



Egon Müller  
Jörg Engelmann  
Thomas Löffler  
Jörg Strauch

# Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben

 Springer

# Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben

Egon Müller • Jörg Engelmann • Thomas Löffler  
Jörg Strauch

# Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben

 Springer

Prof. Dr.-Ing. Egon Müller  
Technische Universität Chemnitz  
Professur für Fabrikplanung und  
Fabrikbetrieb  
09107 Chemnitz  
egon.mueller@mb.tu-chemnitz.de

Dr.-Ing. Thomas Löffler  
Technische Universität Chemnitz  
Professur für Fabrikplanung und  
Fabrikbetrieb  
09107 Chemnitz  
thomas.loeffler@mb.tu-chemnitz.de  
und  
IREGIA e. V.  
Reichenhainer Str. 34-36  
09126 Chemnitz  
loeffler@iregia.de

Dr.-Ing. Jörg Engelmann  
Volkswagen Sachsen GmbH  
Werktechnik / Umweltplanung  
08048 Zwickau  
joerg.engelmann@volkswagen.de

Dr.-Ing. Jörg Strauch  
Technische Universität Chemnitz  
Professur für Fabrikplanung und  
Fabrikbetrieb  
09107 Chemnitz  
joerg.strauch@mb.tu-chemnitz.de

ISBN 978-3-540-89643-2 (Hardcover)

ISBN 978-3-642-31945-7 (Softcover)

e-ISBN 978-3-540-89644-9

DOI 10.1007/978-3-540-89644-9

Springer Dordrecht Heidelberg London New York

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

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009, Softcover 2013

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 dürften.

*Einbandentwurf:* eStudio Calamar S.L., Figueres/Berlin

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media ([www.springer.com](http://www.springer.com))

# Vorwort

Die steigenden Energiepreise der letzten Jahre haben sowohl Bürger als auch die Industrie alarmiert. An vielen Stellen wurde begonnen, Konsumgewohnheiten zu überdenken und zu verändern. Energiesparende Produkte gewinnen zunehmend Marktanteile. Mit zahllosen Programmen und Projekten wird auf nahezu allen Gebieten versucht, eine auch künftig ausreichende, bezahlbare und klimaverträgliche Energieversorgung zu sichern. Unter den dazu verfolgten Handlungsansätzen kommt der Steigerung der Energieeffizienz unumstritten eine Schlüsselrolle zu.

Vorliegendes Buch verfolgt das Ziel, den energiepolitischen Handlungsansatz Energieeffizienzsteigerung für die Fabrikplanung und den Fabrikbetrieb zu operationalisieren. Der Fokus richtet sich dabei vor allem auf die Stückgutindustrie mit den für Deutschland und Europa so wichtigen Branchen Maschinenbau und Automobilproduktion. Gerade in diesen Branchen wurde der sparsame Umgang mit dem Produktionsfaktor Energie bisher oft vernachlässigt.

Angesichts der ehrgeizigen politischen Zielstellung – die Energieproduktivität soll sich bis 2020 verdoppeln – werden alle, auch die eher wenig energieintensiven Branchen, einen substanziellen Beitrag zur Verbesserung der Energieeffizienz leisten müssen. In Folge der veränderten politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen werden auch die Märkte in einem stärkeren Maße energiesparende Produkte und energiesparende Produktionsverfahren nachfragen. Energieeffizienz dürfte sich daher zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor der Zukunft entwickeln.

Eine höhere Energieeffizienz lässt sich in der Industrie kaum durch Einzelmaßnahmen wie die Gebäudedämmung oder die Einführung von Energieeffizienzmotoren erreichen. Ursachen hierfür sind die komplexen technischen Abhängigkeiten in den Fabriken und zahlreiche konkurrierende Zielstellungen wie Produktivität, Flexibilität, Verfügbarkeit, Qualität oder Wartungsfreundlichkeit. Eine große Stärke erfolgreicher Industrieunternehmen war und ist es, solche komplexen Anforderungen in adäquate, individuell angepasste Fabrikstrukturen und Betriebsweisen zu übersetzen. Dies braucht kompetente und kreative Führungskräfte und Mitarbeiter, die künftig verstärkt auch energetisches Know-how in Planung und Betrieb von Fabriken einbringen.

