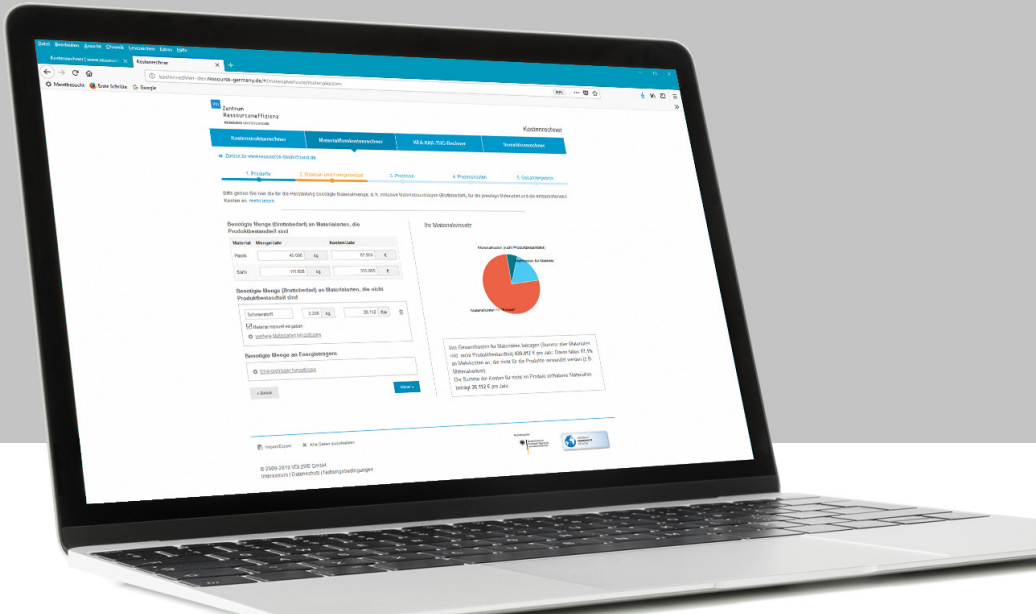


## Handbuch

## Kostenrechner Ressourceneffizienz (Web)



Kontakt/Support:

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE)

Bertolt-Brecht-Platz 3

10117 Berlin

Tel. +49 30-27 59 506-0

Fax +49 30-27 59 506-30

[zre-info@vdi.de](mailto:zre-info@vdi.de)

[www.ressource-deutschland.de](http://www.ressource-deutschland.de)

Handbuch

Kostenrechner Ressourceneffizienz  
(Web)



# INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	6
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1 EINLEITUNG	8
2 KOSTENSTRUKTURRECHNER	9
2.1 Kostenstruktur im eigenen Betrieb	9
2.2 Kostenstruktur im Branchenvergleich	11
3 MATERIALFLUSSKOSTENRECHNER	13
3.1 Benötigte Daten/Informationen	16
3.2 Betrachtungsebene und Produktzusammensetzung	16
3.3 Definition des Material- und Energieverbrauchs	19
3.4 Definition der Prozessschritte und Zuordnung von Materialströmen	21
3.5 Definition der Prozesskosten	24
3.6 Ergebnis	26
4 KEA-KRA-THG-RECHNER	31
4.1 Berechnungsgrundlage	32
4.2 Herstellungsphase	33
4.3 Nutzungsphase	34
4.4 Verwertungsphase	34
4.5 Ergebnis	35
5 INVESTITIONSRECHNER	37
5.1 Berechnung und Vergleich von Amortisationszeiten	37
5.2 Vergleich der Lebenszykluskosten von Investitionen	41
6 WEITERE FUNKTIONEN	43
6.1 Import/Export	43
6.2 Daten zurücksetzen	44
ANHANG	45

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Eingabemaske des Kostenstrukturechners	9
Abbildung 2: Branchenvergleich der Kostenstruktur	12
Abbildung 3: Systematik der Materialflusskostenrechnung	14
Abbildung 4: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der Prozessdefinition	15
Abbildung 5: Schritte zur Berechnung der Materialflusskosten	16
Abbildung 6: Wahl der Betrachtungsebene	17
Abbildung 7: Schritt 1 – Eingabe der Betrachtungsebene und Eingabe der Produktzusammensetzung	17
Abbildung 8: Schematische Darstellung zur Bündelung von Teilprozessen	18
Abbildung 9: Schematische Darstellung bei der Betrachtung mehrerer Produkte	19
Abbildung 10: Schritt 2 – Eingabe des Material- und Energiebedarfs	20
Abbildung 11: Schritt 3 – Modellierung der Mengenstellen	22
Abbildung 12: Eingabe von Materialverlust und Ausschuss	23
Abbildung 13: Schritt 4 – Eingabe der Prozesskosten	25
Abbildung 14: Schritt 5 – Ergebnisdarstellung der Prozesse	26
Abbildung 15: Material-, Energie- und Systemkosten der Zwischenprodukte	28
Abbildung 16: Kostenzusammensetzung des Produkts	28
Abbildung 17: Ergebnisdarstellung der Verlustkosten	29
Abbildung 18: Vergleichsdarstellung Materialflusskostenrechnung und konventionelle Kostenrechnung	30
Abbildung 19: Auswahl der Berechnungsgrundlage im KEA-KRA-THG-Rechner	32

---

Abbildung 20: Eingabe Herstellungsphase	33
Abbildung 21: Eingabe Nutzungsphase	34
Abbildung 22: Eingabe Verwertungsphase	35
Abbildung 23: Ergebnisdarstellung KEA-KRA-THG-Rechner	36
Abbildung 24: Vergleichsvarianten des Investitionsrechners	37
Abbildung 25: Eingabe von Kosten der bestehenden Anlage	38
Abbildung 26: Eingabe von Investitionen	39
Abbildung 27: Ergebnisdarstellung Investitionsrechner (Option: Vergleich der Amortisationszeiten)	40
Abbildung 28: Ergebnisdarstellung Investitionsrechner (Option: Vergleich der Lebenszykluskosten verschiedener Neuinvestitionen)	42
Abbildung 29: Schaltfläche für Import-/Export-Funktion	43
Abbildung 30: Schaltfläche zum Zurücksetzen der Daten	44

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Eingabefelder des Kostenstrukturerechners mit Kurzerklärung	10
Tabelle 2:	Umweltprofile – Materialien	45
Tabelle 3:	Umweltprofile – Energieträger	54



---

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

<b>GWP</b>	Global Warming Potential
<b>KEA</b>	Kumulierter Energieaufwand
<b>KRA</b>	Kumulierter Rohstoffaufwand
<b>MFKR</b>	Materialflusskostenrechnung
<b>THG</b>	Treibhausgas
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt
<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure
<b>VDI ZRE</b>	VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

## 1 EINLEITUNG

Der effiziente Umgang mit Material und Energie im Unternehmen hilft nicht nur, Kosten zu senken und damit die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern, sondern auch, natürliche Ressourcen zu schonen. Um Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz umzusetzen, sind eine detaillierte innerbetriebliche Analyse der Ressourcenverbräuche und der entsprechenden Kosten sowie die Bewertung des Ressourcenaufwands wesentliche Schritte. Die Beurteilung von Investitionen anhand der Lebenszykluskosten führt zu ressourcenschonenden und gleichzeitig wirtschaftlichen Maßnahmen.

Der Kostenrechner Ressourceneffizienz des VDI Zentrum Ressourceneffizienz bietet Anwendern in kleinen und mittleren Unternehmen eine praxisnahe Einführung in die ressourcenbezogene Kosten- und Investitionsrechnung auf Basis der Materialflusskosten- und Lebenszykluskostenrechnung. Er erleichtert den Einstieg in die Bewertung des Ressourcenaufwands auf Grundlage des kumulierten Energieaufwands (KEA), des kumulierten Rohstoffaufwands (KRA) und der Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen).

Der Kostenrechner verfügt über vier Module, die einzeln oder nacheinander ausgeführt werden können:

- (1) **Kostenstrukturechner:** zur Ermittlung der betrieblichen Kostenstruktur und zum Vergleich mit Werten des Branchendurchschnitts,
- (2) **Materialflusskostenrechner:** zur Einführung in die Materialflusskostenrechnung nach DIN EN ISO 14051 als ein Umweltkostenrechnungssystem,
- (3) **KEA-KRA-THG-Rechner:** zur Einführung in die ressourcenbezogene Bewertung der Produktion oder von Produkten über deren gesamten Lebensweg,
- (4) **Investitionsrechner:** zur Einführung in die Investitionsrechnung auf Basis der Lebenszykluskosten.

2 KOSTENSTRUKTURECHNER

2.1 Kostenstruktur im eigenen Betrieb

Mit diesem Modul kann die Kostenstruktur im eigenen Betrieb ermittelt und grafisch dargestellt werden. Es wird aufgezeigt, welche Kostenarten innerhalb des Betriebs die Kostentreiber sind und welchen Anteil Material- und Energiekosten im Unternehmen ausmachen.

Zusätzlich kann die betriebliche Kostenstruktur mit den jeweiligen Branchendurchschnittswerten verglichen werden. Anhand eines Balkendiagramms wird verdeutlicht, wie stark einzelne Bereiche der eigenen Kostenstruktur von den Branchenwerten abweichen<sup>1</sup>.

Der Aufbau dieses Moduls und die Auswahl der betrachteten Kosten orientieren sich an der Erhebung zur Kostenstruktur des Verarbeitenden Gewerbes des Statistischen Bundesamtes (vgl. Tabelle 1).

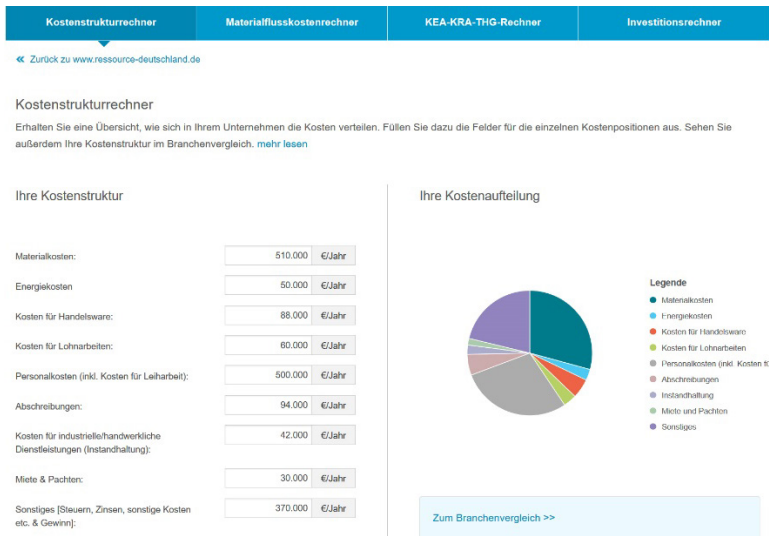


Abbildung 1: Eingabemaske des Kostenstrukturrechners

<sup>1</sup> Quelle der Daten aus Statistisches Bundesamt (2017): Produzierendes Gewerbe – Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2015. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden, Fachserie 4 Reihe 4.3.

Tabelle 1: Eingabefelder des Kostenstrukturrechners mit Kurzerklärung<sup>2</sup>

Eingabefeld	Kurzerklärung
Materialkosten	Materialien sind Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Fremdbauteile (ohne Handelsware), die entweder im Unternehmen be- oder verarbeitet, verbraucht oder an Dritte zur Be- oder Verarbeitung weitergegeben werden; ausgenommen sind Energieträger, die separat in den Energiekosten aufgeführt werden.
Energiekosten	Dazu zählen Kosten für Energieträger wie Brenn- und Treibstoffe, Strom, Gas, Wärme und dgl.
Kosten für Handelsware	Zur Handelsware zählen Waren fremder Herkunft, die im Allgemeinen unbearbeitet und ohne fertigungstechnische Verbindung weiterverkauft werden.
Kosten für Lohnarbeiten	Diese beinhalten Kosten für die Be- und Weiterverarbeitung von firmeneigenem Material in Fremdunternehmen.
Personalkosten und Kosten für Leiharbeit	Personalkosten (Entgelte) sind alle Bruttobezüge ohne Abzug, in die sämtliche Sonderzahlungen (Zuschläge, Krankengeld usw.) mit einfließen. Bei Leiharbeitern müssen die Entgelte an die Arbeitsvermittlungsunternehmen berücksichtigt werden.
Abschreibungen	Dazu gehören steuerliche Abschreibungen von Sachanlagen; ausgenommen sind Umweltschutzinvestitionen.
Kosten für industrielle/handwerkliche Dienstleistungen (Instandhaltung)	Dies umfasst die Kosten für Reparaturen, Instandhaltung, Installationen oder Montage von Maschinen, Gebäuden usw.
Mieten & Pachten	Dazu zählen Kosten für gemietete oder gepachtete Produktionsmaschinen, Fabrikations- und Lagerräume, Fahrzeuge usw. sowie die Kosten für Leasing, allerdings ohne kalkulatorische Mieten. <sup>3</sup>
Sonstiges [Steuern, Zinsen, sonstige Kosten usw. & Gewinn]	Darunter fallen Steuern (Grund-, Gewerbe-, Verbrauch- und Kraftfahrzeugsteuern) sowie öffentliche Gebühren und Beiträge, Fremdkapitalzinsen (dürfen nicht mit Zinserträgen saldiert werden), alle sonstige Kosten (z. B. Werbungs-, Reisekosten, Versicherungsbeiträge) und der Unternehmensgewinn.

