



Quoten als Lenkungsinstrument in der Kreislaufwirtschaft

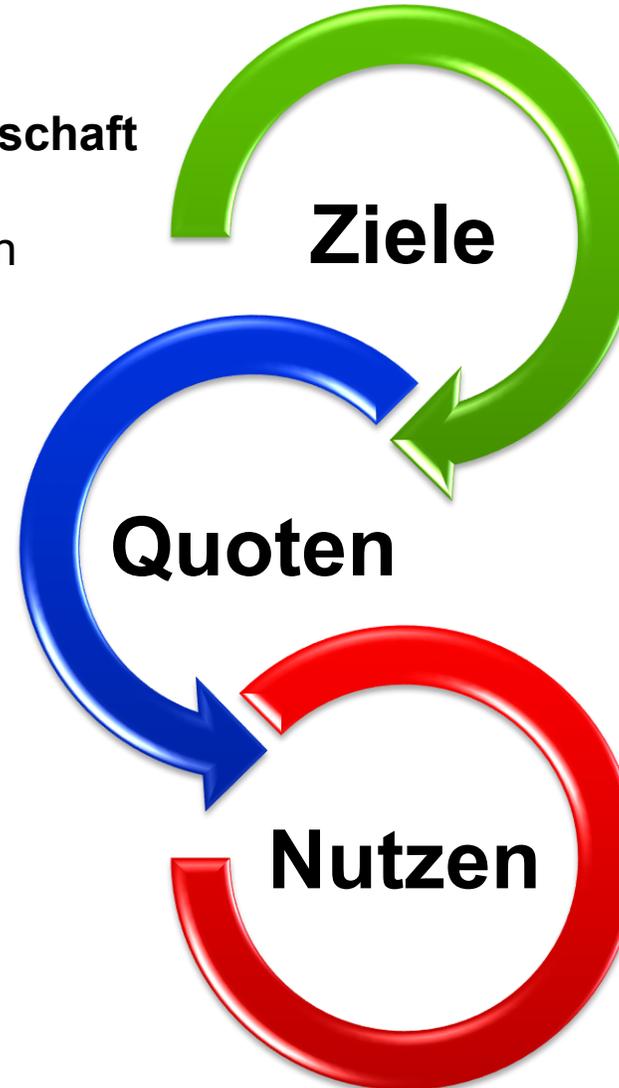
Prof. Dr. Peter Hense (Hochschule Bochum)
Akademie der Kreislaufwirtschaft

Übergeordnete Ziele der Kreislaufwirtschaft

- Schutz von Menschen und Umwelt
- Schonung der natürlichen Ressourcen
- ✓ Beitrag zum Klimaschutz (*indirekt*)

