherheit, die Gesundheit und die Umwelt als oberste Wirkkategorien im Vordergrund. Die Vorketten der Energien, Roh- und Hilfsstoffe, sowie der Einsatz, bzw. die Weiterverarbeitung des jeweiligen Produktes während der Nutzenphase, als auch die Entsorgung oder Verwertung des Produktes werden in dem ökologischen Bewertungssystem von Sabento® nicht berücksichtigt. Ökologische Belastungen durch Vorketten von Materialien werden in der Wirkungskategorie „Komplexität der Synthese“ der eingesetzten Stoffe berücksichtigt.



Ökonomisch werden alle Kosten bewertet, die während der Produktion anfallen, wie z.B. Materialkosten, Personalkosten, Investitionskosten, Energiekosten, Personalkosten, Entsorgungskosten. Weitere ökonomischen Aspekte der Nutzenphase und der Entsorgungsweg des Produktes werden nicht betrachtet.



## Projektbeschreibung: AZ 13166

### Ziel:

Verfahrensoptimierung für die technische Produktion markterprobter Silikone mit Hilfe der biokatalytischen Funktionalisierung der Alkylseitenketten.

## Projektbeschreibung: AZ 13166

### Eigenschaften von Polysiloxanen:

herausragende Eigenschaften gegenüber klassischen organischen und anorganischen Substanzen:

- chemische und physiologische Inertheit

### Anwendungsfelder:

- Kosmetika
- Körperpflegemittel
- thermoplastische Copolymere
- Tenside
- Papierbeschichtung

## Zielsetzung der Ökoeffizienzanalyse

- Es soll ein ökoeffizienter Vergleich zwischen folgenden Verfahren zur Herstellung von Aminodisiloxanen durchgeführt werden:
  - Chemischer Zugang
  - Biokatalytischer Zugang
  
- Jeweils Produktionsziel: 1000 Kg/a
  
- Verkaufspreis von Aminodisiloxan: ca. 620 € / kg

## Datenrecherche: R & S Sätze der verwendeten Materialien

Substanz	R-Sätze	S-Sätze
3-Chlorpropyldimethylmethoxysilan	10-36/37/38	16-26-36
Kaliumcyanat	22	24/25
Dimethylsulfoxid		
N,N-Dimethylformamide	61-20/21-36	53-45
Methyltriphenylphosphonium chlorid	21/22-38-41-51/53	22-26-36/37/39-61
Methanol	11-23/24/25-39/23/24/25	7-16-36/37-45
Dichlormethan	40	23-24/25-36/37
Bis-(carbamatopropyl)tetramethyldisiloxan	36-40	26
tert-Butylmethylether	11-38	9-16-24
1,3-Bis(3-aminopropyl)tetramethyldisiloxan	36/37/38	26-36/37/39
Dimethylcarbonat	11	9-16
Natrium	14/15-34	8-43-45
n-Hexan	11-38-48/20-51/53-62-65-67	9-16-29-33-36/37-61-62
Kieselgur/Celite	48/20	22
Essigsäure	10-35	23-26-45
Lipase Novozym 435	WGK:3	-
Salzsäure	34-37	26-36/37/39-45
Natriumhydroxid	35	26-36/37/39-45
3-Chlorpropyldimethylchlorsilan	10-34	16-26-36/37/39
Ammoniak	10-23-34-50	9-16-26-36/37/39-45-61
Diethylether	12-19-22-66-67	9-16-29-33
Natriumiodid	50	61
Kaliumiodid	-	-
n-Pentan	12-51/53-65-66-67	9-16-29-33-61-62
Tetrahydrofuran	11-19-36/37	16-29-33

## Weitere relevante Daten

Stoff	Wassergefährdungs-Klasse WGK	MAK-Werte	Gefahrstoff-symbole
3-Chlorpropyl-dimethylchlorsilan	3	-	C
Kaliumcyanat	1	LD50=567mg/kg	Xn
Dimethylsulfoxid	1	LD50=40g/kg MAK=160mg/m <sup>3</sup>	-
N,N-Dimethylformamid	1	LD50=2800mg/kg MAK=15mg/m <sup>3</sup>	T
Methyltriphenylphosphoniumchlorid	2	LD50=200- 2000mg/kg	Xn, N
Bis-(carbamatopropyl)disiloxan	-	-	-
Bis-(aminopropyl)disiloxan fak	-	LD50=2000mg/kg	Xi, Xn
3-Chlorpropyl-dimethylmethoxysilan	3	-	Xi
Natriumiodid	1	LD50=4340mg/kg	-
Tetrahydrofuran	1	LD50=1650 mg/kg MAK=150 mg/m <sup>3</sup>	F, Xi

# Angenommene Materialpreise

Energie		Preise
Energie, elektrisch		in €/kWh
	Energie, elektrisch, unspezifisch	0.120
Energie, thermisch		in €/MG
	Dampf, 4 bar	17.00
Reagenzien		in €/kg
Gase		
	Ammoniak	0.27
Laugen		
	Kaliumhydroxid	1.35
	Natriumhydroxid	0.10
Reagenzien (organisch)		
	3-Chlorpropyldimethylchlorosilane	200.00
	3-Chlorpropyldimethylmethoxysilan	415.00
	n-Pentan	3.50
	Tetrahydrofuran	4.20
Lösungsmittel		
	Dichlormethan (LM)	0.37
	Methanol (LM)	2.40
	N,N-Dimethylformamid (Solvent)	10.70
	Isopropanol (LM)	0.85
	tert-Butylmethylether (LM)	1.47
	Toluol (LM)	4.16
Enzym		
	Lipase	1080.00
Salze		
	Kaliumcyanat	8.50
	Calciumcarbonat	5.40
	Kaliumphosphat	-
	Kaliumjodid	13.30
	Methyltriphenylphosphoniumchlorid	40.10
Säuren		
	Salpetersäure	0.26
	Salzsäure	0.07
Wasser		
	bidestilliertes Wasser (Wasser)	0.00
	VE-Wasser (Wasser)	0.00
	Leitungswasser (Wasser)	0.00
Produkte		
	Bis(3-aminopropyl)-tetramethyldisiloxan (Produkt)	620.00
	Carbamatopropylidisiloxan (Produkt)	160.00

## Systemgrenzen der Analyse

### Betrachtet wurden:

- Alle mengenmäßig relevanten Materialien
- Energieverbräuche der wesentlichen Prozessschritte, wie z.B. Destillieren, Mischen oder Filtrieren.
- Kosten von Material, Betriebs- und Hilfsstoffen
- Energiekosten

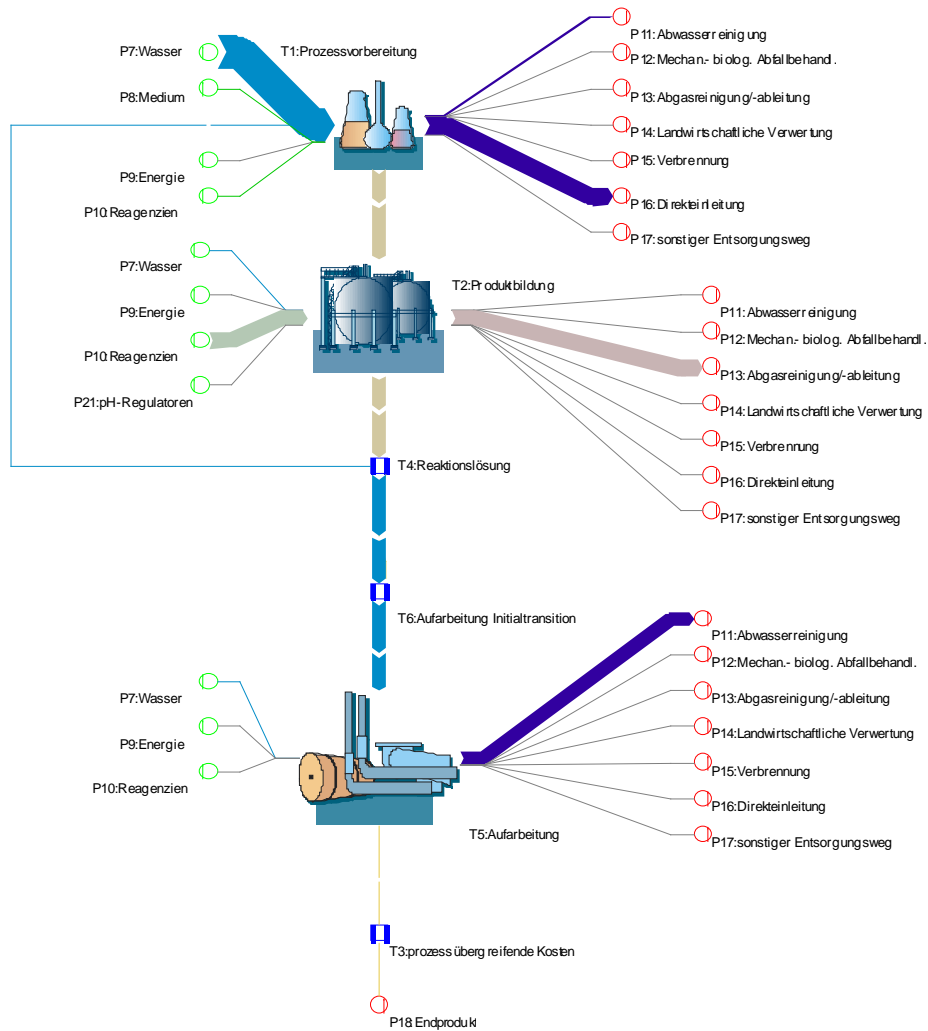
### Nicht betrachtet wurden:

- Energieverbräuche für Pumpen
- Investitionskosten
- Personalkosten
- Entsorgungskosten
- Zuschlagssätze für indirekte Personalkosten, Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten, Sondereinzelkosten der Fertigung sowie Sondereinzelkosten des Vertriebs.

## Biotechnologischer Zugang

- Für die Bewertung der Ökoeffizienz wird für den biotechnologischen Zugang zunächst die Herstellung von **Carbamatopropyldisiloxan** betrachtet. Im Forschungsprojekt wurde Carbamatopropyldisiloxan nicht selbst hergestellt, sondern zugekauft. Um eine Vergleichbarkeit des biotechnologischen Herstellungsweges mit dem chemischen Herstellungsverfahren von **Bis{3-aminopropyl}-tetramethyldisiloxan** herzustellen, wurde diese Produktion mitbetrachtet.
- Die Ergebnisse werden deshalb jeweils getrennt dargestellt:
  - **Produktion Carbamatopropyldisiloxan**
  - **Produktion Bis{3-aminopropyl}-tetramethyldisiloxan**





■	Wasser (Wasser)
■	Komplekstoffe, Salze
■	Produkte (Produkt)
■	Biomasse, Reagenzien (anorganisch), Reagenzien (organisch)
■	Laugen, Säuren
■	Zwischenprodukte
■	Gase
■	Wasser (Abwasser)
■	Biomasse (Abfall), Produkte (Abfall), Reagenzien (anorganisch) (Abfall), Reagenzien (organisch) (Abfall)
■	Gase (Abfall)

# Ökoeffizienz – Analyse Ergebnisse

## Ökologische Bewertung - Allgemeine Kennzahlen

Die Allgemeinen Kennzahlen geben einen ersten Überblick über die bilanzierten Verfahren. Es fällt auf, dass im biotechnologischen Verfahren ein fast doppelt so hoher Materialeinsatz besteht. Gleiches gilt für den Energieeinsatz. Hier sind klare Vorteile für den ausgereiften chemischen Prozess gegenüber den in der Entwicklung steckenden biotechnologischen Herstellungsweg zu erkennen.

