



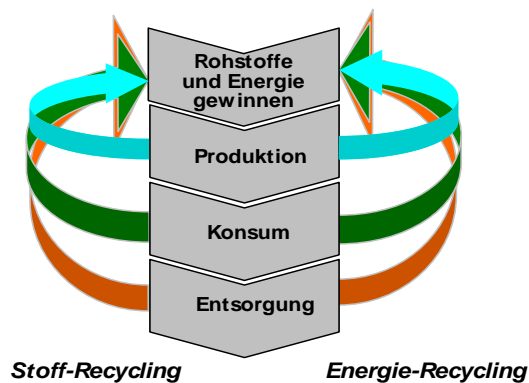
## **Abfälle mit Eco-Rechner nachhaltig bewirtschaften**

Durch eine nachhaltige Abfallbewirtschaftung in Industrie- und Gewerbebetrieben sollen einerseits Kosten reduziert und andererseits die Umwelt entlastet werden. Als „Tool“ für die Erfolgskontrolle der nachhaltigen Abfallbewirtschaftung wurde der vorliegende Online-Rechner „Eco-Rechner“ konzipiert, welcher im Internet unter [www.bmoser.ch / downloads.html](http://www.bmoser.ch/downloads.html) für alle Interessierten kostenlos zur Verfügung steht.

Des Weiteren wird in diesem Bericht der „Weg“ zur „Nachhaltigen Abfallbewirtschaftung“ in Industrie- und Gewerbebetrieben aufgezeigt und somit ein Beitrag zur Lösung der Klimawandel-Problematik geleistet. Aufgrund der Einführung einer nachhaltigen Abfallbewirtschaftung wird auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoss vermindert.

Die Realisierung der nachhaltigen Abfallbewirtschaftung und der Einsatz des Eco-Rechners in Industrie und Gewerbe sind Massnahmen um die langfristige Zielsetzung der 2000 Watt Gesellschaft zu erreichen.

Der vorliegende Eco-Rechner ist auch für Unternehmen interessant, welche nach ISO 14001 (Umweltmanagement) zertifiziert sind. Damit können die im Bereich Abfallbewirtschaftung durchgeführten Massnahmen verifiziert werden.



## **Vorgehen zur Umsetzung der nachhaltigen Abfallbewirtschaftung**

Um das Ziel der nachhaltigen Abfallbewirtschaftung im Betrieb umzusetzen, ist es wichtig, die Abfall- und Energieströme zu erfassen, zu analysieren und entsprechende Massnahmen umzusetzen.

Das Vorgehen gliedert sich in folgende vier Phasen:

1. *Istzustand erfassen*
2. *Abfallbewirtschaftungskonzept erarbeiten*
3. *Abfallbewirtschaftungskonzept umsetzen*
4. *Erfolgskontrolle mit Eco-Rechner durchführen*

Die Hauptziele des nachhaltigen Abfallbewirtschaftungskonzepts sind, einerseits die Umwelt zu entlasten und andererseits Kosten einzusparen, durch folgende Zielsetzungen:

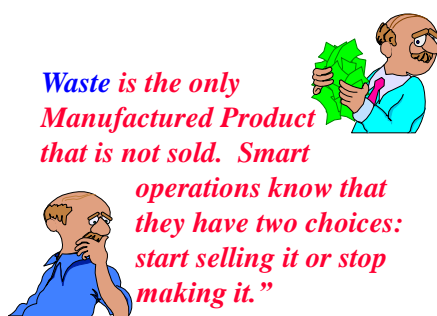
- **Abfall vermeiden (Priorität 1)**
  - o In erster Priorität sind alle Möglichkeiten der Abfallvermeidung bei der Konzeption (Ökodesign) und Herstellung eines Produktes zu überprüfen.
  - o Weitere Optionen: Weniger Ausschuss in der Produktion, Einsatz von Mehrweggebinden, optimierte Verpackungen usw.

- **Abfall recyklieren/verwerten**  
Stofflich rezyklierbarer Abfall wird als *Wertstoff* bezeichnet. Beispiele von Wertstoffen sind Papier, Karton, sortenreine Kunststoffe (z.B. PET, Polyethylenfolien), Glas, Eisenchrott, Alu usw. Aus diesen Wertstoffen können neue Sekundärprodukte (z.B. Zeitungspapier aus 50% Altpapier, Karton aus 100% Altpapier) hergestellt werden, welche im Vergleich zu den Primärprodukten eine bessere Ökobilanz bezüglich Umwelt und zusätzlich kleinere Entsorgungskosten aufweisen.
- **Abfall gesetzeskonform entsorgen**  
Zum Beispiel sind brennbare nicht rezyklierbare Abfälle einer Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) anzuliefern.
- **Logistik optimieren**  
Mit einer optimalen Entsorgungslogistik, innerbetrieblich und extern (z.B. Transport zum Recyclingbetrieb und zur KVA), können ebenfalls Kosten reduziert und die Umwelt entlastet werden.

Eine Tonne brennbarer Abfall zum Beispiel aus den Privathaushalten enthält ca. 350 kg Kohlenstoff, welcher in den organischen Fraktionen, wie Kunststoff, Papier, Karton, Textilien usw. enthalten ist. Dieser Kohlenstoff wird bei der Verbrennung in der KVA vollständig zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) umgewandelt. Bei der Verbrennung einer Tonne Abfall entstehen ca. 1.3 Tonnen CO<sub>2</sub>, welches im Reingas an die Umwelt abgegeben wird, wobei der Anteil „fossil“ (z.B. Kunststoffabfälle) ca. 40% und der Anteil „biogen“ (z.B. Holz, Papier) ca. 60% beträgt.

Gemäss Kyoto Protokoll sind diejenigen CO<sub>2</sub>-Emissionen klimarelevant, welche aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Erdöl, Erdgas und Kohle stammen. Emissionen, die aufgrund der Verbrennung erneuerbarer Energieträgern (z.B. Biomasse) entstehen, tragen nicht zum Treibhauseffekt bei, da auch im natürlichen Kreislauf bei der Zersetzung CO<sub>2</sub> freigesetzt wird. Die Verweildauer von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre beträgt ca. 50-200 Jahre.

*Nachhaltig bewirtschaften heisst, mit optimalem Ressourcen-Einsatz und besseren Technologien (z.B. höhere Effizienz) entweder den gleichen Nutzen mit weniger Ressourcen oder mehr Nutzen bei gleichem Verbrauch zu schaffen.  
Durch ökologische Verbesserungen lassen sich auch ökonomische Vorteile erzielen. Das bedeutet: Was wir heute machen, kann morgen genauso gut oder besser produziert werden mit weniger Rohstoffen und Energie.*



## **Eco-Rechner für die Praxis**

Der Eco-Rechner (Online-Rechner) für Betriebe ist unter [www.bmoser.ch/downloads.html](http://www.bmoser.ch/downloads.html) abrufbar.

