

# Ermittlung von Energiekennzahlen

für Anlagen, Herstellungsverfahren und Erzeugnisse, Teil 2

## 1 Zielsetzung des Vorhabens

Das Vorhaben wurde von der FfE in Zusammenarbeit mit Energieconsulting Heidelberg (ECH) im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt.

Im vorliegenden Teil 2 wurden neben Energiekennzahlen für Herstellungsverfahren auch Kennzahlen für branchenübergreifende Querschnittstechniken behandelt. Im Einzelnen sind dies:

### Industrielle Erzeugnisse

- Behälterglas (ECH)
- Bitumen, Kraftstoffe, Heizöl (ECH)
- Mineralsplittergemische (FfE)
- Asphalt (FfE)

### Querschnittstechnologien

- Dampferzeugung und Verteilung (FfE)
- Druckluftherzeugung (FfE)
- Entstickung, Entschwefelung und Entstaubung von Kraftwerksprozessen (ECH)
- Entstaubung von industriellen Prozessen (FfE)

Soweit möglich, wurden die Energiekennzahlen für die beschriebenen Anlagen und Verfahren für die „Beste Verfügbare Technik“ (BVT) erstellt. Wesentliche Kriterien waren hierbei die Rahmenbedingungen, wie z. B. Anlagengröße, Auslastung, Produktart. Die Definition der BVT kann aus Merkblättern zur EG-Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) entnommen werden.

Ein wesentliches Element dieser Richtlinie ist die Forderung nach der „Besten Verfügbaren Technik“ bei allen neuen Anlagen, spätestens ab 2007 auch bei allen bestehenden Anlagen. In den meisten Punkten ist eine gute Übereinstimmung mit der Methodik zur Ermittlung der Energiekennzahlen zu erkennen, da aus mehreren Vergleichskennzahlen für Anlagen und Verfahren die beste verfügbare Technik bestimmbar ist.

## 2 Ergebnisse

Nachfolgend werden einige Kennzahlen der behandelten Produkte der Branchen und der Querschnittstechnologien charakterisiert.

## Kennzahlen von Produkten

### Mineralsplittergemische

In dem untersuchten Werk wird das Rohmaterial von der Abbaustelle mit Radladern auf eine Bandanlage gegeben, die dieses für die weiteren Prozessschritte zur Anlage transportiert. Das Gut wird gewaschen, klassiert und gebrochen. Abschließend wird es in Silos oder auf Halden gelagert.

In der Produktionsanlage sind elektrische Verbraucher mit einer Nennleistung von insgesamt 971 kW installiert. Andere Energieträger werden hier nicht verwendet. Die aufgelisteten Ergebnisse in **Tabelle 1** zeigen, welche Leistung in den einzelnen Prozessschritten benötigt wird. Die über dem Ermittlungszeitraum durchschnittlich verbrauchte Energie wurde prozentual nach der installierten Leistung aufgeteilt und auf die Masse der insgesamt produzierten Güter bezogen.

**Tabelle 1:** Kennwerte einer Produktionsanlage zur Mineralsplittererzeugung

Prozessschritt	Nennleistung kW	Endenergiebedarf für 1 Tonne des jeweils erzeugten Produkts		Anteil am gesamten Endenergiebedarf %
		MJ/t	kWh/t	
Transportieren	190	3,4	0,9	19,7
Brechen	478	8,5	2,4	49,1
Frischwasser fördern	67	1,2	0,3	6,9
Waschen	44	0,8	0,2	4,6
Entwässern	8	0,1	0,03	0,6
Klassieren	110	2,0	0,6	11,6
Abluft entstauben	74	1,3	0,4	7,5
<b>Gesamte Anlage</b>	<b>971</b>	<b>17,3</b>	<b>4,8</b>	<b>100</b>

Als mittlerer Energieverbrauch ergeben sich 17,3 MJ/t. Setzt man für den Transport mit Lastkraftwagen und Radladern einen Endenergieverbrauch von 15 MJ/t - ein gemittelter Wert der Literaturangaben -, ergibt sich ein gesamter Endenergiebedarf von rund 32 MJ/t, der sich mit der Größenordnung der Literaturwerte gut deckt.