Produktstrom	=	1000	kg / Jahr
Inputstrom	=	13615	kg / Jahr
Abfallstrom	=	12605	kg / Jahr
Energiestrom	=	17937815	kJ / Jahr
Inputindex	=	14	kg / kg
Abfallindex	=	13	kg / kg
Energieindex	=	17938	kJ / kg

Szenario CT

Produktstrom	=	1830	kg / Jahr
Inputstrom	=	8603	kg / Jahr
Abfallstrom	=	6402	kg / Jahr
Energiestrom	=	11012541	kJ / Jahr
Inputindex	=	5	kg / kg
Abfallindex	=	4	kg / kg
Energieindex	=	6018	kJ / kg

Szenario BT - Vorstufe

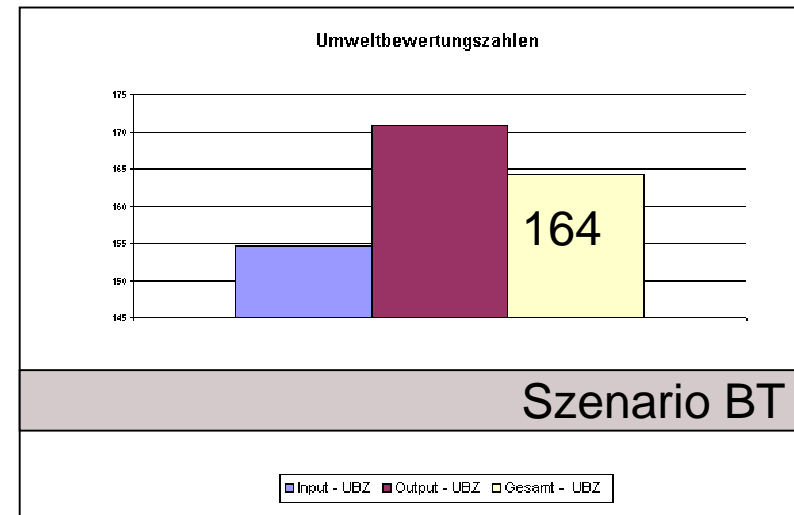
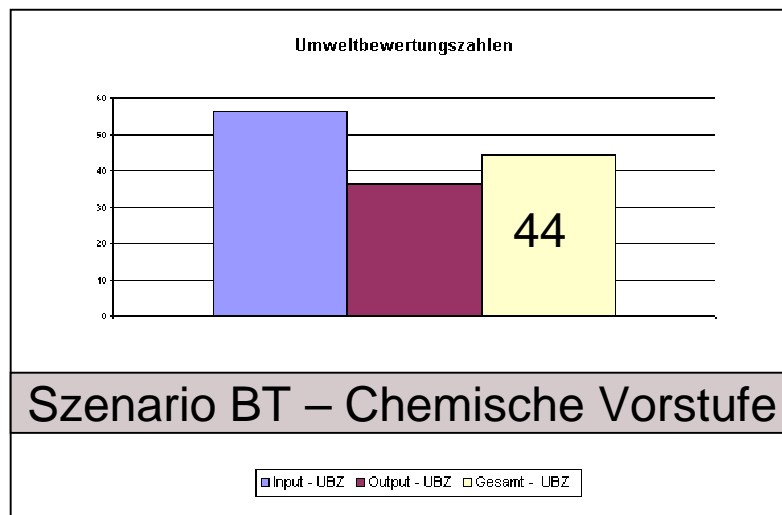
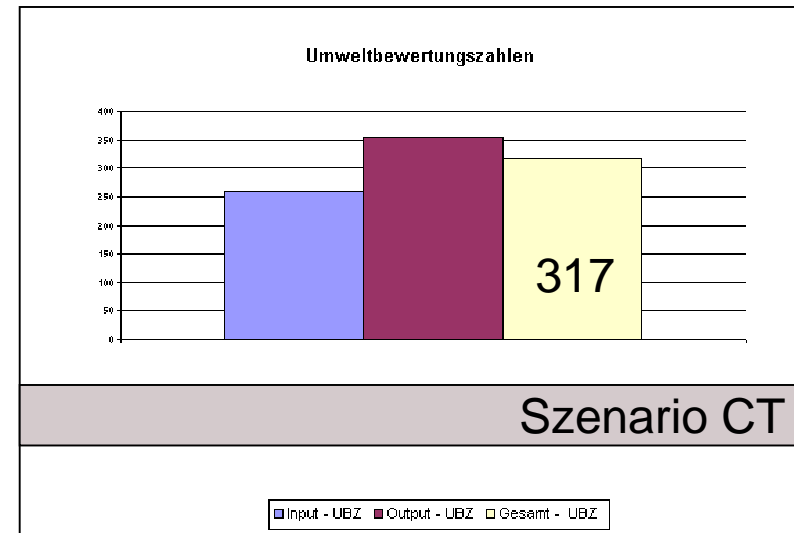
Produktstrom	=	1000	kg / Jahr
Inputstrom	=	21538	kg / Jahr
Abfallstrom	=	17460	kg / Jahr
Energiestrom	=	29339599	kJ / Jahr
Inputindex	=	22	kg / kg
Abfallindex	=	17	kg / kg
Energieindex	=	29340	kJ / kg

Szenario BT

# Umweltbewertungszahlen (UBZ) in der Übersicht

Je kleiner die Umweltbewertungszahl ist, desto geringer sind die potenziellen Umweltwirkungen.

Obwohl höherer Materialeinsatz, steht das BT-Verfahren ökologisch leicht besser dar. Die Differenz von etwa 100 Punkten sollte allerdings - auch aufgrund von Unsicherheiten der Datengrundlage - nicht überbewertet werden.

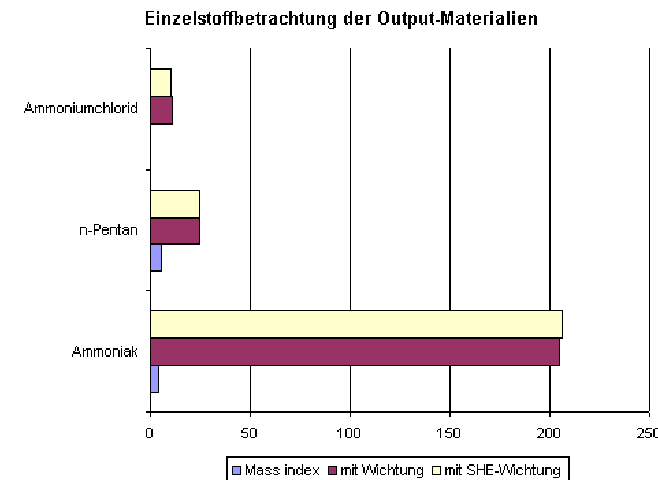
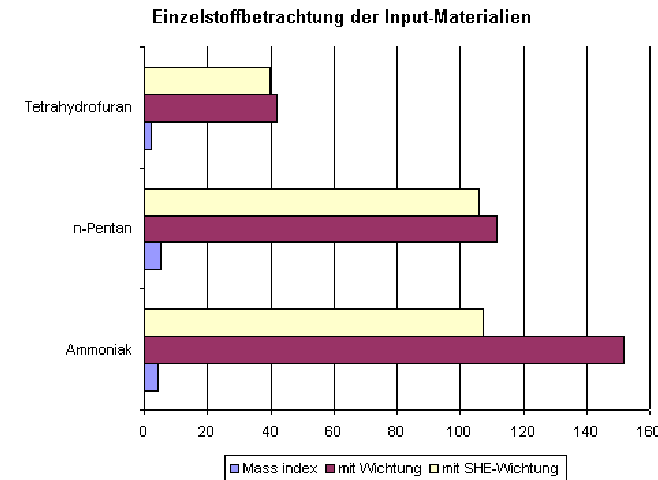


## Beteiligte Stoffe mit einem hohen Gefährdungspotential - chemisches Verfahren:

Stoff	Wirkungskategorie
n-Pentan	Thermische Risiken
Salpetersäure	Thermische Risiken, Toxizität (akut)
Tetrahydrofuran	Thermische Risiken
Ammoniak	Thermische Risiken, Toxizität (akut), Toxizität (chronisch), Versauerungspotential, Ökotoxizität, Eutrophierung
Kaliumhydroxid	Toxizität (akut)
Cyclosilan	Ökotoxizität
Ammoniumchlorid	Eutrophierung

## Einzelstoffbetrachtung – Szenario CT

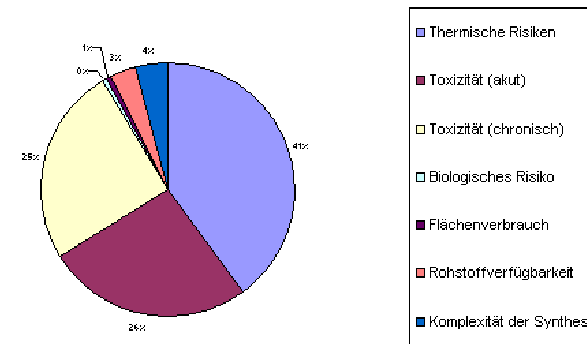
- Auf der Inputseite sind die drei Substanzen **Ammoniak**, **Tetrahydrofuran** und **n-Pentan** die wesentlichen Verursacher für mögliche Sicherheits-, Umwelt- und Risiko-Potentiale.
- Auf der Outputseite ist **Ammoniak** der dominierende Faktor.



## Wirkungskategorien – Szenario CT

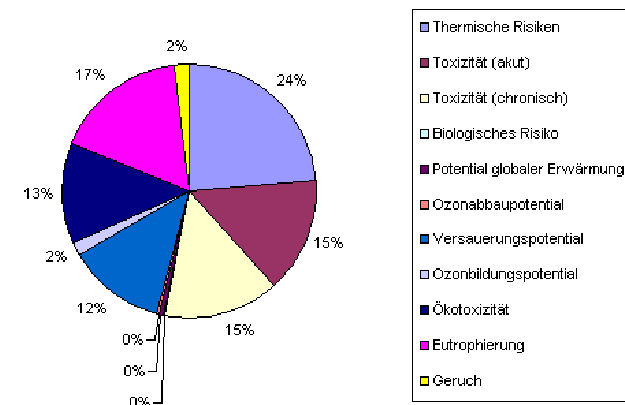
- Beim chemischen Verfahren dominieren die Wirkungskategorien **Thermisches Risiko, akute & chronische Toxizität und Komplexität der Synthese**. Das Thermische Risiko kann mit einem Anteil von 30% beziffert werden.

Wirkungskategorien der Inputseite



- Auf der Outputseite dominiert auch das **thermische Risiko. Akute und chronische Toxizität, Eutrophierung, Versauerung** werden hier von Ammoniak dominiert.

Wirkungskategorien der Outputseite

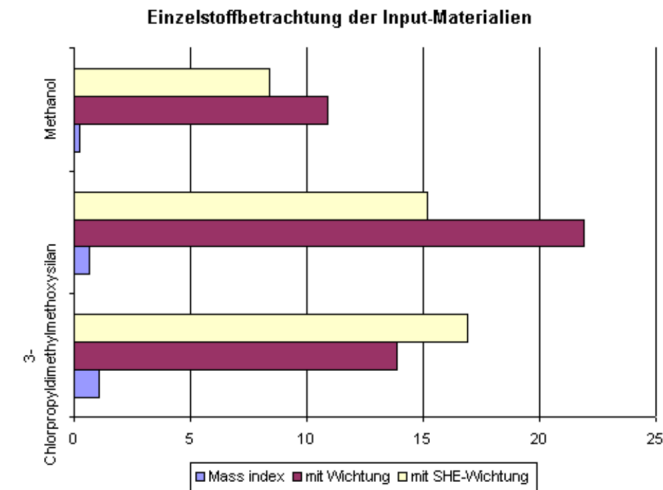


## Beteiligte Stoffe mit einem hohen Gefährdungspotential biotechnologischen Verfahren (Vorstufe):

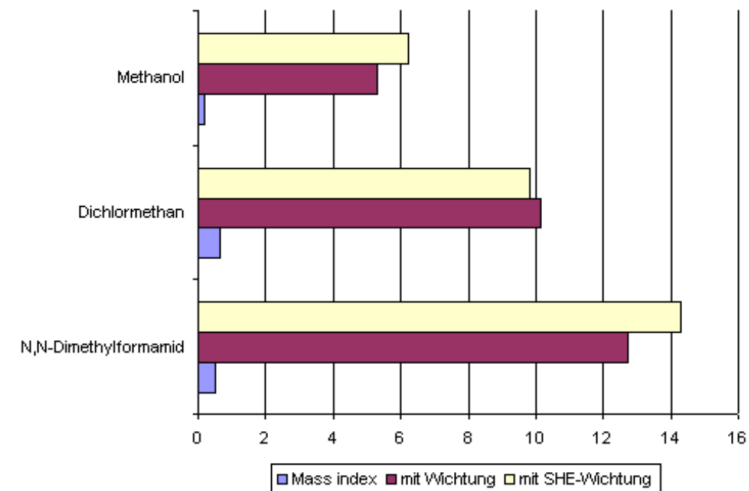
Stoff	Wirkungskategorie
Methanol	Thermische Risiken, Toxizität (akut), Toxizität (chronisch)
Salpetersäure	Thermische Risiken, Toxizität (akut)
tert-Butylmethylether	Thermische Risiken
N,N-Dimethylformamid	Thermische Risiken, Toxizität (akut), Toxizität (chronisch)
Kaliumhydroxid	Toxizität (akut)
Dichlormethan	Toxizität (chronisch)
3-Chlorpropyldimethylmethoxysilan	Komplexität der Synthese

## Einzelstoffbetrachtung – Szenario BT - Vorstufe

- Auf der **Inputseite** fallen die Stoffe **3-Chlorpropyldimethylmethoxysilan**, **N,N-Dimethylformamid** und **Methanol** ins Gewicht.



- Auf der **Outputseite** sind **N,N-Dimethylformamid**, **Dichlormethan** und **Methanol** die Stoffe mit einem hohen Gefährdungspotenzial

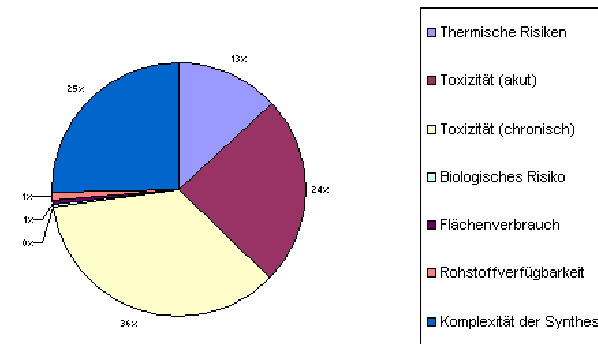




## Wirkungskategorien – Szenario BT - Vorstufe

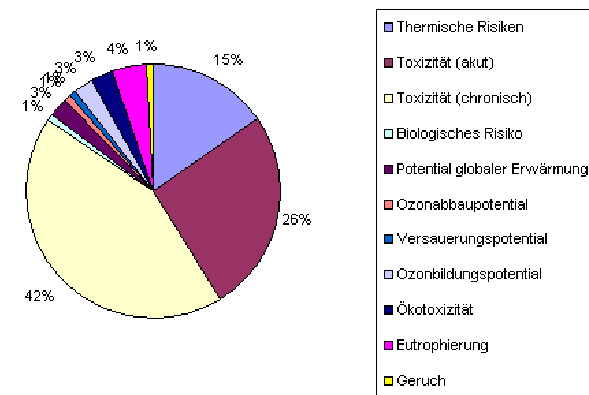
- Die dominierenden Stoffe aus der Einzelstoffbetrachtung wirken sich insbesondere auf die Kategorien **„Komplexität der Synthese“**, **Toxizität** und **thermisches Risiko** aus.

