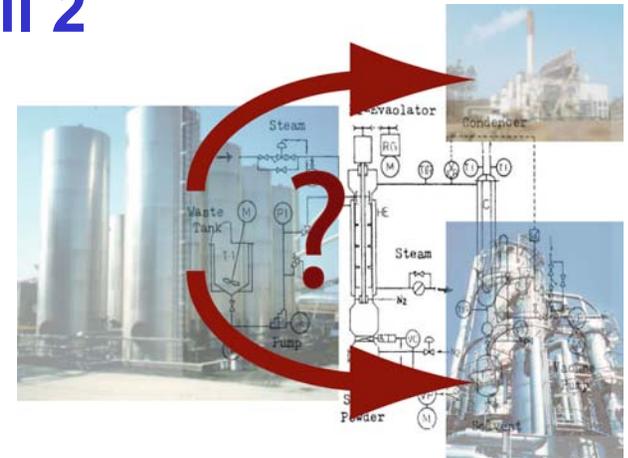


Vorlesung: Umweltverträgliche Technologien

Modul Oekobilanzen

FALLSTUDIE: Abfallösungsmittelmanagement, Teil 2



Ziel und Rahmenbedingungen

Das Management eines Chemiekonzerns möchte wissen, ob die anfallenden Abfalllösungsmittel (ALM) aus ökologischer Sicht thermisch oder stofflich verwertet werden sollen.

Das Ziel der Untersuchung ist *der ökologische Vergleich der stofflichen und thermischen Verwertung von Lösungsmitteln*. Die funktionelle Einheit ist die *Entsorgung von 1 t Lösungsmittel*.

In einem ersten Schritt soll ein spezifisches Fallbeispiel gerechnet werden, nämlich die stoffliche und thermische Verwertung eines Gemisches aus Toluol (98 wt%), Karbonsäure (1 wt%), Methanol (0.5 wt%) und Wasser (0.5 wt%) mit einem unteren Heizwert von 40 MJ/kg.

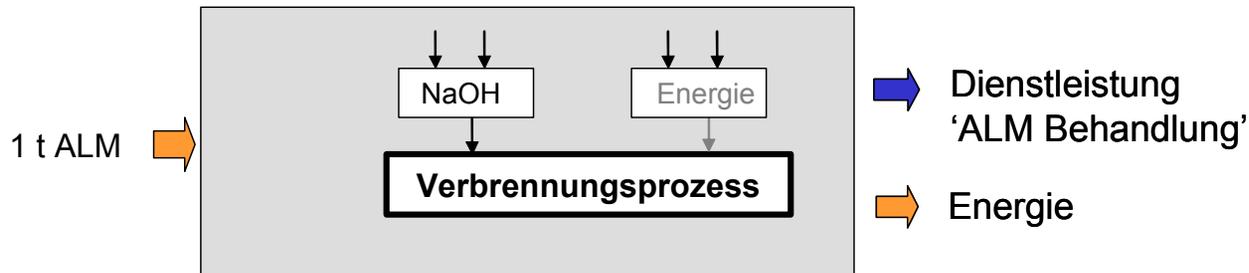
Bei der stofflichen Verwertung mittels Destillation wird 840 kg Toluol wiedergewonnen. Bezüglich der thermischen Verwertung sollen zum einen spezielle Lösungsmittelverbrennungsöfen und zum anderen die Mitverbrennung im Zementwerk berücksichtigt werden. Im Zementwerk würde das Lösungsmittel schweres Heizöl (unterer Heizwert 40 MJ/kg) ersetzen.

Sachbilanz - Rohdaten

	Einheit	Destillation	Destillationsrückstände in die Verbr.
Geleistete Funktionen		Entsorgung 1 t ALM Wiedergewinnung von 840 kg Toluol	Entsorgung 160 kg Destillationsrückst. 43 kWh Elektrizität 1,5 t Prozessdampf
Rohstoffe			
ALM	t	1	
Kalkstein	t		
Sand	t		
Ton	t		
Energieeinsatz			
Prozessdampf	t	1,5	(-1,5)
Strom Mittelspannung	kWh	33	(-43)
ALM	t		0,16
...	t		
Destillationsrückstände	t	0,16	

Fragen

1. Zeichnen Sie **mit Hilfe von Tabelle 1** analog zu Uebungsblatt 1 ein Flussbild für alle drei Verfahren (Destillation, Verbrennung in Spezialöfen, Mitverbrennung im Zementwerk).



2. Mit welchen zwei Allokationsverfahren können Sie erreichen, dass die Verfahren Destillation und Verbrennung in Spezialöfen jeweils nur die Dienstleistung "Entsorgung von 1 t Abfalllösungsmittel" bereit stellen?
3. Berechnen Sie stellvertretend für die kumulierten Inventardaten (=Sachbilanzergebnisse) die kumulierten CO₂-Emissionen für die Allokationsansätze aus Frage 2 (nur Destillation und Spezialöfen ALM). **Berechnungsweg reicht aus!**
4. Welches der Allokationsverfahren ziehen Sie persönlich vor? Warum?

