

# Kunststoffrecycling lohnt sich nicht

Rainer Bunge

1.	Massenflüsse von Kunststoffen.....	245
1.1.	Massenflüsse global.....	246
1.2.	Kunststoffe in der Schweiz.....	248
2.	Kunststoffe: Umweltnutzen und Umweltschaden.....	249
3.	Kosten und Nutzen: der Ökoeffizienzindikator SEBI .....	251
3.1.	Grundlagen des SEBI.....	251
3.2.	Ermittlung des SEBI für das Kunststoffrecycling.....	253
3.3.	Vergleich der Ökoeffizienz des Kunststoffrecyclings mit anderen bereits in der Schweiz eingeführten Umweltmaßnahmen .....	255
4.	Wirkungspotenzial: Ökoeffektivität.....	256
5.	Fazit.....	256
6.	Literatur.....	257

In der Schweiz werden Kunststoffabfälle überwiegend in MVA thermisch verwertet und nicht stofflich recycelt. In den letzten Jahren sind die Umweltbehörden daher zunehmend unter politischen Handlungsdruck gekommen. Im Auftrag des Bundes, mehrerer Kantone und Umweltverbände, wurde eine Studie angelegt, um den ökologischen Nutzen und die damit verbundenen Kosten des Kunststoffrecyclings zu untersuchen. Diese Studie kommt zum Schluss, dass die Sammlung von gemischten Kunststoffabfällen zwar einen marginalen ökologischen Nutzen stiftet, dies aber bei untragbar hohen Kosten. Das Kunststoffrecycling ist aber nicht nur ineffizient, es ist auch wenig effektiv. Der Umweltnutzen würde pro Einwohner und Jahr, etwa der Einsparung einer Autofahrt von 30 Kilometern oder dem Verzicht auf ein Grillsteak oder dem Erwerb von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten im Gegenwert von 1 EUR (Basis 60 EUR/t CO<sub>2</sub>) entsprechen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse hat das Schweizer Bundesamt für Umwelt eine gesetzlich verankerte Durchsetzung der Kunststoffsammlung abgelehnt.

## 1. Massenflüsse von Kunststoffen

Die Massenflüsse von Kunststoffen durch die Anthroposphäre und die Umwelt sind sehr komplex und zum Teil noch gar nicht quantitativ erfasst. In diesem Abschnitt wird versucht eine grobe Übersicht zu schaffen, insbesondere im Zusammenhang mit dem Kunststoffrecycling.

## 1.1. Massenflüsse global

In Bild 1 sind die globalen Kunststoffflüsse skizziert. Die grünen und roten Pfeile symbolisieren die Massen- und Energieströme. Grüne Pfeile symbolisieren die Ströme in einem geordneten Entsorgungssystem; rote Pfeile entsprechen denen die im Zusammenhang mit einer ungeordneten Abfallwirtschaft stehen respektive denen, die in der Umwelt enden. Unterschieden wurden drei Abfallkategorien, nämlich Produktionsabfälle, Produktabfälle (z.B. Trinkhalme, Kinderspielzeug, Tupperware...) und Verpackungsabfälle.

In Ländern mit geordneter Abfallwirtschaft gelangt praktisch der gesamte Anteil an Kunststoffabfällen in das Entsorgungssystem und wird überwiegend umweltgerecht entsorgt. Allerdings gibt es drei *Lecks* durch welche die Kunststoffabfälle dennoch in die Umwelt gelangen können, nämlich:

1. Littering (illegale Abgabe von Abfällen in die Natur durch den Konsumenten),
2. Abrieb (z.B. Reifen, Schuhsohlen, Kosmetika, Textilien...),
3. Export von Separatsammelfractionen (z.B. minderwertige Kunststoffabfälle in Schwellenländer).

Durch Littering gelangt ein insgesamt nur kleiner, aber augenfälliger, Anteil an Kunststoffen in die Umwelt (Bild 1). Ohne Frage wird sich dieses Problem kaum durch forciertes Kunststoffrecycling lösen lassen. Konsumenten, die zu wenig einsichtig sind um ihren Abfall in den nächsten Abfalleimer zu entsorgen, würden ihr illegales Entsorgungsverhalten auch bei einem erweiterten Recyclingangebot nicht ändern. Nicht forciertes Recycling, sondern die Verhängung drakonischer Strafen könnte eine Lösung für das Litteringproblem sein.

Ein im Vergleich mit Littering wesentlich größerer Anteil an Kunststoffen gerät dissipativ, insbesondere als *Produktabrieb*, in die Umwelt (Reifen, Schuhsohlen, Kosmetika, Textilien...). Dieses Problem ist aus ökologischer Perspektive, insbesondere in Hinblick auf die Freisetzung von Mikroplastik, viel gravierender, aber längst nicht so offenkundig, wie das Littering. Und auch dieses Problem wird durch Kunststoffrecycling nicht gelöst, sondern allenfalls durch produktseitige Maßnahmen oder End of Pipe Lösungen.

Ein drittes *Leck* von Kunststoffen in die Umwelt entsteht durch den *Export von Kunststoff-Sammelfractionen* von Ländern mit einer geordneten Abfallwirtschaft in Länder mit einer ungeordneten Abfallwirtschaft. Ein substanzieller Anteil dieser Massenströme endet im Meer (*Plastikinseln*). Zur Orientierung: 2016 haben die Staaten der EU 46 % der zwecks *Recycling* separat gesammelten Kunststoffe nach Fernost verbracht, 87 % davon nach China [5]. Bis Ende 2017 war dies vor allem China, heute sind es in zunehmendem Masse Malaysia, Vietnam, Indonesien und andere Länder – vor allem in Südostasien. Auch dieses Problem lässt sich schon prinzipiell nicht durch ein noch weiter forciertes Kunststoffrecycling lösen.

**Anmerkung:** Der Aktionsplan der EU (100 % recycelbare Kunststoffe in 2030) löst also zumindest in Ländern mit geordneter Abfallwirtschaft kein Problem mit dem Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt. Ganz im Gegenteil: Da das Kunststoffrecycling eine wichtige Ursache für den Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt darstellt, würde die völlige Aufgabe der Kunststoffsammlung dieses Problem nachhaltig eliminieren [4].