### **Vorgehen:**

1. Eingabe der Kundendaten im gelb markierten Teil (siehe *Abbildung 1, Seite 5*).
2. Der Eco-Rechner berechnet automatisch die gewünschten Kennwerte und Grafiken anhand der eingegebenen Kundendaten und den konstanten Basisdaten für „Ressourcenbedarf und CO<sub>2</sub> – Emissionen“ und „Emissionen beim Transport“ (siehe *Abbildung 1*).
3. Der Eco-Rechner liefert folgende **Resultate** (Kennwerte und Grafiken):

#### **1. Kosten**

Aus dieser Tabelle sind die Kosten vor und nach Einführung eines Abfallbewirtschaftungskonzeptes (ABK) ersichtlich:

*Ist (vor Einführung ABK):*

Gesamter Abfall inkl. Wertstoffe werden der Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) angeliefert. „Annahme“ entspricht dem Verbrennungspreis der KVA.

*Soll (nach Einführung ABK):*

Wertstoffe wie z.B. Papier, Karton, Polyethylenfolien werden dem Recyclingbetrieb angeliefert. Der Restabfall wird zur KVA transportiert.  
*Siehe Abbildung 1.*

#### **2. Ressourcenbedarf**

Der Ressourcenbedarf definiert in „Energieäquivalent“ von nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Gas usw.) zeigt die Umweltentlastung aufgrund des Recyclings der Wertstoffe Papier, Karton, Polyethylenfolien im Vergleich zur Primärproduktion.

Des Weiteren ist aus dieser Tabelle der Ressourcenbedarf (Betriebsmittel usw.) für die Entsorgung der drei Wertstoffe in der KVA ersichtlich (Ist: Vor Einführung ABK).

*Siehe Abbildung 1.*

#### **3. CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Analog zum Kennwert Ressourcenbedarf wurden hier die entsprechenden CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet.

*Siehe Abbildung 1.*

#### **4. Emissionen beim Transport**

Für den Istzustand (vor Einführung ABK) und den Sollzustand (nach Einführung ABK) wurden für den LKW-Transport die Emissionen CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und HC berechnet.

*Siehe Abbildung 1.*

Abbildung 1: Master  
**Eco-Rechner für  
 Betriebe  
 Kundendaten**

Name Firma:	...		
Totale Abfallmenge inkl. Wertstoffe*		(t/Jahr)	...
Name Wertstoff 1:	...	Anteil:	(%) ...
Name Wertstoff 2:	...	Anteil:	(%) ...
Name Wertstoff 3:	...	Anteil:	(%) ...
Verbrennungspreis KVA**		(CHF/t)	...
Erlös***oder Zuzahlung für Wertstoff 1		(CHF/t)	...
Erlös oder Zuzahlung für Wertstoff 2		(CHF/t)	...
Erlös oder Zuzahlung für Wertstoff 3		(CHF/t)	...
Transportkosten pro Transport zur KVA		(CHF/t)	...
Transportkosten pro Transport zum Recyclingbetrieb		(CHF/t)	...
Abfallmenge pro Transport zur KVA		(t)	...
Wertstoffmenge pro Transport zum Recyclingbetrieb		(t)	...
Distanz zur KVA hin+zurück		(km)	...
Distanz zum Recyclingbetrieb hin+zurück		(km)	...

\*rezyklierbare Stoffe, \*\*Kehrichtverbrennungsanlage, \*\*\*bei Erlös (Vergütung) negativen Betrag einsetzen

**Basis für Ressourcenbedarf und CO<sub>2</sub> - Emissionen**

Angaben pro t	Papier		Karton		Kunststoff*	
	Energieäqui- valent (MJ)	CO <sub>2</sub> (t)	Energieäqui- valent (MJ)	CO <sub>2</sub> (t)	Energieäqui- valent (MJ)	CO <sub>2</sub> (t)
Primärprod.	21900	1.16	16'900	1.31	89300	2.64
Recycling	4400	0.23	3400	0.26	8900	0.26
KVA	290	1.8	360	1.8	220	3

\*Polyethylenfolien, \*\*Ressourcenbedarf wird in Energieäquivalent angegeben

Quelle: EMPA St.Gallen 2007

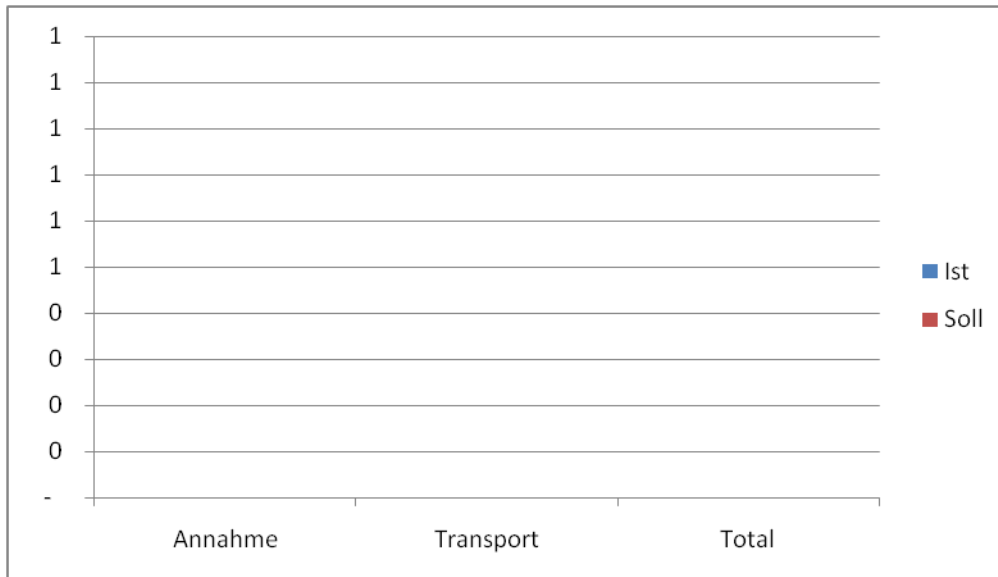
**Basis für Emissionen beim Transport**

in kg/km	
CO <sub>2</sub>	1.847
NO <sub>x</sub>	0.026
HC	0.0024

Quelle: BUWAL, Emissionsfaktoren von schweren Motorwagen in der Schweiz, Umweltmaterialien Nr.38, 1995