Fragen

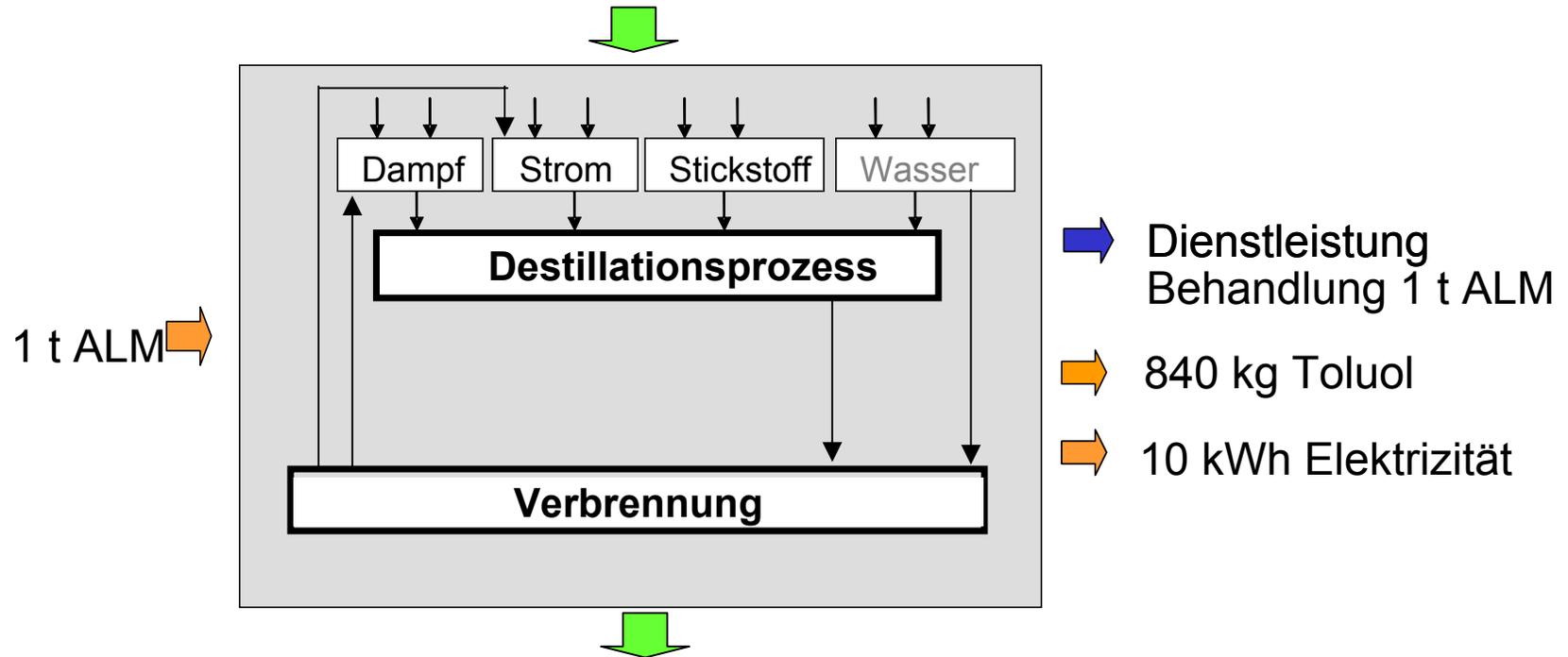
5. Gibt es noch eine weitere Alternative zu den obigen Allokationsverfahren?
6. Wie können Sie erreichen, dass Sie bei der Mitverbrennung in Zementwerken die Dienstleistung "Entsorgung von 1 t Abfalllösungsmittel" bilanzieren können? Berechnen Sie die kumulierten Sachbilanzdaten für diesen Prozess. Verfügen Sie über alle Daten, die Sie für diese Berechnung benötigen? Gibt es Daten, die Sie nicht benötigen?
7. Für Fortgeschrittene: Nehmen Sie an, Sie hätten die grau schattierten Angaben über die Emissionen des Zementofens für ALM-Mitverbrennung nicht. Fällt Ihnen eine Möglichkeit ein, wie diese Emissionen abgeschätzt werden könnten (auch für andere Lösungsmittelgemische)?

Frage 1

1. Zeichnen Sie analog zu Uebungsblatt 1 ein Flussbild für alle drei Verfahren (Destillation, Verbrennung in Spezialöfen, Mitverbrennung im Zementwerk).

System Destillation

Ressourcen (Erdöl, Erdgas, Kohle, H₂O)

