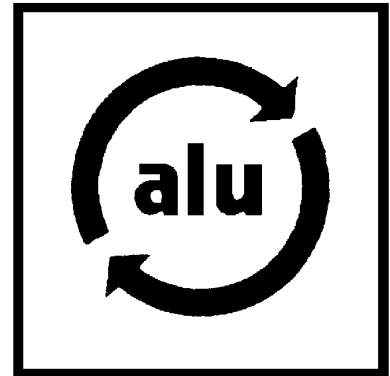


50% Alu sammeln heisst *nicht* 50% Alu-Recycling



Peter Bützer

Inhalt

1	Fakten	1
2	Annahmen	1
3	Simulationsdiagramm	2
4	Zeitdiagramm	3
5	Dokumentation (Gleichungen, Parameter)	3
6	Folgerungen	4
7	Interpretation	6

1 Fakten¹

- Recyclingquoten in der Schweiz für Aludosen (2007): 90%², Tiernahrungsschalen: 80%, Alutuben: 50%.
- Die Energieeinsparung beim Recycling beträgt bis zu 95 Prozent gegenüber der Erstproduktion³.
- Aluminium lässt sich ohne Qualitätsverlust beliebig oft als Sekundäraluminium zu neuen Produkten verarbeiten.
- Heute wird rund $\frac{1}{3}$ des weltweiten Bedarfs an Alu durch recyceltes Material gedeckt (Wiederverwertung).

2 Annahmen

- Von dem vorhandenen Aluminium werden gleich Teile gesammelt, wie weggeworfen, also je 50%.
- Das gesammelte Alu wird recycelt und dann wieder als Rohstoff eingesetzt.
- Je mehr Alu im Umlauf ist, desto mehr wird gesammelt, recycelt und beseitigt (weggeworfen).
- Es wird gleich viel Alu gesammelt, wie beseitigt (je 50%): $k_s = k_r = 0.1$.
- Die durchschnittliche Halbwertszeit von Aluminium im Umlauf ist $\ln(2)/(k_s+k_r) = 3.5$ Monate.
- Die Frage ist nun: Wie gross ist der Anteil des recycelten Alu vom neu zugeführten Alu?

¹ Bundesamt für Umwelt BAFU, Verwertung: Alu,

<http://www.bafu.admin.ch/abfall/01495/01498/01499/index.html?lang=de>, 2008-09-28

² Igora-Genossenschaft für Alu-Recycling, Getränkedosen aus Aluminium, Verkaufsmengen und Recyclingquoten <http://www.igora.ch/quoten-d.pdf>, 2008-09-28

³ Heinrich Dieter, Hergt Manfred, dtv-Atlas zur Ökologie, Deutscher Taschenbuchverlag GmbH, München, 1990, 247

3 Simulationsdiagramm

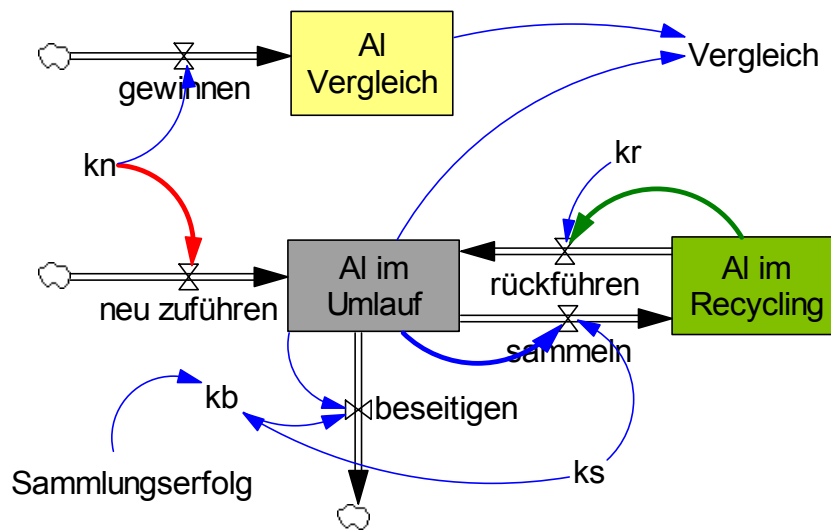


Abbildung 1: Vereinfachtes Simulationsdiagramm für das Recycling von Aluminium

Erläuterungen:

1. Al-Vergleich: das ist die Summe alles neu zugeführten Aluminiums. Dieser Wert wird als Referenz genommen.
2. Vergleich = $\text{Al im Umlauf} / \text{Al Vergleich}$; Welcher Anteil von Aluminium im Vergleich zum neu zugeführten ist im Umlauf? Das wird als Recyclingquote bezeichnet.
3. kn : Zufuhr von neuem Alu pro Zeit.
4. Alu im Umlauf: Das ist das verfügbare Alu als Rohmaterial.
5. Al im Recycling: Das ist das Alu im Recycling-Prozess, welches als Rohstoff nicht verfügbar ist.
6. kb : Geschwindigkeitskonstante für die Alu-Beseitigung.
7. ks : Geschwindigkeitskonstante für die Alu-Sammlung zum Recycling.
8. kr : Geschwindigkeitskonstante für die Alu-Rückführung aus dem Recycling.
9. Sammelquote: Je grösser dieser Wert, desto mehr Alu wird gesammelt.

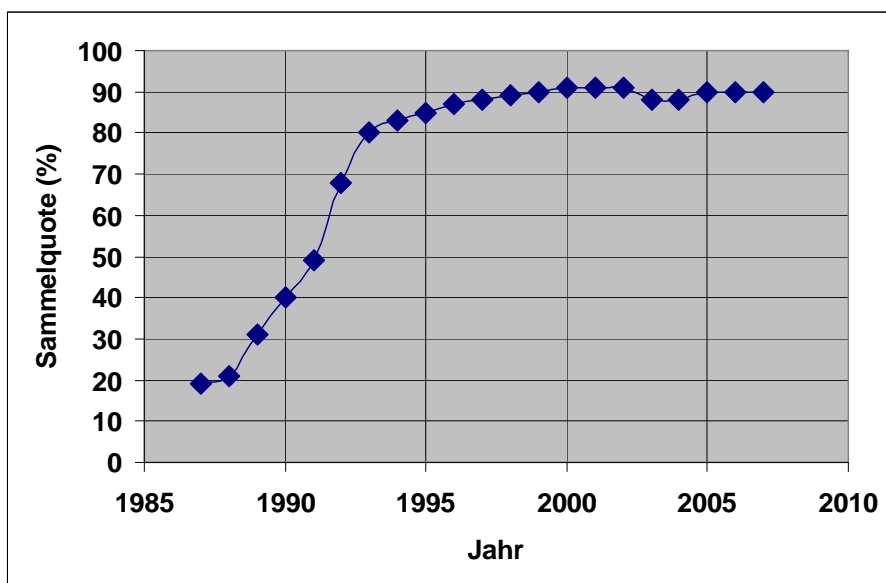
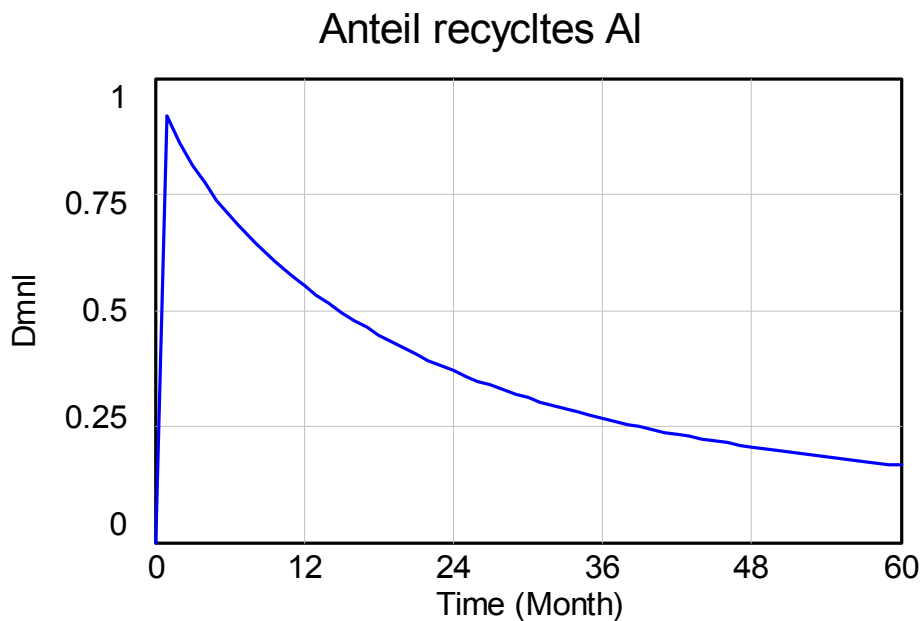


Abbildung 2: Entwicklung der Sammelquote von Alu-Getränkedosen in der Schweiz⁴

⁴ Igora, Resultate, <http://www.igora.ch/index/igora/igo-resultate.htm>, 2008-09-30

4 Zeitdiagramm



Vergleich : Current _____

Abbildung 3: Zeitdiagramm, wenn gleich viel Alu gesammelt, wie weggeworfen wird. Die Ordinate zeigt den Anteil vom Rohstoff Alu im Verhältnis zum total neu zugeführten Alu. Der Wert unter 0.25 nach 2 Jahren zeigt, dass nicht einmal 25% des **neuen** Alu recycelt worden sind!