Wirkungskategorien der Inputseite



- Die Auswirkungen der Stoffe im Output ähneln den Wirkungen der Stoffe auf der Inputseite, mit der Ausnahme von „Komplexität der Synthese“.

Wirkungskategorien der Outputseite

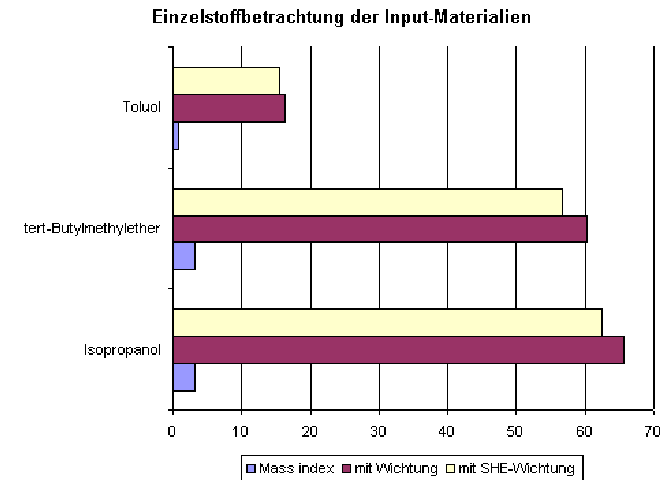


## Beteiligte Stoffe mit einem hohen Gefährdungspotential biotechnologisches Verfahren:

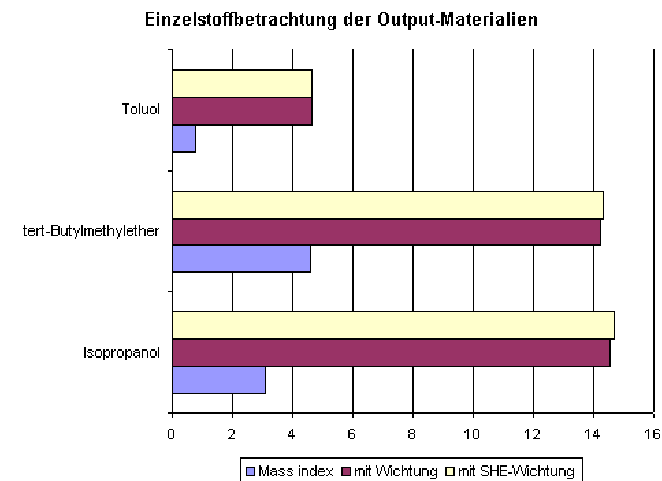
Stoff	Wirkungskategorie
Isopropanol	Thermische Risiken
Salpetersäure	Thermische Risiken, Toxizität (akut)
tert-Butylmethylether	Thermische Risiken
Toluol	Thermische Risiken
Lipase	Thermische Risiken, Toxizität (akut)
Kaliumhydroxid	Toxizität (akut)
Natriumhydroxid	Toxizität (akut)

## Einzelstoffbetrachtung – Szenario BT

- Auf der Inputseite sind **Isopropanol** und **tert-Butylmethylether** bedeutende Stoffgrößen zur Bewertung der ökologischen Relevanz.



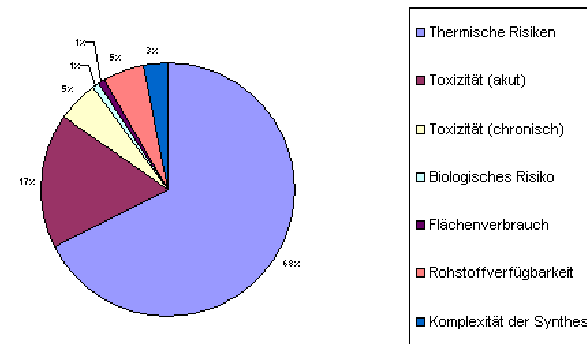
- Auf der Outputseite gilt das selbe.



## Wirkungskategorien – Szenario BT

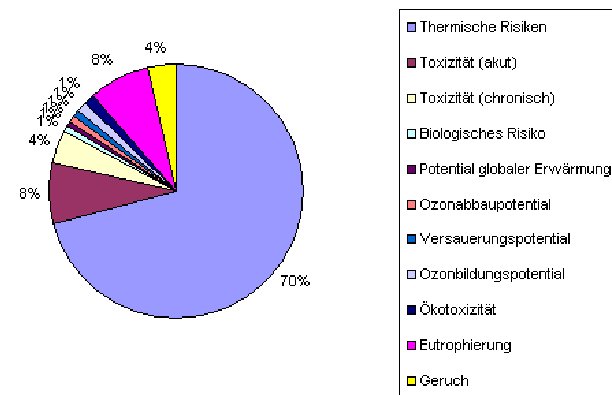
- Die dominierenden Stoffe aus der Einzelstoffbetrachtung **Isopropanol** und **tert-Butylmethylether** prägen mit ihren Stoffeigenschaften die Wirkungskategorien auf der Inputseite.

Wirkungskategorien der Inputseite



- Die Potentiale der Outputseite ähneln den Potentiale der Inputseite.

Wirkungskategorien der Outputseite

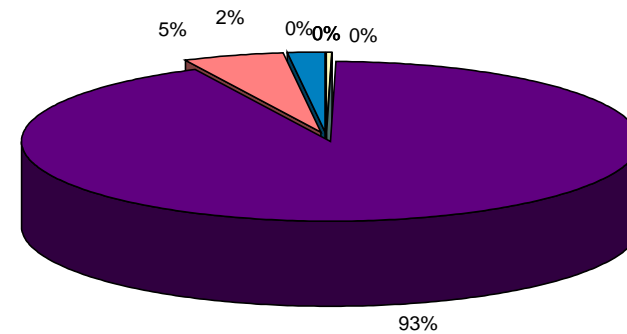


## Ökonomische Betrachtung

- Umsatz (Verkauf von 1.000kg):
  - BT: 620.000 €
  - CT: 620.000 €
  
- Materialkosten:
  - BT: ~ 311.000 €
  - CT: ~ 344.000 €
  
- Energiekosten:
  - BT: 1000 € (ohne chem. Vorstufe)
  - CT: 500 €

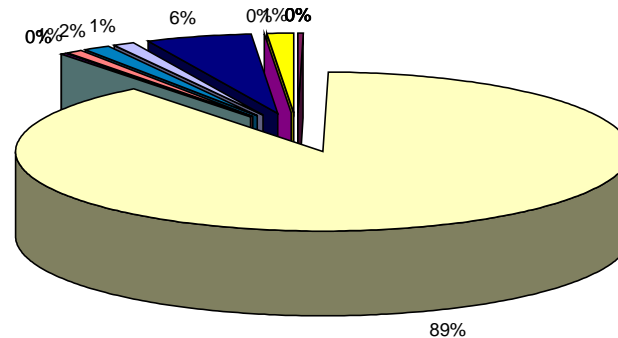
# Material- und Energiekosten

- Chemisches Produktionsverfahren



Energie, elektrisch, unspezifisch	Dampf, 4 bar [kJ]	Ammoniak
Kaliumhydroxid	3-Chlorpropyldimethylchlorosilane	n-Pentan
Tetrahydrofuran	Calciumcarbonat	Salpetersäure
bidestilliertes Wasser (Wasser)	Leitungswasser (Wasser)	

- Biotechnologisches Produktionsverfahren



Energie, elektrisch, unspezifisch	Dampf, 4 bar [kJ]	Carbamatopropylidisoloxan (Produkt)
Kaliumhydroxid	Natriumhydroxid	Isopropanol (LM)
tert-Butylmethylether (LM)	Toluol (LM)	Lipase
Calciumcarbonat	Kaliumphosphat	Salpetersäure
Salzsäure	bidestilliertes Wasser (Wasser)	Leitungswasser (Wasser)

# Zusammenfassung

## Ökologische Bewertung

Der Vergleich beider Produktionsverfahren (Systemgrenze: „Produktion“) zeigt eine ähnliche Umweltperformance mit leichten Vorteilen für das biotechnologische Verfahren. Der Materialeinsatz ist im biotechnologischen Verfahren höher, hat aber im Gegensatz zum chemischen Herstellungsverfahren eine geringere Umweltbelastung (ohne Berücksichtigung von ökologischen Einwirkungen der Energieproduktion). Vorteile für das chemische Produktionsverfahren ergeben sich im insgesamt deutlich geringeren Energieverbrauch. Diese Tatsache ist auch dem höheren Materialeinsatz im BT-Verfahren geschuldet.

Mögliche technische Verfahren zur Reduzierung der Wirkungspotenziale, wie z.B. Kläranlagen, wurden nicht berücksichtigt. Es handelt sich hier um eine reine Potenzialabschätzung.

## Ökonomische Bewertung

Die ökonomische Betrachtung gestaltet sich schwierig, da oftmals Angaben zu den industriellen Einkaufspreisen fehlten. Dennoch scheinen auch hier beide betrachteten Verfahren recht ähnlich im Abschneiden zu sein. Wesentlich auf das Ergebnis wirkte sich der Preis des jeweiligen Eduktes auf die Materialkosten aus. In beiden Szenarien beträgt der Anteil der Edukte über 90% an den gesamten Materialkosten.

Insgesamt erscheinen die ermittelten Materialkosten etwas zu hoch, da der Deckungsbeitrag, unter ausschließlicher Berücksichtigung der Material- und Energiekosten, relativ gering ausfällt, und zum anderen, da die Energiekosten im Verhältnis zu den Materialkosten um den Faktor 10 geringer sind als der Durchschnitt im verarbeitenden Gewerbe. Im Mittel betragen die Energiekosten im verarbeitendem Gewerbe 4% der Materialkosten, während hier das Verhältnis 0.3% beträgt.

## Aussage zur Ökoeffizienz

Obwohl sich das neue biotechnologische Verfahren noch in der Entwicklung befindet, erreicht es gute Werte im Vergleich zum etablierten chemischen Verfahren. Der vergleichsweise leicht besseren ökologischen Performance der biotechnologischen Produktion steht der höhere Energiebedarf gegenüber. Bei der ökonomischen Betrachtung sind keine wesentlichen Kostenunterschiede festzustellen. In Anbetracht dessen, dass das etablierte CT-Verfahren technisch bereits ausgereift ist, birgt das neue BT-Verfahren noch große Optimierungspotenziale. Hierbei sollte sich die Entwicklung auf eine Minimierung der eingesetzten Massen und eine Reduktion des Energiebedarfs konzentrieren.