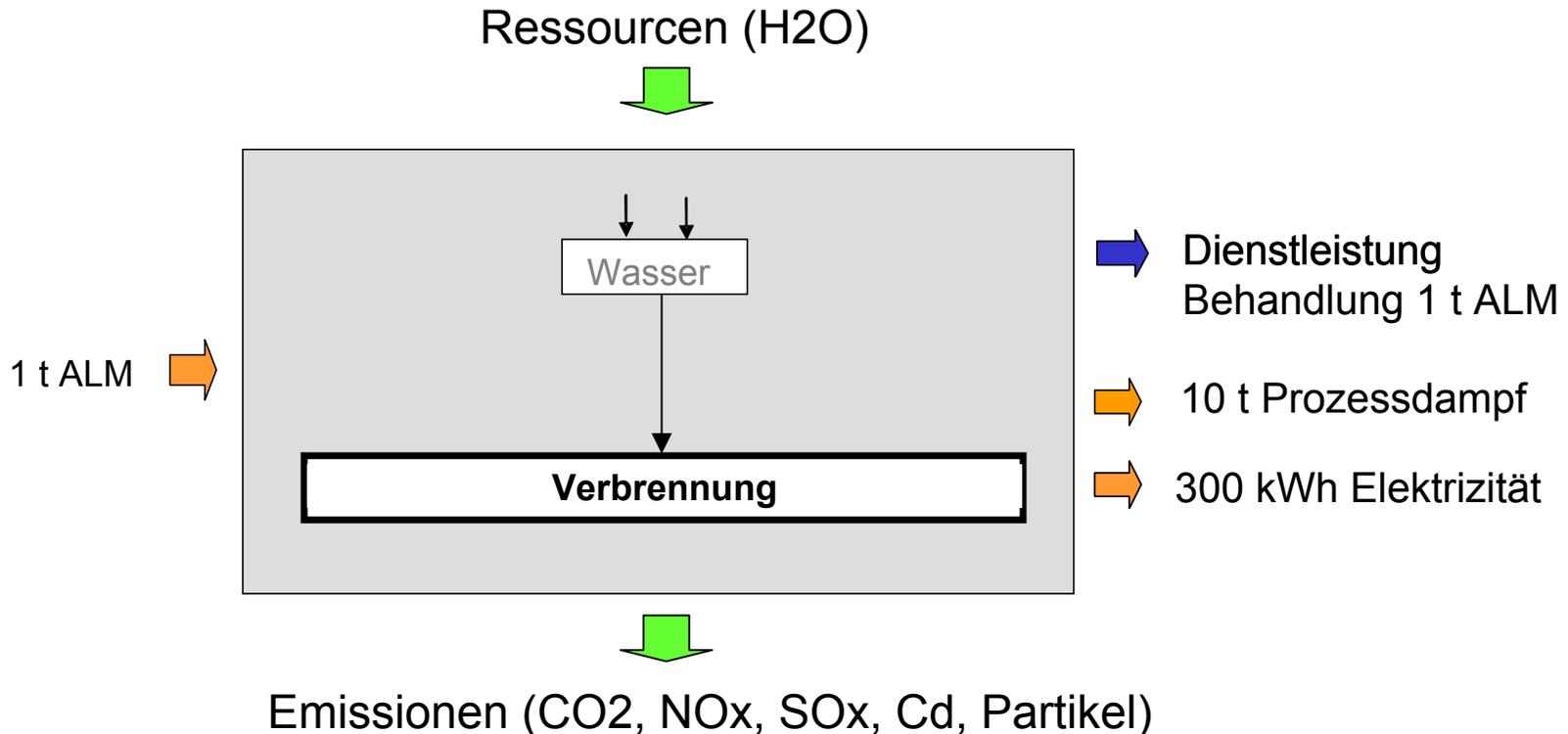


Emissionen (CO₂, NO_x, SO_x, Cd, Partikel)

Frage 1

1. Zeichnen Sie analog zu Uebungsblatt 1 ein Flussbild für alle drei Verfahren.

System „Spezialofen ALM“

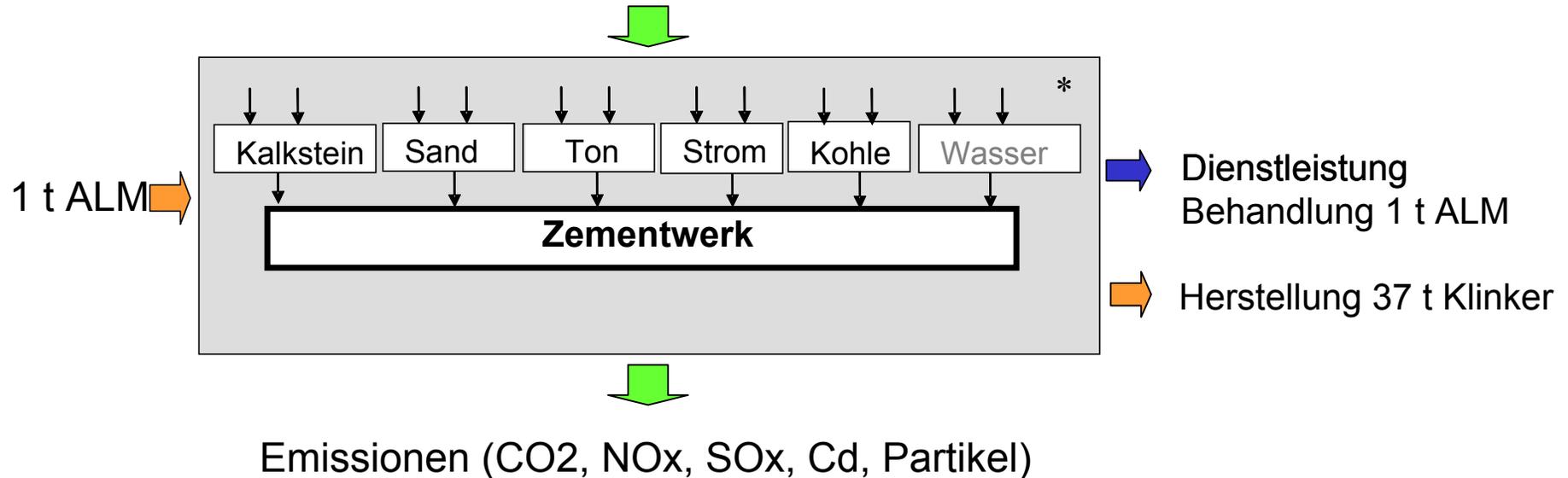


Frage 1

1. Zeichnen Sie analog zu Uebungsblatt 1 ein Flussbild für alle drei Verfahren.

System „Klinkerherstellung mit ALM“

Ressourcen (Erdöl, Erdgas, Kohle, H₂O, Kalkstein, Sand, Ton)