## Resultate Kosten

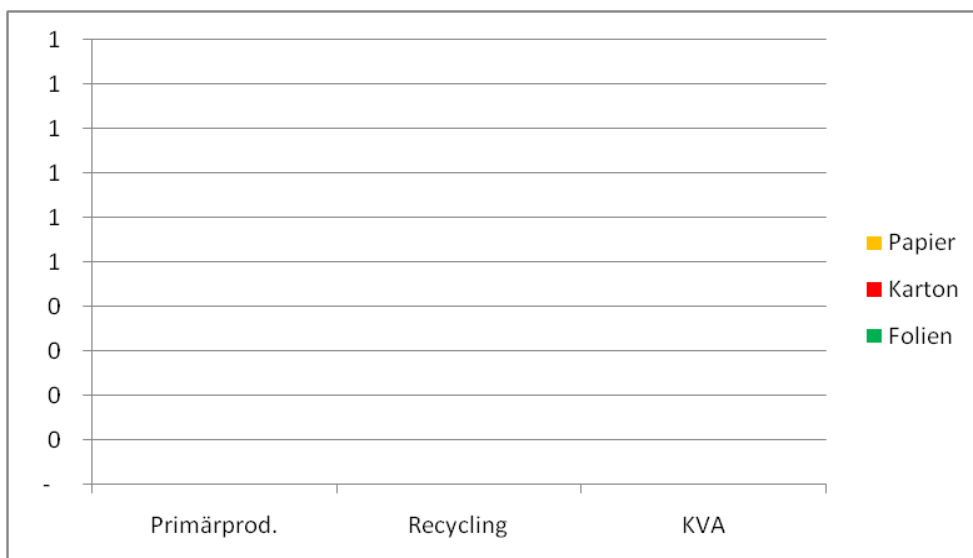
in CHF	Annahme	Transport	Total
Ist	#WERT!	#WERT!	#WERT!
Soll	#WERT!	#WERT!	#WERT!



## Ressourcenbedarf

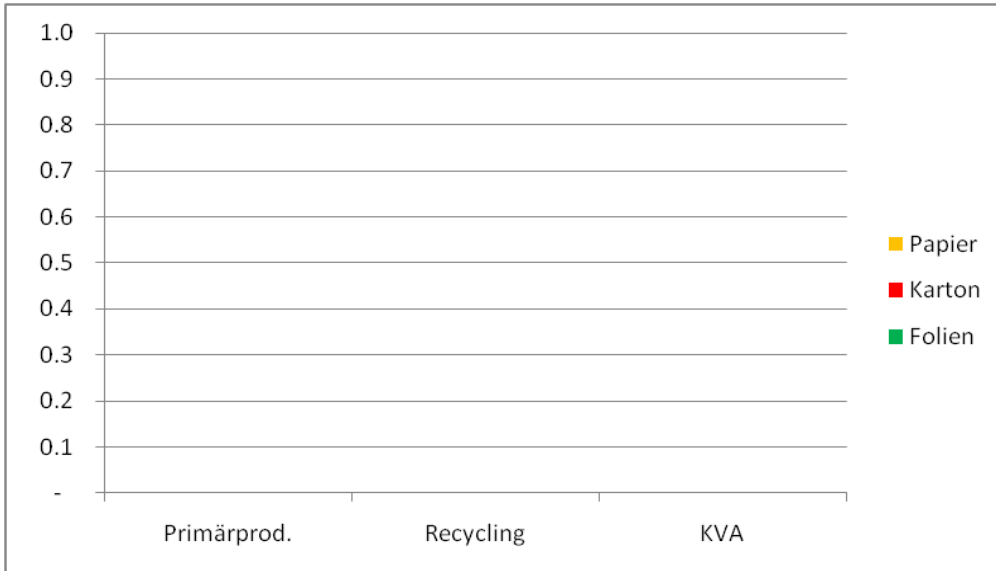
Ressourcenbedarf wird in Energieäquivalent (MJ) angegeben.  
Basis: Nicht erneuerbare Ressourcen (Erdöl, Gas usw.).

in MJ	Primärprod.	Recycling	KVA
Papier	#WERT!	#WERT!	#WERT!
Karton	#WERT!	#WERT!	#WERT!
Folien	#WERT!	#WERT!	#WERT!



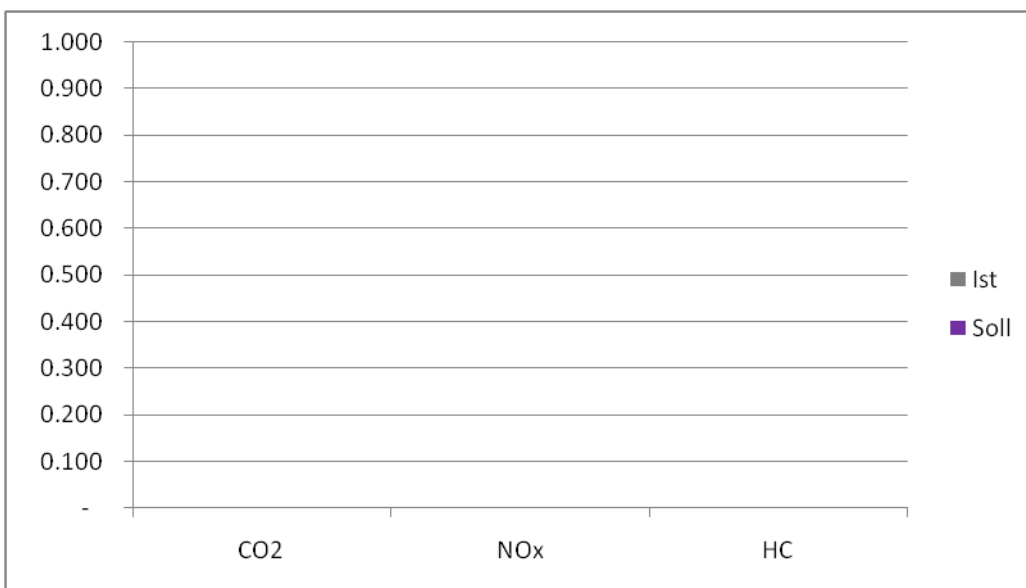
## CO<sub>2</sub> - Emissionen

in t CO <sub>2</sub>	Primärprod.	Recycling	KVA
<b>Papier</b>	#WERT!	#WERT!	#WERT!
<b>Karton</b>	#WERT!	#WERT!	#WERT!
<b>Folien</b>	#WERT!	#WERT!	#WERT!



## Emissionen beim Transport

in t	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Ist</b>	#WERT!	#WERT!	#WERT!
<b>Soll</b>	#WERT!	#WERT!	#WERT!