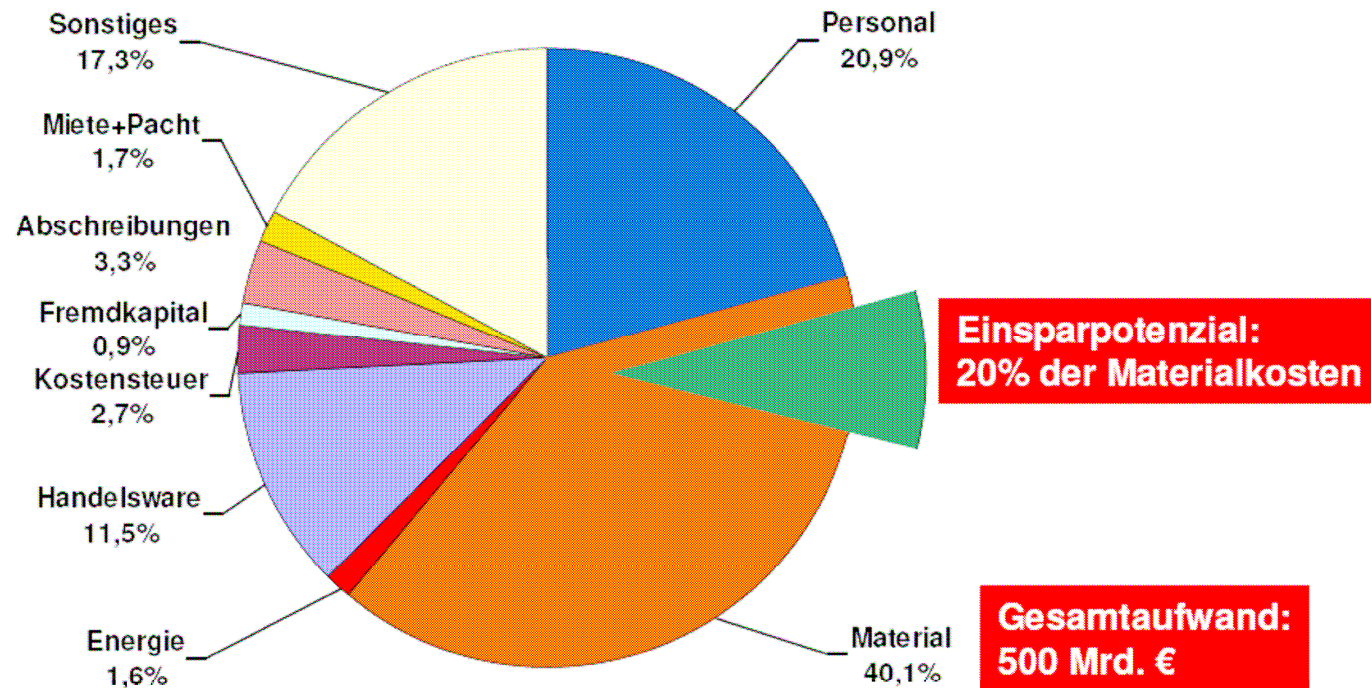
sabento®





## Ergebnis aus Studien

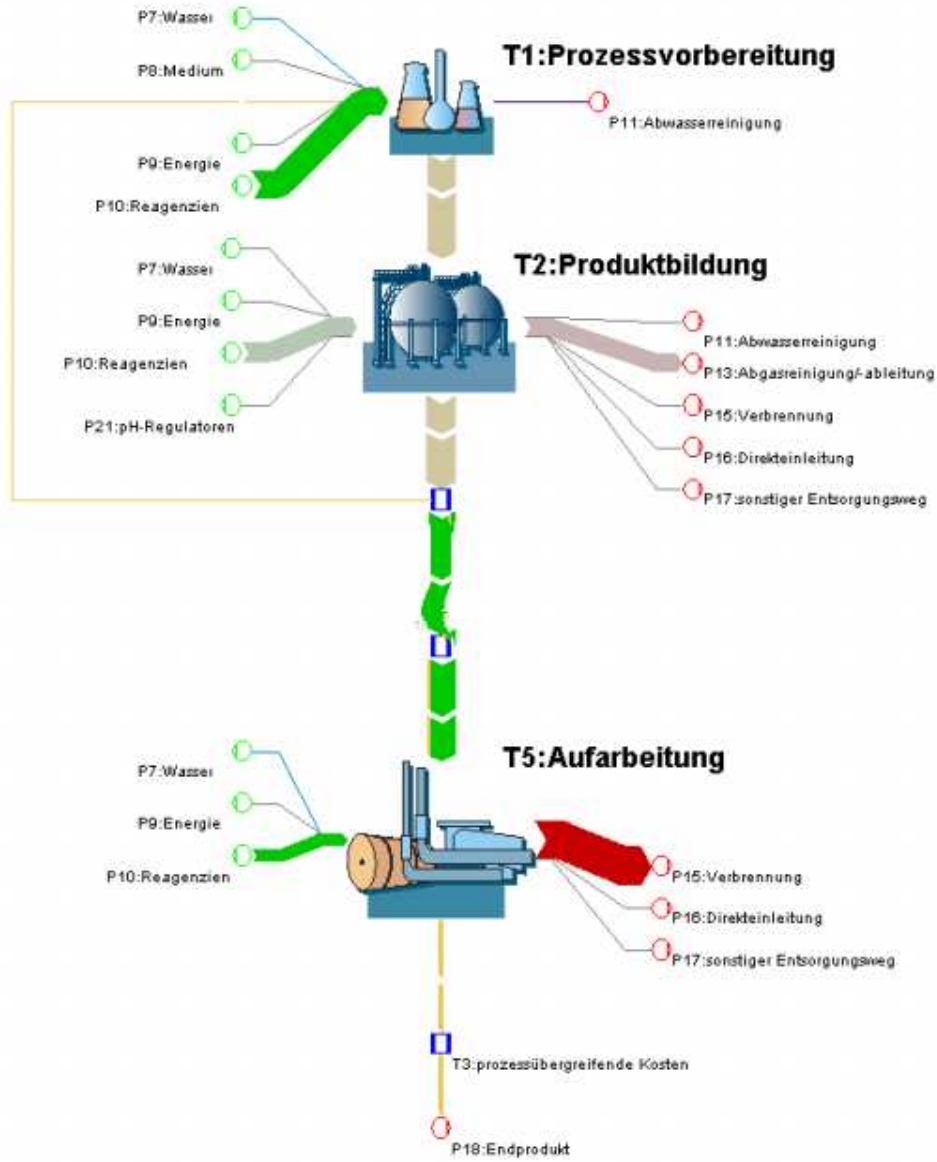
### Kostenstruktur im verarbeitenden Gewerbe (2003)



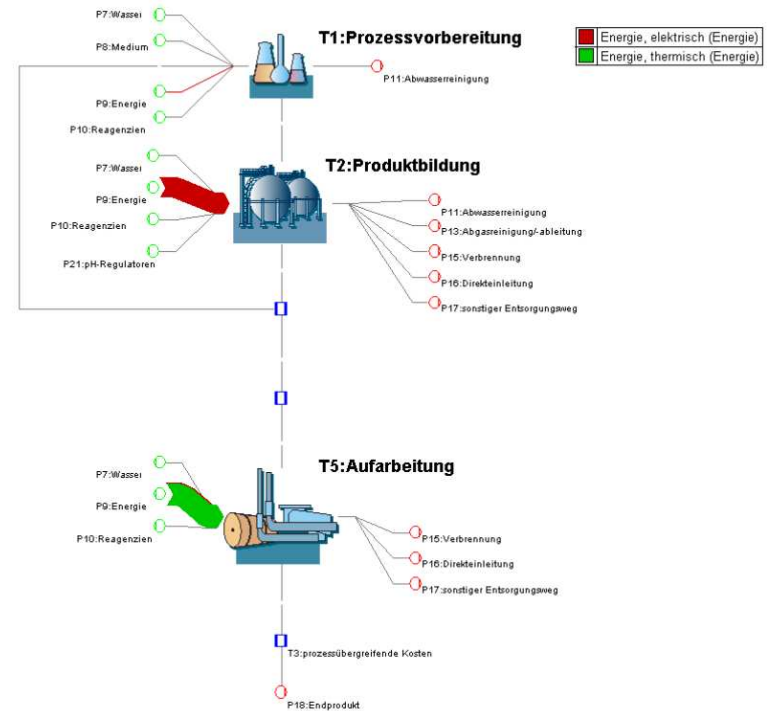
Verhältnis Energie- zu Materialkosten 4%



# Szenario CT: Übersicht

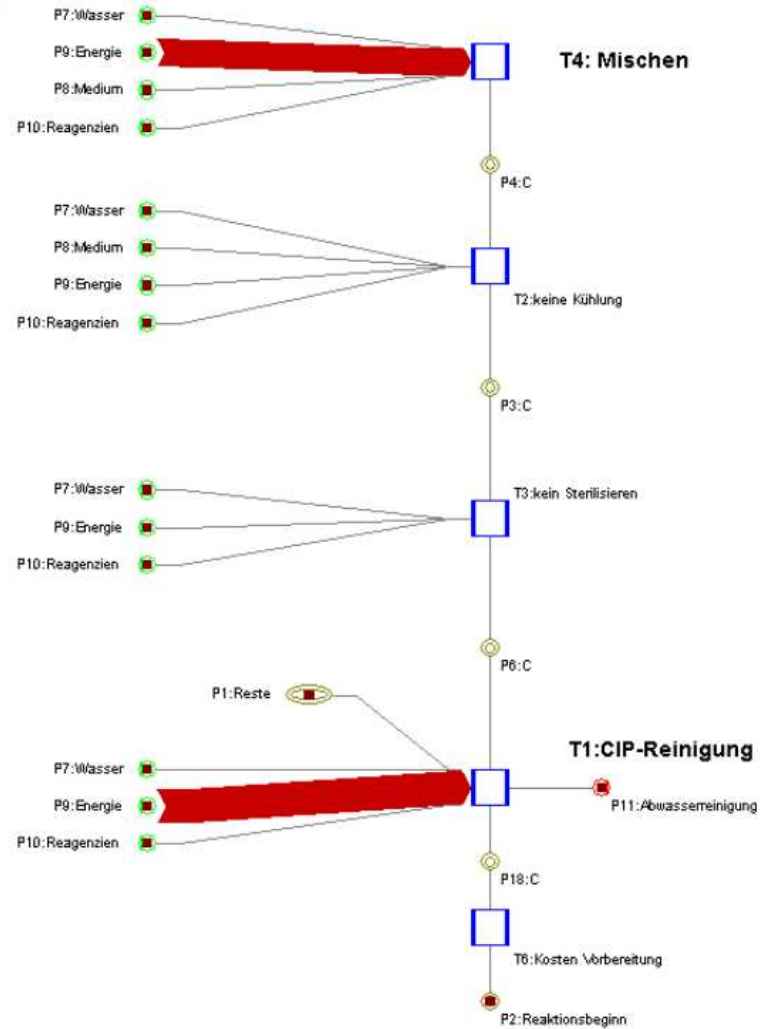
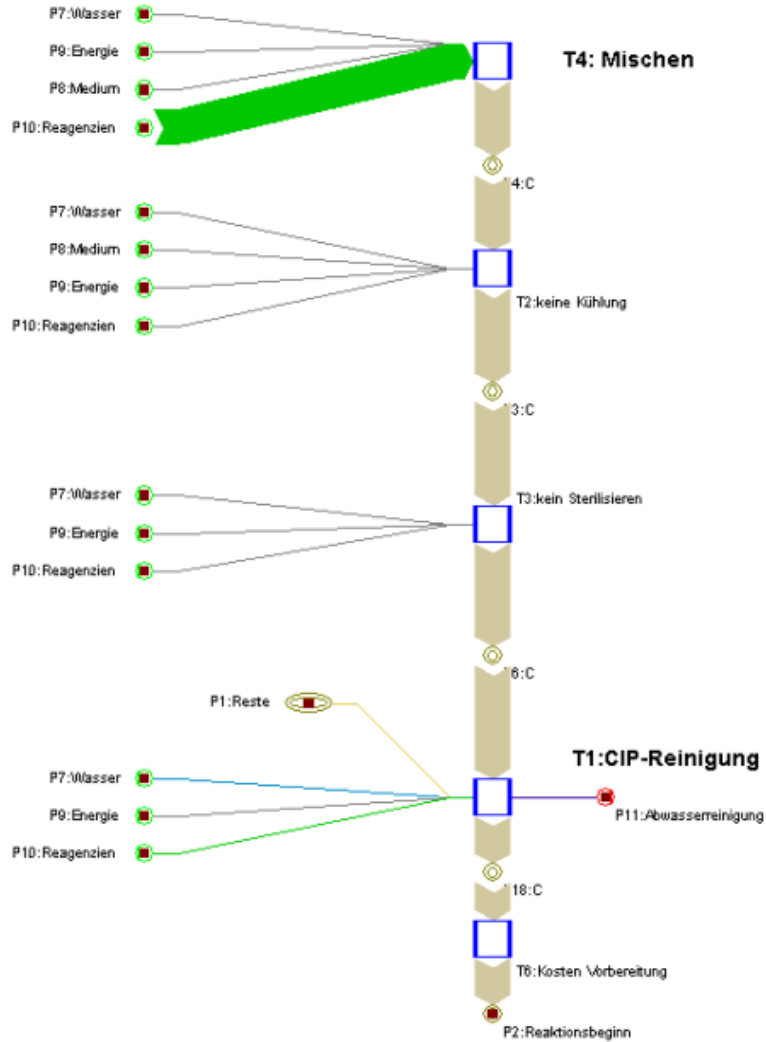


■ Wasser (Wasser)
■ Produkte (Produkt)
■ Salze, Reagenzien (organisch)
■ Reagenzien (organisch), Salze, Laugen, Säuren
■ Zwischenprodukte
■ Gase
■ Reagenzien (organisch)
■ Salze
■ Gase (Abfall)
■ Wasser (Abwasser)
■ Salze (Abfall), Produkte (Abfall), Reagenzien (organisch) (Abfall)
■ Salze (Abfall), Produkte (Abfall), Reagenzien (anorganisch) (Abfall), Reagenzien (organisch) (Abfall)