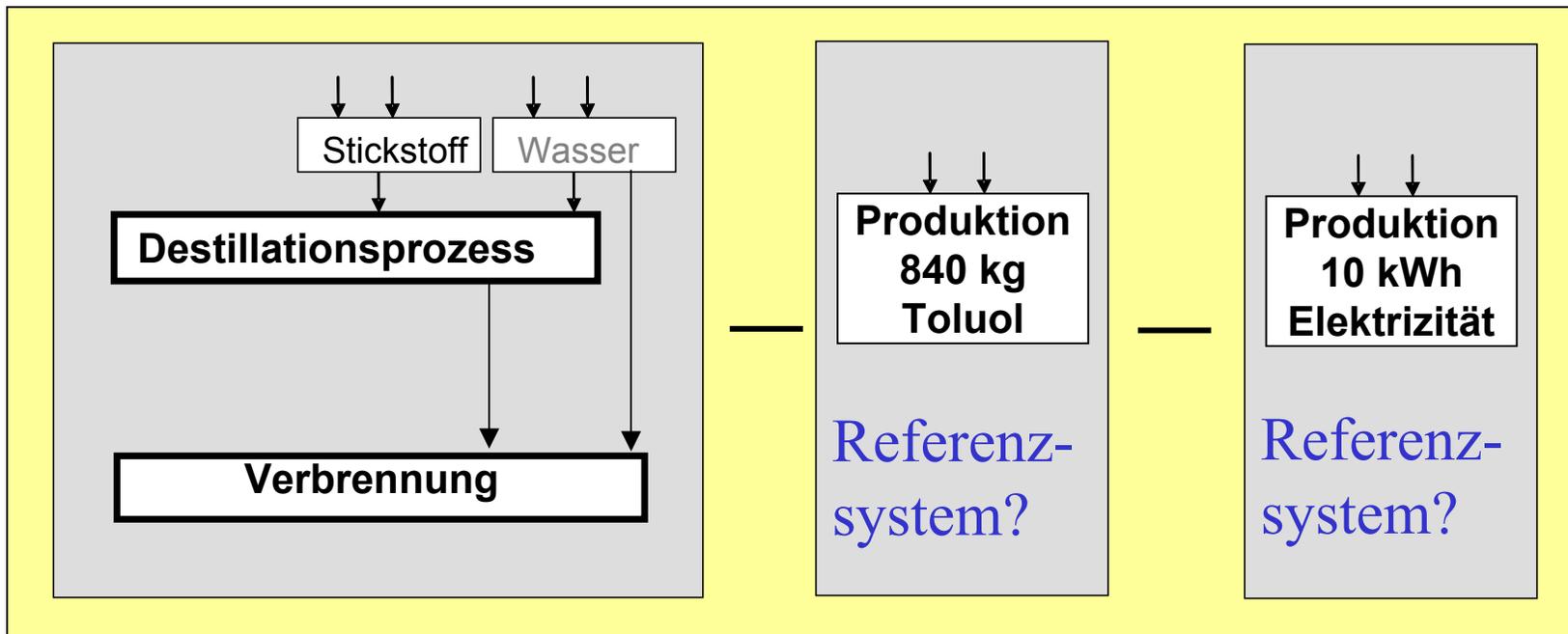


* Die Förderung und Aufbereitung von Ressourcen ist Teil des Systems (hier vereinfachend nach den Ressourcen selbst benannt).

Frage 2

2. Mit welchen zwei Allokationsverfahren können Sie erreichen, dass die Verfahren Destillation und Verbrennung in Spezialöfen jeweils nur die Dienstleistung "Entsorgung von 1 kg Abfalllösungsmittel" bereit stellen

Destillation I („Gutschriften“ oder „avoided burden“)

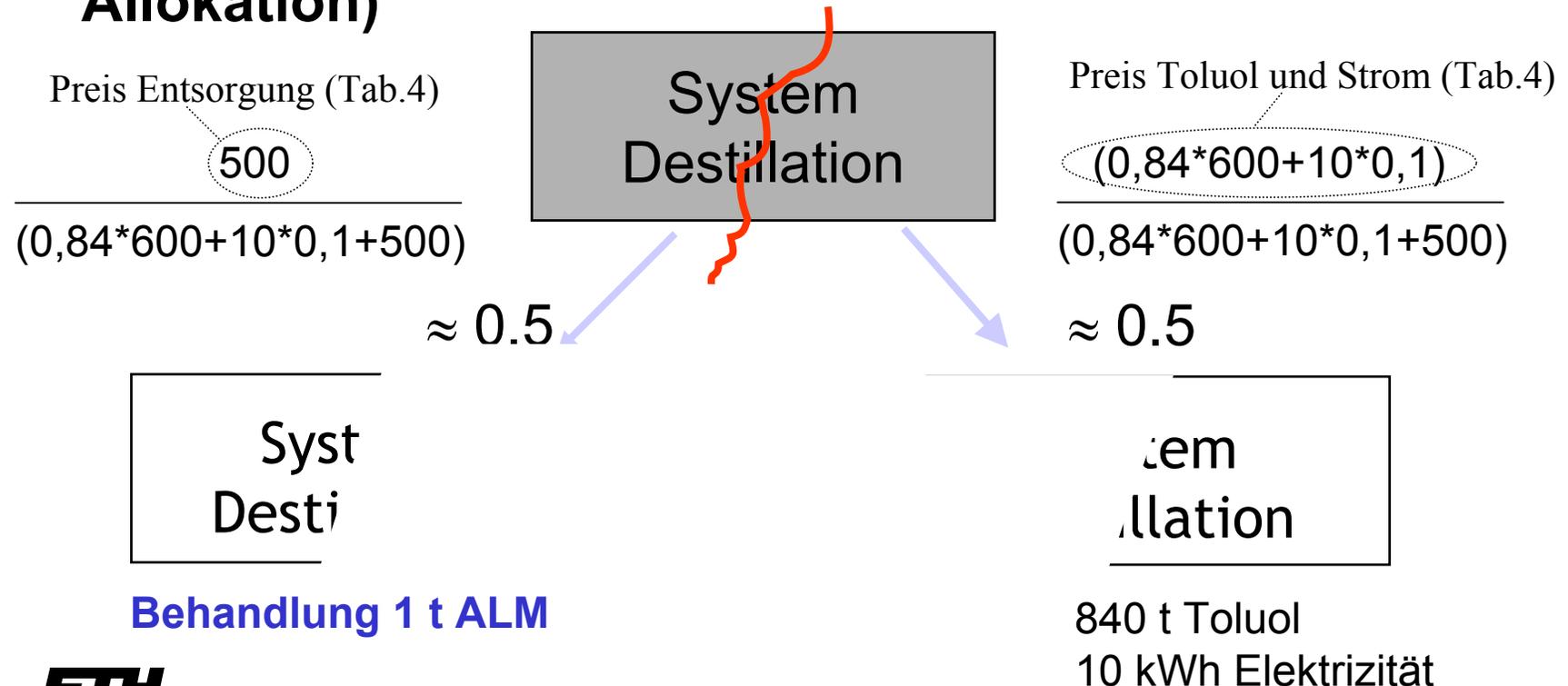


➔ Dienstleistung
Behandlung 1 t ALM

Frage 2

2. Mit welchen zwei Allokationsverfahren können Sie erreichen, dass die Verfahren Destillation und Verbrennung in Spezialöfen jeweils nur die Dienstleistung "Entsorgung von 1 kg Abfalllösungsmittel" bereit stellen