## **Berechnungsbeispiele**

Nachfolgend sind 3 Berechnungsbeispiele aufgeführt:

### **Beispiel 1: Bodenbeläge AG**

#### **Kundendaten**

Totale Abfallmenge inkl. Wertstoffe		100 t/Jahr
Wertstoff 1: Papier	Anteil	15 %
Wertstoff 2: Karton	Anteil	7 %
Wertstoff 3: Polyethylenfolien	Anteil	10 %
Verbrennungspreis KVA		200 CHF/t
Erlös für Wertstoff 1		-15 CHF/t
Erlös für Wertstoff 2		-8 CHF/t
Erlös für Wertstoff 3		-12 CHF/t
Transportkosten pro Transport zur KVA		280 CHF/t
Transportkosten pro Transport zum Recyclingbetrieb		300 CHF/t
Abfallmenge pro Transport zur KVA		3.4 t
Wertstoffmenge pro Transport zum Recyclingbetrieb		2.8 t
Distanz zur KVA hin+zurück		28 km
Distanz zum Recyclingwerk hin+zurück		36 km

#### **Basis für Ressourcenbedarf und CO<sub>2</sub>– Emissionen**

*Siehe Abbildung 1: Master*

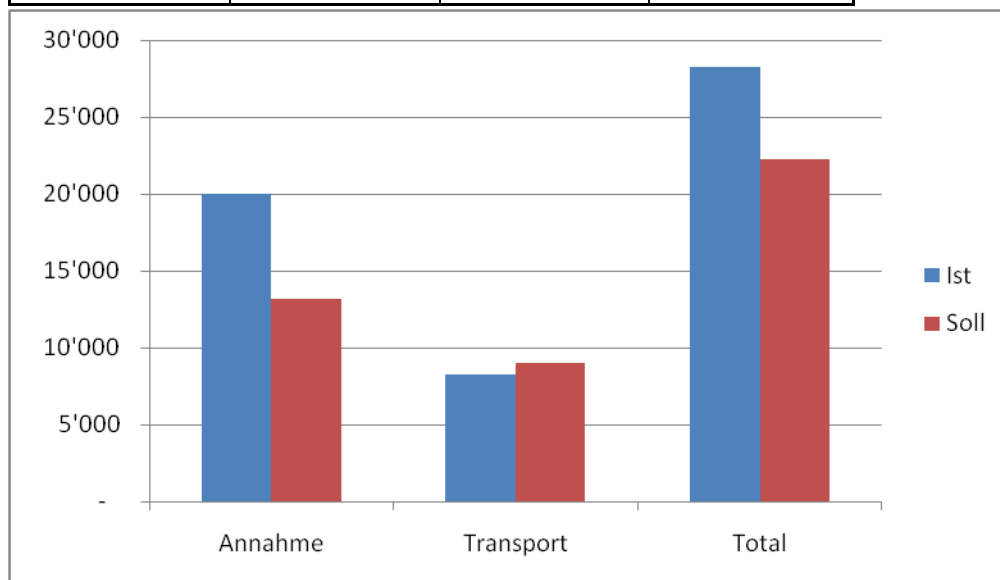
#### **Basis für Emissionen beim Transport**

*Siehe Abbildung 1: Master*

## Resultate

### Kosten

in CHF	Annahme	Transport	Total
Ist	20'000	8'235	28'235
Soll	13'199	9'029	22'228

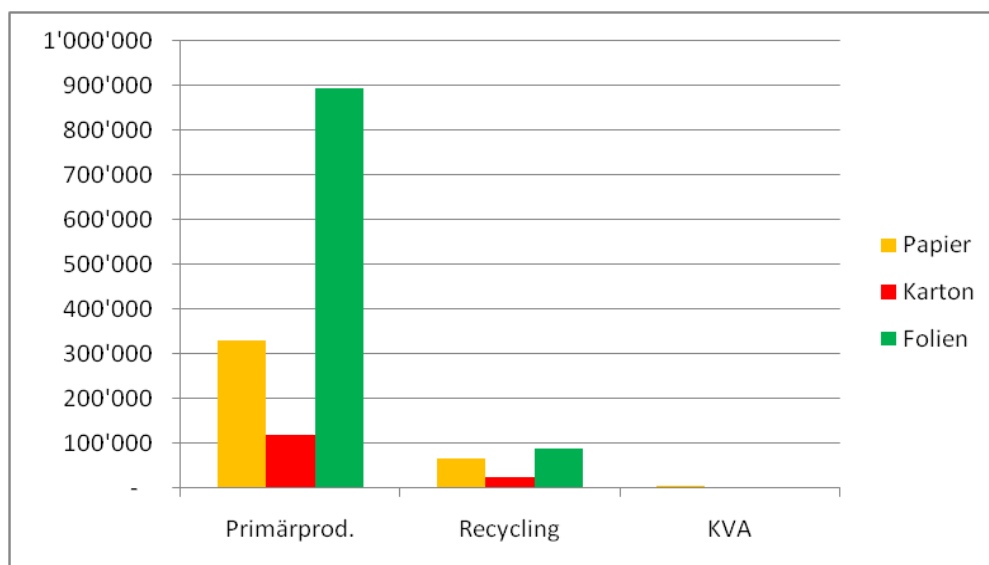


### Ressourcenbedarf

Ressourcenbedarf wird in Energieäquivalent (MJ) angegeben.

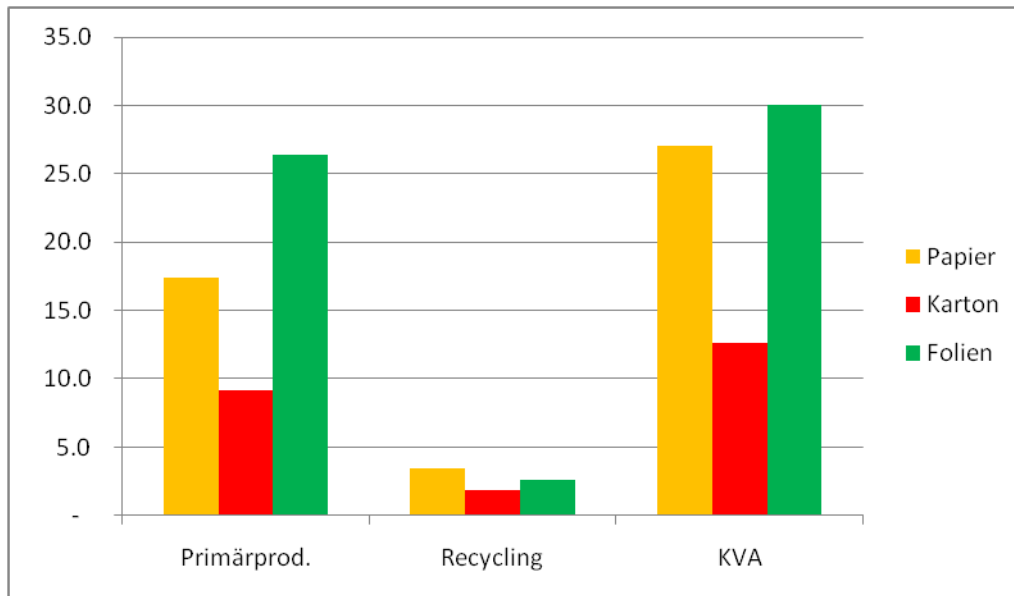
Basis: Nicht erneuerbare Ressourcen (Erdöl, Gas usw.).