Nutzen aus der Kreislaufwirtschaft

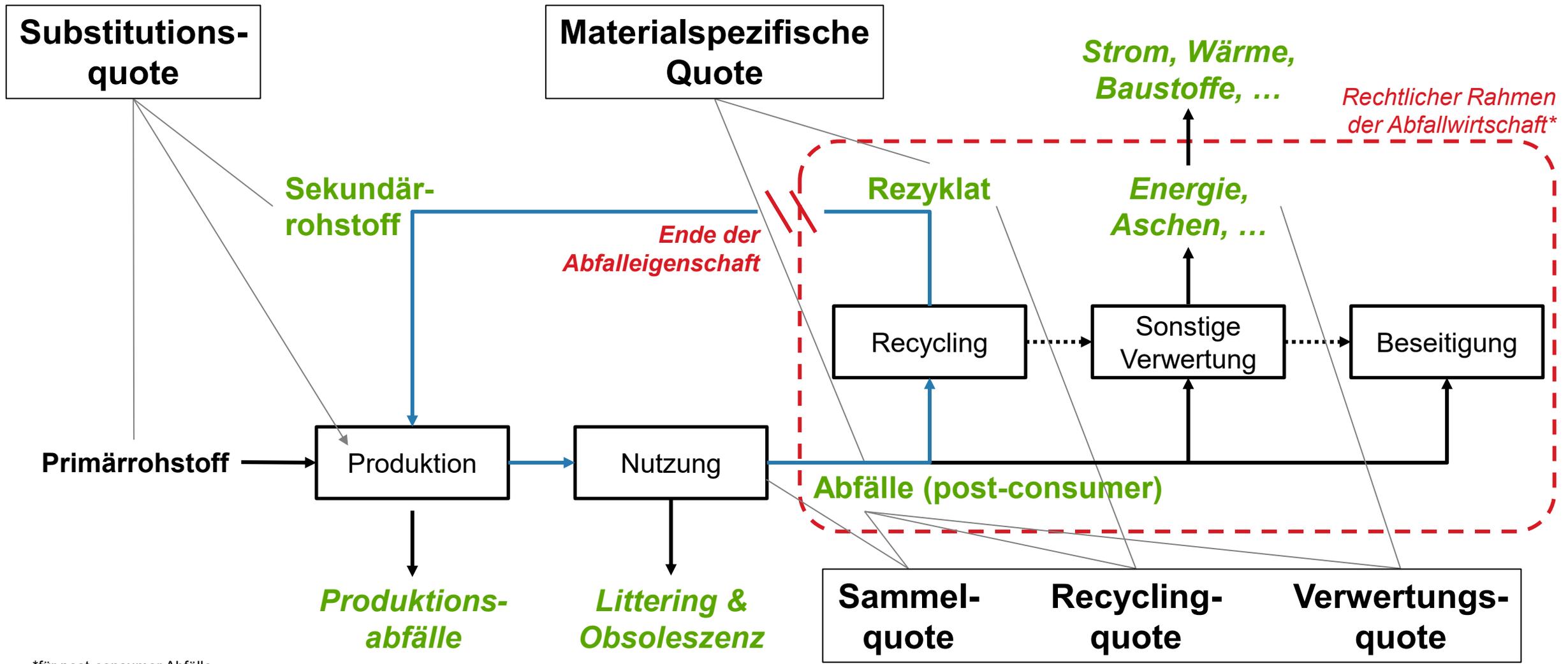
- Volkswirtschaftlicher Nutzen
- Erfüllung der übergeordneten Ziele
- ? Erwartungen erfüllt
- ? Aufwand / Nutzen



Quoten in der Kreislaufwirtschaft

- Ein Lenkungsinstrument (von vielen)
- Ziel: Abfälle zu Rohstoffen machen
- ✓ Beitrag zu den übergeordneten Zielen

Quoten in der Kreislaufwirtschaft



*für post-consumer Abfälle

Arten von Quoten (I)

• **Sammel-/ Verwertungs-/ Recyclingquoten**

- Häufigste Verwendungsart
- Quantitative Vorgaben zum (gesamten) Aufkommen eines Materialstroms
- Oft in zeitlichen Intervallen steigend
 - Bsp. Siedlungsabfälle^[2]:
Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling
 - seit 2020: 50 Gew.-%
 - seit 2025: 55 Gew.-%
 - ab 2030: 60 Gew.-%
 - ab 2035: 65 Gew.-%

$$\frac{\text{Altgeräte}_{\text{gesammelt}}}{\text{Ø Geräte}_{\text{in Verkehr gebracht}}} = \geq 65 \%$$

Sammelquote^[1]
für Elektro(nik)altgeräte seit 2019 (vereinfacht)