Aber auch in den Schwellenländern würde durch das Kunststoffrecycling kein unmittelbares Umweltproblem gelöst, solange es keine Entsorgungsmöglichkeiten für die nicht verwertbaren Restfraktionen gibt. Dort wo keine geordnete Abfallwirtschaft durchsetzbar ist, ist die Idee von Kunststoffrecycling als Strategie zur Vermeidung von Umweltproblemen eine gefährliche Illusion, die den Blick auf nicht perfekte, dafür aber realistische, Lösungen verhindert (Einführung geordneter Deponien).

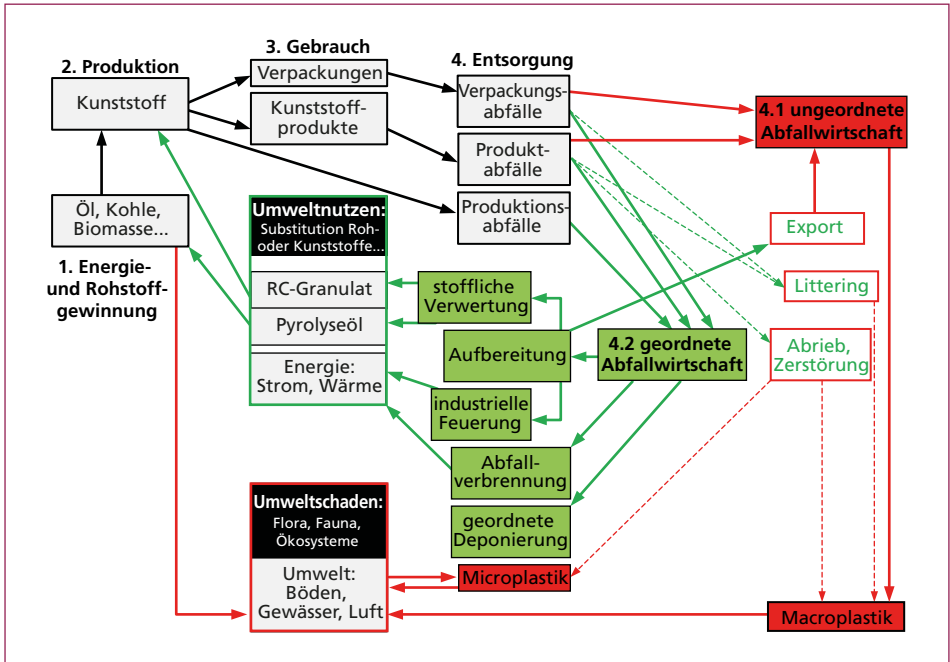


Bild 1: Schematische Darstellung der Massenflüsse von Kunststoffen. In einer geordneten Abfallwirtschaft ist der Pfad zwischen dem Kunststoffabfall und der Umwelt weitestgehend unterbrochen.

In Bild 2 ist das Schema vereinfacht erstens für Verpackungsabfälle und zweitens für Länder deren Abfallentsorgung auf Recycling und Abfallverbrennung beruht (also ohne Deponierung unbehandelter Abfälle). Hier reduziert sich der potenzielle Umweltnutzen des Recyclings (versus dem Referenzszenario MVA) im Wesentlichen auf das Fine-Tuning der Entsorgung respektive der ökologischen Optimierung der Rohstoffversorgung.

Relevant zur ökologischen Beurteilung des Kunststoffrecyclings gegenüber der thermischen Verwertung in MVA sind die Umweltauswirkungen der folgenden Massen- und Energieströme (Bild 2):

- (48) Netto-Umweltnutzen der Verbrennung von 1 Tonne Verpackungsabfall in einer MVA (Gewinnung Energie und Metalle)
- (49) Netto-Umweltnutzen des Recyclings der in Westeuropa stofflich verwertbaren Anteile aus 1 Tonne Verpackungsabfall (Substitution von Primärkunststoff durch RC-Granulat)

- (42) Netto-Umweltschaden durch den Export der in Westeuropa stofflich nicht verwertbaren Anteile von minderwertigen Fraktionen aus 1 Tonne Verpackungsabfall zum *Recycling* in Schwellenländern (Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt via Schwellenländer)
- (47) Netto-Umweltnutzen der Verbrennung nicht rezyklierbarer Anteile aus 1 Tonne Verpackungsabfall in einer industriellen Feuerung, z.B. Zementwerk (Substitution Kohle)

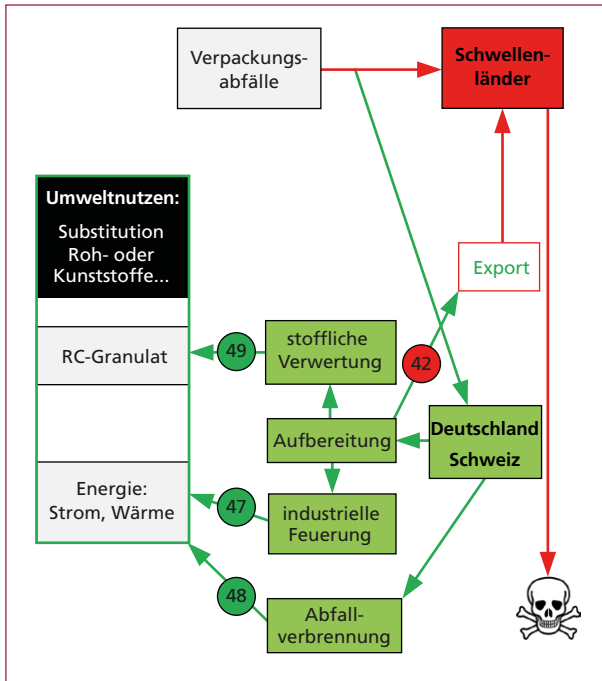


Bild 2:

Massen- und Energieströme mit Fokus auf Verpackungsabfälle. Schaden für die Umwelt entsteht vor allem durch den Export von *Recyclingfraktionen* in Schwellenländer – Stoffstrom (42).