Mit vorliegendem Buch soll dazu beigetragen werden, die Sensibilisierung der Unternehmen für Energiethemen zu erhöhen sowie fachliche und methodische Kompetenzen für eine stärkere Energieeffizienzorientierung beim Planen und Betreiben von Fabriken zu vermitteln. Das Buch richtet sich dabei gleichermaßen an betriebliche Entscheider, Planungs- und Betriebsingenieure und an Studierende, die in diesen Gebieten tätig werden wollen.

Die Inhalte des Buches basieren auf zahlreichen Vorarbeiten, die über viele Jahre in Forschung und Lehre an der Professur für Fabrikplanung und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Chemnitz geleistet wurden. Die Autoren danken an dieser Stelle Emeritus Prof. Dr. Dr.-Ing. Siegfried Wirth, der innerhalb der Chemnitzer Professur frühzeitig den Schwerpunkt „Fabrikökologie“ etablierte und damit eine langfristige Profilbildung ermöglichte.

Vor allem aktuell laufende und jüngst beendete Forschungsprojekte waren und sind untrennbar mit der Erarbeitung vorliegenden Buches verbunden. Ohne die großzügige Förderung dieser Projekte durch die Europäische Union\*, das Bundesministerium für Bildung und Forschung\*\* und das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst\*\*\* wären viele Recherchen, Untersuchungen und Erkenntnisgewinne nicht möglich gewesen. Ein großer Dank gebührt auch allen Projektpartnern, von deren vertrauensvoller Kooperation, hohen Kompetenz und Kreativität die wissenschaftliche Arbeit stets profitierte.

Ein besonderer Dank richtet sich an die Volkswagen Sachsen GmbH, namentlich an Herrn Horst Döhler, Leiter Werktechnik. Neben der Dissertation von Dr.-Ing. Jörg Engelmann entstand aus dieser Zusammenarbeit die bereits zum wiederholten Male durchgeführte Fachtagung „Die Energieeffiziente Fabrik in der Automobil-Industrie“. Die vielen interessanten Vorträge und Diskussionen mit den Tagungsteilnehmern waren eine weitere Quelle, aus der vorliegende Arbeit schöpfte.

Für die Ermutigung, dieses Buchprojekt in Angriff zu nehmen, danken wir Frau Eva Hestermann-Beyerle. Als Programmplanerin des Springer-Verlags gewährte sie uns gemeinsam mit Frau Birgit Kollmar-Thoni eine stete und geduldige Unterstützung.

Einen unschätzbaren Beitrag zur Fertigstellung des Buches lieferte Frau Heike Wähler. Ihr danken wir für die sorgfältige Korrektur und die wertvolle Unterstützung bei der Erstellung von Tabellen und Abbildungen. Wertvolle Beiträge lieferten auch Dr.-Ing. Sebastian Horbach, Robert Tästensen und Colin Schönfeld.

Chemnitz und Zwickau im Mai 2009

Egon Müller  
Jörg Engelmann  
Thomas Löffler  
Jörg Strauch

---

\* IEC-SME (Improving Energy Competence on SME level), gefördert im Programm Intelligent Energy Europe und betreut von der Executive Agency for Competitiveness and Innovation

\*\* Projekt PEACH (Planung und Steuerung energieeffizienter Anlagen), gefördert innerhalb des Rahmenkonzepts „Forschung für die Produktion von morgen“ und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA), Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PFT) betreut

\*\*\* eniPROD (Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovation in der Produktionstechnik), gefördert als Spitzentechnologiecluster innerhalb der Sächsischen Landesexzellenzinitiative