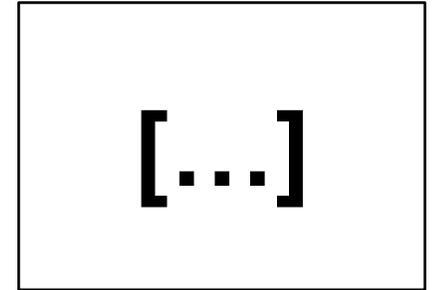
Elektro(nik)altgeräte



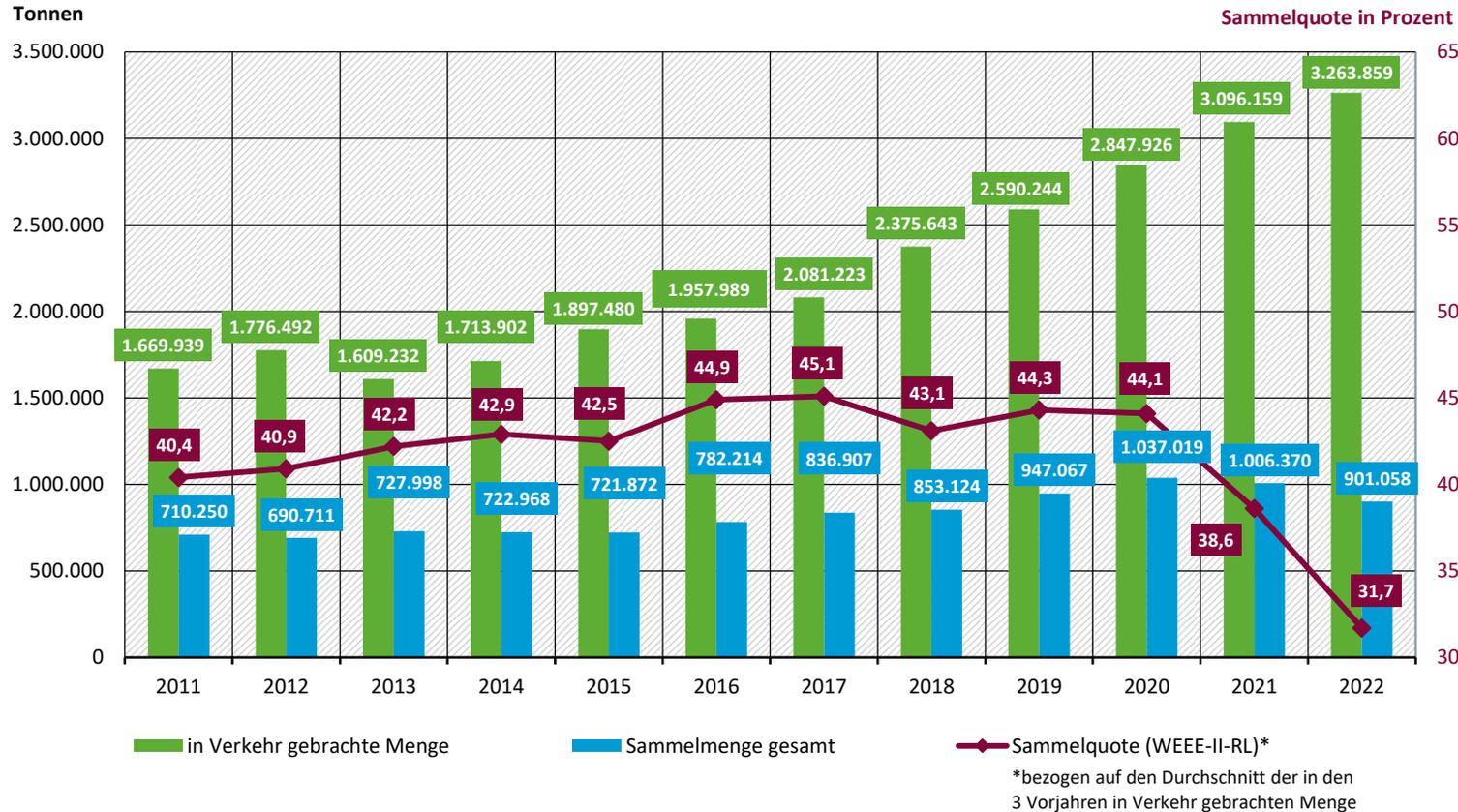
Verpackungsabfälle



Bau- und Abbruchabfälle



Beispiel: Elektro(nik)altgeräte (in D)



In Verkehr gebrachte Mengen, Sammelmengen und -quoten bei Elektro(alt)geräten in Deutschland^[3]

$$\frac{\text{Altgeräte}_{\text{gesammelt}}}{\emptyset \text{ Geräte}_{\text{in Verkehr gebracht}}} = \geq 65 \%$$

Sammelquote^[1] für Elektro(nik)altgeräte seit 2019 (vereinfacht)

$$\frac{\text{Altgeräte}_{\text{verwertet}}}{\text{Geräte}_{\text{gesammelt}}} = 75 \dots 85 \%$$

Verwertungsquote^[1] für Elektro(nik)altgeräte (vereinfacht) umfasst Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung

$$\frac{\text{Altgeräte}_{\text{recycelt \& wiederverw.}}}{\text{Geräte}_{\text{gesammelt}}} = 55 \dots 80 \%$$