Das Kunststoffrecycling ist ökologisch besser als die thermische Verwertung in MVA, wenn für den Umweltnutzen der Massen- und Energieströme in Bild 2 folgende Bedingung erfüllt ist:  $(47) + (49) - (42) > (48)$ . Da die in Schwellenländer exportierten Kunststofffraktionen – Massenstrom (42) – mangels geordneten Deponien unsachgemäß abgelagert werden, fällt diese Ökobilanz vermutlich negativ aus. Durch das Kunststoffrecycling entsteht also kein ökologischer Nutzen, sondern ein Schaden. Gleichwohl haben wir in den folgenden Betrachtungen angenommen, dass der Massenstrom (42) vernachlässigbar sei und alle Kunststoffe innerhalb der Eurozone sachgemäß recycelt oder verbrannt werden – was allerdings nicht der Fall ist.

## 1.2. Kunststoffe in der Schweiz

In der Schweiz werden jährlich etwa 1 Million Tonnen Kunststoffe eingesetzt. Mehr als die Hälfte wird in langlebigen Produkten verbaut, z.B. im Baubereich, für Fahrzeuge oder Elektrogeräte. Etwa 300.000 t werden für Verpackungen (Haushalte, ohne

Gewerbe und Industrie) verwendet. Dazu zählen Kunststoffe wie Hohlkörper, Schalen, Haushalt-Verpackungsfolien (210.000 t) und Verbundverpackungen (90.000 t). Ein Teil dieser Verpackungen kann separat gesammelt und stofflich verwertet werden, der übrige Teil ist zu stark verschmutzt oder die Zielfraktion, der Kunststoff, ist als Teil von Verbundstoffen so stark eingeschlossen, dass ein stoffliches Recycling nicht möglich ist.

Da die Schweiz schon frühzeitig das im Abfalleitbild verankerte *Verbrennungsgebot* umgesetzt hat, wurde die stoffliche Nutzung von Kunststoffabfällen aus Haushalten, also das Kunststoffrecycling, hier nicht – wie in anderen Ländern – stark forciert. Ausgenommen davon waren über eine lange Zeit allein PET-Getränkeflaschen, welche mittlerweile in erheblichen Mengen (Verwertungsquote > 80 %) und relativ sortenrein gesammelt und weitgehend zu hochwertigen Produkten verwertet werden.

Heute werden in der Schweiz jährlich etwa 68.000 t Kunststoffabfälle aus Haushalten separat gesammelt. Davon entfallen etwa 50.000 t auf die PET-Flaschen Sammlung – gesammelte Menge, vor Sortierung und Aufbereitung. Die verbleibenden 18.000 t setzen sich aus übrigen Kunststoffabfällen aus Haushalten zusammen, die überwiegend durch Recyclingsysteme erfasst werden, die durch den Detailhandel freiwillig eingerichtet wurden.

## 2. Kunststoffe: Umweltnutzen und Umweltschaden

Das Thema Kunststoffabfälle bewegt den Konsumenten, denn er ist mehrmals täglich mit der Entsorgung von Kunststoffverpackungen konfrontiert. Und was den Konsumenten bewegt, bewegt auch die Politik und die Medien. So hat die Frage des Umgangs mit Kunststoffabfällen, insbesondere Verpackungen eine Eigendynamik angenommen, die sich teilweise von rationalen Erwägungen abgelöst hat.

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich vorwiegend auf Kunststoffverpackungen, denn diese machen den größten Teil der durch den Konsumenten potenziell rezyklierbaren Kunststoffe aus.

Kunststoffe sind, im Vergleich zu den Alternativen, wie Glas, Pflanzenfasern oder Metall, in verschiedenster Weise nützlich, z.B.:

- Technische Vorteile: bruchfest, korrosionsbeständig, gut formbar, leicht bearbeitbar...
- Convenience und Marketing: billige Wegwerfartikel, gefällige Präsentation verpackter Produkte,
- Ökologische Vorteile: geringer ökologischer Aufwand bei der Produktion, hervorragender Schutz verpackter Produkte, geringes Transportgewicht... .

Der ökologische Nutzen entsteht unter anderem dadurch, dass Kunststoffe leicht sind. Kunststoffverpackungen sparen dadurch Energie beim Transport der verpackten Produkte – im Vergleich z.B. zum viel schwereren Glas. Der wichtigste ökologische Vorteil von Kunststoffverpackungen liegt im Schutz des Produkts vor Beschädigung oder Zerstörung. So erhöhen Kunststoff-Kompositverpackungen die Haltbarkeit von

Esswaren, z.B. Fleisch oder Käse, markant (Vermeidung von Foodwaste). Andererseits belasten die Herstellung von Kunststoffen, und deren Entsorgung, die Umwelt. Eine Kunststoffverpackung ist per saldo dann ökologisch sinnvoll, wenn ihr produktseitiger ökologischer Nutzen höher ist als der Umweltschaden durch ihre Herstellung (Bild 1: roter Pfeil vom Kästchen *Rohstoffversorgung* zum Kästchen *Umwelt*) und Entsorgung (rote Pfeile von den Kästchen *Makroplastik* und *Mikroplastik* in das Kästchen *Umwelt*). In Ländern wo Kunststoffabfälle durch Recycling stofflich, und durch Verbrennung thermisch genutzt werden, also der entsorgungsseitige Umweltschaden vernachlässigbar ist, ist dies in der Regel der Fall.

In Ländern mit einer auf stofflicher und thermischer Verwertung aufgebauten Abfallwirtschaft ist die Ökobilanz der Entsorgung von Kunststoffen erstaunlicherweise grundsätzlich positiv. Dies unabhängig davon, ob der Kunststoff in MVA oder industriellen Feuerungen thermisch verwertet wird, oder rezykliert wird – der Nutzen für die Umwelt durch die ökologischen Gutschriften für Materialersatz oder Energiebereitstellung ist größer als der Schaden z.B. durch Emissionen. Damit reduziert sich die Frage *Kunststoffrecycling vs. MVA* auf die Frage welches dieser beiden Systeme den größeren Nutzen für die Umwelt abwirft.