# Szenario CT: Prozessvorbereitung



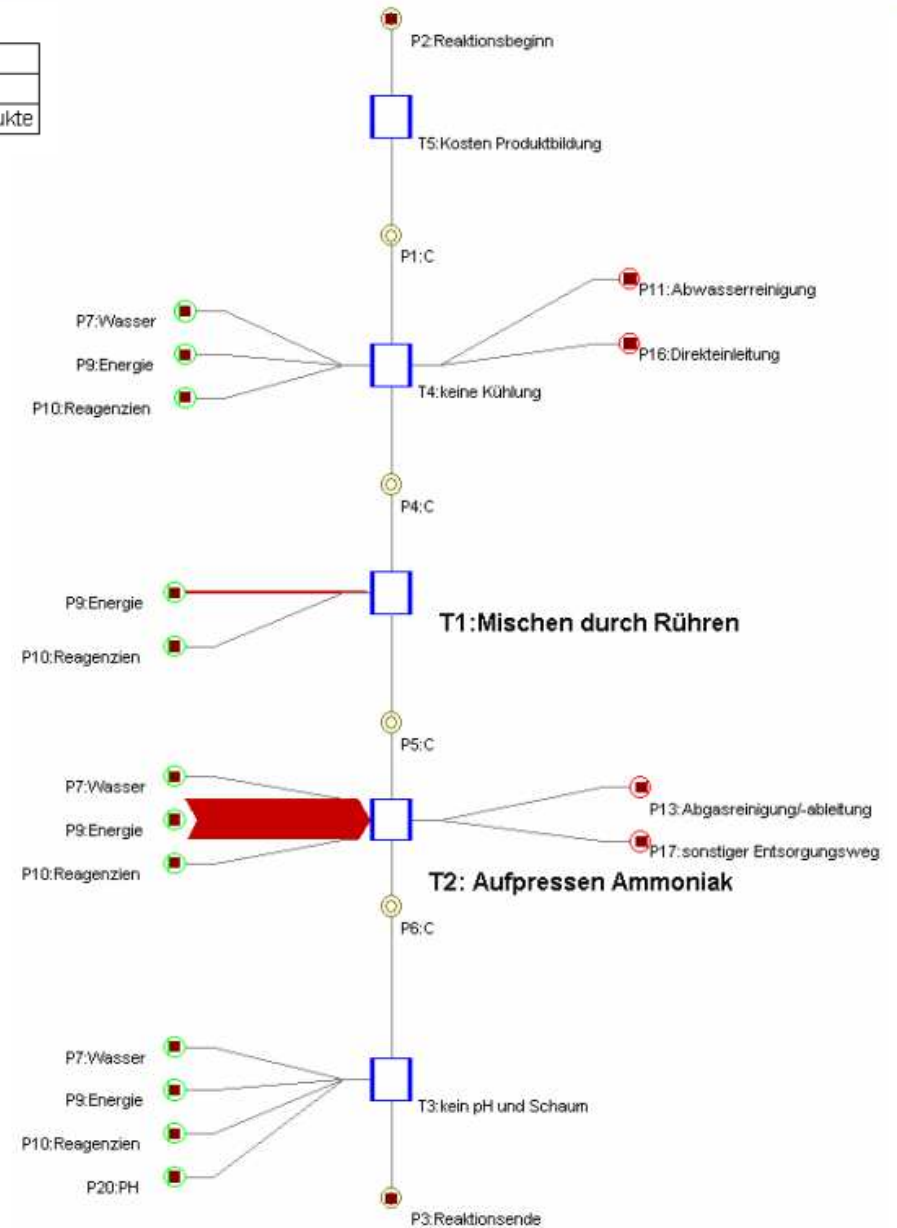
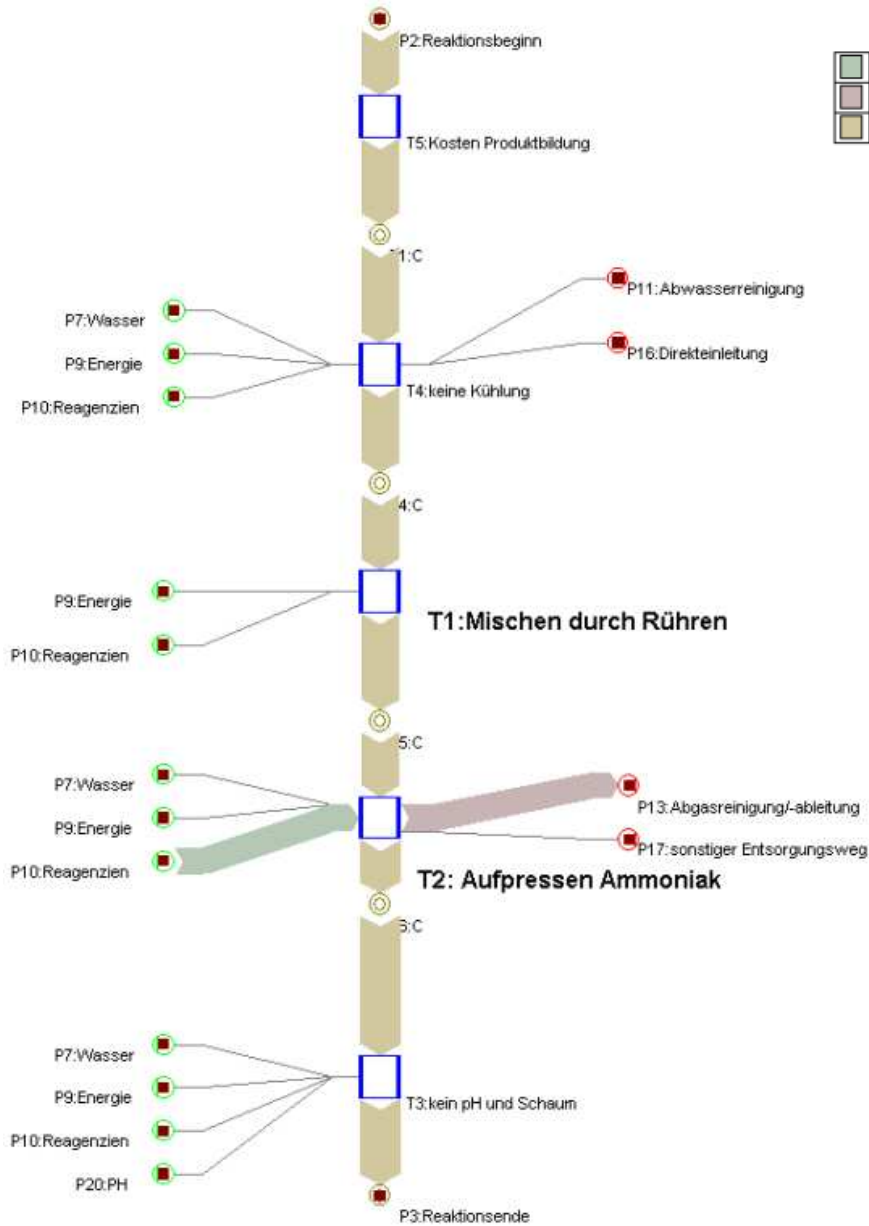
	Produkte (Produkt)
	Salze, Reagenzien (organisch)
	Wasser (Wasser)
	Salze, Laugen, Säuren
	Zwischenprodukte
	Reagenzien (organisch)
	Wasser (Abwasser)
	Salze (Abfall), Produkte (Abfall), Reagenzien (anorganisch) (Abfall), Reagenzien (organisch) (Abfall)

Energie, elektrisch (Energie)



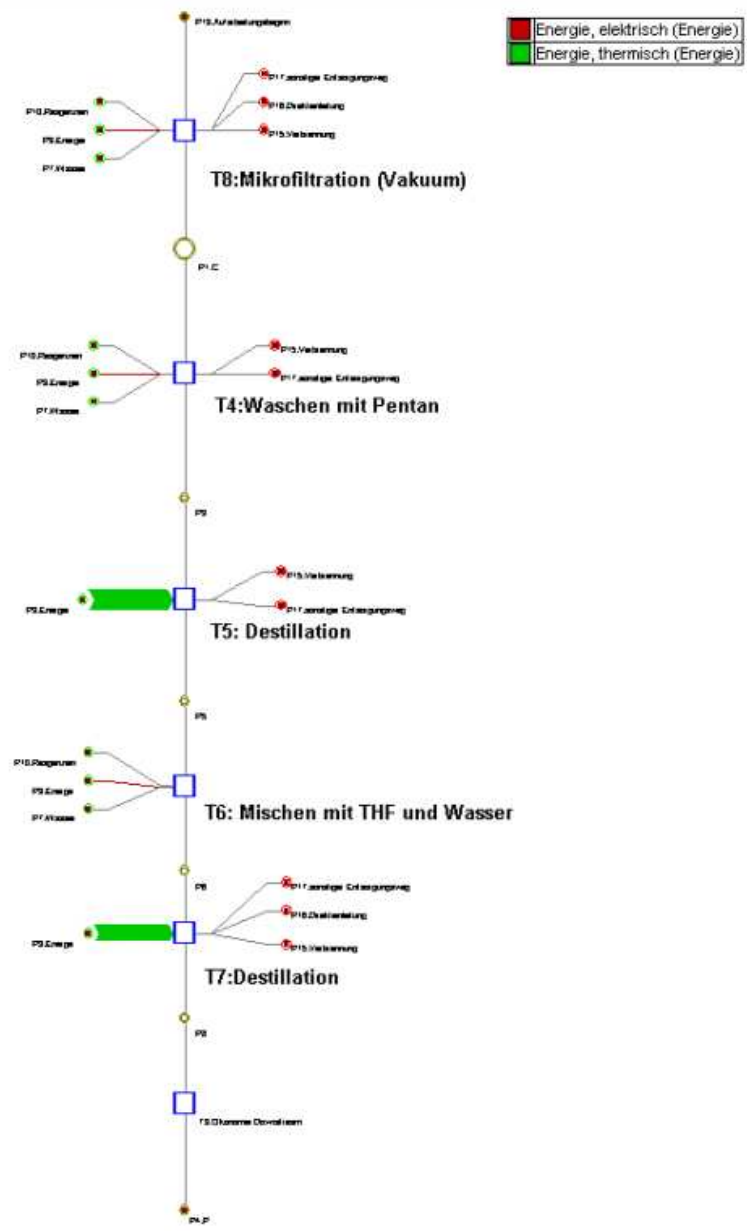
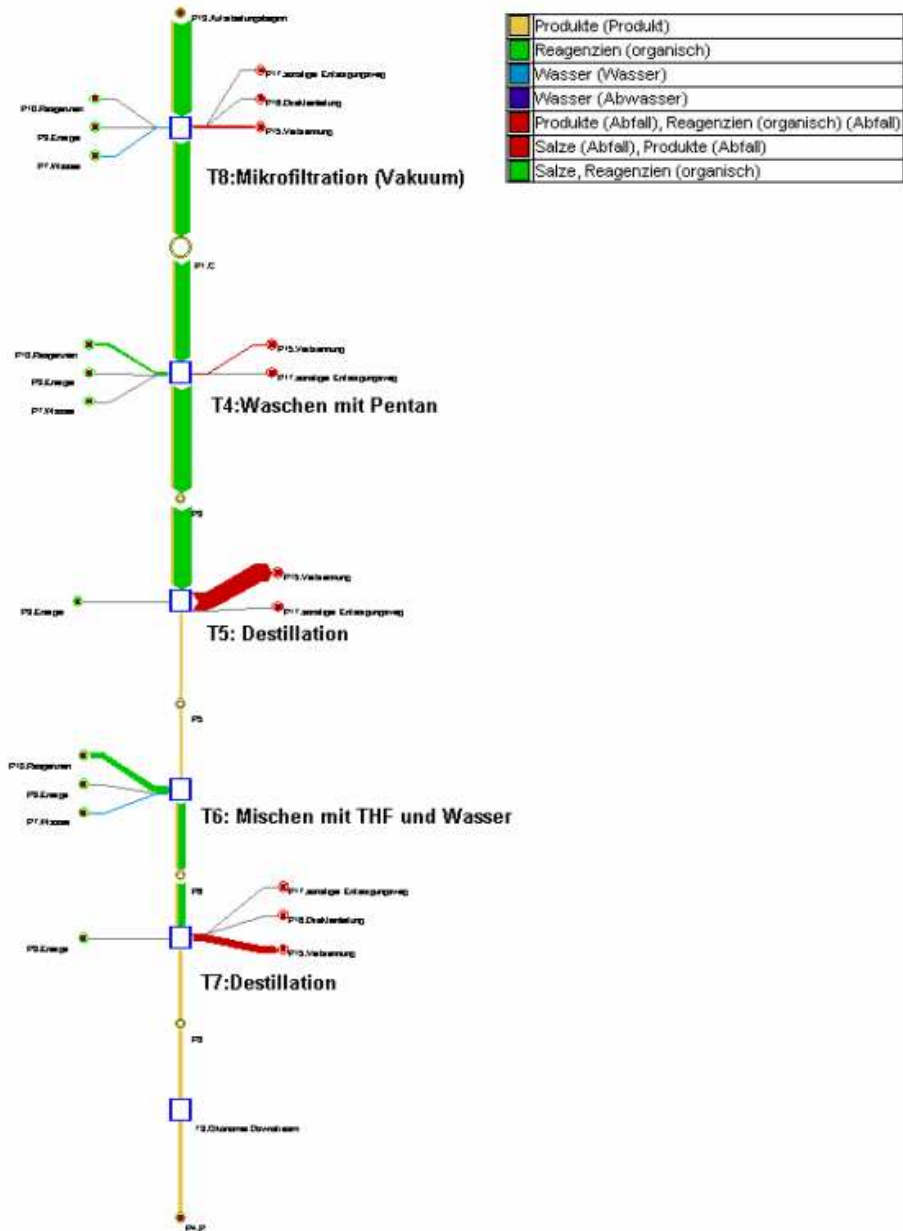
# Szenario CT: Produktbildung