5 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (01) Al im Recycling= INTEG (sammeln-rückführen, 0)
Units: t [0,?]
- (02) Al im Umlauf= INTEG (neu zuführen+rückführen-beseitigen-sammeln, 0)
Units: t [0,?]
- (03) Al Vergleich= INTEG (gewinnen, 0)
Units: t [0,?]
- (04) beseitigen= kb*Al im Umlauf
Units: t/Month [0,?]
- (05) FINAL TIME = 60
Units: Month
The final time for the simulation.
- (06) gewinnen= kn
Units: t/Month [0,?]
- (07) INITIAL TIME = 0
Units: Month
The initial time for the simulation.
- (08) kb= ks/Sammelquote
Units: 1/Month [0,?]
Es wird gleich viel Al beseitigt, wie gesammelt (50% Recycling)
- (09) kn= 1
Units: t/Month [0,?]
- (10) kr= 1
Units: 1/Month [0,?]
Der Recyclingprozess, Rückführung, ist rasch im Vergleich zur
Nutzanwendung und Sammlung
- (11) ks= 0.1
Units: 1/Month [0,?,0.1]

- Al in Produkten wird entsorgt und dann gesammelt
- (12) neu zuführen= kn
Units: t/Month [0,?]
- (13) rückführen= $kr \cdot Al$ im Recycling
Units: t/Month [0,?]
- (14) sammeln= $ks \cdot Al$ im Umlauf
Units: t/Month [0,?]
- (15) Sammelquote= 1
Units: Dmnl [0,10,1]
1 heisst 50% wird gesammelt, jeder Wert grösser 1 ist mehr. 2 heisst, es wird 2 mal mehr gesammelt als weggeworfen -> 66.6%, 3 heisst 75%, 4 heisst 80%, 5 heisst 84%, 6 heisst 86%, 9 heisst 90%
- (16) SAVEPER = TIME STEP
Units: Month [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (17) TIME STEP = 1
Units: Month [0,?]
The time step for the simulation.
- 18) Vergleich= IF THEN ELSE(Al im Umlauf > 0, Al im Umlauf / Al Vergleich, 0)
Units: Dmnl [0,?]
50% sammeln heisst nicht 50% Recycling

6 Folgerungen

Ganz einfach ausgedrückt:

Weil beim Recycling auch schon recyceltes Alu als neues Alu mitgerechnet wird, ist bei einer 50%igen Alu-Sammlung die Recyclingquote nicht 50%.

Wie wird diese Recyclingquote beeinflusst?

Wie immer man diese Simulation durchführt, so bleiben doch nur zwei Parameter entscheidend:

1. Je grösser der **Sammelquote**, desto grösser ist die Recyclingquote. Diese Feststellung ist trivial.
2. Je rascher der **Umlauf** ist, desto schlechter ist die Recyclingquote. Das heisst, dass Alu für Wegwerfartikel (Getränkedosen, Deckel etc.) mit einem raschen Umlauf zu sehr schlechten Recyclingquoten führt.