<sup>2</sup> In Anlehnung an Statistisches Bundesamt (2017): Produzierendes Gewerbe – Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2015. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden, Fachserie 4 Reihe 4.3.

<sup>3</sup> Kalkulatorische Miete: Miete, die auf gewerblich genutzte Räume etc. veranschlagt wird, die sich aber im Privatbesitz des Unternehmers befinden

## 2.2 Kostenstruktur im Branchenvergleich

Die im Betrieb ermittelte Kostenstruktur kann mit branchenüblichen Werten verglichen werden. Für die Auswahl der Vergleichsbranche können die Klassifikationen der Wirtschaftszweige<sup>4</sup> des Statistischen Bundesamtes für das Verarbeitende Gewerbe bis auf die zweite bzw. teilweise dritte Ebene ausgewählt werden.<sup>5</sup> Durch die Auswahl der Unternehmensgröße ist ein noch genauerer Vergleich darstellbar.

Die prozentuale Abweichung der Kosten im Unternehmen wird in einem Balkendiagramm ausgegeben, das anschaulich in Prozentpunkten wiedergibt, wie sich die eigene Kostenstruktur von der Vergleichsbranche unterscheidet (vgl. Abbildung 2, Seite 12). Es ist zu beachten, dass dabei lediglich die prozentuale Verteilung verglichen wird und nicht die absoluten Werte der Kosten in den jeweiligen Wirtschaftszweigen. Eine Abweichung der Balken nach links in den negativen Wertebereich (grüner Balken) bedeutet weniger Kosten als branchenüblich. Eine Abweichung nach rechts in den positiven Wertebereich (roter Balken) heißt, dass die Kosten im eigenen Unternehmen höher ausfallen als in der Branche üblich.

---

<sup>4</sup> Statistisches Bundesamt (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige mit Erläuterungen. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden

<sup>5</sup> z. B. erste Ebene: Herstellung von Metallerzeugnissen (Abteilung), zweite Ebene: Herstellung von Schneidwaren, Werkzeugen, Schlössern und Beschlägen (Gruppe), dritte Ebene: Herstellung von Werkzeugen (Klasse)

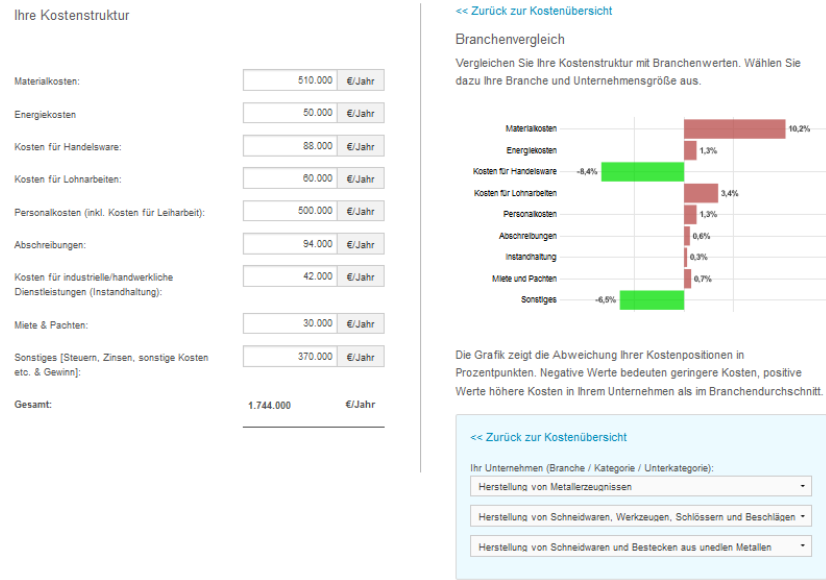


Abbildung 2: Branchenvergleich der Kostenstruktur

Daten zur Eingabe in den Kostenstrukturechner lassen sich dem Jahresabschluss des Unternehmens entnehmen. Weicht die Verteilung der Kosten des Unternehmens auffällig vom Branchendurchschnitt ab, können die Ursachen dafür anschließend genauer untersucht werden.

In einem nächsten vertiefenden Schritt können mit dem Modul „Materialflusskostenrechner“ betriebliche Prozesse im Hinblick auf Materialverluste genauer analysiert werden.

### 3 MATERIALFLUSSKOSTENRECHNER

Der Materialflusskostenrechner soll den Nutzer an die Methode der Materialflusskostenrechnung nach DIN EN ISO 14051 heranführen und es ihm ermöglichen, die Produktionsprozesse im eigenen Unternehmen dementsprechend auszuwerten.

Ziel der Materialflusskostenrechnung ist es, Kosten aufzudecken, die durch Materialverluste entstehen. Jeder Materialverlust ist in der Regel nicht nur der Wert des eingekauften Materials, sondern beinhaltet neben den Materialkosten auch innerbetriebliche Kosten, z. B. durch Transport, Lagerung und Bearbeitung. Oftmals sind deshalb die tatsächlichen Kosten, die durch Materialverluste entstehen, im Unternehmen nicht bekannt.

Bei der Materialflusskostenrechnung werden Produktionssysteme in sogenannte Mengenstellen untergliedert, die einen Teil oder mehrere Teile eines Prozesses darstellen. Zu jeder Mengenstelle werden Materialeingangsströme sowie die Verlustströme bestimmt. Neben den Materialkosten werden Kosten für Energie und Abfallmanagement separat ausgewiesen. Alle übrigen Kosten werden den sogenannten Systemkosten zugeordnet.

Abbildung 3 verdeutlicht die Systematik der Materialflusskostenrechnung. Im Vergleich zur konventionellen Kostenrechnung werden Kosten nicht nur dem Produkt zugewiesen, sondern separat als Materialverlust aufgeführt. In vielen Fällen erfolgt dies mit Hilfe eines gewichtsbezogenen Verteilungsschlüssels. Dies bedeutet, dass der Verteilungsschlüssel für Material-, Energie- und Systemkosten abhängig vom Verhältnis der Materialmenge im Produkt zum zugeführten Material (jeder Mengenstelle) berechnet wird. Abfallmanagementkosten werden grundsätzlich dem Materialverlust zugeordnet.

Weitere Informationen zur Materialflusskostenrechnung sind in der Kurzanalyse Nr. 6 „Ressourceneffizienz im Fokus der betrieblichen Kostenrechnung“ des VDI ZRE zu finden.<sup>6</sup>

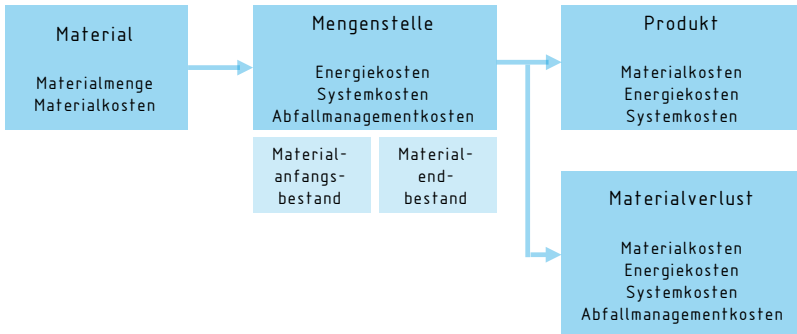


Abbildung 3: Systematik der Materialflusskostenrechnung

Mithilfe dieses Moduls können prozessbezogene Verluste quantifiziert werden, sodass sich leicht ablesen lässt, wo im Fertigungsprozess verhältnismäßig hohe Verlustkosten auftreten. Anschließend kann analysiert werden, wodurch diese Kosten entstehen und ob es möglich ist, sie zu reduzieren.

Da Prozesse im Unternehmen oftmals sehr vielschichtig und komplex sind, können unter Umständen nur Teilbereiche des Unternehmens oder vereinfachte Prozessstrukturen betrachtet und die entsprechenden Verlustkosten ermittelt werden. So ist es mit dem Materialflusskostenrechner nicht möglich, Verknüpfungen verschiedener paralleler oder wiederkehrender Fertigungsstrecken abzubilden, wie sie z. B. bei einem Montage- oder einem Demontageprozess auftreten. Allerdings können unterschiedliche Materialströme kombiniert oder Vorprodukte als Materialstrom verwendet werden, um eine komplexere Fertigungslinie abzubilden (vgl. Abbildung 4, Seite 15).

<sup>6</sup> Die Kurzanalyse ist kostenfrei als PDF verfügbar unter: [https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/kurzanalysen/2014-Kurzanalyse-VDI-ZRE-06-Kostenrechnung.pdf](https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/kurzanalysen/2014-Kurzanalyse-VDI-ZRE-06-Kostenrechnung.pdf)



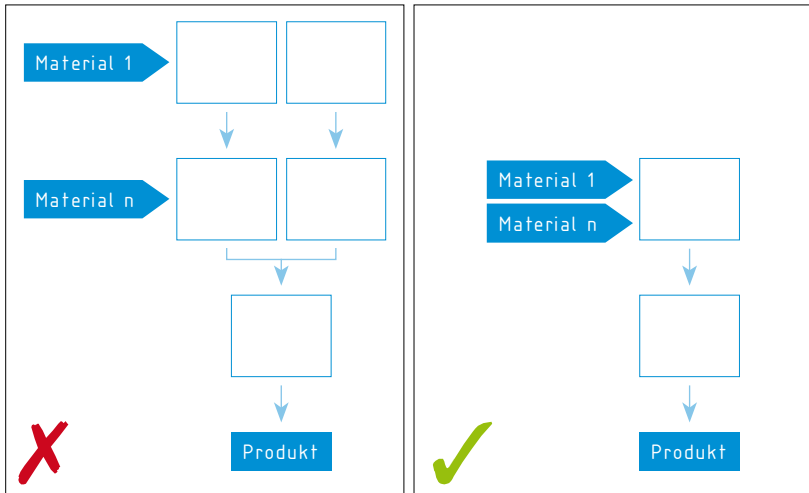


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der Prozessdefinition

Die schrittweise Vorgehensweise ermöglicht dem Nutzer einen einfachen Einstieg in die Datenermittlung. Als Ergebnis erhält der Anwender eine grafische Darstellung seines betrachteten Prozesses, in der Materialein- und Verlustkosten den einzelnen Mengenstellen zugeordnet sind.

Die Vorgehensweise umfasst folgende Schritte:

- (1) Definition der Betrachtungsebene und **Produktzusammensetzung**,
- (2) Definition des **Material- und Energieverbrauchs**,
- (3) Definition der **Prozessschritte** und Zuordnung von Materialströmen,
- (4) Definition der weiteren **Prozesskosten**,
- (5) **Ergebnisdarstellung**.



**Abbildung 5: Schritte zur Berechnung der Materialflusskosten**

Die Definition der Daten erfolgt über Eingabemasken. Falls Eingaben für die Fortsetzung zum nächsten Schritt erforderlich sind, wird dies durch Hinweismeldungen kenntlich gemacht. Ein Zurückspringen in vorangegangene Schritte zur Datenergänzung ist jederzeit durch Anwählen der jeweiligen Reiter (vgl. Abbildung 5) möglich.

### 3.1 Benötigte Daten/Informationen

Um eine Materialflusskostenrechnung durchführen zu können, werden Informationen aus folgenden betrieblichen Bereichen benötigt. Alternativ müssen sie geschätzt werden:

- Aufbau und Organisation von Material- und Energieflüssen,
- technische Prozesszusammenhänge,
- Qualitätskontrolle,
- Abfallmanagement sowie
- Buchhaltung und Kostenrechnung.

Je fundierter die erhobenen Daten sind, desto aussagekräftiger fällt das ermittelte Ergebnis aus.

### 3.2 Betrachtungsebene und Produktzusammensetzung

Es können drei verschiedene Betrachtungsebenen gewählt werden:

- Jahresdaten,
- Auftragsdaten,
- produktspezifische Daten.

Entsprechend der gewünschten Betrachtungsebene, den festgelegten Systemgrenzen sowie der Komplexität des Unternehmens muss eine der folgenden Betrachtungsebenen ausgewählt werden (vgl. Abbildung 6, Seite 17).

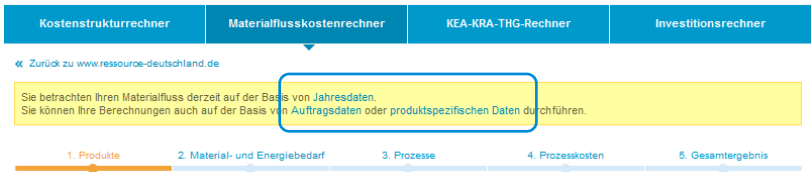


Abbildung 6: Wahl der Betrachtungsebene

In der Eingabemaske (vgl. Abbildung 7) lassen sich alle Materialien eintragen, die sich im Produkt wiederfinden (Nettobedarf). Dazu können Produkt und Materialart definiert werden. Einige Materialarten, für die Umweltprofile im Modul KEA-KRA-THG-Rechner hinterlegt sind, können direkt ausgewählt werden. Alternativ lassen sich Materialarten manuell eingeben.

Die Eingabe der Materialmenge erfolgt einheitlich in Kilogramm. Beinhaltet das Produkt ein Material in einer anderen Mengenangabe, so muss diese mithilfe der Dichte in die Basiseinheit Kilogramm umgerechnet werden. Außerdem kann die produzierte Anzahl je Produkt angegeben werden. Im rechten Ausgabefeld werden entsprechend den Eingaben die aufsummierten Materialmengen nach einzelnen Materialarten dargestellt.