Als Faustregel der Abfallwirtschaft gilt, dass die stoffliche Verwertung von Abfällen, also das Recycling, ökologisch besser ist als ihre thermische Verwertung. Sie ist aber, zumindest bei Kunststoffen, auch deutlich teurer. Der Mengensplit zwischen der stofflichen (Recycling) und der thermischen (MVA, industrielle Feuerungen) Verwertung von Kunststoffabfällen wird damit zum Optimierungsproblem zwischen dem ökologischen Nutzen einerseits und den anfallenden Kosten andererseits.

Als weitere Faustregel mag in Ländern mit einer geordneten Abfallwirtschaft dienen, dass der durch die Herstellung, Konsum und Entsorgung eines kunststoffverpackten Produktes ausgelöste Umweltschaden zu 99 % auf das Produkt und zu 1 % auf die Verpackung entfällt. Ein Verbot von Kunststoffverpackungen wäre zumindest in Ländern mit einer geordneten Abfallwirtschaft in den meisten Fällen entweder praktisch ökologisch wirkungslos oder sogar kontraproduktiv. Anstatt engagiert darüber zu diskutieren wie man die 1 % abfallbezogenen Umweltschaden weiter minimieren könnte, wäre es wohl sachdienlicher sich über eine Reduktion der 99 % konsumseitigen Umweltschaden Gedanken zu machen.

Durch die vergleichsweise aggressivere Sammlung von Kunststoffen in Deutschland (*gelber Sack*) kamen die Schweizer Umweltbehörden in den vergangenen Jahren unter politischen Handlungsdruck, die schon vor langer Zeit gesetzlich verankerte PET-Hohlkörpersammlung und die durch den Handel auf freiwilliger Basis eingeführte Sammlung von PE-Hohlkörpern, die Verwertung von Kunststoffen durch zusätzliche gesetzliche Maßnahmen zu fördern. Vor diesem Hintergrund wurde dem Institut UMTEC der Hochschule Rapperswil und der Umweltberatungsunternehmung Carbotech durch das Bundesamt für Umwelt, sowie zahlreiche Kantone und Verbände, der Auftrag für eine Studie erteilt. Ziel der Studie (*KuRVe – Kunststoff Recycling und Verwertung*) war es eine Erweiterung der Kunststoffsammlung unter den Aspekten der Kosten/Nutzen-Effizienz und der Effektivität, also des Potenzials zur Verbesserung der Schweizer Ökobilanz, zu untersuchen.

### 3. Kosten und Nutzen: der Ökoeffizienzindikator SEBI

Bei der Diskussion um die Umsetzung von Umweltmaßnahmen, die zwar ökologisch besser als das Referenzszenario sind, aber auch teurer, verläuft die Diskussion häufig entlang den politischen Leitplanken. Die eine Seite argumentiert mit dem ökologischen Vorteil, die andere Seite hält die höheren Kosten dagegen. Um diese unbefriedigende Situation aufzulösen, hatte das Bundesamt für Umwelt dem UMTEC 2015 den Auftrag zur Erstellung eines Indikators für die Ökoeffizienz von Umweltmaßnahmen erteilt (Projekt EconEcol). Neu einzuführende Umweltmaßnahmen sollten punkto Kosten/Nutzen-Effizienz vor dem Hintergrund bereits eingeführter Maßnahmen beurteilt werden. Der in diesem Zusammenhang entwickelte Indikator für die Kosten/Nutzen-Effizienz (SEBI – Specific Eco Benefit Indicator) diente in dem Projekt (KuRVe) dazu die Einführung des Kunststoffrecyclings zu beurteilen.

#### 3.1. Grundlagen des SEBI

Zur Quantifizierung des ökologischen Nutzens umweltrelevanter Maßnahmen dienen Methoden zur Ökobilanzierung. In der Schweiz ist die *Methode der ökologischen Knappheit* am meisten verbreitet. Hierbei werden umweltschädliche Tätigkeiten mit *Umweltbelastungspunkten* (UBP) belastet. Der Mechanismus ist etwa vergleichbar mit der ökologischen Bewertung klimarelevanter Emissionen mittels CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

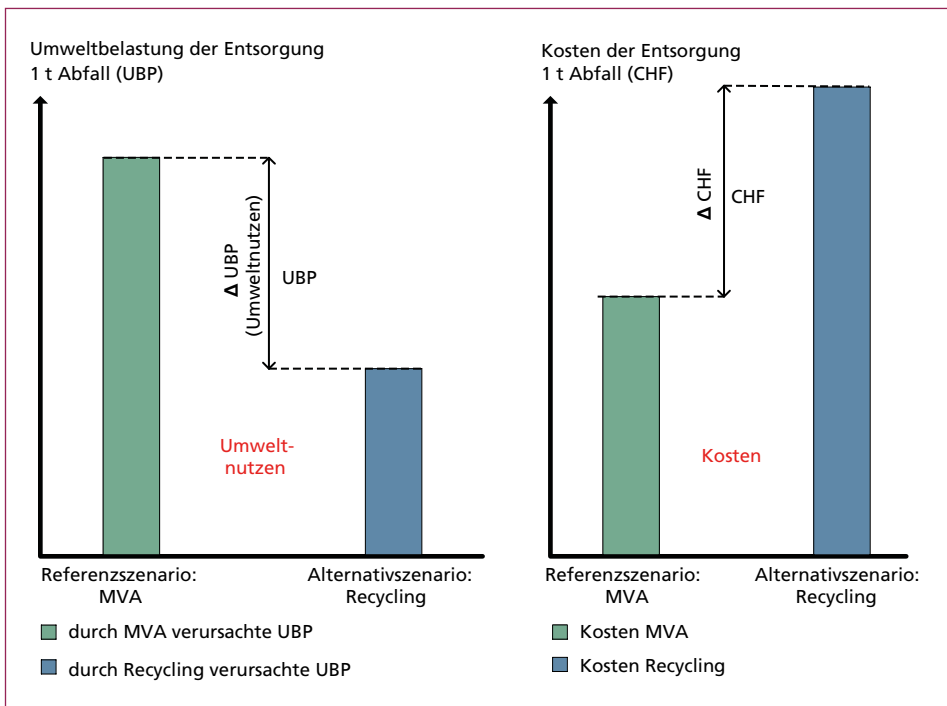


Bild 3: Grundlage zur Ermittlung der Ökoeffizienz einer Umweltmaßnahme (Recycling) gegenüber dem Referenzszenario (Verbrennung in MVA) sind der zusätzliche Umweltnutzen durch *vermeidene Umweltbelastungspunkte* und die zusätzlichen Kosten.