# Inhalt

<b>Inhalt .....</b>	<b>VII</b>
<b>Verwendete Kurzzeichen .....</b>	<b>XIII</b>
Formelzeichen .....	XIII
Einheiten .....	XV
Vorzeichen der Einheiten .....	XVI
Chemische Zeichen .....	XVII
Abkürzungen .....	XVII
<b>1 Energieeffizienz – Herausforderung an Fabriken des 21. Jahrhunderts .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation .....	1
1.2 Externe Treiber .....	3
1.2.1 Wirkungsgefüge Fabrik, Umwelt, Gesellschaft .....	3
1.2.2 Energiepreise .....	6
1.2.3 Energienachfrage .....	10
1.2.4 Energiereserven und Versorgungssicherheit .....	11
1.2.5 Energie und Umweltbelastungen .....	13
1.2.6 Energie und Politik .....	17
1.3 Interne Treiber .....	21
1.4 Status quo in Industrie und Wissenschaft .....	22
1.4.1 Energieverbrauch und Einsparpotenziale .....	22
1.4.2 Energiekompetenzen in der Industrie .....	24
1.4.3 Energieberatung .....	29
1.4.4 Energieeffizienz in den Betriebswissenschaften .....	29
1.5 Zusammenfassung .....	30
Literatur .....	32
<b>2 Beschreibungsmodelle der Fabrik .....</b>	<b>35</b>
2.1 Definition und Bedarf an Fabrikmodellen .....	35
2.2 Die Fabrik als System .....	35
2.2.1 Systemtheoretische Grundlagen .....	35
2.2.2 Definition der Fabrik als System .....	37
2.2.3 Hierarchische Ordnung der Fabrik .....	41
2.2.4 Periphere Ordnung der Fabrik .....	43
2.3 Die Fabrik in der Lieferkette .....	47
2.4 Die Fabrik – Station im Produktlebensweg .....	50
2.5 Der Fabriklebenszyklus .....	53
2.6 Führungs- und Zielsystem .....	57

2.7 Zusammenfassung .....	64
Literatur .....	65
<b>3 Energetische Grundlagen .....</b>	<b>67</b>
3.1 Physikalische Grundzusammenhänge .....	67
3.2 Energieumwandlungskette .....	72
3.3 Grundlagen ausgewählter Formen der Energie und Arbeit .....	77
3.3.1 Mechanische Energie und mechanische Arbeit .....	77
3.3.2 Thermische Energie und Wärme .....	79
3.3.3 Elektrische Energie und elektrische Arbeit .....	83
3.4 Energiewirtschaftliche Grundlagen .....	89
3.4.1 Elektrizitätswirtschaft .....	89
3.4.1.1 Struktur der Elektrizitätswirtschaft .....	89
3.4.1.2 Energiewirtschaftliche Verträge und Tarife .....	92
3.4.1.3 Netzqualität .....	97
3.4.2 Gaswirtschaft .....	101
3.5 Zusammenfassung .....	105
Literatur .....	108
<b>4 Planung energieeffizienter Fabriken.....</b>	<b>109</b>
4.1 Methodische Grundlagen der Fabrikplanung .....	109
4.1.1 Begriff und Abgrenzung .....	109
4.1.2 Vorgehensweise der Fabrikplanung .....	110
4.1.2.1 Planungsphasen .....	110
4.1.2.2 Planungsaktivitäten .....	111
4.1.2.3 Planungsschritte .....	113
4.1.3 Planungsgrundsätze .....	118
4.1.4 Energieeffizienz als neue Planungsanforderung .....	120
4.2 Integration von Energieeffizienz-Aspekten in die Fabrikplanung .....	121
4.2.1 Handlungsansätze zur Energieeffizienz-Steigerung .....	121
4.2.1.1 Überblick .....	121
4.2.1.2 Substitution der eingesetzten Energieträger .....	124
4.2.1.3 Minderung des Bedarfs an Nutzenergie .....	124
4.2.1.4 Steigerung des Wirkungsgrads .....	125
4.2.1.5 Reduktion von Verlusten .....	127
4.2.1.6 Energierückgewinnung .....	128
4.2.1.7 Weiternutzung von Anfall-Energie .....	128
4.2.2 Rückkopplung zwischen Fabrikplanung und Fabrikbetrieb .....	128
4.2.3 Simultane Produkt-, Prozess- und Anlagenplanung .....	130
4.3 Methodik zur energieeffizienzorientierten Fabrikplanung .....	131
4.3.1 Überblick .....	131
4.3.2 Planungsaktivität Systemanalyse .....	133
4.3.3 Planungsaktivität Systemkonzipierung .....	137
4.3.4 Planungsaktivität Systemsynthese und Integration .....	138
4.3.4.1 Überblick .....	138