Quote für Recycling und Wiederverwendung^[1] für Elektro(nik)altgeräte (vereinfacht)

Sammel-/ Verwertungs-/ Recyclingquoten

Kritik

- Verwertungs- vs. Recyclingquote ?!
 - ❌ *Teils unklare Abgrenzung*
- Rein massebezogen
 - ❌ *Recycling wichtiger Materialien oft irrelevant (z. B. CRM*)*
- Sammlung ohne Recycling | Rezyklate ohne Markt?
 - ❌ *Push-Ansatz ohne Marktintegration*
 - ❌ *„Downcycling“ / „Upcycling“ ?!*

*CRM: versorgungskritische Metalle (engl. Critical Raw Materials)



Verwertung
in der Abfallhierarchie



PV-Module



Exportierter E-Schrott



Textilien
aus Kunststoffabfällen

Arten von Quoten (II)

- **Material-/ Elementspezifische Recyclingquoten**

- Jüngste Verwendungsart
 - Derzeit nur in Batterieverordnung^[6]
- Spezifische quantitative Vorgaben zur Rückgewinnung einzelner Materialien
- Steigerung festgelegt (für Batterien)
 - ab 2027: 50 % Li | 90 % Co, Cu, Pb, Ni
 - ab 2031: 80 % Li | 95 % Co, Cu, Pb, Ni

$$\frac{Li_{recyclt}}{Li_{in LIB}} = \geq 50 \%^2$$

Elementspezifische Recyclingquote^[4]
für Lithium aus Lithium-Ionen-Batterien ab 2027



Lithium-Ionen-Batterie

Material-/ Elementspezifische Recyclingquoten

Kritik

- Schlupfloch der klassischen RC-Quote wird geschlossen
 - ✓ *F&E-Anstrengungen werden ausgelöst*
 - ✓ *Erstmaliges Recycling einzelner Materialien (z. B. CRM)*
- Ausschleusung von Schadstoffen möglich
 - 👍 *Ausschluss von Cd, Hg & Co. aus dem Kreislauf*
- Ausweitung auf Eigenschaftsrohstoffe möglich
 - 👍 *RC-Zement (hydraulische Aktivität)*
- Sammlung ohne Recycling | Rezyklate ohne Markt?
 - ✗ *„Phosphorhalden“*



„Rückgewinnung“
von Schwermetallen



Phosphorrückgewinnung
aus Klärschlamm



PV-Module



Portland-Zement

Arten von Quoten (III)

• Rezyklateinsatz-/ Substitutionsquoten

- Materialspezifische Vorgaben zum Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion
 - Eingriff in Produktionsprozesse
- Verwendung bei PET-Flaschen^[5]
 - seit 2025: mind. 25 % PET-Rezyklat
 - ab 2030: mind. 30 % PET-Rezyklat
- Verwendung bei Batterien^[4]
 - ab 08.2031: 6 % Li, 6 % Ni, 16 % Co, 85 % Pb
 - ab 08.2036: 12 % Li, 15 % Ni, 26 % Co
- Umsetzung im Critical Raw Materials Act^[6]
 - ab 2030: mind. 25 % des jährlichen CRM-Verbrauchs

$$\frac{PET_{\text{sekundär}}}{PET_{\text{gesamt}}} = \geq 25 \%^3$$

Substitutionsquote^[5]

für PET-Rezyklat in PET-Flaschen seit 2025



PET-Flaschen



Lithium-Ionen-Batterie



Strategische Rohstoffe (CRM)

Rezyklateinsatz-/ Substitutionsquoten

Kritik

- Pull-Effekt auf Rezyklate
 - ✓ 2 (selbstregulierende) Rohstoffpreise: sekundär > primär
 - ✓ Design for Recycling
 - ✓ Recyclingorientierte Geschäftsmodelle
 - ✓ F&E-Anstrengungen
 - ✓ Landfill-Mining und Re-Importe von Abfällen
- Beachtung des rechtlichen und technischen Rahmens
 - ! Einhaltung maximaler Schadstofflevel
 - ! Sicherstellung von Sekundärrohstoffen



Nachfrage nach Rezyklaten



Neue Geschäftsmodelle
Pay-per-Use, Rent vs. Buy, ...