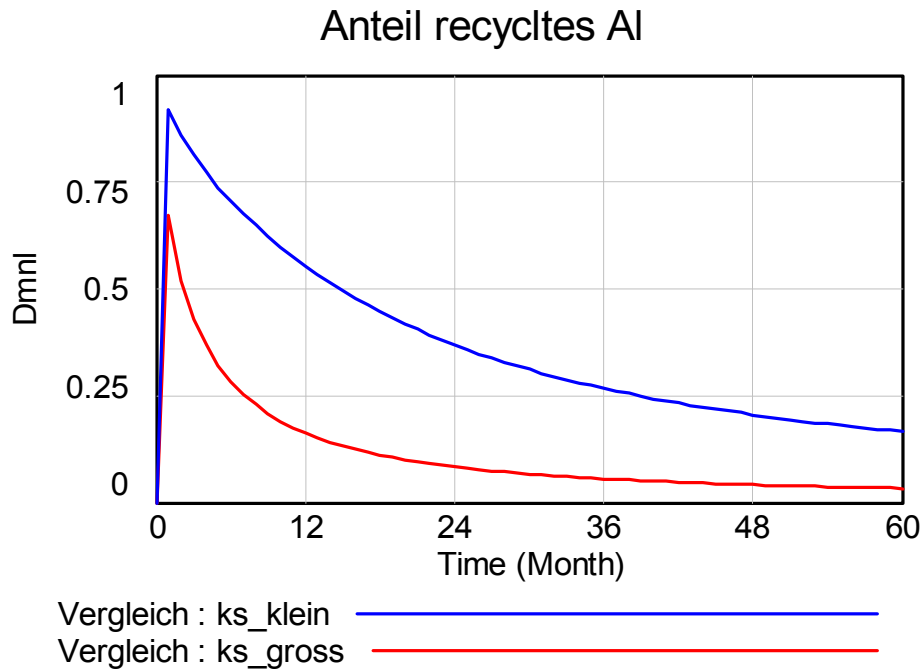


Abbildung 4: **50%** des Alu wird gesammelt. Vergleiche von unterschiedlich raschem Recycling. ks_klein heisst, dass die Recyclinggeschwindigkeit $ks=0.1$ (pro Monat) ist und entspricht einer Halbwertszeit von 6.9 Monaten, ks_gross, sie ist 0.5 (pro Monat) und entspricht einer Halbwertszeit von 1.4 Monaten. Die realen Recyclingquoten sind weit unter 0.5 was 50% entspricht.

Quintessenz:

Das Recycling ist umso erfolgreicher, je dauerhafter die Produkte aus Aluminium sind.

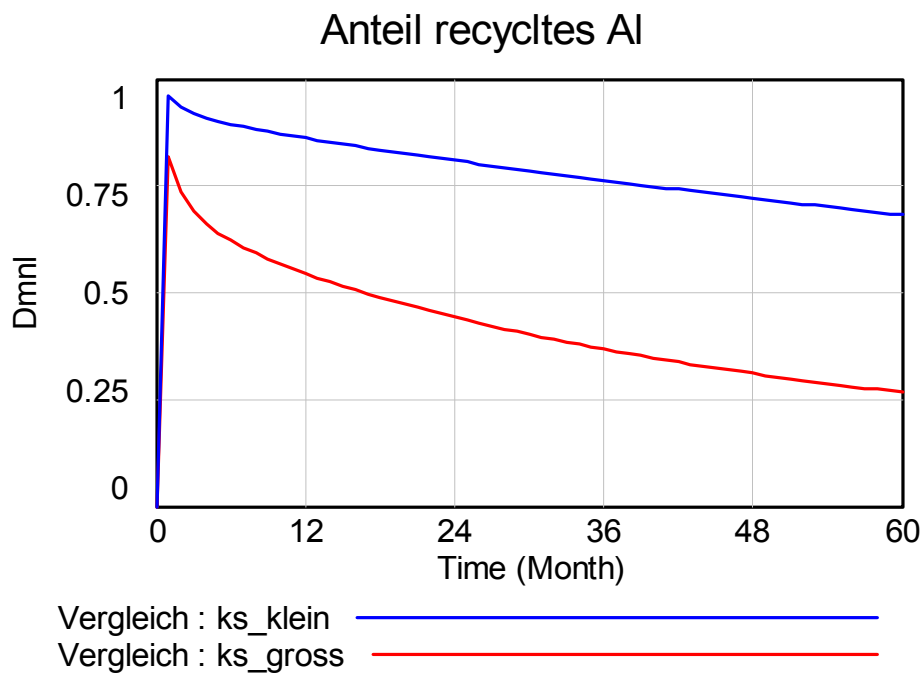


Abbildung 5: **90%** des Alu wird gesammelt. ks_klein: Halbwertszeit von 6.9 Monaten, ks_gross: Halbwertszeit von 1.4 Monaten.

7 Interpretation

Blechdosen sind, obwohl sie zu 90% recycelt werden, nicht so umweltfreundlich, wie es den Anschein macht. „Reale Recyclingquoten“ zwischen 30% und 75% entsprechen der Wirklichkeit besser.

Für Alu-Autofelgen, Alu-Pfannen oder Alufenster wäre die Situation wesentlich besser, da bei solchen Gegenständen die Gebrauchsdauer (Halbwertszeit) viel grösser oder umso viel kleiner ist.