4.3.4.2 Funktionsbestimmung.....	139
4.3.4.3 Dimensionierung.....	143
4.3.4.4 Strukturierung.....	148
4.3.4.5 Gestaltung.....	149
4.3.5 Planungsaktivität Begleitung der Systemrealisierung.....	150
4.3.6 Nutzung.....	156
Literatur.....	157
<b>5 Energierrelevante Prozesse und Anlagen.....</b>	<b>159</b>
5.1 Überblick.....	159
5.2 Anlagen zur Übertragung und Nutzung von Elektroenergie.....	160
5.2.1 Betriebliche Elektroenergieverteilung.....	160
5.2.1.1 Einspeisung und Umspannung.....	160
5.2.1.2 Blindleistungskompensation.....	166
5.2.2 Anlagen zur Elektroenergie-Anwendung.....	167
5.2.2.1 Elektromechanische Antriebe.....	167
5.2.2.2 Druckluft.....	173
5.2.2.3 Beleuchtung.....	183
5.2.2.4 Thermische Energie aus Elektroenergie.....	189
5.2.2.5 Sonstige aus Elektroenergie gewandelte Energiearten.....	190
5.2.2.6 Informations-, Kommunikations- und Steuerungstechnik.....	191
5.3 Prozesswärme.....	192
5.3.1 Anwendung.....	192
5.3.2 Erzeugung von Prozesswärme.....	194
5.3.3 Wärmerückgewinnung.....	199
5.3.4 Übertragung von Prozesswärme.....	201
5.3.5 Nutzung von Prozesswärme.....	202
5.3.6 Zusammenfassung.....	202
5.4 Prozesskälte.....	203
5.4.1 Anwendung.....	203
5.4.2 Erzeugung.....	204
5.4.3 Zusammenfassung.....	208
5.5 Heizung, Lüftung, Klimatisierung.....	208
5.5.1 Funktion.....	208
5.5.1.1 Überblick.....	208
5.5.1.2 Physiologische Anforderungen.....	210
5.5.1.3 Technologische Anforderungen.....	213
5.5.1.4 Anforderungen des Umweltschutzes.....	214
5.5.2 Planung von HLK-Anlagen.....	215
5.5.2.1 Überblick.....	215
5.5.2.2 Detaillieren der Aufgabenstellung.....	216
5.5.2.3 Minderung der Belastung.....	217
5.5.2.4 Konzeption der Lüftung.....	218
5.5.2.5 Konzeption der Heizung.....	226
5.5.3 Zusammenfassung.....	229

5.6 Gebäude .....	232
5.6.1 Überblick .....	232
5.6.2 Gebäudeanordnung und -ausrichtung .....	233
5.6.3 Gebäudegestalt .....	235
5.6.4 Gebäudezonierung .....	238
5.6.5 Gebäudekonstruktion .....	239
5.6.6 Fenster, Türen, Tore .....	246
5.6.7 Zusammenfassung .....	250
Literatur .....	252
<b>6 Analyse und Bewertung des Energieverbrauchs .....</b>	<b>255</b>
6.1 Messkonzept .....	255
6.2 Messgrößen und Messwertaufnehmer .....	261
6.3 Messwertverarbeitung .....	262
6.4 Messwertauswertung .....	264
6.4.1 Verbraucherstrukturanalyse .....	264
6.4.2 Ganglinien und Dauerlinien .....	268
6.4.3 Analyse von Realisierungschancen .....	274
6.5 Spezielle Messverfahren und Messgeräte .....	275
6.5.1 Elektroenergie .....	275
6.5.1.1 Überblick .....	275
6.5.1.2 Multimeter-Datenlogger als mobiles Universalmessgerät .....	276
6.5.1.3 Fest installierte Messgeräte .....	278
6.5.2 Druckluft .....	280
6.5.2.1 Überblick .....	280
6.5.2.2 Kalorimetrische Durchflussmessung .....	281
6.5.2.3 Ermittlung der Leckagevolumen und Leckagerate .....	282
Literatur .....	285
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>287</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>291</b>
<b>Anhang A: Checkliste Energiekompetenz .....</b>	<b>301</b>
A.0 Einführung .....	301
A.1 Stammdaten .....	302
A.2 Energieverbrauch .....	303
A.3 Elektroenergie .....	304
A.3.1 Strombezug .....	304
A.3.2 Stromeinspeisung/-transformation .....	305
A.3.3 Blindstromkompensation .....	306
A.3.4 Motoren und Antriebe .....	307
A.3.5 Druckluft .....	310
A.3.6 Beleuchtung .....	314
A.3.7 Bürotechnik, Informationsverarbeitung und -übertragung .....	316