Chemisch-analytischer Fingerprint
und Zertifizierungen



Design for Recycling



Landfill-Mining

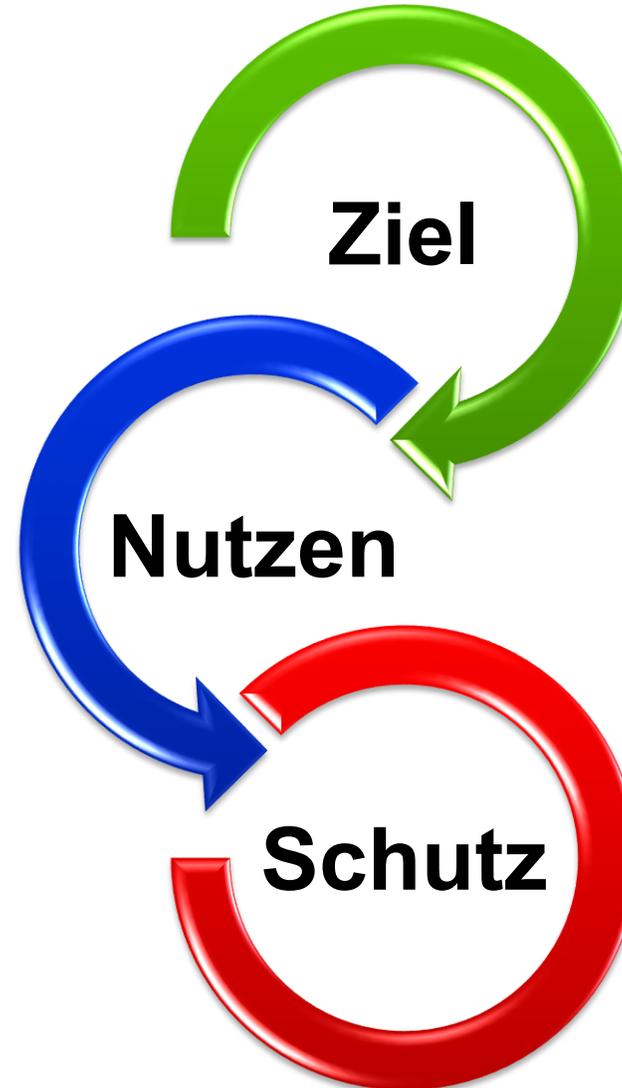
Allgemeine Kritik

Quoten können kein Ziel sein!

Sie sind eine Maßnahme (*von vielen*)
zum Erreichen von Zielen

Quoten müssen übergeordneten Zielen dienen

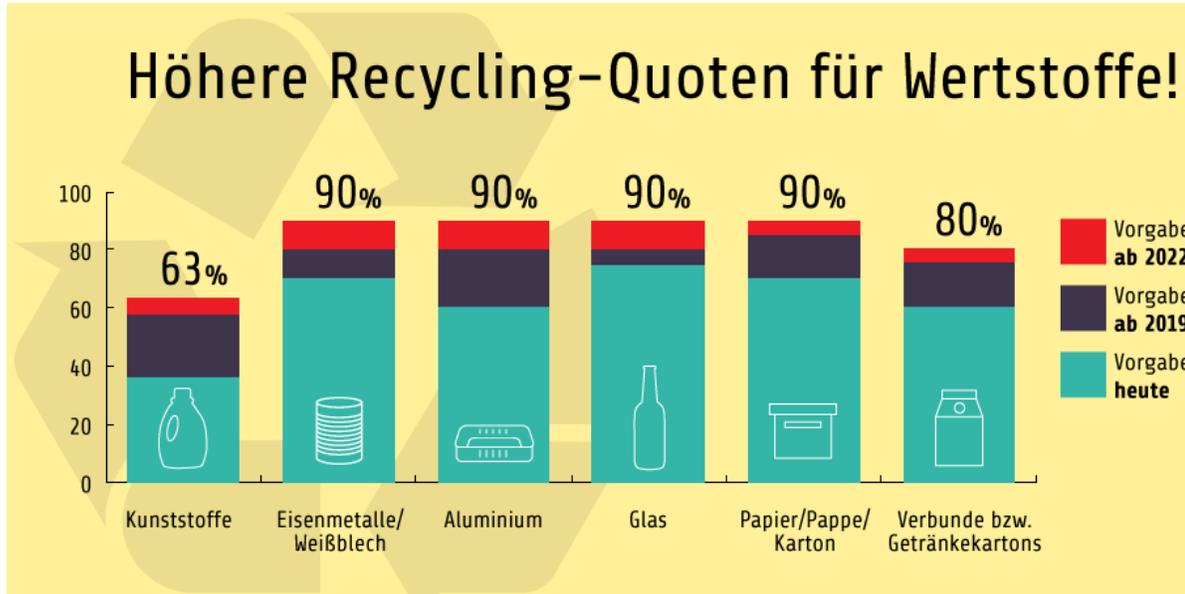
Sie dürfen keine Kreislaufführung von
Schadstoffen bedingen