Der ökologische Vorteil eines Recyclingverfahrens wird als *Alternativszenario* mittels Ökobilanz mit einem *Referenzszenario* verglichen. Das Referenzszenario für das Kunststoffrecycling ist in der Schweiz die thermische Verwertung der Kunststoffe in MVA. Der ökologische Vorteil des Alternativszenarios gegenüber dem Referenzszenario wird in UBP/t gesammeltem Kunststoff ermittelt. Bei einem hochwertigen Recycling ist die Ökobilanz der Kunststoffsammlung positiv. Sie kann aber auch negativ ausfallen, z.B. dort, wo durch das Recycling von minderwertigen Kunststofffraktionen, insbesondere *mixed plastics*, erneuerbare Rohstoffe wie Holz durch Kunststoff substituiert werden. Beispiele sind Zaunpfähle, Sitzbänke und Europaletten. Werden diese aus Kunststoffen anstatt Holz gefertigt, so kann sich die Ökobilanz umkehren. Dies bedeutet, dass es ökologisch besser gewesen wäre den Kunststoff thermisch zu verwerten und dafür die entsprechenden Produkte aus Holz herzustellen.

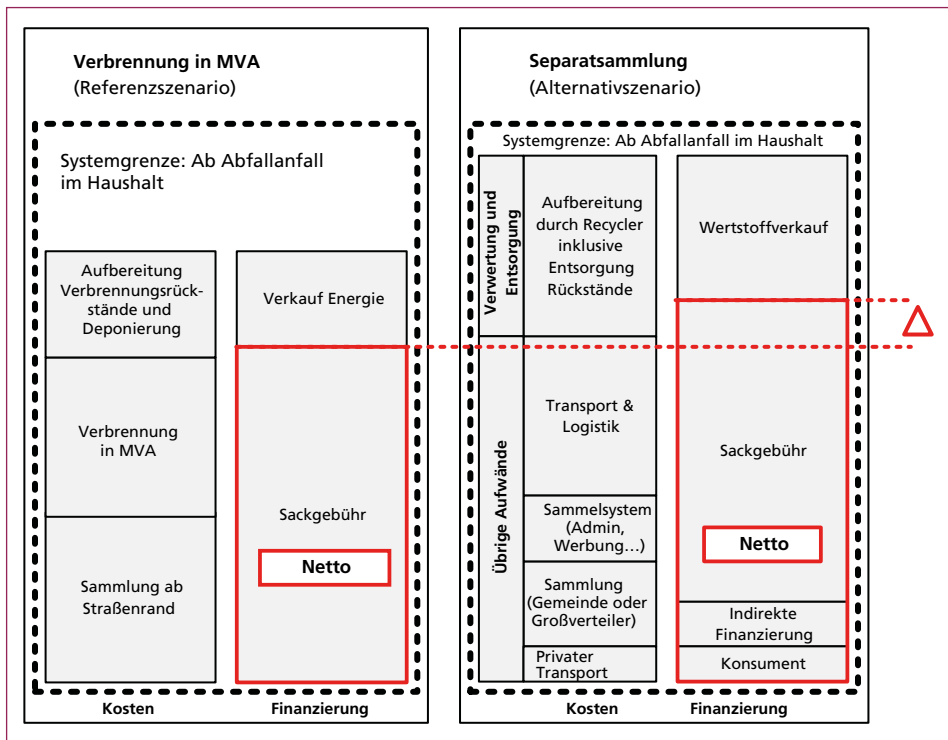


Bild 4: Schematische Darstellung der Mehrkosten von Alternativszenario Separatsammlung = Recycling (rechts) gegenüber Referenzszenario MVA (links).

$$SEBI = \frac{\text{Umweltnutzen gegenüber Referenzszenario}}{\text{Kosten gegenüber Referenzszenario}} = \frac{\text{vermiedene Umweltauswirkung}}{\text{zusätzliche Kosten}} \left[ \frac{vUBP}{CHF} \right]$$

Die Quantifizierung des Kostenunterschiedes von Referenz- und Alternativszenario erfolgt in CHF/t gesammeltem Kunststoff. Aus der Öko- und Kostenbilanz kann ein Kosten/Nutzen-Effizienzindikator abgeleitet werden, der aus dem Quotienten des



Umweltvorteils, vermiedene Umweltbelastungspunkte pro Tonne (vUBP/t), und den zusätzlich aufgewandten Kosten in CHF/t besteht. Dieser *Specific Eco Benefit Indicator* (SEBI) gibt an, wie viel ökologischen Nutzen die Recyclingmaßnahme pro zusätzlich ausgegebenem Schweizer Franken gegenüber der thermischen Verwertung in einer MVA erzielt. Die Dimension des SEBI ist also: vUBP/CHF.

### 3.2. Ermittlung des SEBI für das Kunststoffrecycling

Als Vergleichsbasis (funktionelle Einheit) diente die Verwertung / Entsorgung von einer Tonne gesammelter, kurzlebiger Kunststoffe aus dem Haushalt. Die inhaltliche Systemgrenze wurde wie folgt definiert: Ab *Übergabe ins Entsorgungssystem* (z.B. *abgeholt ab Straßenrand* oder *angeliefert an Gemeinde-Sammelcontainer*) bis *zurückgewonnener Wertstoff ab Recyclingwerk* bzw. bis *Energienutzung und Deponierung der MVA-Rostasche*. Als Referenzsystem (Vergleichsbasis) wurde die Entsorgung der Kunststoffe in einer durchschnittlichen Schweizer Müllverbrennungsanlage (MVA) betrachtet.