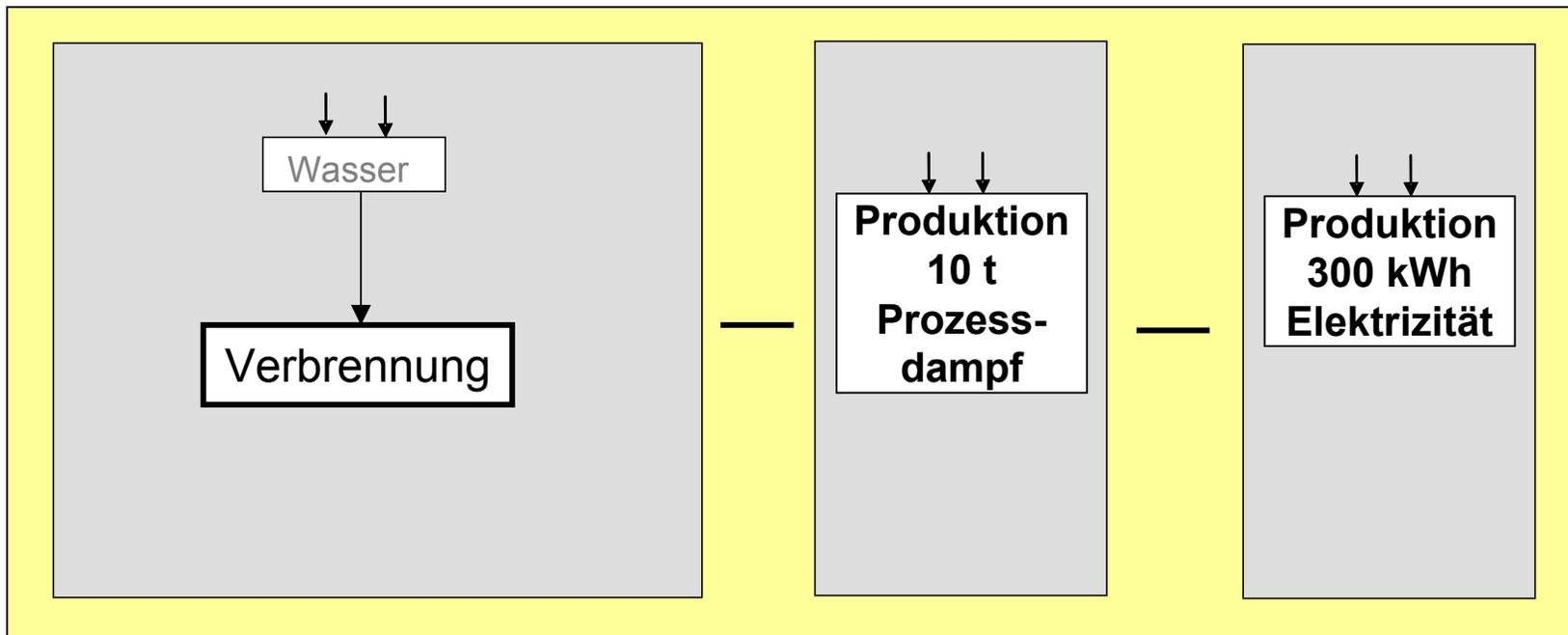
Destillation II: Systemteilung (z.B. mit ökonomischer Allokation)



Frage 2

2. Mit welchen zwei Allokationsverfahren können Sie erreichen, dass die Verfahren Destillation und Verbrennung in Spezialöfen jeweils nur die Dienstleistung "Entsorgung von 1 kg Abfalllösungsmittel" bereit stellen

Spezialofen ALM I („Gutschriften“)