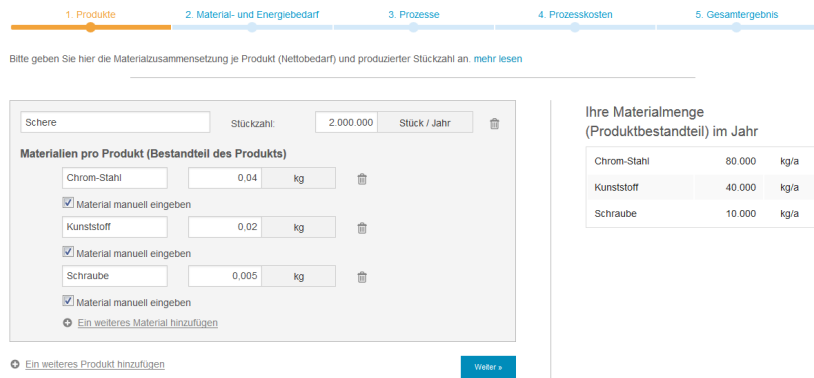


Abbildung 7: Schritt 1 – Eingabe der Betrachtungsebene und Eingabe der Produktzusammensetzung

### Betrachtung auf Basis von Jahresdaten

Die Angaben zu Material und Kosten beziehen sich auf das gesamte Jahr. Dabei lassen sich auch mehrere Produkte gleichzeitig abbilden. Allerdings hängt die Anwendbarkeit in der Praxis sehr stark von der Komplexität des Unternehmens ab. Bei einer sehr großen Produktvielfalt oder äußerst komplexen Fertigungslinien ist eine detaillierte Darstellung nur bedingt umsetzbar.

Eine Reduzierung der Komplexität lässt sich durch das Bündeln von Teilprozessen in Mengenstellen erreichen (vgl. Abbildung 8).

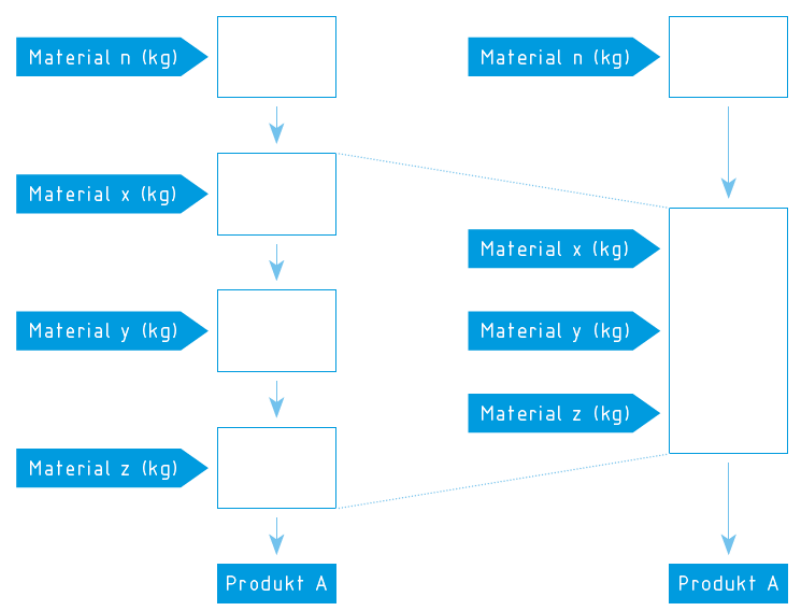


Abbildung 8: Schematische Darstellung zur Bündelung von Teilprozessen

### Betrachtung auf Basis von Auftragsdaten

Die Angaben zu Material und Kosten beziehen sich auf einen einzelnen Auftrag (Kundenauftrag). Es können mehrere Produkte im Rahmen eines Kundenauftrages betrachtet werden. Für jedes Produkt wird eine eigene Fertigungslinie angelegt. Für den Fall, dass verschiedene Produkte auf

derselben Fertigungslinie produziert werden, müssen zwei identische Linien modelliert werden. Den einzelnen Mengenstellen lassen sich durch Angabe der Inputmengen Materialströme zuordnen (vgl. Abbildung 9).

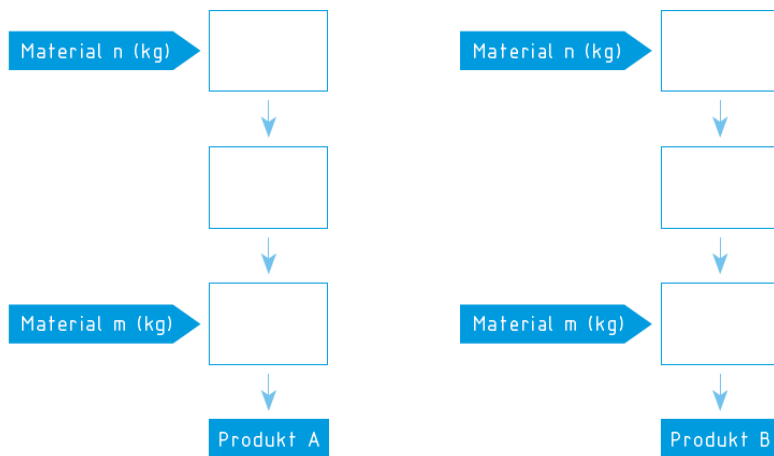


Abbildung 9: Schematische Darstellung bei der Betrachtung mehrerer Produkte

### Betrachtung auf Basis produktspezifischer Daten

Die Angaben zu Material und Kosten beziehen sich auf ein einzelnes Produkt, das unter einer Sachnummer geführt wird. Es kann die Zusammensetzung eines Produkts (nach Stückliste) sowie einer Fertigungslinie mit mehreren Mengenstellen angegeben werden.

### 3.3 Definition des Material- und Energieverbrauchs

In diesem Schritt werden die verbrauchten Materialien und Energieträger je nach gewählter Betrachtungsebene definiert. Die Mengenangaben beziehen sich auf die für die Herstellung verbrauchte Materialmenge, d. h. inklusive Materialzuschlägen (Bruttobedarf). Wenn Einkaufsdaten für die Ermittlung dieser Zahlen genutzt werden, müssen gegebenenfalls noch verwendete Lagerbestände berücksichtigt werden. Die Daten für die Erfassung des Materialverbrauchs können beispielsweise über die Einkaufsabteilung ermittelt werden. Im oberen Bereich der Eingabemaske (vgl. Abbil-

dung 10) werden entsprechend der Produktdefinition Materialarten aufgeführt, die Bestandteil des Produkts sind.

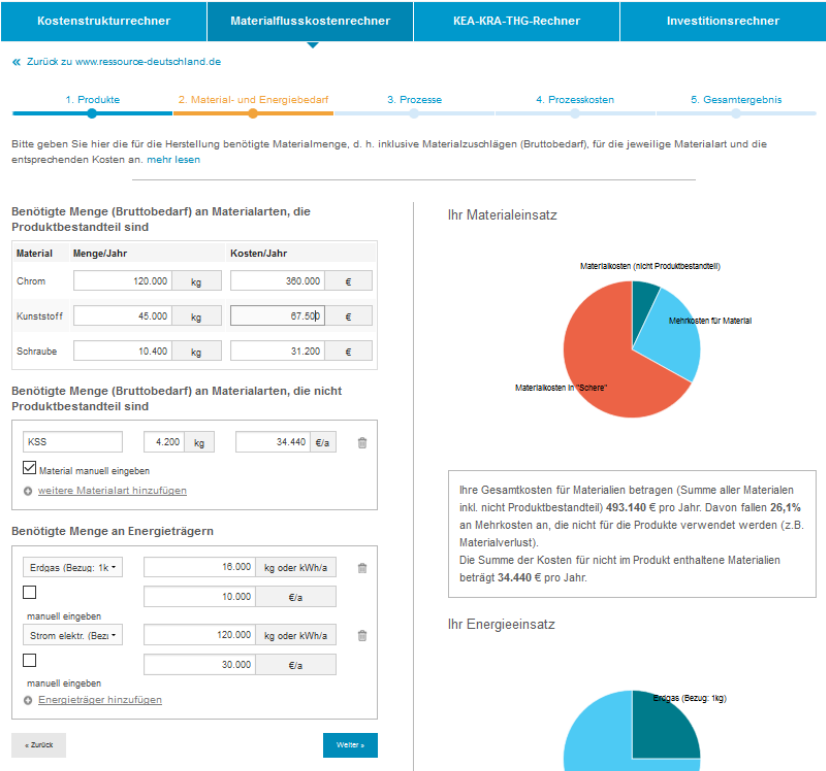


Abbildung 10: Schritt 2 – Eingabe des Material- und Energiebedarfs

Im mittleren Bereich der Eingabemaske (Abbildung 10, Mitte) können Materialarten ergänzt werden, die nicht Bestandteil des Produkts sind, jedoch für die Herstellung benötigt werden (Hilfs- und Betriebsstoffe).

In der unteren Eingabemaske werden die benötigten Energieträger und die entsprechenden Kosten eingetragen (vgl. Abbildung 10, unten, Seite 20).

Im rechten Bereich des Browserfensters werden die Gesamtkosten berechnet und grafisch dargestellt (vgl. Abbildung 10, rechts). Das obere Diagramm zeigt die Kosten sowohl für Material, das Bestandteil des Produkts ist, als auch für Material, das nicht Produktbestandteil ist. Das untere Diagramm gibt eine Übersicht zur Aufteilung der Energiekosten nach Energieträgern.

**Hinweis:** Sie können sich weitere Details zu den einzelnen Materialkosten und zum Energieeinsatz anzeigen lassen, wenn Sie mit der Maus über das Diagramm fahren.

### 3.4 Definition der Prozessschritte und Zuordnung von Materialströmen

Hier werden die einzelnen Prozessschritte zur Herstellung des betrachteten Produkts definiert. Die Prozessschritte werden durch die Verknüpfung einzelner Mengenstellen (z. B. einzelner Fertigungsschritte) abgebildet. Für jede Mengenstelle werden Materialeingänge und Materialverlust sowie Ausschuss quantifiziert (vgl. Abbildung 11, Seite 22).

Kostenstrukturrechner

**Materialflusskostenrechner**

KEA-KRA-THG-Rechner

Investitionsrechner

« Zurück zu [www.ressource-deutschland.de](http://www.ressource-deutschland.de)

1. Produkte

2. Material- und Energiebedarf

3. Prozesse

4. Prozesskosten

5. Gesamtergebnis

Bitte definieren Sie hier die Prozesse zur Herstellung des Produkts. [mehr lesen](#)

Fertigungslinie 0

Materialeingang in dieser Mengenstelle:

Stanzan

120.000

kg

⊕ Weiteres Material einfügen

Materialverlust/Ausschuss definieren

Materialeingang in dieser Mengenstelle:

Bohren+Entgraten

KSS

1.000

kg

⊕ Weiteres Material einfügen

Materialverlust/Ausschuss definieren

Materialeingang in dieser Mengenstelle:

Nacharbeiten

- Nur Übernahme aus vorheriger Mengenstelle -

⊕ Weiteres Material einfügen

Materialverlust/Ausschuss definieren

⊕ Hinzufügen: Mengenstelle Produkt Fertigungslinie 1

« Zurück

Weiter »

Zu verteilende Materialien

Material	verteilt
Kunststoff	45.000 kg (100 %)
Schraube	10.400 kg (100 %)
Chrom	0 kg (0 %)
KSS	4.200 kg (100 %)

Ihre Materialmenge  
(Produktbestandteil)

- Schere (2000000 Stück)  
Chrom - 80.000 kg  
KSS - 4.200 kg

Abbildung 11: Schritt 3 – Modellierung der Mengenstellen

Folgende Vorgehensweise bei der Prozessdefinition wird empfohlen:

- (1) Definition der Fertigungslinien und aufeinanderfolgenden Mengenstellen bis zum Produkt:

Über die Schaltfläche **[Hinzufügen: Fertigungslinie 1]** können weitere Fertigungslinien ergänzt werden. Die einzelnen Fertigungslinien können jedoch nicht miteinander verknüpft werden.

- (2) Auswahl des entsprechenden Materialeingangsstroms für jede Mengenstelle:

Über die Schaltfläche **[Hinzufügen: Mengenstelle]** kann hinter die letzte dargestellte Mengenstelle eine weitere hinzugefügt werden. Die Mengenstellen und Fertigungslinien können individuell benannt werden.



- (3) Eingabe des Anteils eines Materials in Kilogramm, das in die jeweilige Mengenstelle einfließt:

Im rechten Bereich der Seite wird eine Übersicht angezeigt, welche Mengen an Material den Mengenstellen bereits zugewiesen wurden. Zusätzlich werden die kumulierten Materialmengen aufgelistet, die Produktbestandteil sind.

Wenn Mengenstellen keinen zusätzlichen Materialeingang aufweisen, wie z. B. Sägen, muss die vorbelegte Materialeingangszeile gelöscht werden. Danach wird der Hinweis „Nur Übernahme aus vorheriger Mengenstelle“ angezeigt. Der Materialabtrag wird in diesem Fall über den Materialverlust/Ausschuss durch die Eingabe des geplanten Materialverlusts festgelegt (nächster Schritt).

- (4) Definition des geplanten Materialverlusts/Ausschusses:

Für jede Mengenstelle kann über die Schaltfläche **[Materialverlust/Ausschuss definieren]** der Materialverlust/Ausschuss definiert werden. Es kann dabei zwischen geplantem Materialverlust und Ausschuss unterschieden werden (vgl. Abbildung 12).