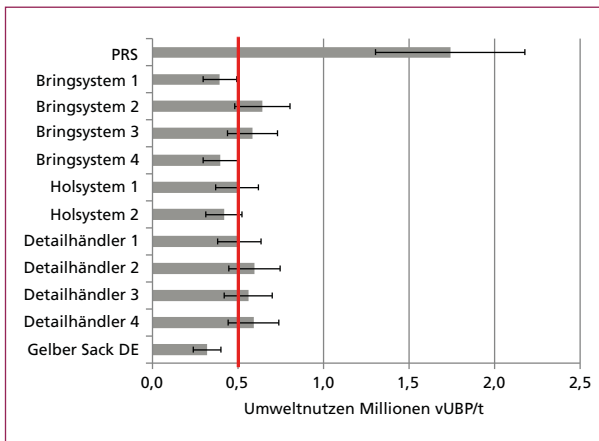


Bild 5:

Der Umweltnutzen des Kunststoffrecyclings liegt gegenüber der MV 4 bei etwa 0,5 Millionen vermiedenen UBP pro Tonne Sammelgut. Die verschiedenen untersuchten Recyclingsysteme sind anonymisiert. Zum Vergleich dient die PET-Sammlung (PRS – PET Recycling Schweiz).

Aus Bild 5 geht hervor, dass der ökologische Nutzen des Schweizer Kunststoffrecyclings gegenüber der Verbrennung bei etwa 500.000 UBP/t liegt. Deutlich darunter liegt das System *Gelber Sack*, da die Qualität der Sammelware so schlecht ist, dass nur ein kleiner Anteil tatsächlich stofflich hochwertig verwertet werden kann und das Sammelgut daher nur mit einer niedrigen ökologischen Gutschrift für die Substitution von Primärkunststoff belohnt werden kann.

Bei der Kunststoffsammlung könnte die systemorientierte Kostenbetrachtung auch um eine volkswirtschaftliche Betrachtungsweise ergänzt werden. Wird im Rahmen einer kurz- bis mittelfristigen Betrachtung der bestehende MVA-Park berücksichtigt, entzieht die separate Sammlung von Haushaltskunststoffen der lokalen MVA Abfall. Dies kann, wenn die MVA nicht ausgelastet ist, zu finanziellen Konsequenzen für den Betreiber, also in der Regel den Entsorgungs-Zweckverband, beziehungsweise in letzter Konsequenz für die Bevölkerung, führen (Tariferhöhung). Diese kurzfristigen volkswirtschaftlichen Kosten wurden in den nachfolgenden Resultaten nicht berücksichtigt.

Es wurde auch nicht berücksichtigt, dass mit der Separatsammlung von Kunststoffen der Siedlungsabfall abgereichert wird und dass diese leichten aber voluminösen Kunststoffe den nach Volumen abgerechneten Kehrichtsack finanziell *subventionieren*. Eine verstärkte Separatsammlung von Kunststoffen kann folglich dazu führen, dass der Abfallsack teurer wird, damit die Kosten der Abfallsammlung und Entsorgung getragen werden können. Berechnungen haben gezeigt, dass diese *verdeckten* volkswirtschaftlichen Zusatzkosten etwa 500 CHF/t separat gesammeltem Kunststoff betragen würden (Schweizer Durchschnitt).

Ebenfalls nicht berücksichtigt wurde der Umweltschaden durch den in Bild 2 dargestellten Massenstrom (42), der über den Export von Kunststoff-Sammelfractionen in Schwellenländer verläuft, denn hierzu gibt es keine belastbaren Daten. Würde dieser Massenstrom einbezogen, würde vermutlich der ökologische Vorteil des Kunststoffrecyclings gegenüber der thermischen Verwertung in MVA so stark abnehmen, dass sich die Ökobilanz umkehrt, also die MVA ökologisch besser wird als das Recycling.

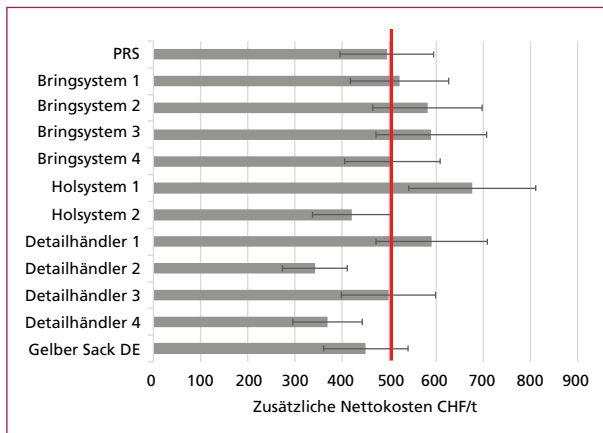


Bild 6:

Die gegenüber der thermischen Verwertung in MVA zusätzlichen Kosten des Kunststoffrecyclings liegen bei etwa 500 CHF/t.

Die zusätzlichen Kosten des Kunststoffrecyclings gegenüber einer thermischen Verwertung liegen bei etwa 500 CHF/t (Bild 6). Aus den Daten von Bild 5 und Bild 6 ergibt sich der über alle Systeme gemittelte SEBI zu ungefähr  $500.000/500 = 1.000$  vUBP/CHF. Pro ausgegebenen CHF werden also 1.000 Umweltbelastungspunkte vermieden (Bild 7).

Interessant ist der Umstand, dass das PET-Recycling einen etwa dreimal so hohen ökologischen Ertrag ausweist wie die das Recycling der anderen Kunststoffe (vor allem PE). Der Grund hierfür ist der ökologisch wesentlich aufwändigere Herstellungsprozess von PET. Für das mittels Recycling substituierte PET ist daher die ökologische Gutsschrift etwa dreimal so hoch wie für PE und die anderen durch die Separatsammlung erfassten Kunststoffe. Da, wie in Bild 6 dargestellt, die Kosten für das PET-Recycling in etwa gleich hoch sind, wie die Kosten zum Recycling der anderen Kunststoffe, ist folglich der SEBI des PET-Recyclings etwa dreimal so hoch wie der der anderen Kunststoffrecyclingsysteme (Bild 7).