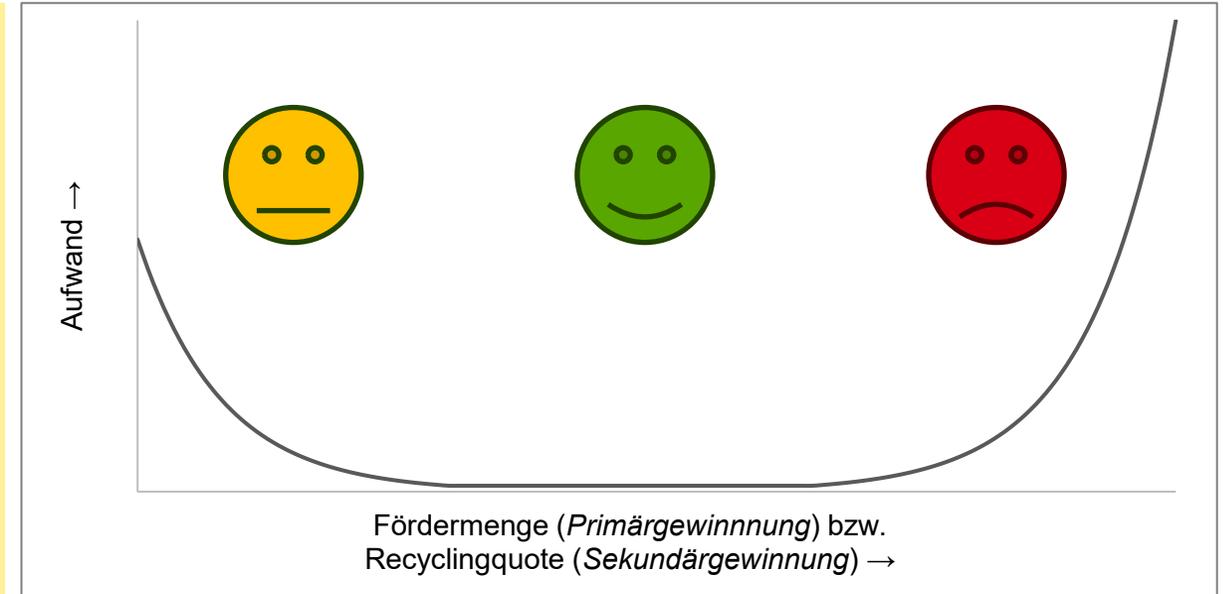
Quoten müssen erreichbar sein
Sie müssen einen volkswirtschaftlichen
Nutzen haben

Allgemeine Kritik

- *Müssen Quoten immer steigen?*



Banner des BMUV zu RC-Quoten für Verpackungen (DE)