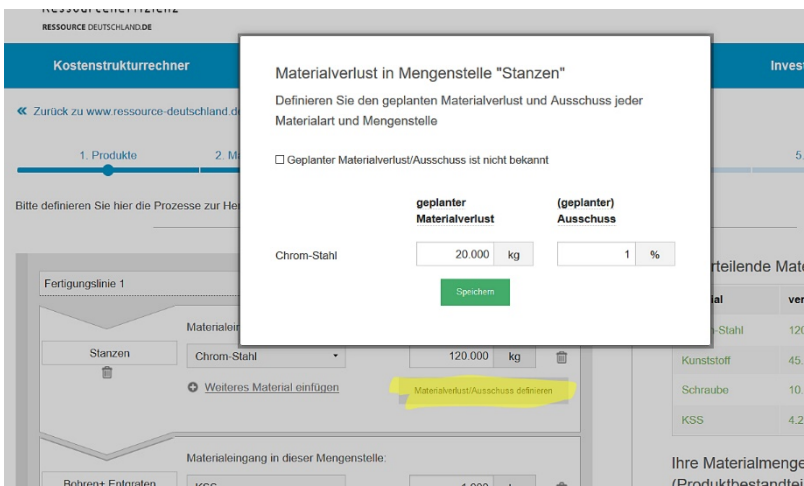


Abbildung 12: Eingabe von Materialverlust und Ausschuss

Der geplante Materialverlust stellt den Verlust durch Formänderung aufgrund technischer Begebenheiten eines Verfahrens dar, z. B. Verschnitt.

Der Ausschuss umfasst Verluste, die durch die Einstellung eines Prozesses (z. B. Rüstverluste) und prozentuale Fehlproduktion entstehen. Zu jeder Materialart, die Bestandteil des Produktes ist, müssen der geplante Verlust in Kilogramm und der Ausschuss in Prozent angegeben werden.

Bezieht sich der prozentuale Ausschuss auf ein gesamtes Zwischenprodukt, so ist für jedes Material die Ausschussquote in entsprechender Höhe einzugeben.<sup>7</sup>

(5) Angabe des Produkts:

Am Ende einer Fertigungslinie wird das entsprechende Produkt über die Schaltfläche **[Hinzufügen: Produkt]** aus der Liste ausgewählt.

### 3.5 Definition der Prozesskosten

In diesem Schritt werden den verwendeten Mengenstellen die anfallenden Kosten der Kostenarten Energie, Abfallmanagement und System zugeordnet. Die Kosten können entweder als absolute Zahlen oder als prozentuale Verteilung eingetragen werden (vgl. Abbildung 13 oben, Seite 25).

---

<sup>7</sup> Wird beispielsweise ein aus zwei Materialarten bestehendes Zwischenprodukt mit einer Fehlteilproduktion von 1 % angenommen, muss bei der Definition der Mengenstelle für beide Materialarten ein Ausschuss von 1 % angegeben werden.

Kostenstrukturrechner

**Materialflusskostenrechner**

KEA-KRA-THG-Rechner

Investitionsrechner

[Zurück zu www.ressource-deutschland.de](#)

1. Produkte

2. Material- und Energiebedarf

3. Prozesse

**4. Prozesskosten**

5. Gesamtergebnis

Bitte definieren Sie hier Ihre Prozesskosten, mehr lesen

Eingabe in:

☐ absolute Zahlen

☒ prozentualer Verteilung

Kosten	Gesamtkosten	Stanzen	Bohren+ Enlgraten	Schleifen	Spritzgießen	Schleifen Klingen
Energiekosten <= Kosten summiert eingeben						
Erdgas (Bezug: 1kg)	10.000 €/a	20 %	12 %	12 %	20 %	12 %
Strom elektr. (Bezug: 1kWh)	30.000 €/a	20 %	12 %	12 %	20 %	12 %
Abfallmanagementkosten	30.000 €/a	25 %	12,5 %	12,5 %	12,5 %	12,5 %
Systemkosten Kosten detailliert eingeben	947.200 €/a	15 %	14 %	14 %	15 %	14 %

Kosten pro Prozess

- Stanzen: 157.580 €/a
- Bohren+ Enlgraten: 141.158 €/a
- Schleifen: 141.158 €/a
- Spritzgießen: 153.830 €/a
- Schleifen Klingen: 141.158 €/a
- Verbinden (Schraube): 141.158 €/a
- Nacharbeit: 141.158 €/a

Zurück

Weiter

Abbildung 13: Schritt 4 – Eingabe der Prozesskosten

Wird die **prozentuale Verteilung** gewählt, wird empfohlen, die Gesamtkosten (bzw. für den Prozess in Frage kommenden Gesamtkosten) zu bestimmen und einzugeben. Die Anteile der jeweiligen Mengenstellen bzw. Prozesse werden in Prozent angegeben.

Über die prozentuale Verteilung lässt sich die Kostenverteilung leichter abschätzen.

Wenn im Unternehmen bereits detailliertere Informationen vorliegen bzw. während der Datenerfassung im Unternehmen ermittelt werden konnten, wird empfohlen, die Kosten **in absoluten Zahlen** einzutragen.

Die Energie- und Systemkosten können aufsummiert oder aufgegliedert in einzelne Kostenarten eingegeben werden. Bei der detaillierten Eingabe der Energiekosten können einzelne Energieträger auf die Prozessschritte verteilt werden – allerdings nur, wenn in Schritt 2 „Material- und Energiebedarf“ (vgl. Abbildung 10, Seite 20) bereits Energieträger definiert wurden.

Die detaillierte Eingabe der Systemkosten hilft dem Nutzer, die Zuteilung der Systemkosten anhand bekannter Kostenarten zu ermitteln. Im rechten Seitenbereich werden die aufsummierten Kosten der einzelnen Prozesse dargestellt.

### 3.6 Ergebnis

Die Abbildung 14 zeigt beispielhaft die Ergebnisdarstellung eines Produktionsprozesses.

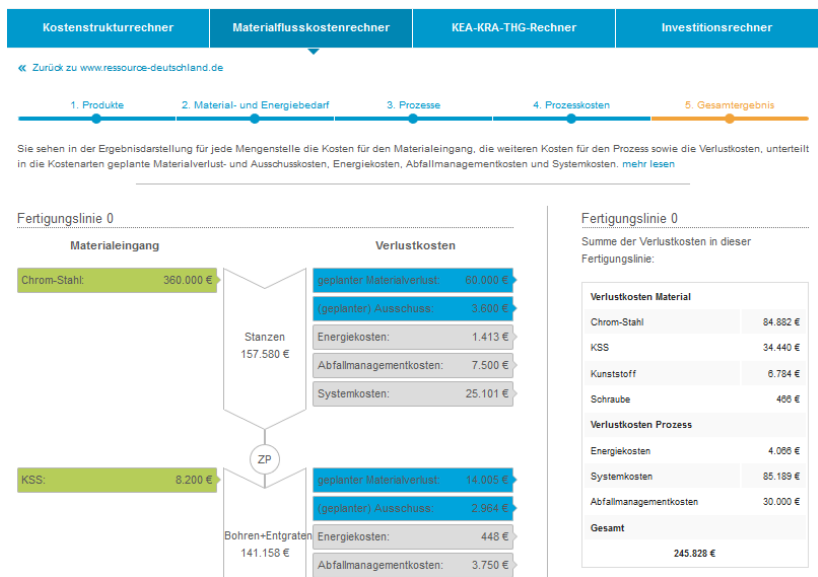


Abbildung 14: Schritt 5 – Ergebnisdarstellung der Prozesse

Legende zur Darstellung des Ergebnisses

**Materialeingang (links):** zeigt den Mengenstellen zugeordnete Materialeingangskosten.

**Verlustkosten (rechts):** zeigt die Verlustkosten. Entsprechend der Definition von geplantem Materialverlust und Ausschuss werden die Verlustkosten einzelner Mengenstellen nach folgenden Kategorien dargestellt:

- geplanter Materialverlust,
- (geplanter) Ausschuss,
- Energiekosten,
- Abfallmanagementkosten und
- Systemkosten.

Die Materialverlustkosten errechnen sich aus sämtlichen materialbezogenen Betriebsstoffen sowie aus den in der Prozessdefinition festgelegten Verlustmengen für den geplanten Materialverlust.

Die Kosten für den geplanten Ausschuss ergeben sich durch die entsprechenden prozentualen Angaben in der Prozessdefinition.

Die Zuteilung der Energie- und Systemkosten zu den Verlustkosten erfolgt über den gewichtsbezogenen Materialverteilungsschlüssel<sup>8</sup>, während Abfallmanagementkosten den Verlustkosten zugeschrieben werden. Eine alternative Kostenallokation ist mit diesem Rechner nicht möglich.

Nach jeder Mengenstelle wird das Zwischenprodukt (ZP) als Kreissymbol dargestellt. Durch Anwählen des Symbols ZP können die Material-, Energie- und Systemkosten für das Zwischenprodukt angezeigt werden (vgl. Abbildung 15).

---

<sup>8</sup> Verhältnis der den Verlusten zugeteilten Materialmenge zur Materialmenge des Inputs einer Mengenstelle

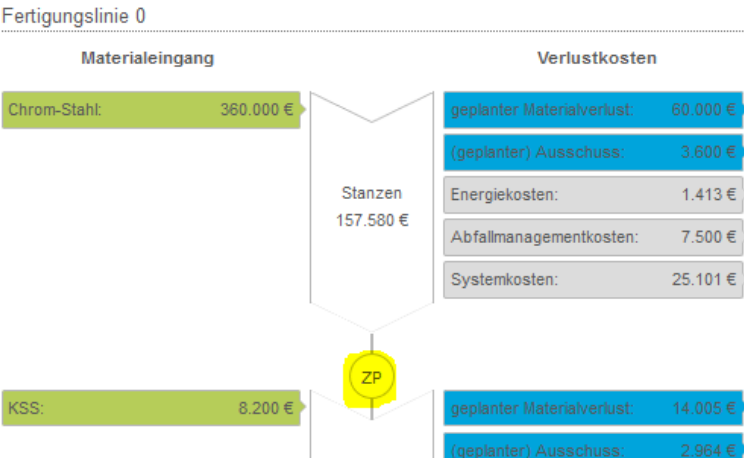


Abbildung 15: Material-, Energie- und Systemkosten der Zwischenprodukte

Für das Produkt am Ende der Fertigungslinie lassen sich die Kosten bzw. Zusammensetzung des Produktes ebenfalls anhand der definierten Prozesse errechnen. Außerdem wird ein Vergleich zwischen der definierten Produktzusammensetzung (nach Stückliste) aus Schritt 1 und der aus den modellierten Prozessen errechneten Zusammensetzung dargestellt (vgl. Abbildung 16, Seite 28). Dadurch lässt sich die Plausibilität der definierten Materialverluste und Ausschussquoten kontrollieren.

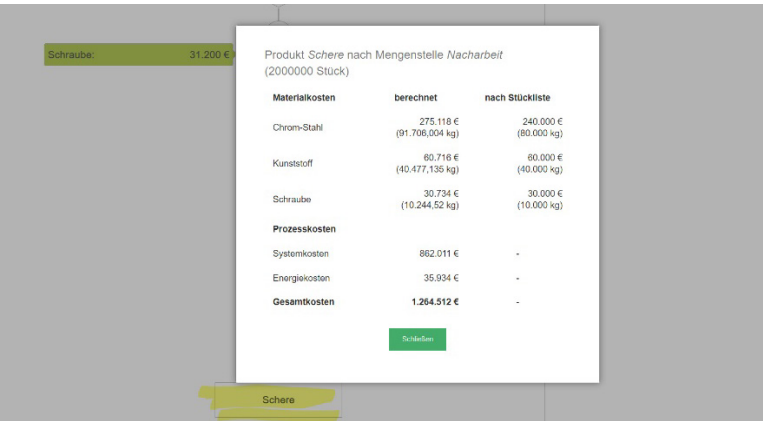


Abbildung 16: Kostenzusammensetzung des Produkts

Anhand der quantitativen Auswertung der Verlustkostenströme, die den Mengenstellen zugeordnet sind, können besonders hohe Verluste in den betrachteten Prozessen identifiziert werden. Die Ursachen für diese Verluste müssen überprüft und gegebenenfalls Maßnahmen zur Reduzierung der Verlustkosten ergriffen werden.

Zusätzlich werden die Kostenverteilung der gesamten Material-, Prozess- und Verlustkosten sowie die Verteilung der gesamten Verlustkosten hinsichtlich Material, Energie, Abfallmanagement und Systemkosten grafisch dargestellt (vgl. Abbildung 17, Seite 29).

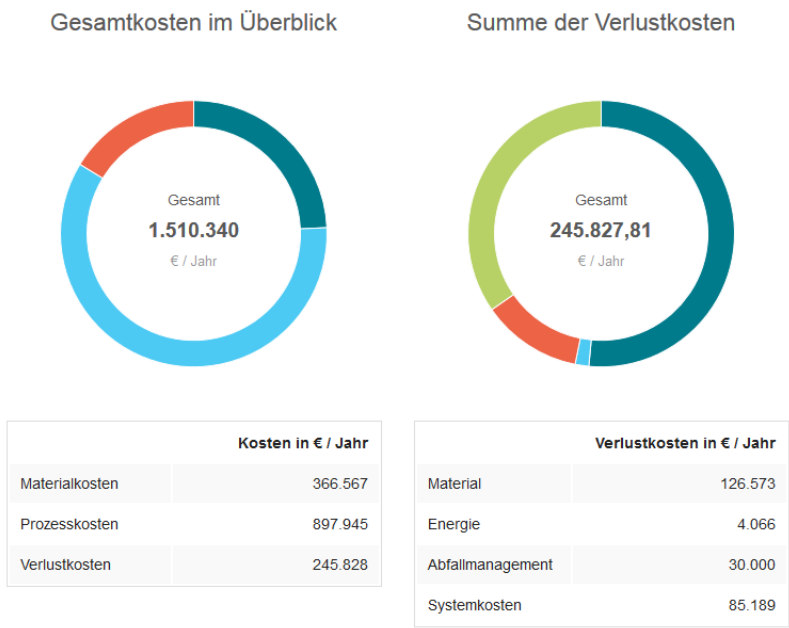


Abbildung 17: Ergebnisdarstellung der Verlustkosten

Um den Unterschied zwischen der Materialflusskostenrechnung nach DIN EN ISO 14051 und der konventionellen Kostenrechnung zu verdeutlichen, erfolgt eine Gegenüberstellung beider Methoden bei der Produktkostenberechnung (vgl. Abbildung 18, Seite 30). Während bei der konventionellen Kostenrechnung alle Materialverluste dem Produkt zugeordnet werden,

findet bei der Materialflusskostenrechnung eine separate Ausweisung der Verlustkosten statt.