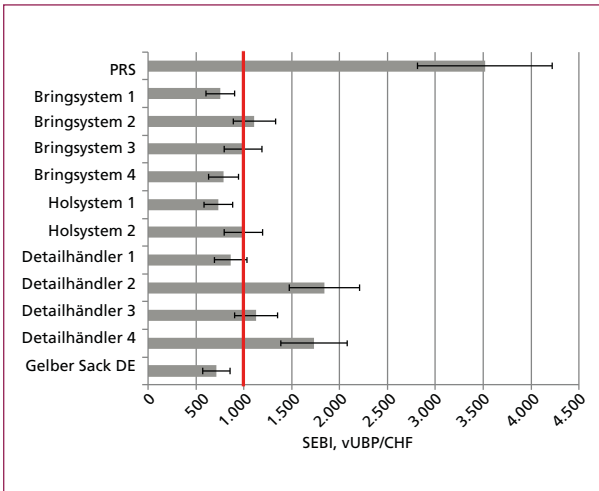


Bild 7:

Der SEBI ergibt sich durch Division der Daten aus Bild 5 und Bild 6 zu etwa 1.000 vUBP/CHF.

### 3.3. Vergleich der Ökoeffizienz des Kunststoffrecyclings mit anderen bereits in der Schweiz eingeführten Umweltmaßnahmen

Als Maßstab zur Beurteilung der Ökoeffizienz des Kunststoffrecyclings dient der Vergleich mit der Ökoeffizienz anderer, bereits in der Schweiz eingeführter Recyclingmaßnahmen. Bild 8 zeigt, dass das Kunststoffrecycling am untersten Ende des in der Schweiz etablierten Ökoeffizienzspektrums liegt und damit um einen Faktor von etwa 18 weniger effizient als z.B. das Recycling von Elektrogroßgeräten und Elektronik ist. Zur Orientierung ist der SEBI für den Erwerb eines CO<sub>2</sub>-Zertifikates für 40 CHF/t eingetragen. Auch dieser ist um etwa einen Faktor 10 höher als jener der Kunststoffsammlung.

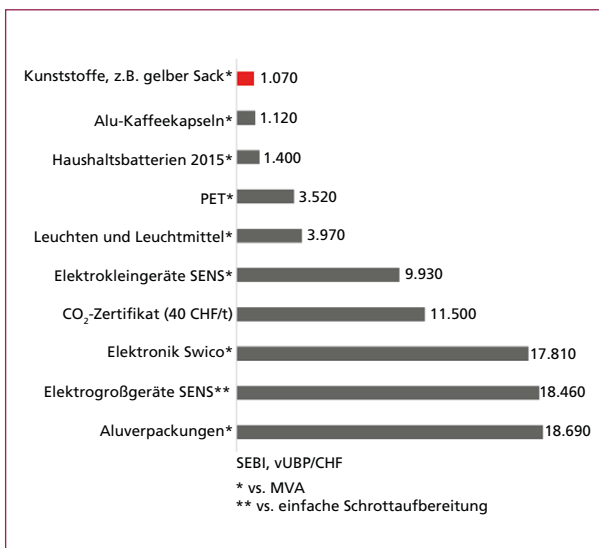


Bild 8:

Das Recycling von Kunststoffen liegt mit etwa 1.000 vUBP/CHF am ineffizienten Ende des SEBI-Spektrums. Zum Vergleich der SEBI durch den Erwerb eines CO<sub>2</sub>-Zertifikates für 40 CHF/t: 11.500 vUBP/CHF.

## 4. Wirkungspotenzial: Ökoeffektivität

Neben der Ökoeffizienz ist auch die Ökoeffektivität zu beachten. Unter Ökoeffektivität verstehen wir den relativen Beitrag einer Umweltmaßnahme zur Verbesserung der Ökobilanz eines Entsorgungssystems insgesamt. Zur Beurteilung der Fragestellung, ob das Kunststoffrecycling in der Schweiz durch entsprechende Gesetzesvorgaben gefördert werden soll, ist nicht nur die Ökoeffizienz (SEBI) entscheidend, sondern auch, dass die Maßnahme überhaupt eine – gemessen an der Gesamtheit bereits eingeführter Maßnahmen – signifikante positive ökologische Wirkung hat.

In Bild 9 sind verschiedene Recyclingmaßnahmen in der Schweiz entsprechend der Ökoeffektivität aufgelistet. Zu sehen ist, dass das Kunststoffrecycling nur einen marginalen positiven Zusatzeffekt auf die Ökobilanz der Schweizer Abfallwirtschaft haben würde. Zum Vergleich: der gleiche Umweltnutzen wie durch die Kunststoffsammlung wäre auch durch den Verzicht auf 30 km Autofahrt, oder den Verzicht auf ein einziges Grillsteak, oder den Erwerb von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten im Gegenwert von 1 EUR (Basis 60 EUR/t CO<sub>2</sub>), pro Einwohner und Jahr erzielbar. Dies gilt übrigens auch für die Glassammlung. Hier stellt sich allerdings die Frage der Kosten/Nutzen-Effizienz nicht, denn das Glasrecycling ist, im Gegensatz zur Kunststoffrecycling, nicht teurer sondern billiger als das Referenzszenario Müllverbrennung. Das Glasrecycling wäre daher auch dann sinnvoll wenn daraus überhaupt kein ökologischer Nutzen resultierte.

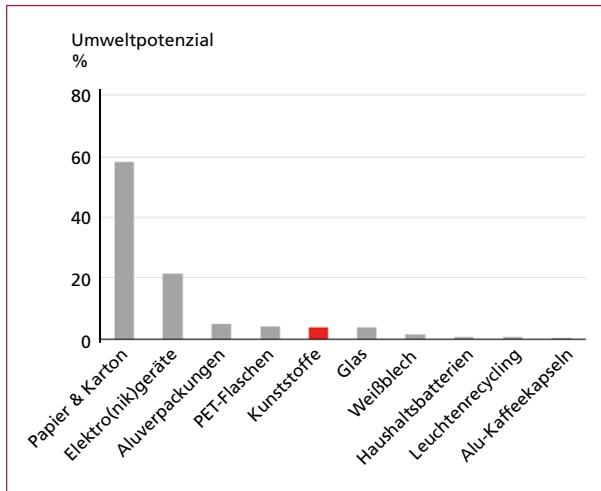


Bild 9:

Die Ökoeffektivität von Recyclingmaßnahmen in der Schweiz. Die Kunststoffsammlung bringt nur einen Zugewinn von etwa 2 % zu den bereits eingeführten Recyclingmaßnahmen.