in MJ	Primärprod.	Recycling	KVA
Papier	328'500	66'000	4'350
Karton	118'300	23'800	2'520
Folien	893'000	89'000	2'200



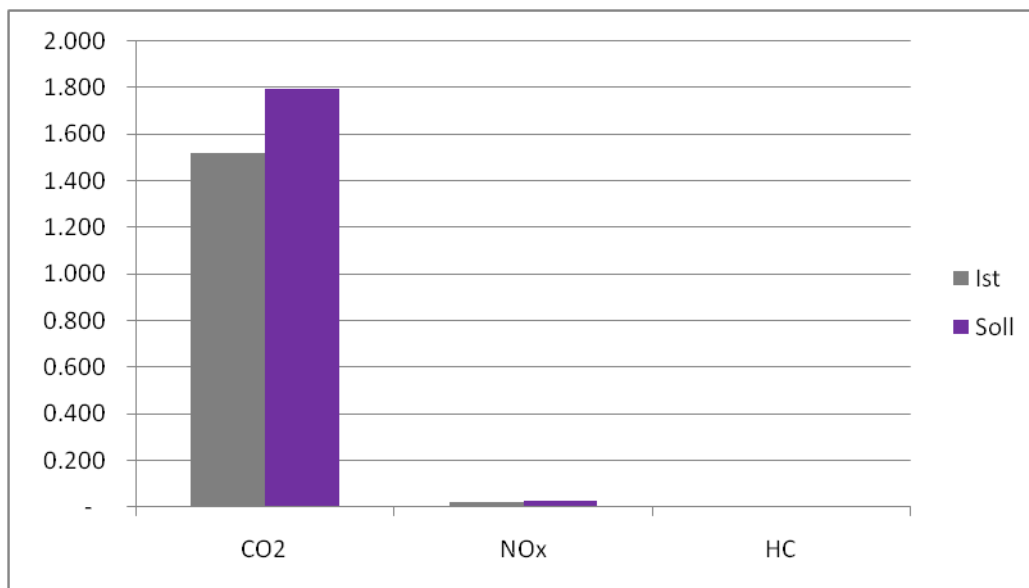
## CO<sub>2</sub> - Emissionen

in t CO <sub>2</sub>	Primärprod.	Recycling	KVA
<b>Papier</b>	17.4	3.5	27.0
<b>Karton</b>	9.2	1.8	12.6
<b>Folien</b>	26.4	2.6	30.0



## Emissionen beim Transport

in t	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Ist</b>	1.521	0.021	0.002
<b>Soll</b>	1.794	0.025	0.002



## **Beispiel 2: Verpackungen AG**

### **Kundendaten**

Totale Abfallmenge inkl. Wertstoffe		200 t/Jahr
Wertstoff 1: Papier	Anteil	20 %
Wertstoff 2: Karton	Anteil	17 %
Wertstoff 3: Polyethylenfolien	Anteil	13 %
Verbrennungspreis KVA		200 CHF/t
Erlös für Wertstoff 1		-15 CHF/t
Erlös für Wertstoff 2		-8 CHF/t
Erlös für Wertstoff 3		-12 CHF/t
Transportkosten pro Transport zur KVA		280 CHF/t
Transportkosten pro Transport zum Recyclingbetrieb		300 CHF/t
Abfallmenge pro Transport zur KVA		5.6 t
Wertstoffmenge pro Transport zum Recyclingbetrieb		2.8 t
Distanz zur KVA hin+zurück		28 km
Distanz zum Recyclingwerk hin+zurück		36 km