Sind Ihnen die tatsächlichen Kosten Ihrer Materialverluste bewusst?  
Hier sehen Sie die Ergebnisse der Materialflusskostenrechnung (MFKR) im Vergleich zur konventionellen Kostenrechnung.

Schere (2000000 Stück)

Materialkosten	MFKR (DIN EN ISO 14051)	Konventionelle Kostenrechnung
Chrom-Stahl	275.118 €	360.000 €
KSS	-	34.440 €
Kunststoff	60.716 €	67.500 €
Schraube	30.734 €	31.200 €
Prozesskosten		1.017.200 €
Energiekosten	35.934 €	-
Systemkosten	862.011 €	-
Abfallmanagementkosten	-	-
Gesamtkosten (Produkt)	1.264.512 €	1.510.340 €

Materialverlust (Schere)

Verlustkosten Material	MFKR (DIN EN ISO 14051)	Konventionelle Kostenrechnung
Chrom-Stahl	84.882 €	nicht bekannt
KSS	34.440 €	nicht bekannt
Kunststoff	6.784 €	nicht bekannt
Schraube	466 €	nicht bekannt
Verlustkosten Prozess		
Energiekosten	4.066 €	nicht bekannt
Systemkosten	85.189 €	nicht bekannt
Abfallmanagementkosten	30.000 €	nicht bekannt
Gesamtverlustkosten	245.828 €	Keine Erhebung der tatsächlichen Kosten

Schließen

Abbildung 18: Vergleichsdarstellung Materialflusskostenrechnung und konventionelle Kostenrechnung



## 4 KEA-KRA-THG-RECHNER

Mit dem Modul „KEA-KRA-THG-Rechner“ lassen sich der kumulierte Energieaufwand (KEA), der kumulierte Rohstoffaufwand (KRA) und entstehende Treibhausgas-Emissionen (THG) berechnen. Das Modul ermöglicht somit einen einfachen Zugang zur ressourcenbezogenen Bewertung und soll den Anwender dabei unterstützen, Bewertungsanalysen durchzuführen und anhand dieser die Produktion bzw. Produkte hinsichtlich ökologischer Auswirkungen zu verbessern.

Der **KEA** stellt die Summe der benötigten Energie prozessbezogen in der Herstellung oder produktbezogen in der Herstellung, Nutzung und Entsorgung dar. Methodisch wird der kumulierte Energieaufwand in der VDI-Richtlinie 4600<sup>9</sup> beschrieben.

Der **KRA** beschreibt die in die Herstellung oder in das Produkt eingehenden Rohstoffmengen (außer Wasser und Luft) in Masseinheiten. Berechnungsgrundlage für den kumulierten Rohstoffaufwand ist die VDI-Richtlinie 4800 Blatt 2<sup>10</sup>.

Die **THG-Emissionen** werden durch CO<sub>2</sub>-Äquivalente beschrieben, die über den gesamten Lebensweg durch eingesetzte Materialien und Energieträger freigesetzt werden. Im Tool wird für die CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. den Treibhauseffekt der englische Begriff Global Warming Potential (GWP) verwendet.

### Import von Daten aus dem Materialflussskostenrechner

Wenn bereits Materialien und Energieträger im Modul Materialflussskostenrechner definiert wurden, können diese Daten des KEA-KRA-THG-Rechners aus dem Materialflussskostenrechner durch Anwählen der Schachtfläche **[Daten aus Materialflussskostenrechner übernehmen]** übernommen werden.

<sup>9</sup> VDI 4600:2012-01: Kumulierter Energieaufwand (KEA) – Begriffe, Berechnungsmethoden. Verein Deutscher Ingenieure e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin

<sup>10</sup> VDI 4800 Blatt 2:2018-03: Ressourceneffizienz – Bewertung des Rohstoffaufwands. Verein Deutscher Ingenieure e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin

## 4.1 Berechnungsgrundlage

Im KEA-KRA-THG-Rechner lassen sich Berechnungen auf Basis von Jahresdaten oder produktspezifischen Daten durchführen (vgl. Abbildung 19, Seite 32). Eine Berechnung auf der Grundlage von Auftragsdaten ist nicht vorgesehen. Wenn auftragsbasierte Daten aus dem Materialflusskostenrechner übernommen werden, so werden diese auf Basis von Jahresdaten angezeigt.

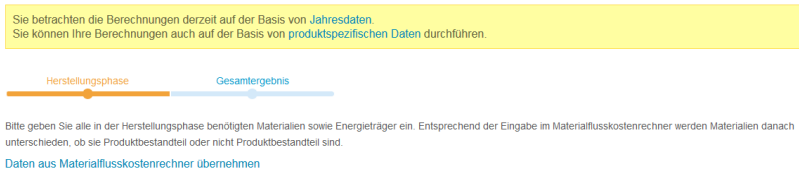


Abbildung 19: Auswahl der Berechnungsgrundlage im KEA-KRA-THG-Rechner

### Berechnung auf Basis von Jahresdaten

Bei einer Berechnung auf Basis von Jahresdaten kann lediglich die Herstellungsphase berücksichtigt werden.

### Berechnung auf Basis produktspezifischer Daten

Bei Berechnungen auf Basis produktspezifischer Daten können neben der Herstellungsphase auch die Nutzungs- und die Verwertungsphase des Produkts berücksichtigt werden. Damit die Daten in KEA-, KRA- und THG-(GWP)-Werte umgerechnet werden können, müssen die Materialmengen und Energieaufwände einer Produktserie (pro Jahr) bekannt sein.

Umweltprofile einiger gängiger Materialien und Energieträger sind im System hinterlegt.<sup>11</sup> Darüber hinaus ist eine manuelle Eingabe der KEA-,

<sup>11</sup> Quelle der Umweltprofile: Umweltbundesamt (Hrsg.): Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. FKZ 205 93 368. Dessau-Roßlau. Aus: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme (ProBas). Projektfiler: Umweltprofile (UBA 2012) [abgerufen am 31.07.2017], verfügbar unter: [www.probas.umweltbundesamt.de](http://www.probas.umweltbundesamt.de)

KRA- und THG-(GWP)-Daten möglich. Bei manueller Eingabe können diese Daten aus kostenfreien bzw. kostenpflichtigen Datenbanken entnommen oder aus eigenen betriebsinternen Analysen ermittelt werden. Tabelle 2 und Tabelle 3 im Anhang listen alle im Modul hinterlegten Umweltprofile auf.

4.2 Herstellungsphase

Hier werden sämtliche in der Herstellungsphase benötigten Materialien sowie Energieträger eingegeben (vgl. Abbildung 20, Seite 33). Im oberen Bereich der Eingabemaske werden Materialarten eingetragen, die Bestandteile des Produkts sind, und im mittleren Bereich der Eingabemaske Materialarten, die nicht Bestandteil des Produkts sind. Im unteren Bereich wird der Energiebedarf entsprechend den einzelnen Energieträgern aufgeführt.

Eisen

100.000.000

kg/Jahr

☐ manuell eingeben

Chrom

1.500.000

kg/Jahr

☐ manuell eingeben

Bentonit

3.000.000

kg/Jahr

☐ manuell eingeben

Material hinzufügen

Quarzsand

20.000.000

kg/Jahr

☐ manuell eingeben

Epoxidharz

30.000

kg/Jahr

☐ manuell eingeben

Material hinzufügen

Energieträger

Steinkohle (Bezug: 1kg)

10.000.000

kg oder kWh/Jahr

☐ manuell eingeben

Erdgas (Bezug: 1kg)

817.000

kg oder kWh/Jahr

☐ manuell eingeben

Strom elektr. (Bezug: 1kWh)

5.000.000

kg oder kWh/Jahr

☐ manuell eingeben

Energieträger hinzufügen

Die KEA-, KRA- und GWP-Werte der Materialien und Energieträger in der Produktionsphase

	KEA GJ/Jahr	KRA t/Jahr	GWP t CO <sub>2</sub> -Äq./Jahr
Eisen	2.114.100	412.700	150.000
Chrom	726.556,50	32.962,50	39.391,50
Bentonit	1.062	3.024	75
Quarzsand	5.740	21.760	400
Epoxidharz	3.734,34	175,65	204,33
Steinkohle (Bezug: 1kg)	284.840	15.190	29.220
Erdgas (Bezug: 1kg)	42.633,51	1.117,66	2.620,94
Strom elektr. (Bezug: 1kWh)	52.740	1.835	2.595
Gesamt Herstellungsphase	3.231.406,35	488.764,81	224.566,77

Abbildung 20: Schritt 1 – Material- und Energiebedarf während der Herstellungsphase

Im rechten Seitenbereich werden entsprechend den Mengenangaben KEA-, KRA- und THG-(GWP)-Werte für die einzelnen Materialien und Energieträger berechnet. Dies ermöglicht einen direkten Überblick, welche Material-

art oder welcher Energieträger den größten kumulierten Aufwand hinsichtlich Energie und Rohstoff bzw. die höchsten Treibhausgas-Emissionen verursacht.

### 4.3 Nutzungsphase

Diese Option ist nur bei Verwendung produktspezifischer Daten möglich. Hier können zusätzlich zur Herstellungsphase optional Material- und Energieverbräuche in der Nutzungsphase berücksichtigt werden.

Dazu müssen die Nutzungsdauer und alle in der Nutzungsphase des Produkts benötigten Materialien sowie Energieträger pro Jahr eingegeben werden (vgl. Abbildung 21).

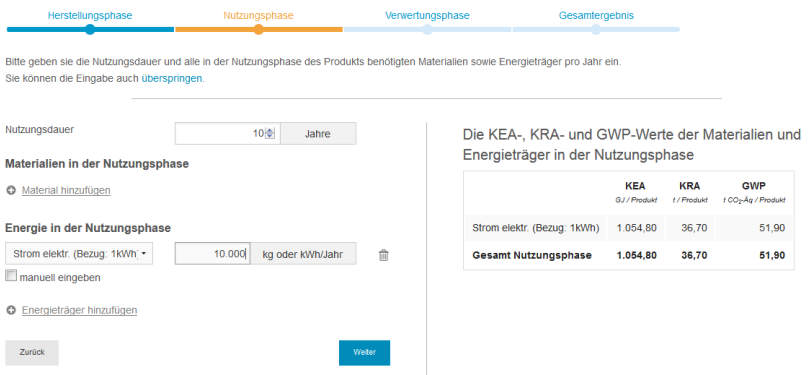


Abbildung 21: Schritt 2 – Eingabe der Daten während der Nutzungsphase

Analog zur Herstellungsphase werden im rechten Ausgabefeld KEA-, KRA- und THG-(GWP-)Werte für die in der Nutzungsphase verbrauchten einzelnen Materialien und Energieträger berechnet.

### 4.4 Verwertungsphase

Diese Option ist nur bei Verwendung produktspezifischer Daten möglich. Hier kann zusätzlich zur Herstellungs- und Nutzungsphase die Verwertung des Produkts mit in die Berechnung einbezogen werden. Dazu müssen geeignete Verwertungsarten und -prozesse sowie die entsprechende Verwertungsmenge pro Produkt eingegeben werden (vgl. Abbildung 22, Seite 35).

Herstellungsphase

Nutzungsphase

Verwertungsphase

Gesamtergebnis

Bitte geben Sie für die Verwertung des Produkts geeignete Verwertungsarten bzw. Verwertungsprozesse und die entsprechende Verwertungsmenge pro Produkt an. KEA-, KRA- und THG-Werte für die Verwertungsprozesse sind nicht im System hinterlegt und daher manuell einzugeben.  
Sie können die Eingabe auch [überspringen](#).