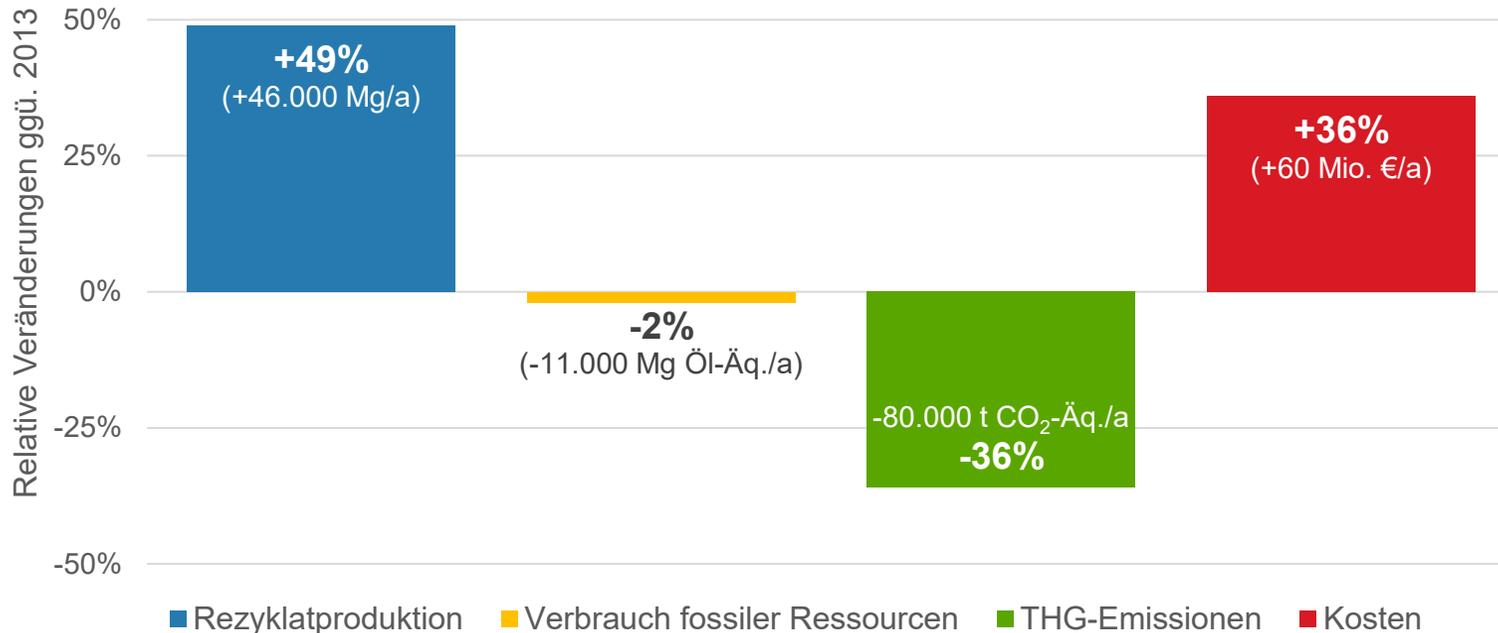
Badewannenkurve (adaptiert)^[7]

➤ **Die Effizienz (Nutzen / Aufwand) kann kippen!**

Allgemeine Kritik

- Sind Quoten gut für die (Volks-)Wirtschaft?

50 % stoffliche Verwertung von Kunststoffverpackungen
(AT) in 2025^[8]



$$\frac{60 \text{ Mio. €/a}}{80.000 \text{ Mg CO}_2/\text{a}} = 750 \frac{\text{€}}{\text{Mg CO}_2}$$

CO₂-Vermeidungskosten
spezifisch (vgl.: ca. 10x über Status Quo)^[8]

$$\frac{60 \text{ Mio. €/a}}{11.000 \text{ Mg Öl/a}} = 5.455 \frac{\text{€}}{\text{Mg Öl}}$$

$$= 693 \frac{\text{€}}{\text{Barrel Öl}}$$

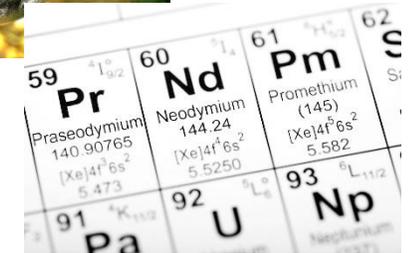
Vergleichskurs Öl-Äquivalent
spezifisch (vgl.: x13 über Status Quo)^[8]

➤ **Quoten können (zu) teuer sein!**

Der Weg zu einer »optimalen« Quote

➤ Allgemein

- Quoten müssen in gesellschaftliche und politische Zielbereiche passen
 - Schutz des Menschen und der Umwelt (inkl. Gefahrenabwehr: „Zero Pollution“)
 - Schutz der natürlichen Ressourcen (v. a. Klimaschutz)
 - Rohstoffsicherung (v. a. CRM)
- Quoten müssen zu spezifischen Abfallströmen passen
 - Art der Quote
 - Zahlenwert(e) der Quote
- Die vorgegebenen Zahlen müssen erreichbar sein
 - u. a. Grenzen der Thermodynamik beachten („Zero Waste“)