sabento®



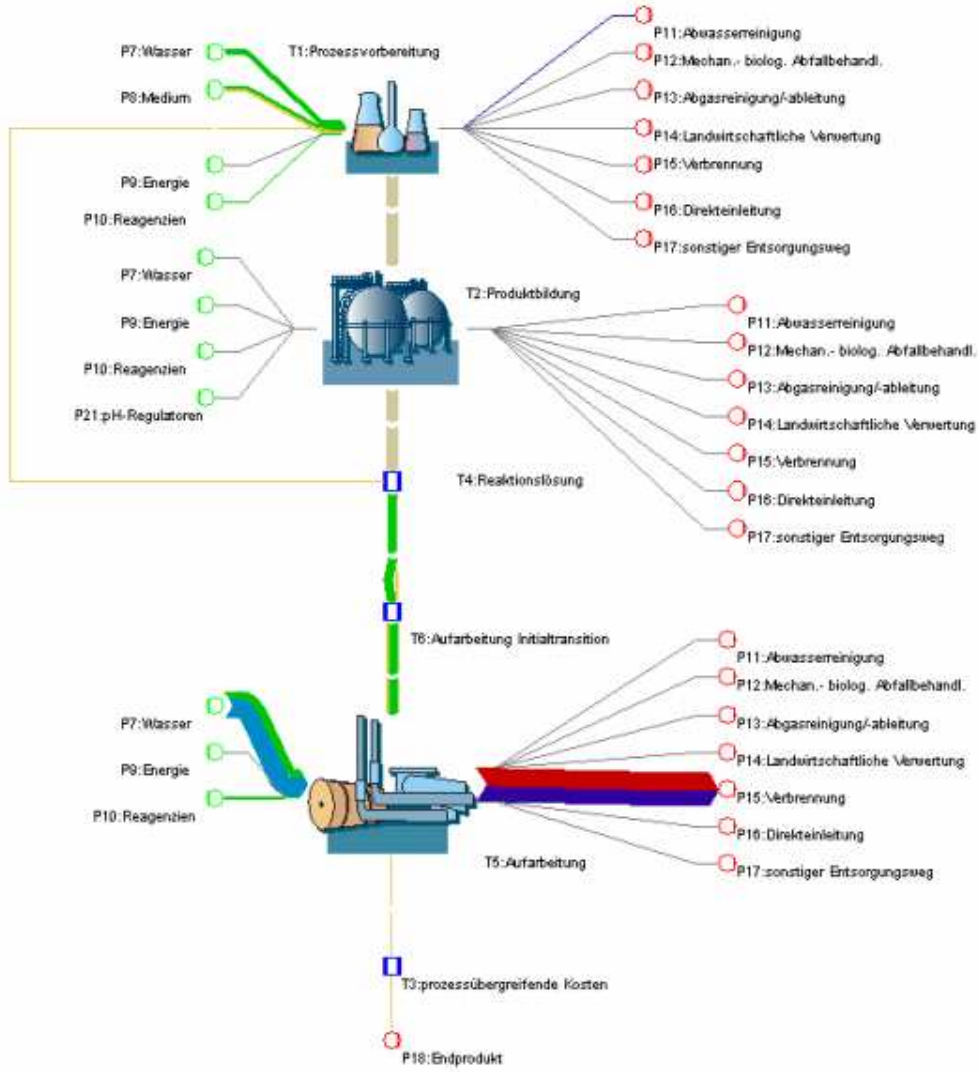


# Szenario CT: Aufarbeitung

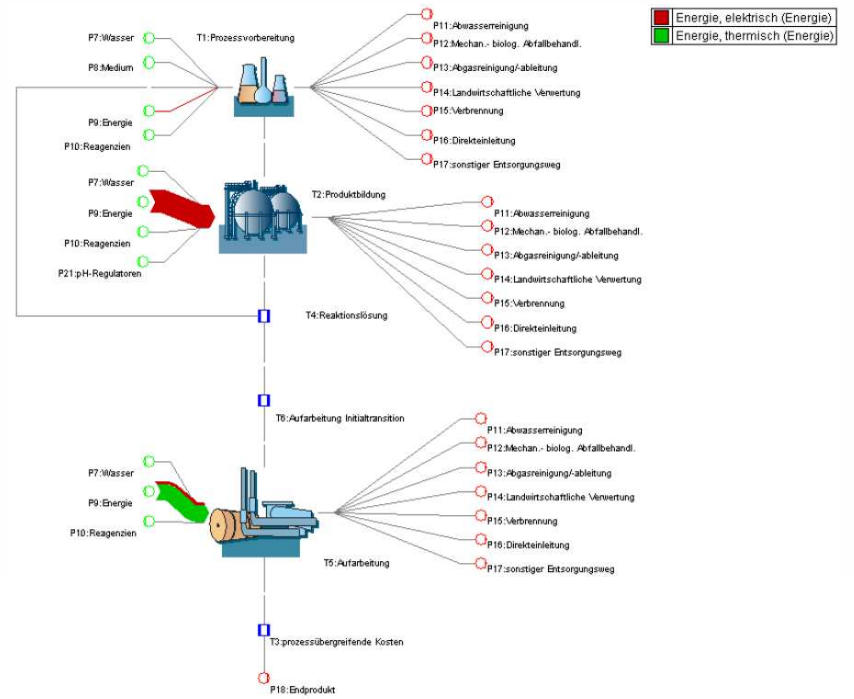




# Szenario BT: Übersicht

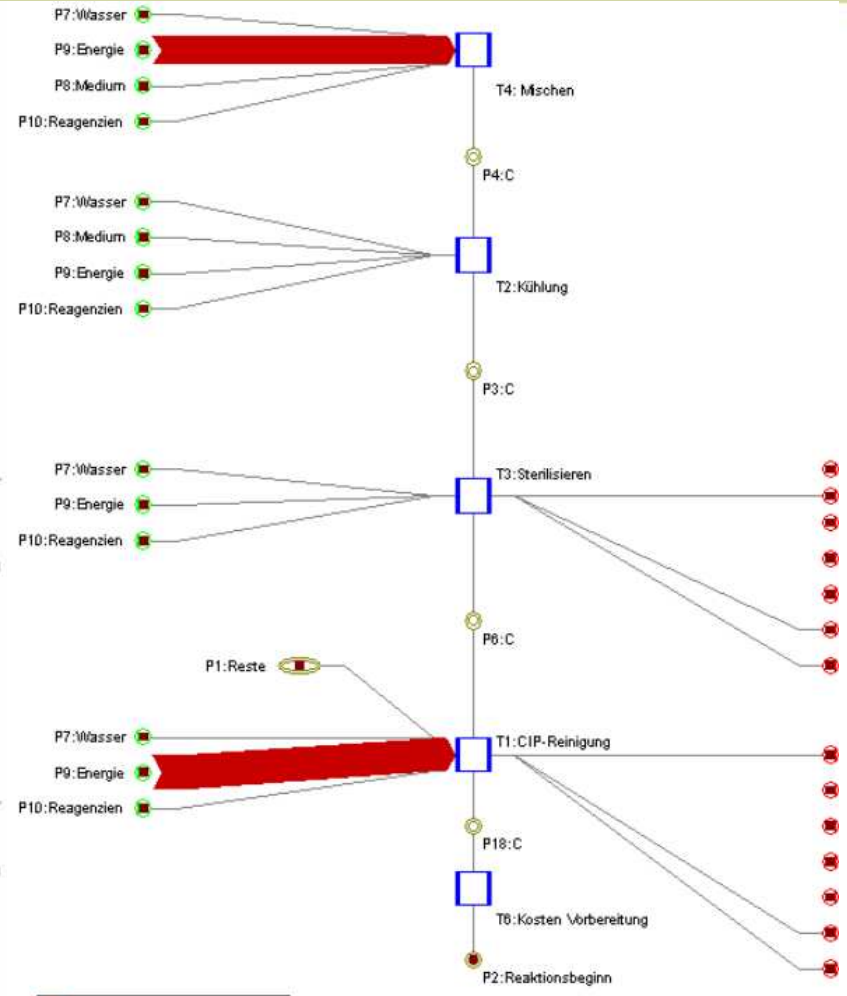
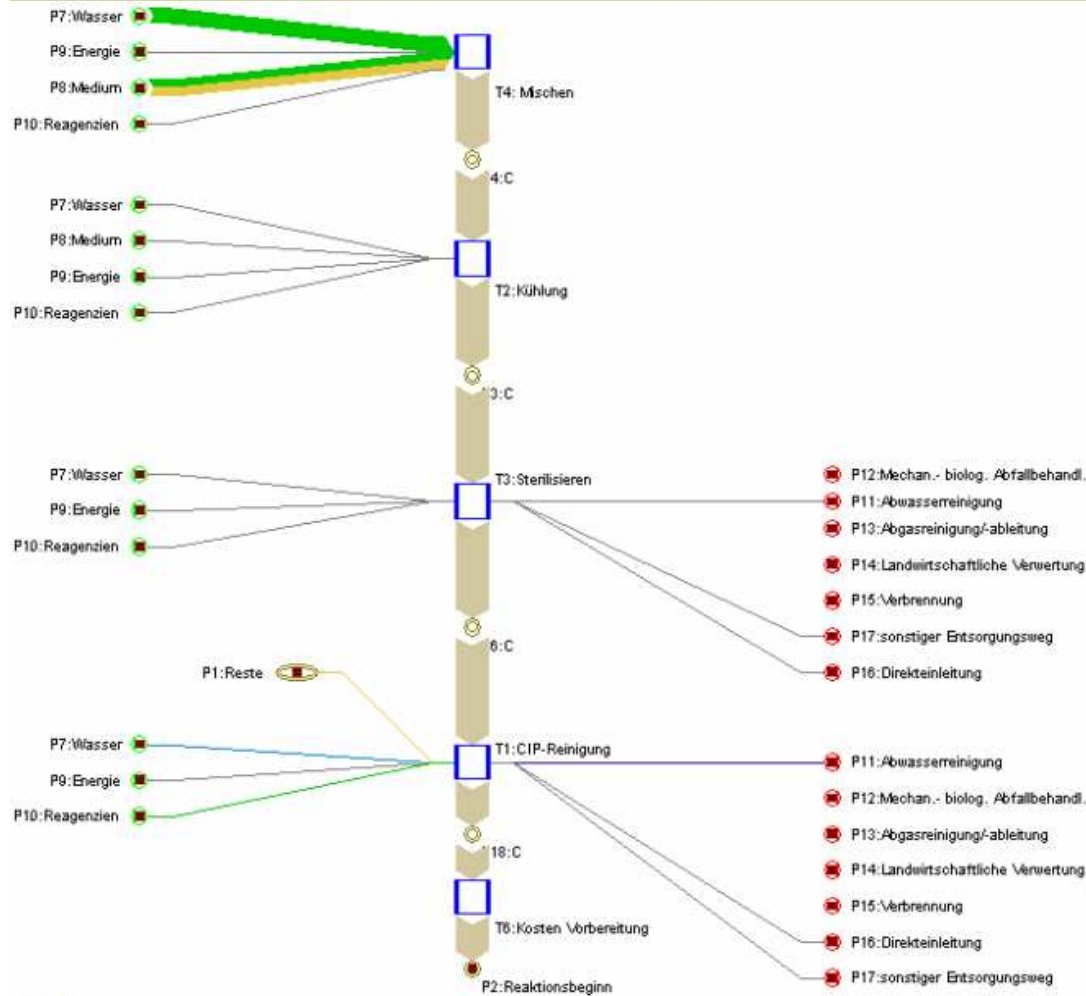


■ Wasser (Wasser)
■ Lösungsmittel (Solvent)
■ Produkte (Produkt)
■ Salze, Enzym
■ Enzym, Lösungsmittel (Solvent)
■ Salze, Laugen, Säuren
■ Zwischenprodukte
■ Laugen, Säuren
■ Enzym
■ Wasser (Abwasser)
■ Produkte (Abfall), Salze (Abfall), Enzym (Abfall), Reagenzien (anorganisch) (Abfall), Lösungsmittel (Abfall)
■ Produkte (Abfall), Lösungsmittel (Abfall), Enzym (Abfall), Salze (Abfall)





# Szenario BT: Prozessvorbereitung



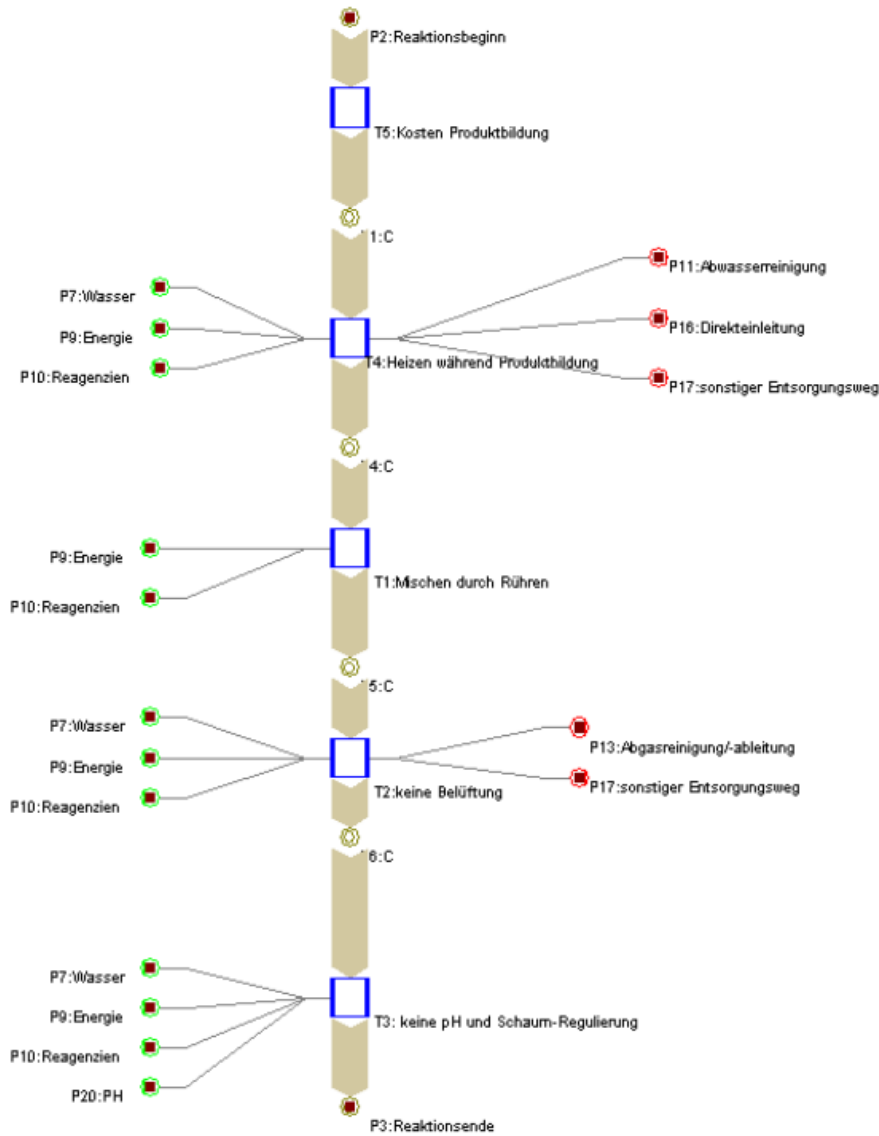
■	Produkte (Produkt)
■	Enzym, Lösungsmittel (Solvent)
■	Wasser (Wasser)
■	Salze, Laugen, Säuren
■	Wasser (Abwasser)
■	Produkte (Abfall), Salze (Abfall), Enzym (Abfall), Reagenzien (anorganisch) (Abfall), Lösungsmittel (Abfall)
■	Zwischenprodukte
■	Lösungsmittel (Solvent)
■	Salze, Enzym