### Asphalt

Asphalte sind Gemische aus Bitumen oder bituminösen Bindemitteln und natürlichen und künstlichen Mineralstoffen. Durch Veränderung der Bindemittel- und Mineralstoffsorten sowie deren Zugabemengen können Asphalte mit unterschiedlichen Eigenschaften für unterschiedliche Zwecke hergestellt werden.

Nach verschiedenen Untersuchungen werden in der Mischgutanlage 340 bis 400 MJ pro Tonne leichtes Heizöl verfeuert, wovon 99 % für den Trockenprozess und zur Erwärmung des Minerals und nur etwa 1 % zur Aufheizung des Bitumens benötigt werden. Ein um 1 % niedrigerer Feuchtegehalt des Minerals reduziert den Heizölverbrauch um ca. 0,6 kg pro Tonne Mischgut. Der spezifische Strombedarf von Mischgutanlagen liegt zwischen 3,5 und 5 kWh pro Tonne Einsatzgut. Hiervon werden 50 % vom Trockentrommelantrieb, 20 % für die Entstaubung und 30 % für andere Anlagenbereiche der Mischgutanlage (z. B. Beschickung, Entladung, Brennerbetrieb) benötigt.

Insgesamt ergibt sich ein Endenergieaufwand für Walzasphalt von etwa 350 bis 420 MJ/t. Für Gussasphalt kann der Energieaufwand über ca. 500 MJ/t betragen.

Die Unterschiede ergeben sich für den Brennstoffverbrauch auf Grund von unterschiedlichen Mischguttemperaturen für die Mischgutarten Walzasphalt (160 °C) und Gussasphalt (240 °C). Gussasphalt muss im Gegensatz zum Walzasphalt nicht verdichtet werden.

Als Energiekennzahl für zwei moderne Mischgutanlagen für Walzasphalt wurde ein Brennstoffverbrauch von 320 MJ/t bzw. 290 MJ/t ermittelt. Der Stromverbrauch beträgt für beide Anlagen jeweils 12 MJ/t.

## Branchenunabhängige Querschnittstechnologien

### Entstaubung der Abgase bei industriellen Prozessen

Die Entstaubung findet als „Querschnittstechnik“ sektor- und branchenübergreifend in vielen Industriezweigen und Gewerbebereichen Anwendung.

Die Entwicklung von Staubemissionen zeigt, dass Industrieprozesse mit einem Anteil von knapp 40 % die größten Verursacher sind. Staub ist nicht nur ein unerwünschter Begleiter bei industriellen Verfahren, er kann überdies auch Auslöser für zum Teil erhebliche Gesundheitsschäden sein. Für den Bereich der Europäischen Union sollen verbindliche Grenzwerte für eine Reihe von Luftverunreinigungen eingeführt werden. Für Feinstäube (PM10 = Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm oder kleiner) ist z. B. ein Immissionsgrenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup> ab dem Jahre 2005 einzuhalten.

Nachfolgende **Tabelle 2** gibt zusammenfassend einen Überblick des spezifischen Energieverbrauchs zur Entstaubung für drei Beispiele. Der Einfluss auf die Höhe des spezifischen Verbrauchs des Endproduktes ist dabei nicht unerheblich.

**Tabelle 2:** Spezifischer Energieverbrauch der Entstaubung

Art der Entstaubung	Volumenstrom m <sup>3</sup> /h	Spezifischer Energiebedarf	
		Wh/m <sup>3</sup> Luft	kWh/t Rohstahl
Lichtbogenofen bei der Elektrostahlerzeugung			
Direktabsaugung	100.000 - 150.000	0,45 - 0,30	45
Hallenentstaubung	400.000 - 900.000	0,28 - 0,20	110 - 180
Absaugung von Schweißrauch			
ohne Abreinigung	ca. 23.000	0,5	
mit Abreinigung		1,9	
Venturiwäscher für Feinstaub			
Grenzkorn 0,6- ca. 2,0 µm	10.000	0,5 - 1,5	
Grenzkorn < 0,1- ca. 0,5 µm		2,0 - >5,0	