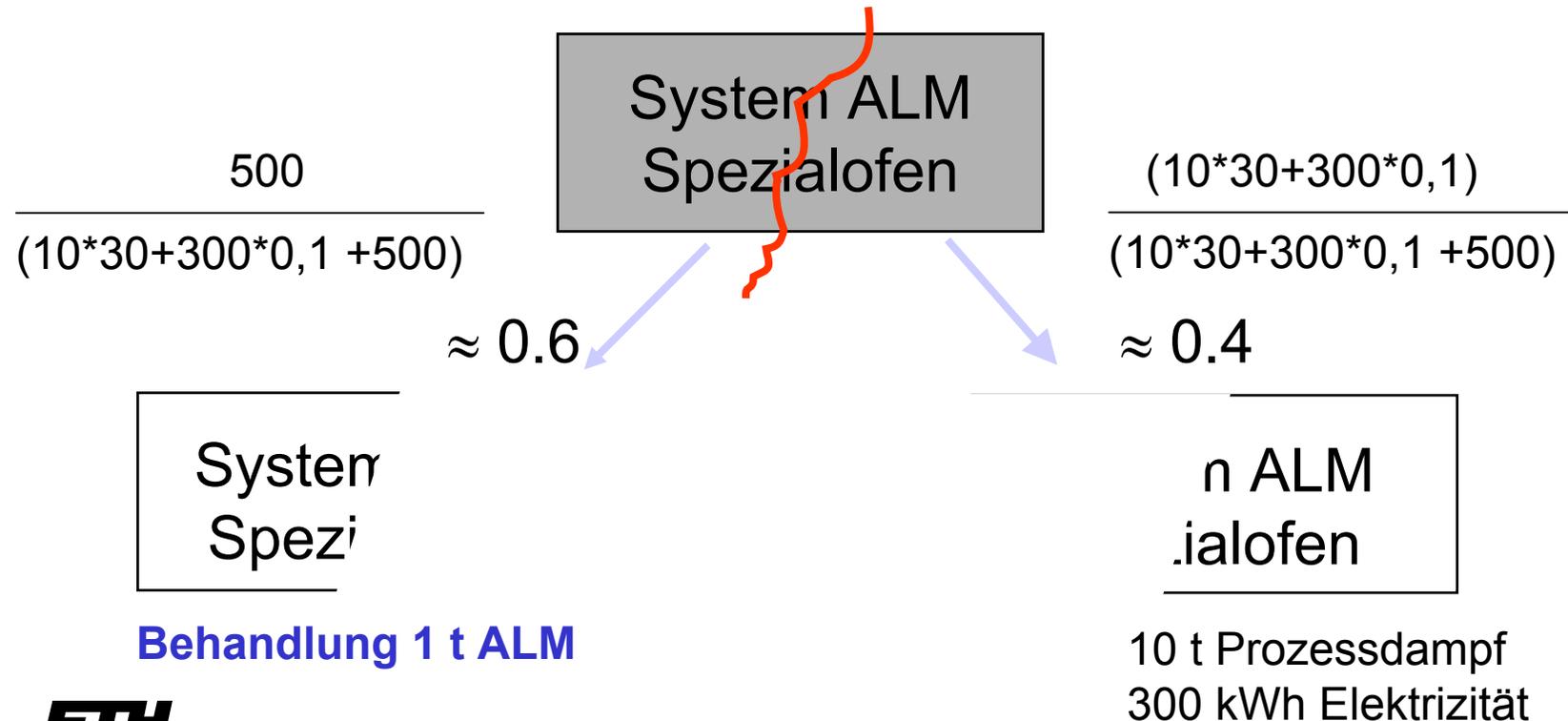


➔ Dienstleistung
Behandlung 1 t ALM

Frage 2

2. Mit welchen zwei Allokationsverfahren können Sie erreichen, dass die Verfahren Destillation und Verbrennung in Spezialöfen jeweils nur die Dienstleistung "Entsorgung von 1 kg Abfalllösungsmittel" bereit stellen

Spezialöfen ALM II: ökonomische Allokation



Frage 3

3. Berechnen Sie stellvertretend für die kumulierten Inventardaten (=Sachbilanzergebnisse) die kumulierten CO₂-Emissionen für die Allokationsansätze aus Frage 2.

Destillation I („Gutschriften“)

Kumulierte CO₂ Emissionen pro t ALM:

$$490 + 2 \cdot 370 - 10 \cdot 0,03 - 0,84 \cdot 1500 \approx \underline{\underline{-30}}$$

Dotted lines connect the terms in the equation to their respective labels below.

Direkte Emission Verbrennung Destillationsrückstände	Stickstoff	Strom	Toluol
--	------------	-------	--------

Frage 3

3. Berechnen Sie stellvertretend für die kumulierten Inventardaten (=Sachbilanzergebnisse) die kumulierten CO₂-Emissionen für die Allokationsansätze aus Frage 2.

Destillation II: ökonomische Allokation

Kumulierte CO₂ Emissionen pro t ALM:

$$0.5 * (490 + 2*370) \approx \underline{615}$$

Direkte Emission
Verbrennung
Destillationsrückstände

Stickstoff

Frage 3

3. Berechnen Sie stellvertretend für die kumulierten Inventardaten (=Sachbilanzergebnisse) die kumulierten CO₂-Emissionen für die Allokationsansätze aus Frage 2.

Spezialofen ALM I („Gutschriften“)

Kumulierte CO₂ Emissionen pro t ALM:

$$\begin{array}{ccc} 3300 & - & 10 \cdot 220 & - & 300 \cdot 0,03 & \approx & \underline{1091} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \\ \text{Direkte Emission} & & \text{Dampf} & & \text{Strom} & & \\ \text{Verbrennung} & & & & & & \end{array}$$

Frage 3

3. Berechnen Sie stellvertretend für die kumulierten Inventardaten (=Sachbilanzergebnisse) die kumulierten CO₂-Emissionen für die Allokationsansätze aus Frage 2.

Spezialofen ALM II (ökonomische Allokation)

Kumulierte CO₂ Emissionen pro t ALM:

$$3300 * 0,6 \approx \underline{1980}$$

.....
Direkte Emission
Verbrennung

Frage 4

4. Welches der Allokationsverfahren ziehen Sie persönlich vor? Warum?

Kumulierte CO₂ Emissionen pro t ALM:

1. Allokationsverfahren: „Gutschriften“

Destillation: - 30 kg

Verbrennung: 1091 kg

2. Allokationsverfahren: ökonomische Allokation

Destillation: 615 kg

Verbrennung: 1980 kg

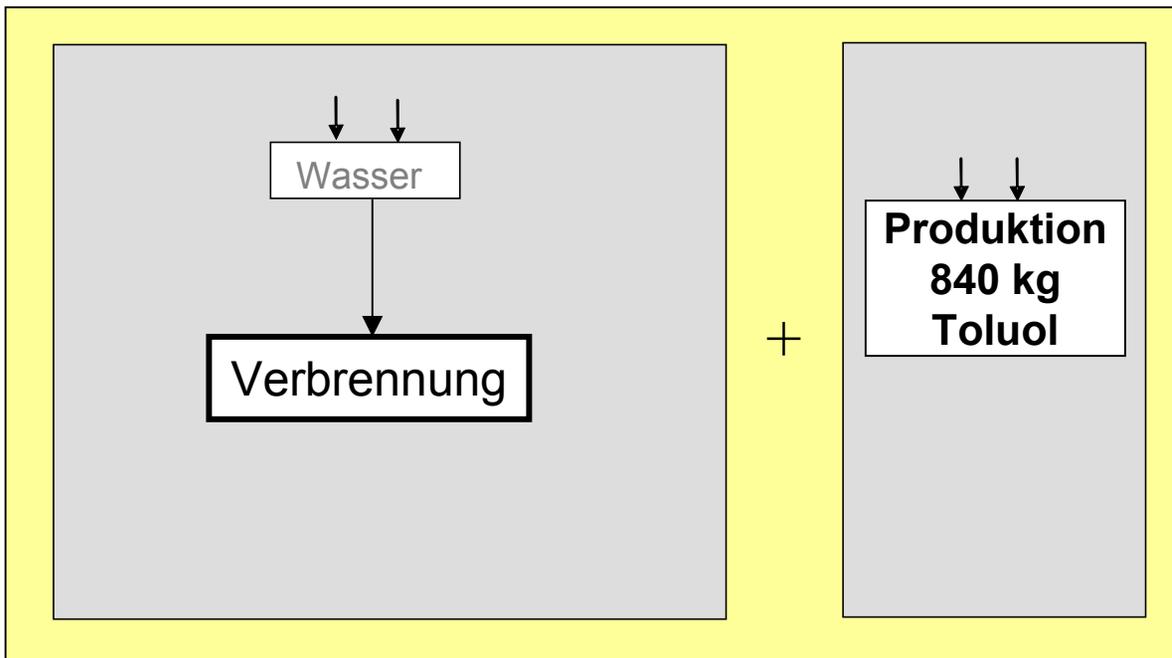


Auswahl des Allokationsverfahrens kann gegebenenfalls die Ergebnisse beeinflussen (Spielraum für Manipulation?)

Frage 5

5. Gibt es noch eine weitere Alternative zu den obigen Allokationsverfahren?

Spezialofen ALM III (Systemerweiterung, „Warenkorb“)



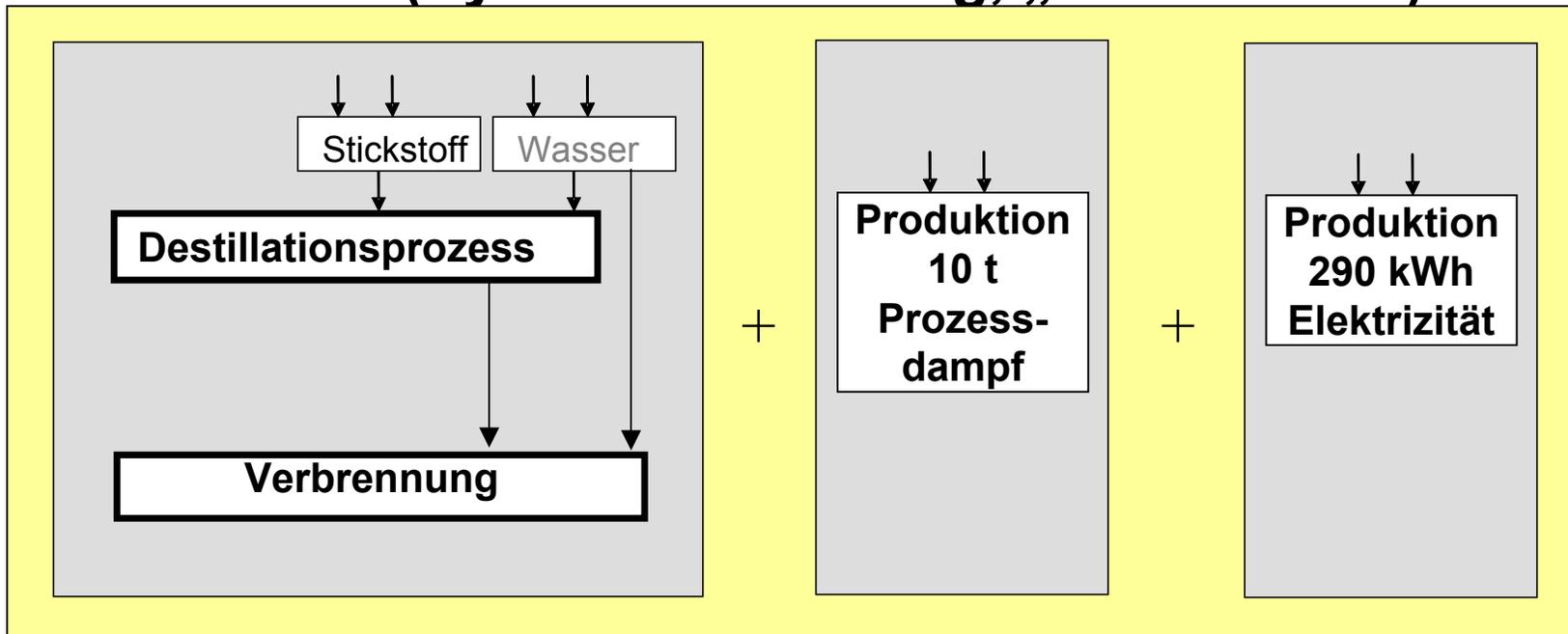
➡ Dienstleistung
Behandlung 1 t ALM

➡ Produktion 840 kg Toluol
Produktion 10 t Dampf
Produktion 300 kWh Strom

Frage 5

5. Gibt es noch eine weitere Alternative zu den obigen Allokationsverfahren?

Destillation III (Systemerweiterung, „Warenkorb“)