■ Energie, elektrisch (Energie)

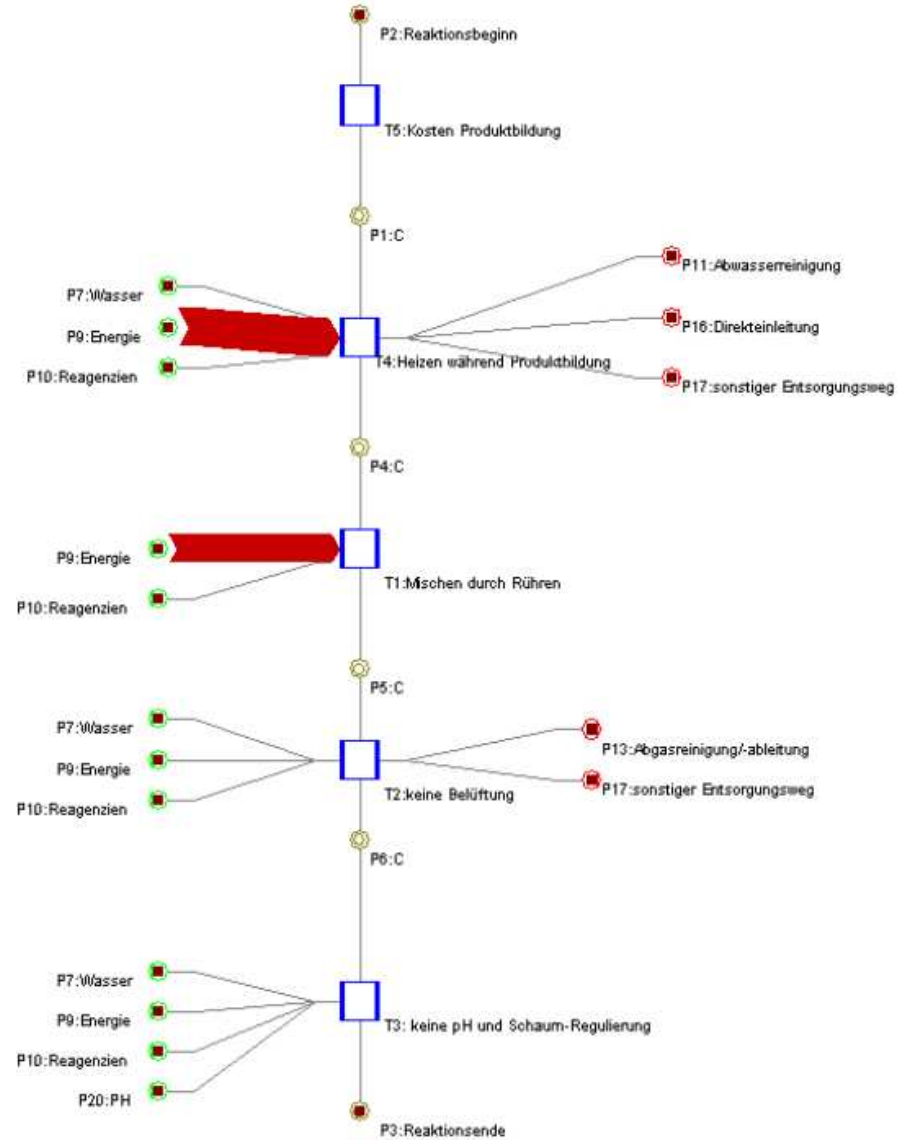


# Szenario BT: Produktbildung

sabento®



Zwischenprodukte

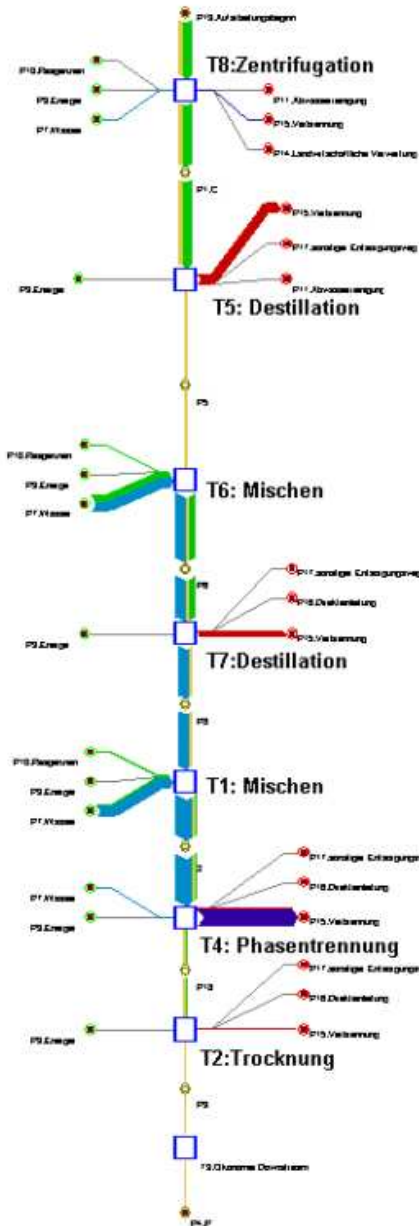


Energie, elektrisch (Energie)

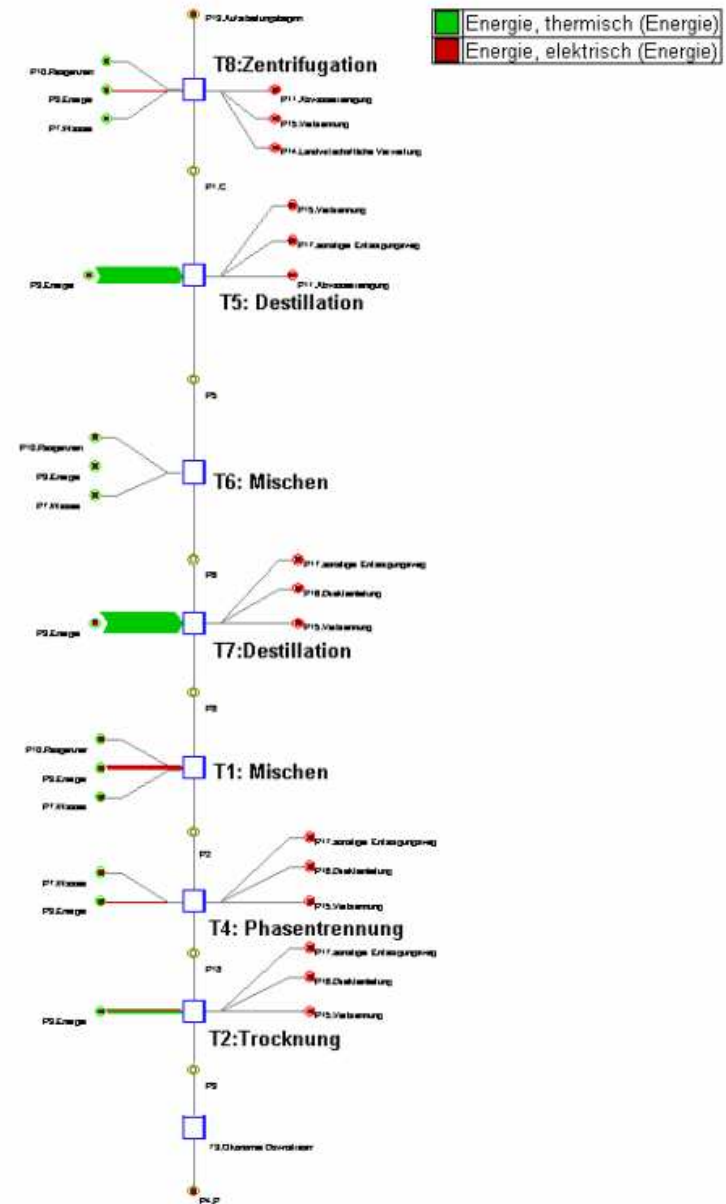




# Szenario BT: Aufarbeitung



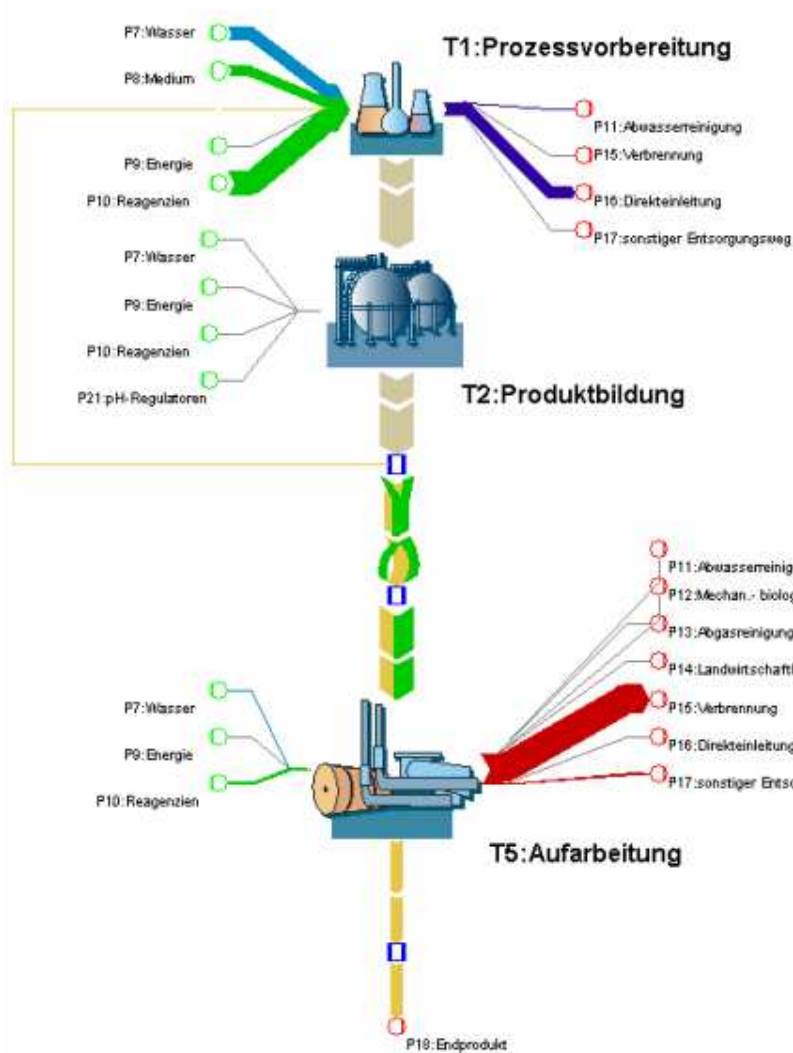
■	Produkte (Produkt)
■	Wasser (Wasser)
■	Lösungsmittel (Solvent), Salze
■	Salze
■	Säuren
■	Lösungsmittel (Solvent)
■	Produkte (Abfall), Lösungsmittel (Abfall)
■	Wasser (Abwasser)
■	Produkte (Abfall), Enzym (Abfall)
■	Enzym, Lösungsmittel (Solvent)
■	Salze, Lösungsmittel (Solvent)
■	Laugen
■	Produkte (Abfall), Salze (Abfall), Lösungsmittel (Abfall)