Verwertungsarten

Verwertungsart/-prozess

0 kg / Produkt

KEA, KRA, GWP eingeben

Verwertungsart hinzufügen

Zurück

Weiter

Die KEA-, KRA- und GWP-Werte der Materialien und Energieträger in der Verwertungsphase

	KEA GJ / Produkt	KRA t / Produkt	GWP t CO <sub>2</sub> -Äq / Produkt
Gesamt Verwertungsphase	0	0	0

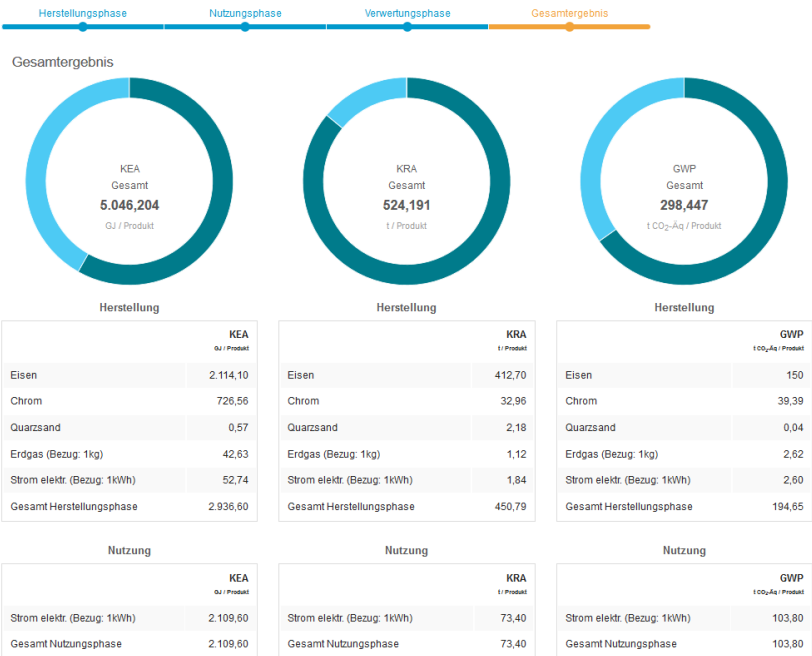
Abbildung 22: Schritt 3 – Eingabe der Daten für die Verwertungsphase

Da derzeit keine frei zugänglichen Datensätze für KEA-, KRA- und THG-(GWP-)Werte von Verwertungsprozessen verfügbar sind, sind diese nicht im System hinterlegt und müssen manuell eingegeben werden.

Im unteren Seitenbereich werden die KEA-, KRA- und THG-(GWP-)Werte für die jeweils angegebenen Verwertungsarten sowie die Gesamtwerte für die Verwertungsphase ausgegeben.

### 4.5 Ergebnis

Als Ergebnis werden die Gesamtwerte KEA-, KRA- und THG (GWP) grafisch dargestellt. Anhand der Verteilung in den Kreisdiagrammen lässt sich ablesen, in welcher Lebensphase (Herstellung, Nutzung und Verwertung) das betrachtete Produkt die höchsten Werte aufweist (vgl. Abbildung 23, Seite 36).



### Abbildung 23: Ergebnisdarstellung KEA-KRA-THG-Rechner

## 5 INVESTITIONSRECHNER

Mit dem Investitionsrechner können zum einen Amortisationszeiten verschiedener Investitionen unter Berücksichtigung der laufenden Betriebskosten einer bestehenden Anlage berechnet und verglichen werden. Zum anderen lassen sich die Lebenszykluskosten verschiedener Neuinvestitionen, differenziert nach Entstehungs-, Betriebs- und Verwertungsphase, gegenüberstellen (vgl. Abbildung 24).

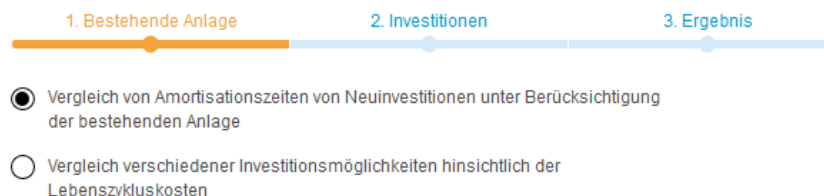


Abbildung 24: Vergleichsvarianten des Investitionsrechners

In einigen Fällen kann eine Neuinvestition, z. B. durch eine effizientere Anlage, sinnvoll sein und die Verlustkosten senken. Falls eine Finanzierung der Investitionen erforderlich ist, lassen sich Fremdkapitalanteile für die Entstehungsphase definieren und Finanzierungsvarianten berechnen. Grundlage hierfür ist die dynamische Amortisationsrechnung. Diese soll Unternehmen bei der Auswahl der wirtschaftlichsten Investition unterstützen.

### 5.1 Berechnung und Vergleich von Amortisationszeiten

Bei der Auswahl dieser Option werden die Amortisationszeiten verschiedener Investitionen unter Berücksichtigung der laufenden Betriebskosten einer bestehenden Anlage berechnet und miteinander verglichen. Für diese Berechnung müssen die Kosten für den Betrieb und die Verwertung der bestehenden Anlage bekannt sein.

Die jährlichen Einsparungen durch eine Neuinvestition werden über die gesamte Nutzungsdauer berechnet. Diese werden vereinfacht als konstant angenommen, und es wird von einem gleichbleibenden Umsatz ausgegangen. Mögliche Produktivitätssteigerungen durch Neuinvestitionen werden nicht berücksichtigt. Des Weiteren wird von einem stabilen Preis- und Zinsniveau über die gesamte Nutzungsdauer ausgegangen.

Die Eingabefelder für die Entstehungs-, Verwertungs- und Betriebsphase orientieren sich an der Einteilung der Kosten nach VDMA-Einheitsblatt 34160<sup>12</sup>.

Betriebs- und Verwertungskosten der bestehenden Anlage

Im ersten Schritt müssen die jährlichen Kosten für die Betriebsphase sowie die Kosten, die durch die Verwertung der bestehenden Anlage entstehen, erfasst werden (vgl. Abbildung 25, Seite 38). Im rechten Seitenbereich werden die Gesamtkosten für den Betrieb und die Verwertung der bestehenden Anlage angezeigt.

Für eine detaillierte Berechnung der Kostenpositionen kann das VDMA-Einheitsblatt 34160 zu Hilfe genommen werden. Alternativ können verschiedene Investitionsalternativen auf Basis eigener Kostenallokationen oder Kostenschätzungen verglichen werden.

Betriebsphase der bestehenden Anlage

Bitte geben Sie hier die Kosten für den Betrieb und die Verwertung der bestehenden Anlage an.  
Da oftmals anfallende Kosten für den Betrieb oder die Verwertung der Anlage nicht vorliegen, können Annahmen und Kostenschätzungen getroffen werden.

Kosten für Materialeinsatz:

360.000

€/Jahr

Kosten für Betriebs- und Hilfsstoffe:

2.000

€/Jahr

Wartung und Inspektion:

5.000

€/Jahr

Abfallmanagementkosten:

7.500

€/Jahr

Energiekosten:

10.000

€/Jahr

Durchschnittliche Werkzeugkosten:

2.000

€/Jahr

Personalkosten für Betrieb:

75.000

€/Jahr

Raumkosten:

4.500

€/Jahr

Instandsetzungskosten:

1.300

€/Jahr

Ihre Kosten im Überblick

Jährliche Kosten

477.300 €

Kosten nach der Nutzung bestehender Anlage

0 €

Abbildung 25: Schritt 1 – Eingabe von Kosten der bestehenden Anlage

<sup>12</sup> VDMA-Einheitsblatt 34160:2006-06: Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin



Kosten für Investitionen

Im zweiten Schritt müssen die Kosten für die Investitionsalternativen in der Entstehungs-, Betriebs- und Verwertungsphase angegeben werden. Zur Berechnung der Amortisationszeit und des Kapitalwerts müssen zusätzlich der zugrunde gelegte Zinssatz und die Nutzungsdauer eingetragen werden (vgl. Abbildung 26 (links), Seite 39). Durch Berücksichtigung der Verzinsung werden zukünftige Geldströme geringer bewertet als heutige.<sup>13</sup>

1. Bestehende Anlage

2. Investitionen

3. Ergebnis

Bitte geben Sie hier die Kosten für Investitionsalternativen in der Entstehungs-, Betriebs- und Verwertungsphase an. Führen Sie darüber hinaus für die Berechnung der Amortisationszeit und den Kapitalwert den zugrunde gelegten Zinssatz und die Nutzungsdauer auf. [mehr lesen](#)

Investition 1

Berechnungsgrundlage

Kalkulatorischer Zinssatz:

1,5

%

Nutzungsdauer:

20

Jahre

Entstehungsphase der Neuinvestition

Beschaffungskosten:

300.000

€

Infrastrukturkosten:

2.000

€

Sonstige Entstehungskosten:

0

€

Finanzierung der Neuinvestition

Eigenkapital:

102.000

€

Fremdkapital:

200.000

€

Fremdkapitalzins:

3

%

Laufzeit Annuitätendarlehen:

10

Jahre

Ihre Investitionen im Überblick

Investition	jährliche Einsparung	Investitionskosten
Investition 1	103.504 €/a	302.000 €
Investition 2	102.077 €/a	200.950 €

Abbildung 26: Schritt 2 – Eingabe der Investitionen der bestehenden Anlage

Für eine Finanzierung in der Entstehungsphase der Neuinvestition können Finanzierungsvarianten mit Fremdkapitalanteil mit entsprechenden Fremdkapitalzinsen und Darlehenslaufzeiten angegeben werden (vgl. Abbildung 26, links).

Im rechten Seitenbereich werden die jährlichen Einsparungen im Vergleich zum Fortbetrieb der bestehenden Anlage sowie die erforderlichen Investi-

<sup>13</sup> Die Alternative für eine Investitionstätigkeit besteht in einer Kapitalanlage zum angenommenen Zinssatz.

onskosten inklusive der Kosten für die Verwertung der bestehenden Anlage angezeigt.

Ergebnis

Die Abbildung 27 zeigt beispielhaft die Ergebnisdarstellung für die Berechnung der Amortisationszeiten von Neuinvestitionen unter Berücksichtigung einer bestehenden Anlage.

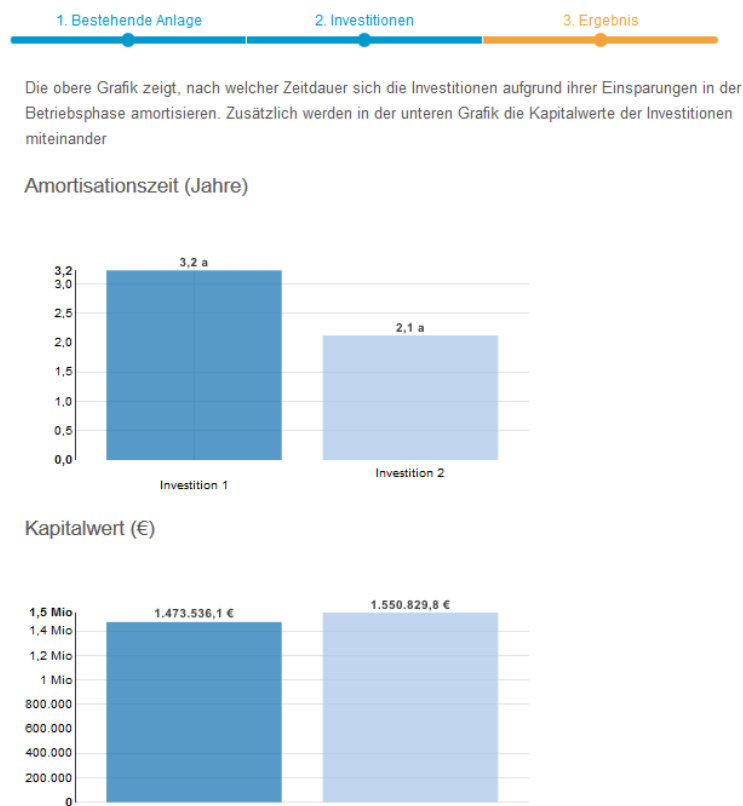


Abbildung 27: Ergebnisdarstellung Investitionsrechner (Option: Vergleich der Amortisationszeiten der gegenübergestellten Investitionen)

Anhand der Grafik lassen sich die Amortisationszeiten (in Jahren) der verschiedenen Investitionen über die angegebene Nutzungsdauer vergleichen.

Der Kapitalwert wird separat darunter als zusätzliches Bewertungskriterium dargestellt.

Der Kapitalwert gibt an, wie hoch der Überschuss einer Investition über die erwartete Verzinsung hinausgeht. Ein Kapitalwert von 0 bedeutet, dass durch die Investition nur die erwartete Verzinsung erreicht wird. Ein negativer Kapitalwert beinhaltet hingegen, dass die erwartete Verzinsung und die Aufwendungen nicht gedeckt werden.

## 5.2 Vergleich der Lebenszykluskosten von Investitionen

Bei der Auswahl dieser Option werden die Lebenszykluskosten verschiedener Investition untereinander ohne Berücksichtigung einer bestehenden Anlage verglichen.

### Kosten für Investitionen

Hier werden die Kosten für die Investitionsalternativen in der Entstehungs-, Betriebs- und Verwertungsphase, der zugrunde gelegte Zinssatz und die Nutzungsdauer eingetragen (vgl. Abbildung 26 (links), Seite 39). Durch Berücksichtigung der Verzinsung werden zukünftige Geldströme geringer bewertet als heutige.<sup>14</sup>

Bei einer Finanzierung der Investition können Finanzierungsvarianten mit Fremdkapitalanteil mit entsprechenden Fremdkapitalzinsen und Darlehenslaufzeiten angegeben werden.

Im rechten Bereich werden die erforderlichen Investitionskosten der Investitionsalternativen inklusive der Kosten für die Verwertung der bestehenden Anlage angezeigt.

---

<sup>14</sup> Die Alternative für eine Investitionstätigkeit besteht in einer Kapitalanlage zum angenommenen Zinssatz.

Ergebnis

Die Lebenszykluskosten der Investitionen werden nach Entstehungs-, Betriebs- und Verwertungsphase dargestellt (vgl. Abbildung 28, Seite 42). Die gesamten Lebenszykluskosten werden in den Tabellen rechts ausgewiesen.