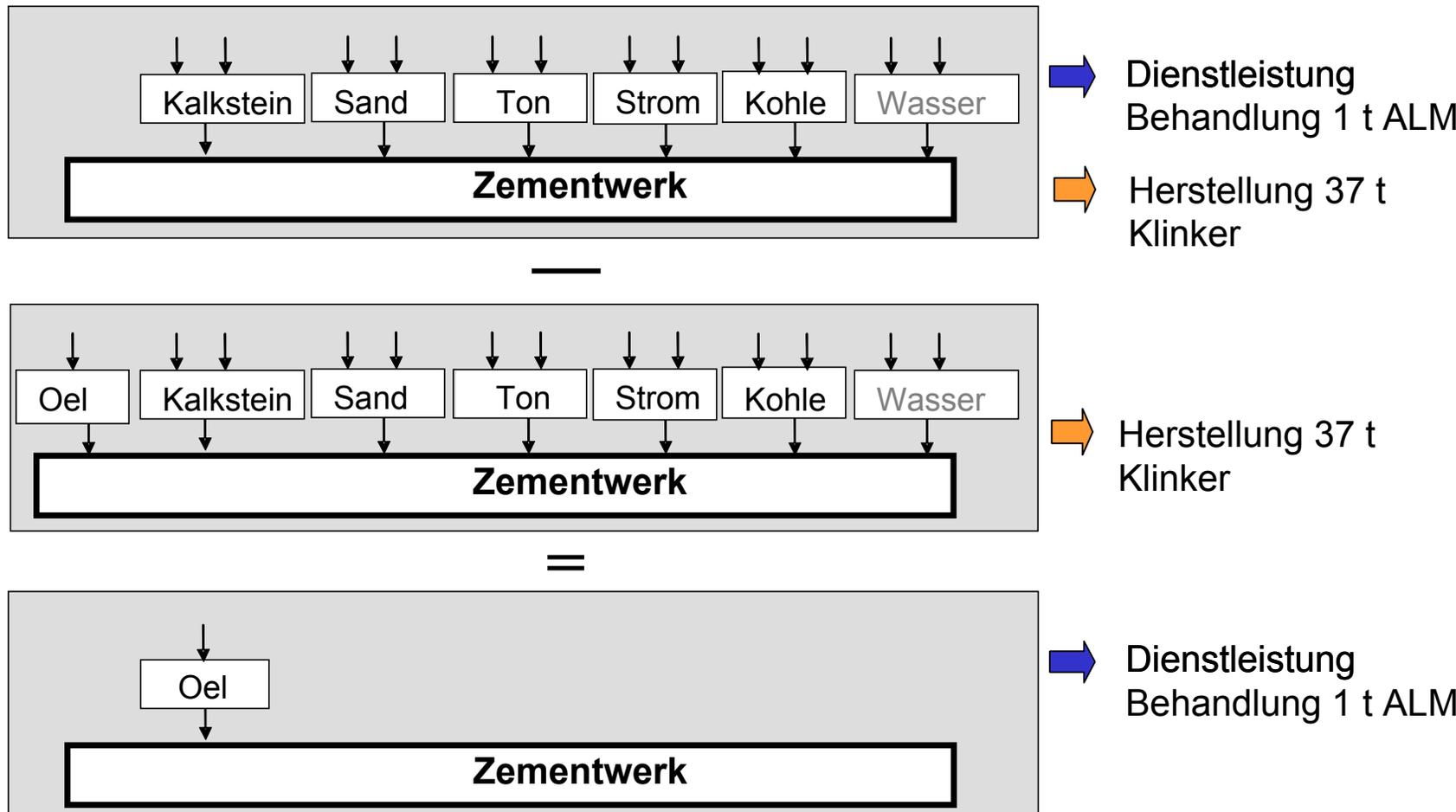
➔ Dienstleistung
Behandlung 1 t ALM



Produktion 840 kg Toluol
Produktion 10 t Dampf
Produktion 300 kWh Elektrizität

Frage 6

6. Wie können Sie erreichen, dass Sie bei der Mitverbrennung in Zementwerken die Dienstleistung "Entsorgung von 1 t Abfallösmittel" bilanzieren können?



Frage 6

6. Berechnen Sie die kumulierten Sachbilanzdaten für diesen Prozess. Verfügen Sie über alle Daten, die Sie für diese Berechnung benötigen? Gibt es Daten, die Sie nicht benötigen?

Sachbilanz: Mitverbrennung in Zementwerken, "Entsorgung von 1 t ALM"

Emissionen	Klinker, ALM	Klinker, Oel	Bereitstellung Oel	Summe
CO2 (kg)	32000	-31000	-380	620
NOx (kg)	36	-41	-2	-7
SOx (kg)	13	-13	-1	-1
Cd (mg)	170	-260	-17	-107
Partikel (g)	1400	-1400	-330	-330

Ressourcen

Erdöl (t)	-1
Kohle (t)	-0,01
Erdgas (m3)	-110



Daten über Ressourcenaufbereitung (Kalkstein, Tab. 2) werden nicht benötigt, da der Ressourcenverbrauch für Klinkerherstellung mit ALM und Heizöl identisch ist.

Frage 7

7. Für Fortgeschrittene: Nehmen Sie an, Sie hätten die grau schattierten Angaben über die Emissionen des Zementofens für ALM-Mitverbrennung nicht. Fällt Ihnen eine Möglichkeit ein, wie diese Emissionen abgeschätzt werden könnten (auch für andere Lösungsmittelgemische)?

Inputabhängige Modellierung

Inputabhängiges Modell Verbrennung

- ALM Spezialöfen
- Zementwerk
- **Allokation:**
 - Emissionen: Transferkoeffizienten für C, N, S, P, (F, Cl, Br, I, Fe,) As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Ti, Zn oder Menge Lösungsmittel
 - Hilfsmittel auf „Zielelemente“ alloziieren (z.B. NaOH pro Elemente S,P, Cl, Br, I)
 - Energie: unterer Heizwert