### **Basis für Ressourcenbedarf und CO<sub>2</sub>– Emissionen**

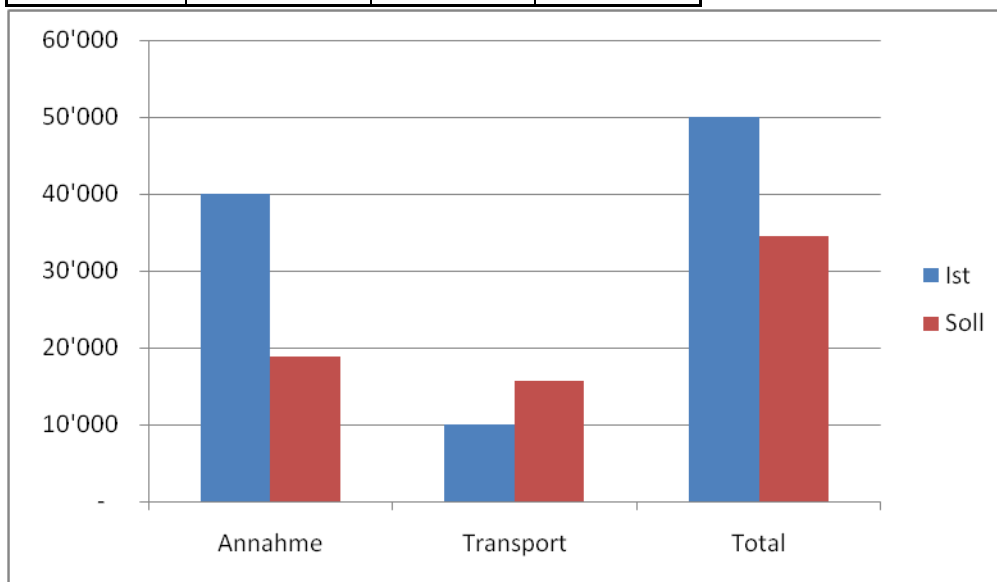
*Siehe Abbildung 1: Master*

### **Basis für Emissionen beim Transport**

*Siehe Abbildung 1: Master*

## Resultate Kosten

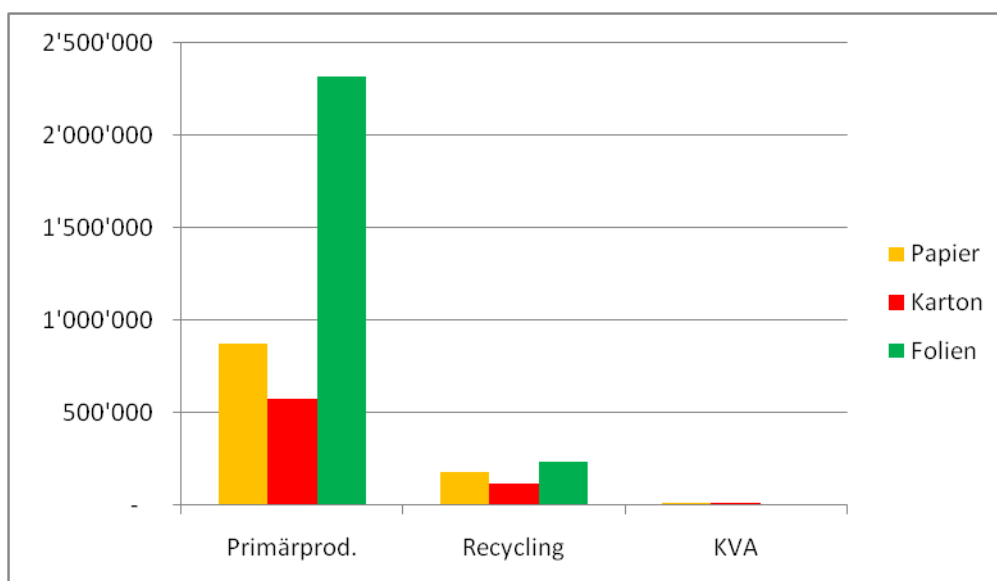
in CHF	Annahme	Transport	Total
Ist	40'000	10'000	50'000
Soll	18'816	15'714	34'530



## Ressourcenbedarf

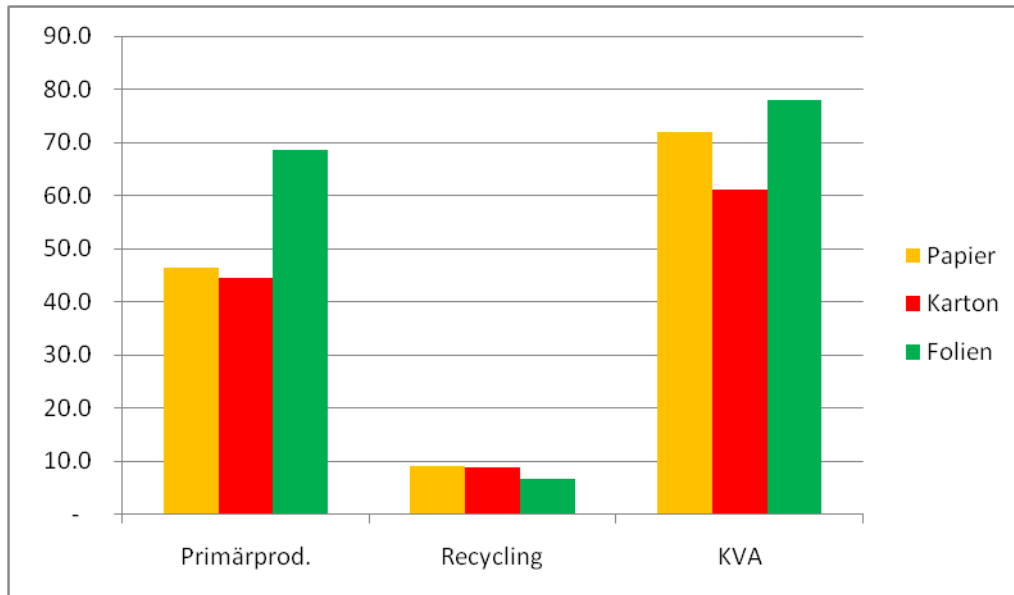
Ressourcenbedarf wird in Energieäquivalent (MJ) angegeben.  
Basis: Nicht erneuerbare Ressourcen (Erdöl, Gas usw.).

in MJ	Primärprod.	Recycling	KVA
Papier	876'000	176'000	11'600
Karton	574'600	115'600	12'240
Folien	2'321'800	231'400	5'720



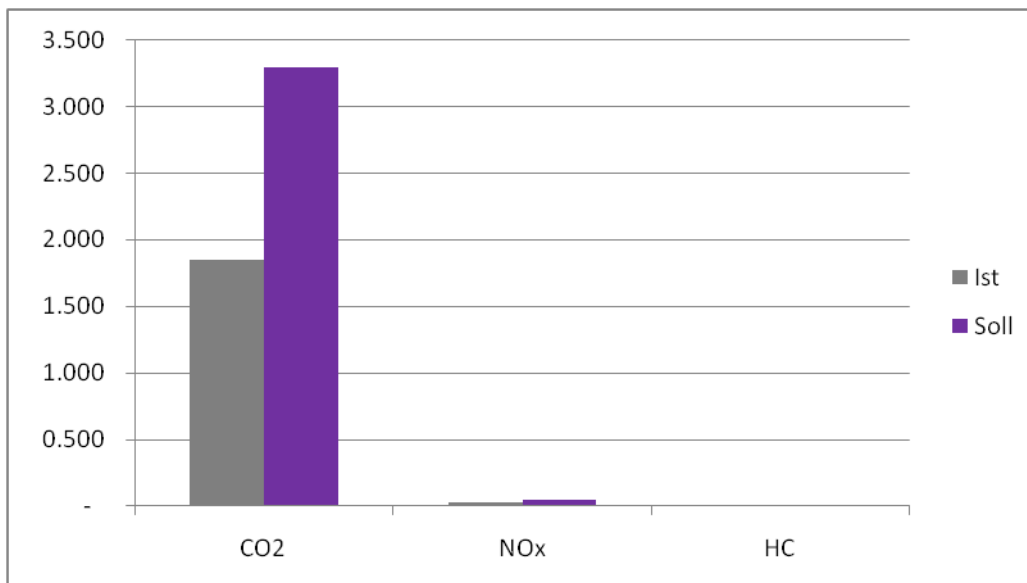
## CO<sub>2</sub> - Emissionen

in t CO <sub>2</sub>	Primärprod.	Recycling	KVA
<b>Papier</b>	46.4	9.2	72.0
<b>Karton</b>	44.5	8.8	61.2
<b>Folien</b>	68.6	6.8	78.0