Wenn eine Finanzierung angegeben wurde, lässt sich der Anteil des Eigen- und Fremdkapitals in der Entstehungsphase darstellen. Für die Betriebsphase werden neben den aufsummierten Kosten für den Betrieb die Zinskosten für das Fremdkapital berechnet. Wenn nach der Betriebsphase noch Erlöse aufgrund von Restwerten erzielt werden, können für die Verwertungsphase auch negative Kosten entstehen.



Abbildung 28: Ergebnisdarstellung Investitionsrechner (Option: Vergleich der Lebenszykluskosten verschiedener Neuinvestitionen)

## 6 WEITERE FUNKTIONEN

Der Rechner verfügt über folgende weitere Funktionen:

### 6.1 Import/Export

Mit der Import-/Export-Funktion können eingegebene Daten gespeichert bzw. in den Rechner geladen werden (unterer Bereich der Seite). Diese Funktion wird nicht auf iOS- oder Android-Geräten unterstützt.

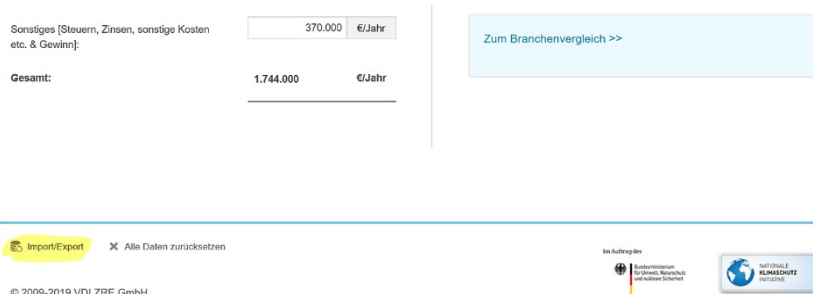


Abbildung 29: Schaltfläche für die Import-/Export-Funktion

#### Daten exportieren

Die eingegebenen Daten lassen sich als File exportieren und unter einer entsprechenden Bezeichnung abspeichern. Dabei werden die Daten aller Module gespeichert.

#### Daten importieren

Abgespeicherte Datensätze lassen sich über die Importfunktion auswählen und in den Rechner laden. Die aktuell eingegebenen Daten werden durch den Import überschrieben.

## 6.2 Daten zurücksetzen

Hier können in einem Schritt alle eingegebenen Werte in sämtlichen Modulen zurückgesetzt, d. h. aus den Eingabefeldern entfernt werden (unterer Bereich der Seite).

Sonstiges (Steuern, Zinsen, sonstige Kosten etc. & Gewinn):

370.000

€/Jahr

Gesamt:

1.744.000

€/Jahr

Zum Branchenvergleich >>

Abbildung 30: Schaltfläche zum Zurücksetzen der Daten

## ANHANG

Tabelle 2: Umweltprofile – Materialien<sup>15</sup>

Umweltprofile - Materialien	KRA	KEA	GWP	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
Ackerbohne	1,254	2,149	0,139	
Altpapierstoff	0,437	37,468	0,546	Sammlung (Transporte: 6 km Spezialtransport, 250 km LKW-Transport; Sortierung nach Daten zum europäischen Durchschnitt), Chemikalien-, Energie- und Wassereinsatz zur Aufarbeitung von Altpapier zu Deinked Pulp DIP (deinkter Altpapierstoff)
Aluminium, Gusslegierung	5,066	81,563	5,398	Herstellung einer Gusslegierung in der Zusammensetzung 60 % Primär- und 40 % Sekundäraluminium
Aluminium, Knetlegierung	7,719	127,547	8,480	Herstellung einer Knetlegierung in der Zusammensetzung 70 % Primär- und 30 % Sekundäraluminium
Aluminium, primär	10,432	140,700	11,904	Entnahme des Bauxits bis zur Herstellung von Primäraluminium
Aluminium, sekundär	1,267	16,122	1,036	Herstellung von Sekundäraluminium aus Prozessschrotten (32,4 %) und Altschrott (67,6 %); umfasst jeweils den Schmelz-, Legierungs- und Gussprozess; Sammlung von Altschrotten ist durch Transporte (100 km LKW/200 km Zug) berücksichtigt.

<sup>15</sup> Quelle der Umweltprofile: Umweltbundesamt (Hrsg.): Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. FKZ 205 93 368. Dessau-Roßlau. Aus: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme (ProBas). Projektfiler: Umweltprofile (UBA 2012). Abgerufen am 31.07.2017 von [www.probas.umweltbundesamt.de](http://www.probas.umweltbundesamt.de). Die Auswahl der Umweltprofile wurde aus der Arbeitshilfe zur Abschätzung materialeffizienzsteigernder Prozessveränderungen zum Umweltinnovationsprogramm des Umweltbundesamts übernommen. Abgerufen am 18.09.2017 von [www.umweltinnovationsprogramm.de/hinweise-vordrucke](http://www.umweltinnovationsprogramm.de/hinweise-vordrucke)

Umweltprofile - Materialien	KRA	KEA	GWP	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
Aluminiumblech (ohne Prozessschritte für Aluminium primär/sekundär)	0,371	9,844	0,595	Umfasst nur die Prozessschritte Sägen, Schälen, Warmwalzen, Kaltwalzen; ohne Aluminiumherstellung, inklusive Walzverluste von 0,012 kg/kg (als Primäraluminium bilanziert). Bei der Gesamtberechnung von KRA, KEA und GWP für Aluminiumblech bitte die entsprechenden spezifischen Kennzahlenwerte für Aluminium primär und/oder sekundär addieren.
Amin (Trimethylamin)	2,031	74,946	2,361	Herstellung von Trimethylamin aus Methanol und Ammoniak
Ammoniak	0,974	36,942	2,017	Herstellung von wasserfreiem, flüssigem Ammoniak durch Dampfreformieren (85 %) und partielle Oxidation (15 %) inklusive Transporten in Regionallager
Andalusit, Disthen	3,419	0,432	0,029	Abbau des Rohmaterials
Arsen	24,936	16,510	1,093	Als Nebenprodukt bei der Kupfergewinnung bis Rohmetall
Asbest	1,123	0,437	0,027	Entnahme des Rohmaterials bis Asbest ab Werk
Asphalt	1,094	6,281	0,197	Rohmaterialbereitstellung bis Erhitzen und Mischen
Barit (Schwerspat)	9,105	3,136	0,182	Vollständige Barit-Produktion
Bariumkarbonat	12,522	14,996	1,110	Abbau des Rohmaterials bis fertiges Produkt
Baumwollgewebe	14,082	273,440	26,000	Garnproduktion und Weben
Bauxit	1,341	0,109	0,007	Bauxit in Lagerstätten, Mahlen, Trocknung
Bentonit	1,008	0,354	0,025	Abbau des Rohmaterials
Beton	1,028	0,525	0,107	Umfasst die Prozessschritte Bereitstellung der Rohmaterialien und Herstellung eines Transportbetons aus 13 % Zement, 8 % Wasser und 79 % Kies
Bimsstein	2,170	0,014	0,001	Abbau des Bimssteins inkl. Waschen
Bitumen	1,119	47,710	0,361	Umfasst die Prozessschritte Extraktion von Rohöl, Transport nach Europa, Herstellung von Bitumen in Raffinerien



Umweltprofile - Materialien	KRA	KEA	GWP	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
Blei	9,846	20,540	2,054	Entnahme von Bleierz aus der Natur bis Primärblei in regionalen Lagern
Borate	2,885	26,035	1,614	Entnahme aus Lagerstätte bis Bereitstellung Borax ab Werk
Brennelemente	3.212,975	4.452.130,845	2.509,359	Erzabbau bis fertiges Brennelement
Chlor	1,453	16,696	0,987	Herstellung durch Elektrolyse einer Salzlösung (Chlor-Alkali-Prozess)
Chrom	21,975	484,371	26,261	Erzförderung bis Primärchrom in regionalen Lagern
Chromerze	1,510	0,392	0,021	Erzförderung und Aufbereitung bis Chromit
Computer	108,889	365,130	22,253	Materialien, Bearbeitung Rohmaterialien bis Auslieferung, Entsorgung
Dolomit	1,013	0,436	0,027	Umfasst die Prozessschritte Dolomitabbau, Zerkleinern und Mahlen
Druckluft (Bezug: 1 m³)	0,0000436	0,0013050	0,0000753	Luftkompression auf 6 bar Druckluft ab Kompressor, umfasst Schmierölverbräuche sowie den Stromverbrauch
Edelstahlblech (inkl. Herstellung von Chromstahl)	35,436	75,427	4,529	Umfasst die Herstellung von Chromstahl im Elektrolichtbogenofen, das Warmwalzen, Beizen, Härten, Kaltwalzen und Tempern von Edelstahlblech
Eisen	4,127	21,141	1,500	Rohstoffentnahme bis zur Bereitstellung von Roheisen aus dem Hochofen
Eisenerz 46 %	1,006	0,063	0,004	Erzentnahme bis Transport zur Anreicherungsanlage
Eisenerzkonzentrat	1,674	0,276	0,017	Erzentnahme bis Mahlen, Sortieren
Epoxidharz	5,855	124,478	6,811	Herstellung des flüssigen Harzes aus Epichlorhydrin und Bisphenol-A inklusive aller Vorprozesse
Ethylen	1,491	62,250	1,420	Rohmaterialextraktion bis Fertigstellung
Flussspat	1,179	1,356	0,089	Abbau Mineral bis Bereitstellung
Futterpflanze (Silomais)	1,067	3,425	0,139	
Gallium	1.667,633	2.706,710	186,084	Anteil an Bauxit in Lagerstätte bis Halbleitermaterial in regionalen Lagern
Gemüse (Weißkohl)	1,023	0,146	0,030	
Gesteinsmehl	1,028	0,431	0,029	Abbau des Gesteins bis fertiges Mehl
Getreide (Winterweizen)	1,280	16,430	0,333	

Umweltprofile - Materialien	KRA	KEA	GWP	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
GFK (Glasfaserverstärkte Kunststoffe)	4,439	135,895	8,816	Im Spritzgussverfahren hergestellter glasfaserverstärkter Kunststoff (Polyamid) mit einem Glasfaseranteil von 30 %
Gips	1,011	0,029	0,002	Abbau des Rohmaterials und Brechen
Glas (Behälterglas)	1,299	7,968	0,563	Umfasst die Prozessschritte Bereitstellung der Rohstoffe, Schmelze, Formen, Verpacken; Einsatz von 69,5 % Scherben, darunter 6 % Eigenschерben
Glas (Flachglas)	1,639	12,650	0,600	Von der Rohmaterialherstellung bis zur Verpackung
Glasfasern	2,894	38,915	2,583	Herstellung von Endlosglasfasern; umfasst die Bereitstellung von Rohmaterial, Transporte, Schmelze in der Schmelzwanne und Formen der Glasfasern
Glaswolle	1,035	34,150	1,141	Herstellung einer Dämmmatte aus Glaswolle mit einer Dichte von 40 kg/m <sup>3</sup> ; Scherbenanteil im Rohglas: 65 %
Glimmer	1,028	0,431	0,029	Gewinnung aus Gestein
Gold	740.475,698	261.210,200	17.903,079	Erz in Lagerstätte bis fertiges Metall
Graphit	1,066	0,437	0,027	Rohmaterial bis Produktion
Grünland (Grünschnitt)	1,034	1,771	0,064	
Hackfrüchte (Kartoffel)	1,114	1,353	0,047	
Handelsgewächse (Raps)	1,304	26,397	0,531	
Holzstoff	1,736	51,151	0,697	Herstellung von TMP-Holzstoff mit TCF-Bleiche
Ilmenitkonzentrate	6,113	3,058	0,218	Erzgewinnung und Aufkonzentration
Indium	25.754,067	1.981,627	149,197	Rohstoffentnahme bis zur Bereitstellung von Indium in Regionallagern
Industriediamanten	3.451.316,811	106.021,189	7.603,884	Abbau des Rohmaterials bis Schliff
Iridium	118.920,296	195.163,946	11.997,056	Erzförderung bis Iridium in regionalen Lagern
Kalisalz	7,736	5,345	0,377	Abbau des Rohsalzes, Aufkonzentration, bis K <sub>2</sub> O in regionalen Lagern
Kalk	1,417	4,088	0,749	Abbau des Rohmaterials bis gelöschter Kalk in Fabrik
Kalkmergel	1,001	0,033	0,002	Herstellung von Kalkmergel mit der Zusammensetzung 75 % Kalk und 25 % Ton
Kalkstein	1,001	0,024	0,002	Abbau Kalkstein