Der Weg zu einer »optimalen« Quote

1) Wahl von **Indikatoren** für die Zielerreichung

- Es können mehrere (tlw.) konkurrierende Zielsetzungen verfolgt werden (👉 LCA)



2) **Konzeptentwicklung** einer Quote

- Qualität: Auswahl der Art der Quote + Definition von Zähler & Nenner (👉 MFA)
- Quantität: Definition des Zielwertes



3) Bilanzierung / **Monitoring** der Zielerreichung

- Die „optimale“ Quote ist ein »Moving Target«



Der Weg zu einer »optimalen« Quote

1) Wahl von Indikatoren für die Zielerreichung

- Es können mehrere (tlw.) konkurrierende Zielsetzungen verfolgt werden



2) Konzeptentwicklung einer Quote

- a) Qualität: Auswahl der Art der Definition von Zähler & Nenner
- b) Quantität: Definition des Zielwertes

3) Bilanzierung / Monitoring der Zielerreichung

- Die „optimale“ Quote ist ein »Moving Target«

Festlegung von Quoten in der Kreislaufwirtschaft Empfehlungen und Hintergrund

Autorinnen und Autoren:

Prof. Dipl.-Ing. Frank Baur	HTW des Saarlandes
Prof. Dr. Peter Hense	HS Bochum
Prof. Dr. Soraya Heuss-Aßbichler	LMU München
Prof. Dr. rer. nat. techn. Marion Huber-Humer	BOKU Wien
Prof. Dr. Mario Mockler	HS Amberg-Weiden
Prof. Dr. techn. Helmut Rechberger	TU Wien
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Rettenberger	HS Trier
Prof. Mag. rer. soc. oec. Dr. Christoph Scharff	TU Wien
Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek	TU Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Daniel Vollprecht	Univ. Augsburg
Prof. Dr. Martin Wittmaier	HS Bremen

Ansprechperson:

Prof. Dr. Peter Hense
Hochschule Bochum, Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwesen
Tel.: +49 (0) 234 32 10275 E-Mail: peter.hense@hs-bochum.de

Die Akademie der Kreislaufwirtschaft

Die Akademie der Kreislaufwirtschaft versammelt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die mit Expertise aus über 40 Jahren Abfall- und Kreislaufwirtschaft aktuelle Themenfelder unabhängig und wissenschaftsbasiert diskutieren. Sie analysiert zugrundeliegende Fakten und Daten und erarbeitet darauf aufbauend Empfehlungen für eine resiliente und leistungsfähige Abfall- und Kreislaufwirtschaft. Die Akademie gibt Empfehlungen zu relevanten Forschungsthemen und -programmen ab und macht auf Bereiche aufmerksam, die derzeit (noch) wenig Beachtung finden. Mensch, Klima, Umwelt und Ressourcen stehen dabei im Kontext abfallwirtschaftlicher / -rechtlicher Rahmenbedingungen und aktueller technologischer Lösungsansätze.

Die Akademie steht mit ihrer Arbeit und ihren Empfehlungen für die Wissenschaft und wendet sich damit an diejenigen, die in ihren Arbeiten und bei ihren Entscheidungen auf wissenschaftliche Erkenntnisse setzen wollen. Sie denkt hierbei insbesondere an den Gesetzgeber und dessen nachgeordnete Einrichtungen und adressiert politische Vertreter*innen sowie die Fachöffentlichkeit.

Beauftragter der Akademie bei der DGAW:

Prof. Dr. Gerhard Rettenberger,
Reichenspergerstraße 55, 54296 Trier
Tel.: +49 (0) 178 2675930 E-Mail: rettenberger@ruk-online.de

Empfehlungen der Akademie der Kreislaufwirtschaft – 27.03.2024

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr. Peter Hense

Leiter Urban Mining Institut
Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwesen

Am Hochschulcampus 1
44801 Bochum

T: +49 234 32 10 275

M: +49 174 1906740

peter.hense@hs-bochum.de

[Website](#) | [ORCID](#) | [ResearchGate](#) | [LinkedIn](#)