## Emissionen beim Transport

in t	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Ist</b>	1.847	0.026	0.004
<b>Soll</b>	3.298	0.046	0.004



## **Beispiel 3: Etiketten AG**

### **Kundendaten**

Totale Abfallmenge inkl. Wertstoffe		300 t/Jahr
Wertstoff 1: Papier	Anteil	12 %
Wertstoff 2: Karton	Anteil	8 %
Wertstoff 3: Polyethylenfolien	Anteil	6 %
Verbrennungspreis KVA		200 CHF/t
Erlös für Wertstoff 1		-15 CHF/t
Erlös für Wertstoff 2		-8 CHF/t
Erlös für Wertstoff 3		-12 CHF/t
Transportkosten pro Transport zur KVA		280 CHF/t
Transportkosten pro Transport zum Recyclingbetrieb		300 CHF/t
Abfallmenge pro Transport zur KVA		6.5 t
Wertstoffmenge pro Transport zum Recyclingbetrieb		2.8 t
Distanz zur KVA hin+zurück		28 km
Distanz zum Recyclingwerk hin+zurück		36 km

### **Basis für Ressourcenbedarf und CO<sub>2</sub>– Emissionen**

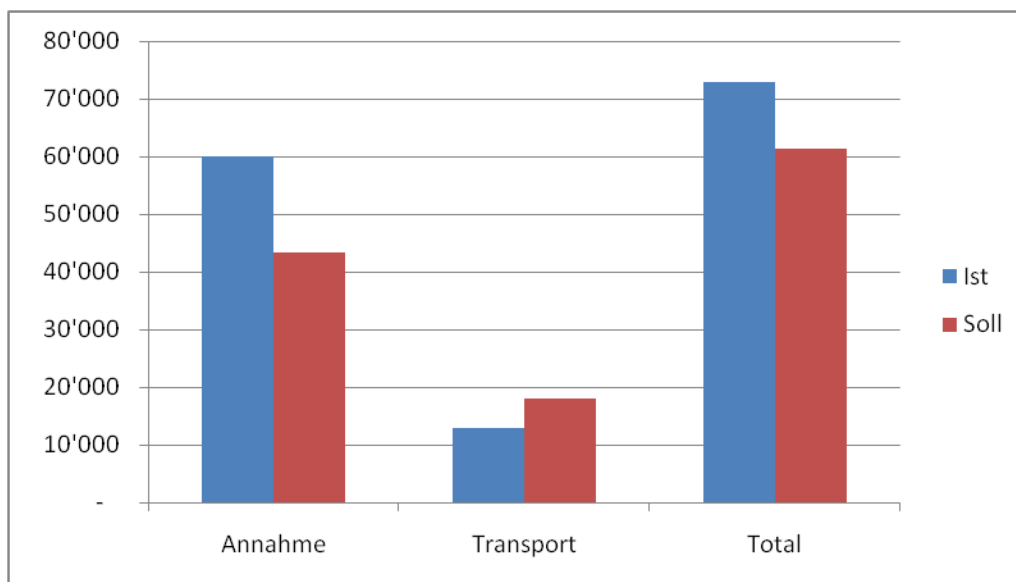
*Siehe Abbildung 1: Master*

### **Basis für Emissionen beim Transport**

*Siehe Abbildung 1: Master*

## Resultate Kosten

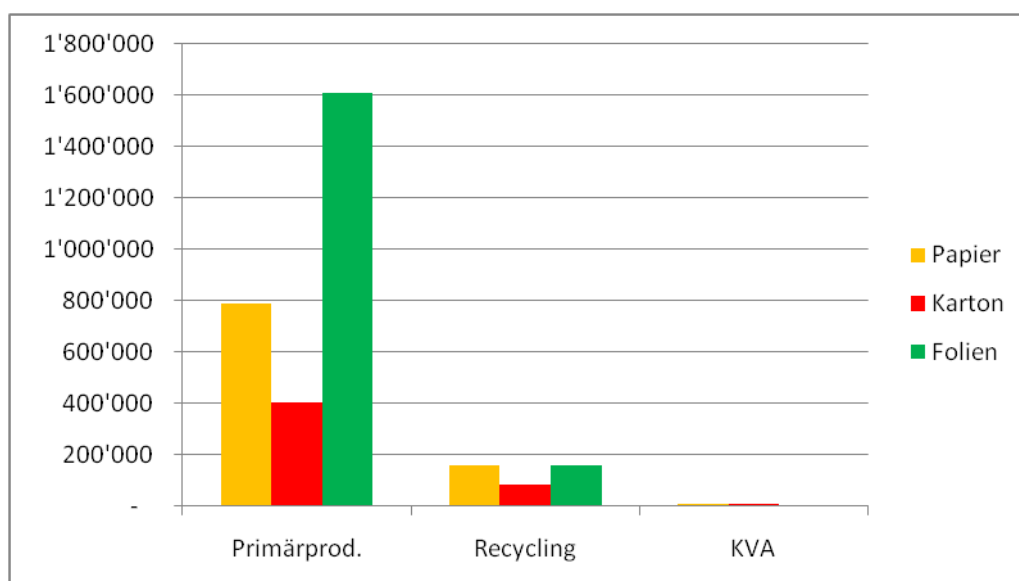
in CHF	Annahme	Transport	Total
Ist	60'000	12'923	72'923
Soll	43'452	17'920	61'372



## Ressourcenbedarf

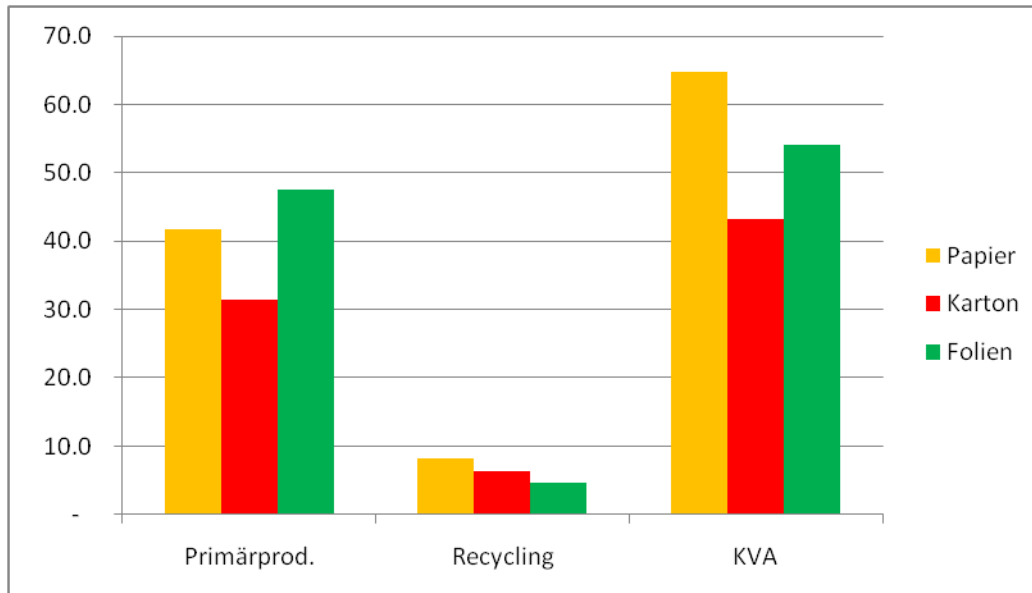
Ressourcenbedarf wird in Energieäquivalent (MJ) angegeben.  
Basis: Nicht erneuerbare Ressourcen (Erdöl, Gas usw.).