Umweltprofile - Materialien	KRA	KEA	GWP	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
Kaolin	4,736	3,282	0,210	Rohmaterial bis Produktion
Kies (Baukies)	1,041	0,043	0,002	Abbau von Bausand und Baukies
Kieselgur	2,287	6,214	0,440	Abbau des Rohmaterials bis nach Kalzinierung
Kobalt	56,905	103,009	7,721	Rohstoffentnahme bis zur Bereitstellung von metallischem Kobalt
Kobalterze	1,411	0,312	0,016	Erzförderung und Aufkonzentrierung
Kreide	1,064	0,032	0,002	Abbau des Rohmaterials
Kryolith	3,930	42,272	2,616	Produktion aus Rohmaterialien
Kupfer, primär	128,107	50,438	2,874	Erzförderung bis zur Erzeugung von Primärkupfer ab Raffinerie
Kupfer, sekundär	7,339	23,107	1,699	Herstellung von sekundärem Kupfer aus Kupferschrotten, enthält 10 % Blister-Kupfer; Sammlung (100 km LKW/200 km Zug) und Energieaufwand der Sortierung
Kupferblech (ohne Prozessschritte für Kupfer primär/sekundär)	2,277	20,048	1,180	Umfasst die Prozessschritte Aufheizen, Warmwalzen, Kaltwalzen, Glühen, Schlussbearbeitung; ohne Kupferherstellung, inklusive Walzverluste von 0,0396 kg/kg (als Primärkupfer bilanziert). Bei der Gesamtberechnung von KRA, KEA und GWP für Kupferblech bitte die entsprechenden spezifischen Kennzahlenwerte für Kupfer primär und/oder sekundär addieren.
Kupferkonzentrate, global	36,019	8,340	0,447	Erzförderung, Aufbereitung
Laptop	272,464	820,211	189,944	Rohstoffe, Bearbeitung der Rohmaterialien bis zur Auslieferung, Entsorgung
Laubholz	1,028	9,088	0,006	
LDPE	1,686	73,996	2,133	Von Rohmaterialextraktion bis Lieferung PE-Granulat ab Werk
Lehm	1,001	0,038	0,003	Bereitstellung von Lehm ab Grube
Lithium	13,281	307,267	18,344	Von Erzabbau/Solegewinnung bis Lithium-Gewinnung durch Elektrolyse Li-Chlorid
Magnesium	7,073	145,852	73,117	Von der Rohstoffextraktion bis zur Fertigstellung des Metalls
Magnesiumkarbonat	2,106	0,032	0,002	Abbau des Rohmaterials

Umweltprofile - Materialien	KRA	KEA	GWP	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
Magnesiumsulfat	4,609	5,074	0,295	Entnahme und Produktion
Mangan	8,229	48,016	2,525	Erzförderung bis Mangan in regionalen Lagern
Manganerz	1,739	0,192	0,012	Erzförderung und Aufkonzentration
Messing	33,628	37,301	2,297	Herstellung einer Messinglegierung bestehend aus 70 % (w/w) Kupfer und 30 % (w/w) Zink; Schmelzen und Gießen in Messingbarren
Molybdän	989,172	148,889	8,634	Erzförderung bis Molybdän in regionalen Lagern
Molybdänerz	579,023	44,129	2,367	Erzförderung und Aufkonzentration
Nadelholz	1,023	9,636	0,003	
Naphtha	1,155	48,908	0,372	Rohölförderung und Raffinerieprozesse bis zur Herstellung von Naphtha
Natronlauge	1,569	19,473	0,986	Herstellung durch Chloralkali-Elektrolyse als Mix aus Diaphragma- (23,6 %), Amalgam- (18,2 %) und Membranverfahren (58,3 %)
Naturstein, ungebrochen	1,437	5,057	0,170	Abbau des Rohmaterials bis regionales Lager
Nickel	133,146	157,771	10,279	Entnahme von sulfidischem Erz bis zur Primärproduktion von Nickel
Niob- und Tantalkonzentrate	13,578	3,579	0,180	Erzgewinnung Tantalit und Niobit und Aufkonzentrierung
Obst (Apfel)	1,070	0,378	0,879	
Osmium	146.252,440	239.956,305	14.750,066	Erzförderung bis Osmium in regionalen Lagern
Palladium, Russland	22.452,256	143.552,174	9.335,642	Entnahme von Erz und Produktion
Palladium, Südafrika	51.448,343	169.360,622	10.277,712	Entnahme von Erz und Produktion
Pegmatitsand	1,088	0,287	0,020	Abbau von Pegmatitsand
Perlit	1,469	14,169	0,975	Abbau und Aufbereitung des Gesteins
PET	1,887	71,685	2,730	Herstellung von PET ab Essigsäure, Xylen (Herstellung zu Terephthalsäure) und Ethylenglykol
Phosphat, Marokko	8,229	3,316	0,220	Entnahme aus den Lagerstätten bis zur Bereitstellung des Phosphats ab Werk
Phosphat, USA	28,416	3,962	0,201	Entnahme aus den Lagerstätten bis zur Bereitstellung des Phosphats ab Werk
Phosphor, weiß	165,275	187,048	9,433	Von Erzabbau bis Produktion, weißer, flüssiger Phosphor
PKW	6,915	78,790	4,329	Bereitstellung der Rohstoffe und Produktion

Umweltprofile - Materialien	KRA	KEA	GWP	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
Platin, Russland	67.528,761	213.608,641	13.891,603	Entnahme von Erz und Produktion
Platin, Südafrika	190.067,161	251.888,137	15.285,913	Entnahme von Erz und Produktion
PVC	1,843	55,653	1,905	Herstellung von Polyvinylchloridgranulat über die Suspensionspolymerisierung
Quarz, Quarzite	1,352	7,701	0,241	Abbau Quarz und Quarzit als Naturstein
Quarzsand	1,088	0,287	0,020	Abbau und Trocknung
Quecksilber	39,779	1.608,977	115,363	Erzförderung bis zur Herstellung von primärem Quecksilber
Rhodium, Russland	168.177,024	467.871,970	30.427,831	Rohstoffentnahme bis primäres Rhodium
Rhodium, Südafrika	485.236,194	551.718,651	33.481,304	Rohstoffentnahme bis primäres Rhodium
Rübenblatt	1,072	1,866	0,056	
Ruß	1,912	82,380	2,304	Herstellung von Industrierußen (carbon black) durch das Furnaceruß-Verfahren
Ruthenium	20.783,141	34.335,196	2.112,265	Erzförderung bis Ruthenium in regionalen Lagern
Sand (Bausand)	1,041	0,036	0,002	Abbau von Bausand und Baukies
Sauerstoff, flüssig	0,237	7,065	0,408	Sauerstoffherstellung durch Luftverflüssigung
Schamottstein	1,729	17,598	1,146	Umfasst die Tongewinnung, den Transport, das Brennen und die Verpackung von Schamottstein
Schiefer	6,673	0,205	0,015	Abbau des Rohmaterials bis fertiger Dachschiefer
Schmieröl	1,722	71,761	0,894	Cracken und Destillation von Diesel, ohne Berücksichtigung von Additiven
Schmirgel, Korund, Granat (Schleifmittel)	1,081	0,433	0,029	Abbau des Rohmaterials bis fertige Körnung
Schwefel	0,112	4,577	0,308	Gewinnung als Beiprodukt in Raffinerie bis Schwefel
Selen	3,823	35,242	2,339	Roherzförderung bis fertiges Rohmetall
Siedesalz	1,031	1,024	0,063	Lösung
Silber	6.836,019	1.668,287	123,699	Silber in Lagerstätte bis Metall in regionalen Lagern
Sillimanit	4,099	0,432	0,029	Abbau des Rohmaterials
Silizium	39,485	1.416,614	85,601	Abbau von Quarzgestein bis zur Herstellung von Reinstsilizium
Soda	1,115	4,466	0,397	Herstellung von Soda-Pulver mithilfe des Solvay-Prozesses
Spanplatte	1,807	20,884	0,461	Herstellung einer Spanplatte

Umweltprofile - Materialien	KRA	KEA	GWP	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
				für die Anwendung im Außenbereich. Dichte: 680 kg/m <sup>3</sup>
Speckstein	1,264	0,031	0,002	Abbau des Rohmaterials
Splitt, Körnungen aus Marmor	1,064	0,032	0,002	Abbau von Marmor bis fertiger Splitt
Stahl (Elektrostahl)	0,376	7,221	0,399	Herstellung von unlegiertem Stahl (als Knüppel in Rohform) mittels des Elektrolichtbogenofens inklusive der Sekundärmetallurgie; als Rohmaterial kommt nur Schrott zum Einsatz
Stahl (Konverterstahl)	4,486	21,385	1,594	Herstellung von unlegiertem Stahl in der Hochofenroute; umfasst den Hochofenprozess, die Oxygenstahlerzeugung, die Sekundärmetallurgie und den Strangguss
Stahlblech (ohne Prozessschritte für Stahlherstellung)	0,510	5,547	0,352	Umfasst das Beizen, Härten, Kaltwalzen und Tempern von un- und niedriglegiertem Stahlblech; Herstellung von Stahl nicht berücksichtigt. Bei der Gesamtberechnung von KRA, KEA und GWP für Stahlblech bitte die entsprechenden spezifischen Kennzahlenwerte für die Erzeugung von Stahl addieren.
Stahlblech verzinkt	6,021	36,247	2,494	Herstellung umfasst die Hochofenroute inklusive Sekundärmetallurgie, Warm- und Kaltwalzen und Bandverzinken
Steinsalz	1,099	1,965	0,128	Abbau von Steinsalz und Aufbereitung
Stickstoff, flüssig	0,252	7,488	0,432	Bereitstellung von Stickstoff aus Luft
Stroh (Winterweizen)	1,157	15,072	0,323	
Styrol	2,223	79,440	3,290	Von der Rohmaterialextraktion bis Lieferung ab Werk
Talk, Talkum	1,407	0,434	0,029	Abbau des Rohmaterials bis Talkpulver
Tantal	9.180,875	3.355,827	232,834	Erzgewinnung Tantalit bis Metallpulver in regionalen Lagern
Thallium	1.154,469	5.161,835	331,814	Als Nebenprodukt der Zinkgewinnung
Titan	39,719	417,783	27,373	Erzgewinnung bis Rohmetall in regionalen Lagern nach Kroll-Verfahren
Torf	1,006	8,952	0,018	Torfabbau

Umweltprofile - Materialien	KRA	KEA	GWP	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
Trass	1,048	0,432	0,029	Abbau, Mahlen
Tuffstein	1,101	4,066	0,135	Abbau, Mahlen
Uran	273,073	588.248,789	18,172	Erzabbau
Vermikulit	4,123	5,377	0,384	Abbau und Aufbereitung des Gesteins
Wafer	123,742	3.199,686	158,476	Herstellung, Sägen und Säubern einer Tonne polykristallinen Silizium-Wafers aus Quarzsand; Dicke: 240 µm, Gewicht: 559 g/m <sup>2</sup>
Wasserglas	1,444	8,295	0,765	Herstellung von festem Wasserglas im Drehrohröfen
Wasserstoff	1,640	64,486	1,702	Wasserstoffproduktion aus fossilen Quellen
Wismut	92,985	343,856	22,104	Erz-/Nebenproduktgewinnung bis Rohmetall in regionalen Lagern
Wolfram	343,459	52,412	2,870	Erzabbau bis fertiges Metall
Zeitungsdruckpapier	2,796	32,421	1,267	Rohstoffe bis Papierproduktion
Zellstoff (Sulfatzellstoff)	4,147	29,575	0,735	Herstellung von Sulfatzellstoff, Darstellung eines Produktionsmixes aus 80 % ECF-gebleichtem, 15 % TCF-gebleichtem und 5 % ungebleichtem Sulfatzellstoff
Zellstoff (Sulfitzellstoff)	4,895	31,684	0,464	Herstellung von gebleichtem Sulfitzellstoff; Produktionsmix aus 25 % ECF und 75 % TCF
Zement	1,468	3,116	0,752	Von Rohstoffen bis Mischen und Mahlen
Zink	13,557	42,271	3,260	Entnahme aus der Lagerstätte bis Zink in regionalen Lagern
Zinkerze	7,486	4,504	0,426	Erzförderung und Aufkonzentrierung
Zinn	1.178,840	263,923	16,769	Rohstoffentnahme und Zinnproduktion bis Regional-lager

Tabelle 3: Umweltprofile – Energieträger<sup>16</sup>

Umweltprofile - Energieträger	KRA	KEA	THG	Hinweise
	t/t	GJ/t	t CO <sub>2</sub> -Äq./t	
Braunkohle	1,006	8,952	0,987	Abbau von Braunkohle
Erdgas	1,368	52,183	3,208	Erdgasförderung, erste Reinigungsschritte, Verteilung im Hochdruck-Netz
Erdöl (für alle flüssigen Brennstoffe anwendbar)	1,066	45,788	3,290	Exploration des Erdöls bis Transport zur Raffination, Emissionsfaktor von „Heizöl leicht“ für Berechnung GWP benutzt, da keine Angabe zu Erdöl im NIR
Steinkohle	1,519	28,484	2,922	Kohleabbau, Zerkleinerung, Homogenisierung
Steinkohlenkoks	1,984	37,405	3,542	Herstellung in der Kokerei
Strom elektr. (Bezug: 1 MWh)	0,367	10,548	0,519	Produktion und Bereitstellung von UCTE-Strom

Hinweis: GWP inkl. energetischer Nutzung im Prozess. GWP berechnet unter Verwendung der Emissionsfaktoren (Tab. 281) aus Nationalem Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2009, Climate Change 11/2011, Umweltbundesamt.

<sup>16</sup> Quelle der Umweltprofile: Umweltbundesamt (Hrsg.): Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. FKZ 205 93 368. Dessau-Roßlau. Aus: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme (ProBas). Projektfiler: Umweltprofile (UBA 2012). Abgerufen am 31.07.2017 von [www.probas.umweltbundesamt.de](http://www.probas.umweltbundesamt.de). Die Auswahl der Umweltprofile wurde aus der Arbeitshilfe zur Abschätzung materiaaleffizienzsteigernder Prozessveränderungen zum Umweltinnovationsprogramm des Umweltbundesamts übernommen. Abgerufen am 18.09.2017 von [www.umweltinnovationsprogramm.de/hinweise-vordrucke](http://www.umweltinnovationsprogramm.de/hinweise-vordrucke)





VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE)  
Bertolt-Brecht-Platz 3  
10117 Berlin  
Tel. +49 30-2759506-0  
Fax +49 30-2759506-30  
zre-info@vdi.de  
www.ressource-deutschland.de

Im Auftrag des:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



NATIONALE  
**KLIMASCHUTZ**  
INITIATIVE