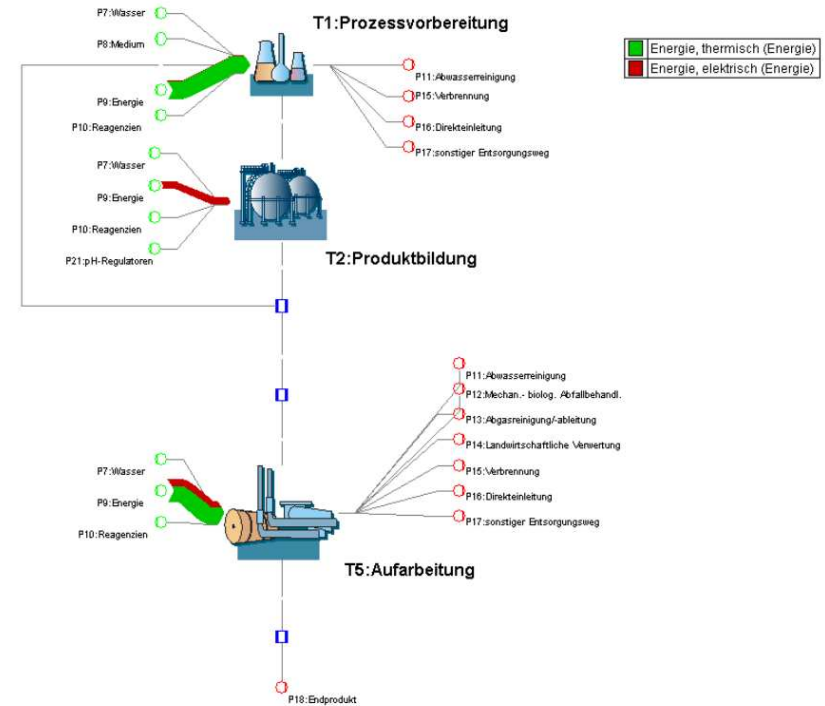


# Szenario BT (Vorstufe): Übersicht

sabento®

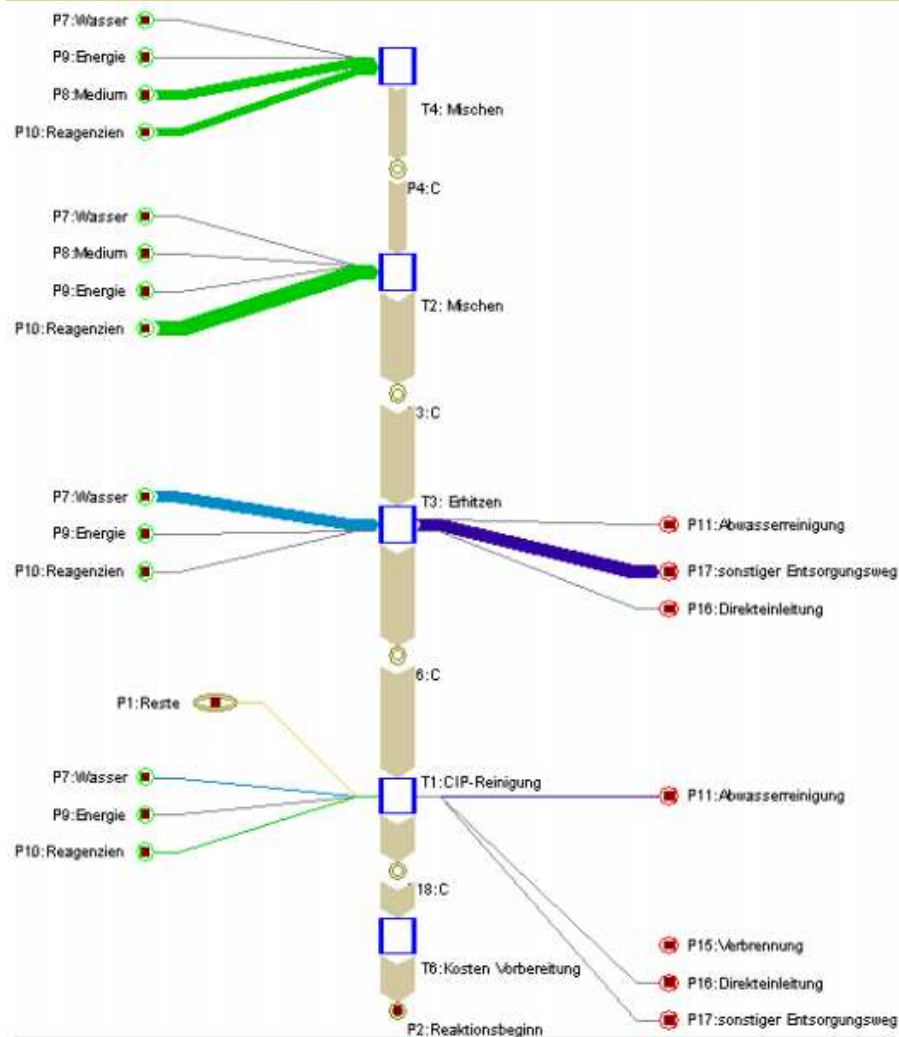


Wasser (Wasser)
Salze
Produkte (Produkt)
Lösungsmittel (Solvent), Reagenzien (anorganisch), Reagenzien (organisch)
Reagenzien (organisch), Salze, Laugen, Lösungsmittel (Solvent), Säuren
Zwischenprodukte
Lösungsmittel (Solvent)
Reagenzien (anorganisch), Reagenzien (organisch)
Wasser (Abwasser)
Salze (Abfall), Lösungsmittel (Abfall), Produkte (Abfall), Reagenzien (anorganisch) (Abfall), Reagenzien (organisch) (Abfall)
Lösungsmittel (Abfall), Produkte (Abfall), Reagenzien (anorganisch) (Abfall), Reagenzien (organisch) (Abfall)
Lösungsmittel (Abfall)

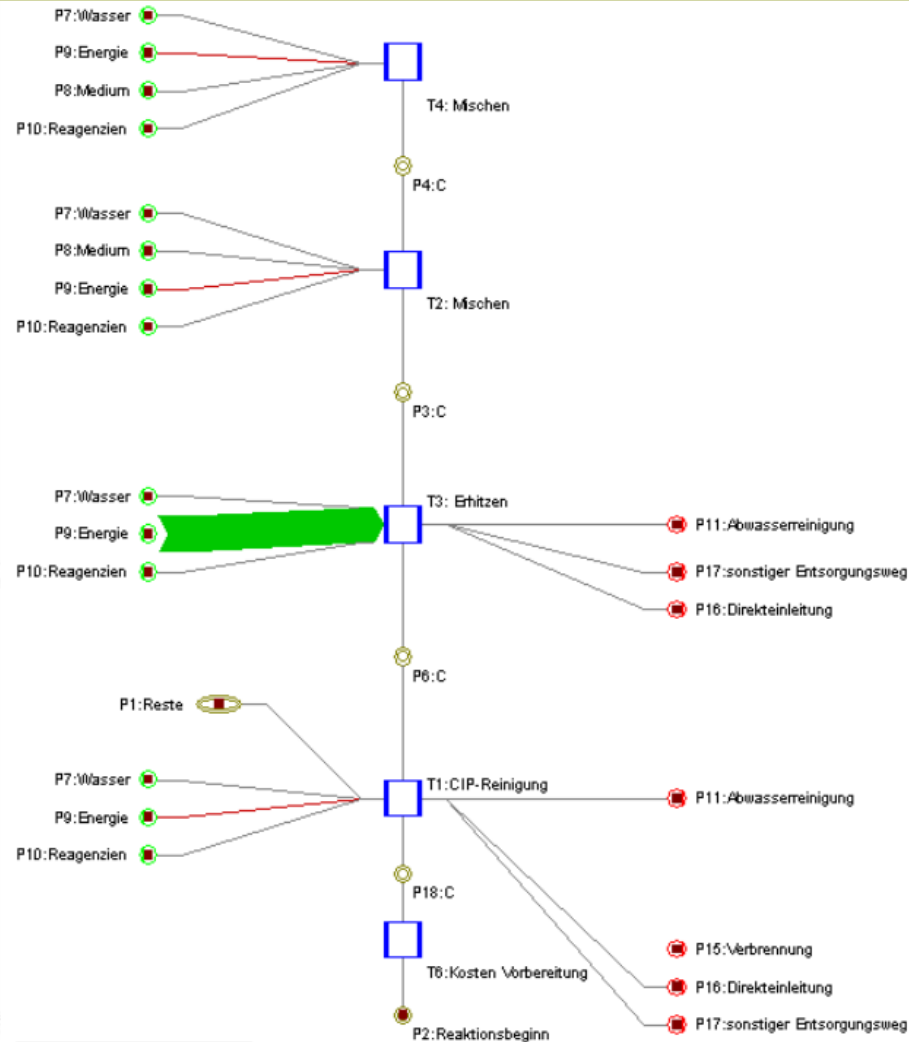




# Szenario BT (Vorstufe): Prozessvorbereitung



■	Produkte (Produkt)
■	Lösungsmittel (Solvent), Reagenzien (anorganisch), Reagenzien (organisch)
■	Wasser (Wasser)
■	Salze, Laugen, Säuren
■	Wasser (Abwasser)
■	Salze (Abfall), Lösungsmittel (Abfall), Produkte (Abfall), Reagenzien (anorganisch) (Abfall), Reagenzien (organisch) (Abfall)
■	Reagenzien (organisch), Lösungsmittel (Solvent)
■	Zwischenprodukte
■	Salze
■	Lösungsmittel (Solvent)

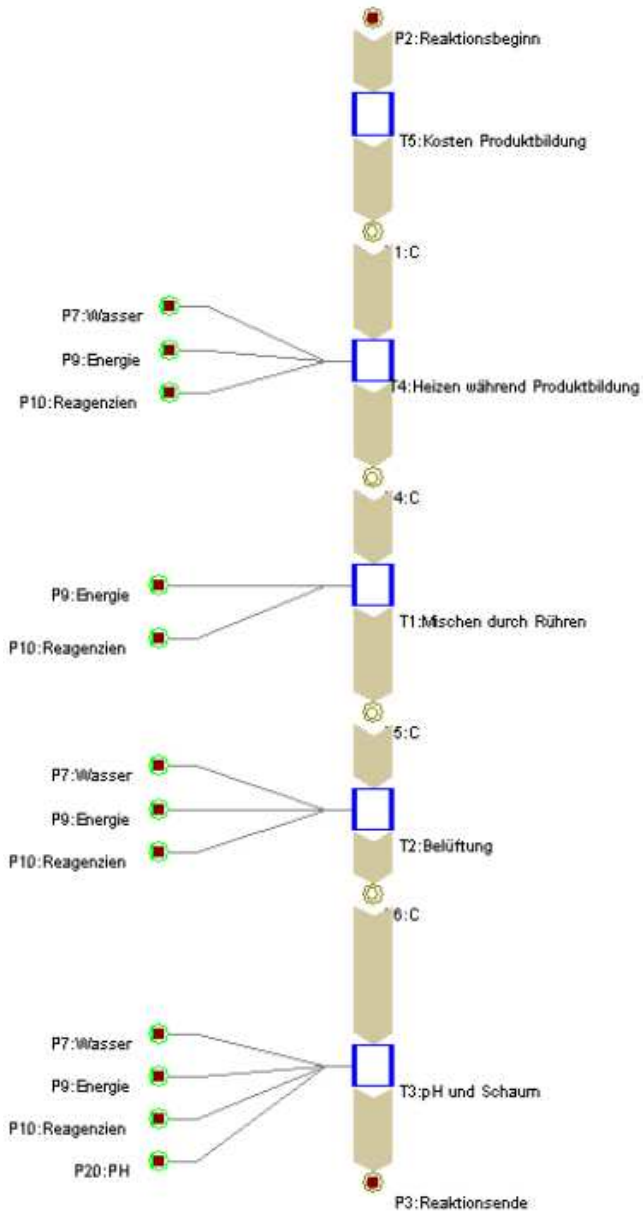


■	Energie, elektrisch (Energie)
■	Energie, thermisch (Energie)

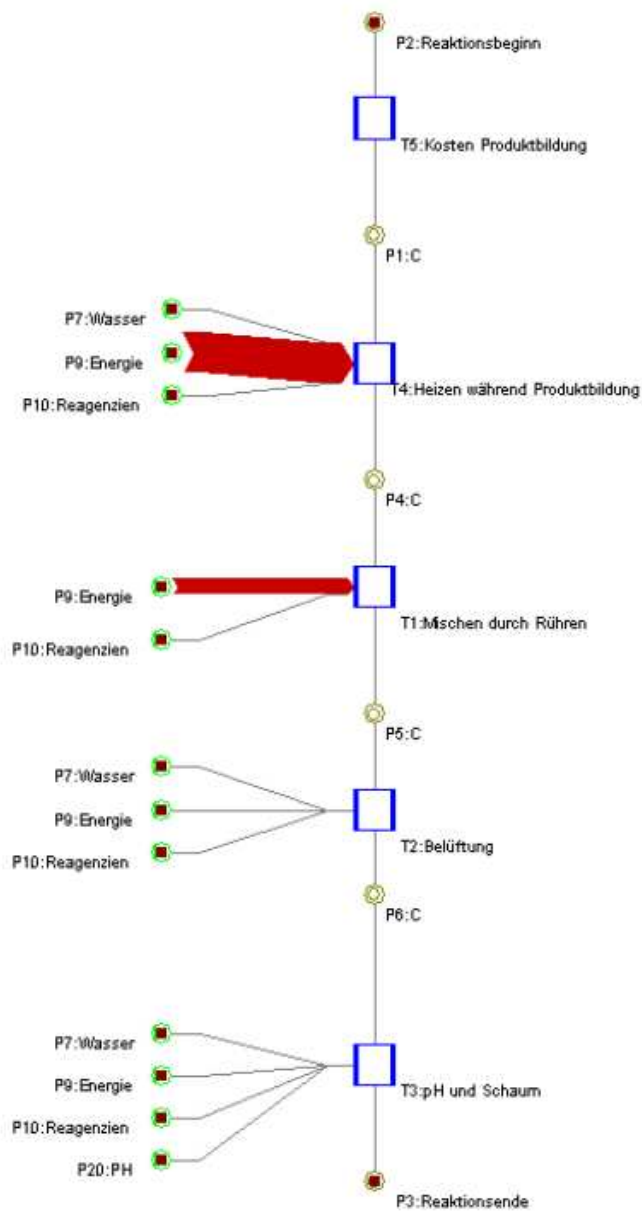


# Szenario BT (Vorstufe): Produktbildung

sabento®



Zwischenprodukte



Energie, elektrisch (Energie)



# Szenario BT (Vorstufe): Aufarbeitung