in MJ	Primärprod.	Recycling	KVA
Papier	788'400	158'400	10'440
Karton	405'600	81'600	8'640
Folien	1'607'400	160'200	3'960



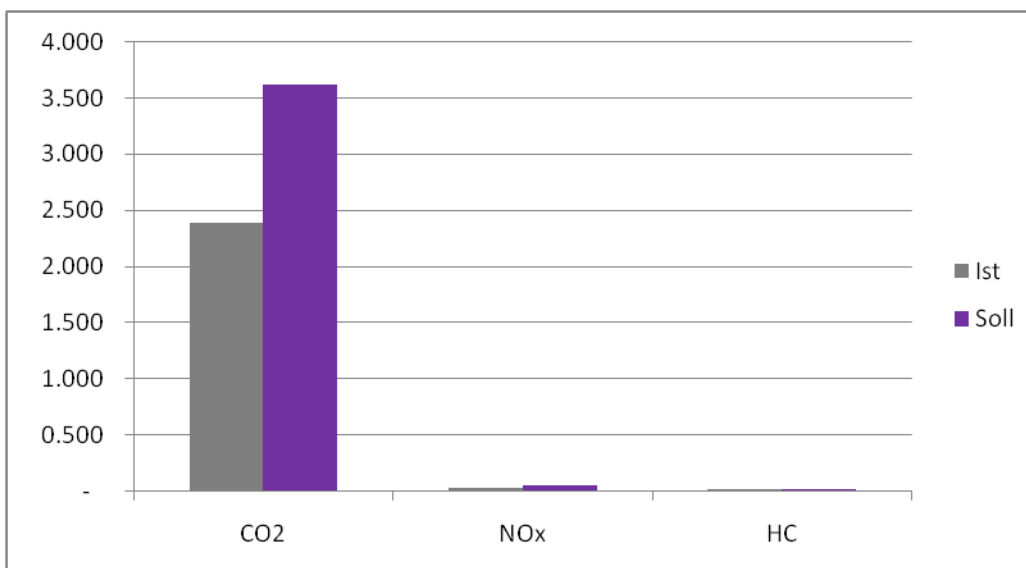
## CO<sub>2</sub> - Emissionen

in t CO <sub>2</sub>	Primärprod.	Recycling	KVA
<b>Papier</b>	41.8	8.3	64.8
<b>Karton</b>	31.4	6.2	43.2
<b>Folien</b>	47.5	4.7	54.0



## Emissionen beim Transport

in t	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Ist</b>	2.387	0.034	0.005
<b>Soll</b>	3.619	0.051	0.005



## **Fazit**

Mit der Einführung eines nachhaltigen Abfallbewirtschaftungskonzepts (ABK) resultieren für die 3 Betriebe folgende Vorteile im Vergleich zum Istzustand (Vor Einführung ABK):

### **Reduzierte Entsorgungskosten (Annahmekosten + Transportkosten)**

*Beispiel 1: Bodenbeläge AG, 100 Tonnen Abfälle und Wertstoffe pro Jahr*

Vor Einführung ABK (Ist) CHF 28'235.-

Nach Einführung ABK (Soll) CHF 22'228.- => *Kostenreduktion CHF ca. 6'000.-*

*Beispiel 2: Verpackungen AG, 200 Tonnen Abfälle und Wertstoffe pro Jahr*

Vor Einführung ABK (Ist) CHF 50'000.-

Nach Einführung ABK (Soll) CHF 34'530.- => *Kostenreduktion CHF ca. 15'000.-*

*Beispiel 3: Etiketten AG, 300 Tonnen Abfälle und Wertstoffe pro Jahr*

Vor Einführung ABK (Ist) CHF 72'923.-

Nach Einführung ABK (Soll) CHF 61'372.- => *Kostenreduktion CHF ca. 11'000.-*

### **Reduzierter Ressourcenbedarf und kleinere CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Wertstoffe wie Papier, Karton und Kunststoffe (Polyethylenfolien) werden rezykliert, statt in der Kehrichtverbrennungsanlage verbrannt. Somit werden durchs Recycling Ressourcen (insbesondere nicht erneuerbare Ressourcen) geschont und die Umwelt weniger belastet, im Vergleich zur Primärproduktion:

*Beispiel 1: Bodenbeläge AG, Recycling von 32 Tonnen Wertstoffe pro Jahr:*

=> Reduktion des Ressourcenverbrauchs im Vergleich zur Primärproduktion um 1'161'000 MJ, entspricht ca. 32'000 Liter Öl.

=> Reduktion der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 45 Tonnen.

*Beispiel 2: Verpackungen AG, Recycling von 100 Tonnen Wertstoffe pro Jahr*

=> Reduktion des Ressourcenverbrauchs im Vergleich zur Primärproduktion um 3'249'000 MJ, entspricht ca. 90'000 Liter Öl.

=> Reduktion der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 135 Tonnen.

*Beispiel 3: Etiketten AG, Recycling von 78 Tonnen Wertstoffe pro Jahr*

=> Reduktion des Ressourcenverbrauchs im Vergleich zur Primärproduktion um 2'400'000 MJ, entspricht ca. 67'000 Liter Öl.

=> Reduktion der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 100 Tonnen.

Bei der Kehrichtverbrennungsanlage wird aufgrund des Recyclings von Papier, Karton, Kunststoff der 3 Betriebe jährlich ca. 440 Tonnen weniger CO<sub>2</sub> ausgestossen.

Des Weiteren kann mit dem vorliegenden Eco-Rechner bei Optimierung der Logistik (z.B. optimale Containergrösse, damit Anzahl Fahrten pro Jahr minimal ist) die Auswirkungen auf die Kosten und Umwelt aufgezeigt werden.