Auch bei dieser Ökobilanz wurde der Umweltschaden durch den in Bild 2 dargestellten Massenstrom (42), der über den Export von Kunststoff-Sammelfractionen in Schwellenländer verläuft, nicht berücksichtigt.

## 5. Fazit

Nicht nur ist das Kunststoffrecycling (vs. MVA) – im Vergleich zu anderen Umweltmaßnahmen – ineffizient; es hat auch nur eine marginale ökologische Effektivität. Und auch dies nur dann, wenn keine Sammelfractionen in Schwellenländer exportiert

werden – was aber in der EU in großem Masse geschieht. Vor diesem Hintergrund haben die Umweltbehörden in der Schweiz keinen Anlass dazu gesehen die Kunststoffsammlung per Gesetz einzuführen und der politische Druck in diese Richtung hat sich weitgehend aufgelöst.

Nichts spricht allerdings, aus Sicht der Schweizer Umweltbehörden, gegen die Durchführung *freiwilliger* Kunststoffsammlungen durch ökologisch vorbildlich handelnde Konsumenten oder den Detailhandel. Verschiedene Kantone fördern solche Sammlungen mittels Informationskampagnen und Hilfe bei der Koordination respektive der Ausgabe von Konzessionen.

Das Kunststoffrecycling ist weder effizient noch effektiv. Doch warum will der Konsument trotzdem Kunststoff separat sammeln? Der Konsument glaubt, und er möchte auch daran glauben, dass das Kunststoffrecycling einen wichtigen Beitrag zur Kompensation seiner Umweltauswirkungen leistet – obwohl das nicht stimmt.

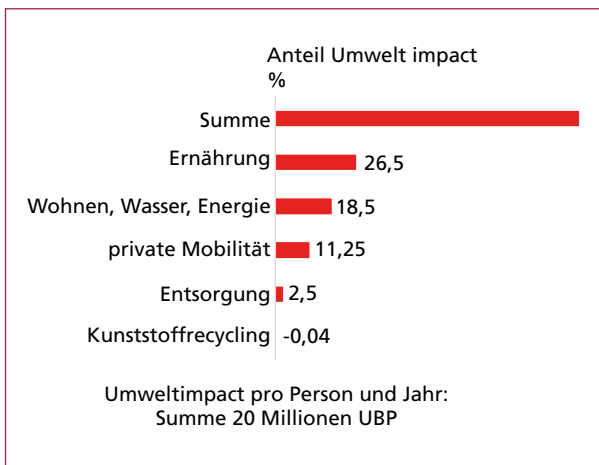


Bild 10:

56 % der durch den Durchschnittsbürger ausgelösten Umweltbelastung entfallen auf die Bereiche Ernährung + Wohnen + private Mobilität [4]. Auf die Abfallentsorgung entfallen insgesamt nur 2,5 %. Durch das Kunststoffrecycling kompensiert der Konsument nur 0,04 % seiner jährlichen Umweltauswirkungen. Dieser Umweltnutzen entspricht pro Person und Jahr 30 km Autofahren oder einem Grillsteak. Kunststoffrecycling ist also nicht nur ineffizient, sondern auch ineffektiv.

Der Konsument hat ein schlechtes ökologisches Gewissen – und dies völlig zu Recht! Ökologisch wirksam wären Verzichtmaßnahmen, z.B. Einschränkung des Fleischkonsums, weniger Autofahren, weniger Heizen (Bild 10). Hierzu ist der Konsument aber nicht bereit und er sucht nach *Kompensationsmöglichkeiten*. Dieses Bedürfnis wird befriedigt, indem ihm durch die Behörden (Motiv: politischer Druck) oder private Unternehmungen (Motiv: finanzieller Gewinn) auch ineffiziente und ineffektive Maßnahmen angeboten werden. Ein Vergleich mit dem mittelalterlichen Ablasshandel drängt sich auf.

## 6. Literatur

- [1] Bunge, R.; Dinkel, F.: Kurzbericht zur Studie KuRve *Kunststoff Recycling und Verwertung*; Mai 2017
- [2] Bunge, R.; Stäubli, A.; Pohl, T.: Kurzbericht zur Studie EconEcol *Kosten-Nutzen-Analyse von umweltbezogenen Massnahmen im Recyclingbereich*, aktualisierte Fassung August 2017

- [3] Jungbluth, N.; Stucki, M.; Leuenberger, M.: ESU-services GmbH. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt: *Gesamt-Umweltbelastung durch Konsum und Produktion der Schweiz*, BAFU 2011
- [4] Paunio, M.: Save the oceans – Stop recycling plastic. The Global Warming Policy Foundation GWPF Briefing 32, 2018
- [5] Velis, C. A.: Global recycling markets – plastic waste: A story for one player – China. Report on behalf of ISWA, Vienna, September 2014

## Ansprechpartner



**Professor Dr. Rainer Bunge**  
Hochschule Rapperswil  
Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC  
Fachstellenleiter  
Oberseestrasse 10  
8640 Rapperswil, Schweiz  
+41 55-222-4862  
rbunge@hsr.ch

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel • Olaf Holm • Elisabeth Thomé-Kozmiensky  
Daniel Goldmann • Bernd Friedrich (Hrsg.):  
**Recycling und Rohstoffe** – Band 12

ISBN 978-3-944310-46-6 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm  
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2019

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm,  
Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.

Erfassung und Layout: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Claudia Naumann-Deppe,  
Janin Burbott-Seidel, Ginette Teske, Sarah Pietsch, Roland Richter,  
Cordula Müller, Gabi Spiegel

Druck: Beltz Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.