## Druckluftbereitstellung

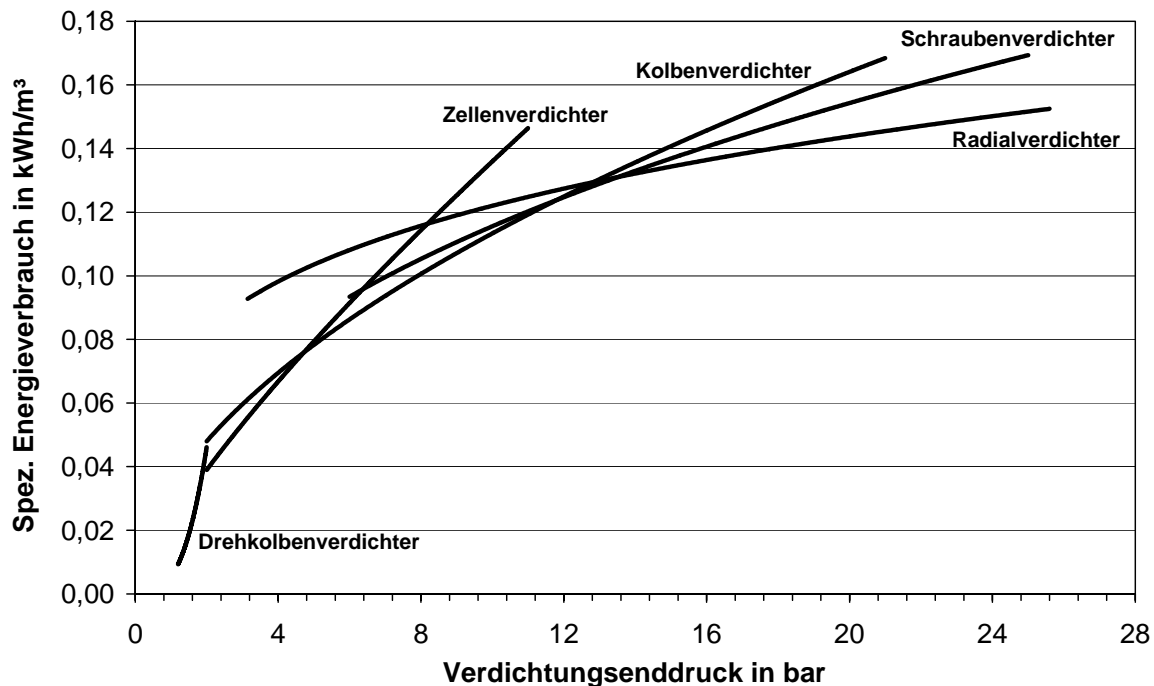
Folgende Kompressorbauarten wurden untersucht:

- Hubkolbenverdichter
- Schraubenverdichter
- Zellenverdichter
- Drehkolbenverdichter
- Radialverdichter

Die energetische Bewertung von Kompressoren setzt die genaue Kenntnis der spezifischen Kupplungsleistung und der beeinflussenden Größen voraus. Die Zusammenhänge werden für die einzelnen Bauarten durch entsprechende Kennlinienfelder beschrieben. Es wurden die spezifischen Energieverbräuche von verschiedenen Modellen einer Bauart, insgesamt 33 Verdichter, bei unterschiedlichen Druckniveaus erfasst.

Unterschiede im spezifischen Energiebedarf werden im Wesentlichen bedingt durch die Anzahl der Verdichterstufen, der Güte der Zwischenkühlung und der Anpassung an den Verdichtungsenddruck. Durch den besonderen Verdichtungsprozess der Gleichdruckverdichtung sind Drehkolbenverdichter nicht mit den anderen zu vergleichen. Es werden aber dennoch die Trendlinien aller Bauarten in einer Übersicht (**Abbildung 1**) zusammen dargestellt, um einen Gesamtüberblick zu bieten.

Die Gegenüberstellung zeigt verdichterspezifische Kennlinien des spezifischen Energieverbrauchs. Da die einzelnen Bauarten oft unterschiedlichen Anforderungen genügen müssen, lassen sich Quervergleiche nur bedingt ziehen.



**Abbildung 1:** Übersicht der Trendlinien aller Bauarten von Verdichtern

Auftraggeber:	Umweltbundesamt, Berlin
Ansprechpartner:	Dr. Jörg Schneider
Bearbeiter:	G. Layer; J. Carter; O. Nebelung; A. Saller (alle FfE); S. Blüm; B. Wunder (ECH)