A.4 Thermische Energie .....	317
A.4.1 Prozesswärme .....	317
A.4.2 Prozesskälte .....	318
A.4.3 Gebäudeheizung .....	320
A.4.4 Dezentrale Warmwasserbereitung .....	323
A.4.5 Raumlüftung .....	323
A.4.6 Kraft-Wärme-Kopplung .....	325
A.4.7 Wärmerückgewinnung .....	326
A.5 Erneuerbare Energien .....	326
A.6 Gebäudehülle .....	328
<b>Anhang B: Investitionsrechnung .....</b>	<b>331</b>
Literatur .....	334
<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>335</b>

# Verwendete Kurzzeichen

## Formelzeichen

---

<b>Zeichen</b>		<b>Größe</b>
$\cos \varphi$	...	Leistungsfaktor
$\alpha$	...	Wärmeübergangszahl
$\alpha$	...	Bindungsfaktor für Base-Anteil (Arbeitspreiskalkulation)
$\beta$	...	Bindungsfaktor für Peak-Anteil (Arbeitspreiskalkulation)
$\varepsilon$	...	Emissionsgrad
$\eta$	...	Wirkungsgrad, Nutzungsgrad
$\lambda$	...	Wärmeleitfähigkeit (Wärmeleitzahl)
$\mu$	...	Reibungszahl
$\mu_s$	...	Belastungsgrad
$\varphi$	...	Phasenverschiebungswinkel
$\Phi$	...	Lichtstrom
$\rho$	...	spezifischer elektrischer Widerstand
$\rho$	...	Reflexionsgrad
$\rho$	...	Rohdichte
$\omega$	...	Winkelgeschwindigkeit
$a$	...	Auszahlung
$a$	...	Beschleunigung
$A$	...	Fläche
$AP$	...	Arbeitspreis
$b$	...	Breite
$b$	...	Wärmeeindringkoeffizient
$c$	...	Schadstoffkonzentration
$c$	...	spezifische Wärmekapazität
$c_s$	...	spezifische Schmelzwärme
$c_v$	...	spezifische Verdampfungswärme
$C$	...	Wärmekapazität
$C_s$	...	Strahlungszahl des schwarzen Körpers
$d$	...	Schichtdicke
$E$	...	Beleuchtungsstärke
$e$	...	Einzahlung
$E$	...	Energie
$f_p$	...	Primärenergiefaktor
$F$	...	Frequenz
$F$	...	Kraft

---

XIV    Verwendete Kurzzeichen

---

G	...	Eigenabweichung des Messgeräts
g	...	Erdbeschleunigung
g	...	Gleichzeitigkeitsfaktor
h	...	Höhe
H <sub>S</sub>	...	Brennwert
i	...	Kalkulationszinssatz
I	...	Lichtstärke
I	...	Stromstärke
J	...	Trägheitsmoment
k	...	Bindungsfaktor
k	...	Raumfaktor
K	...	Kosten
KW	...	Kapitalwert
l	...	Länge
L	...	Indexpreis
L	...	Leuchtdichte
L <sub>LP</sub>	...	Lichtpunkthöhe
LP	...	Leistungspreis
LR	...	Leckagerate
m	...	Masse
M	...	Drehmoment
n	...	Anzahl, Stückzahl
n	...	Drehzahl
n	...	Nutzungsgrad
N	...	Nachlass
p	...	Druck
P	...	Leistung, elektrische Wirkleistung
P	...	Flickerstärke
P <sub>0</sub>	...	Leerlaufverlust (Transformator)
P <sub>el</sub>	...	elektrische Leistung
P <sub>K</sub>	...	Kurzschlussverlust (Transformator)
P <sub>r</sub>	...	Bemessungsleistung
P <sub>V</sub>	...	Verlustleistung
Q	...	Blindleistung
Q	...	Ladung
Q	...	Wärme (Wärmemenge)
Q̇	...	Wärmestrom
r	...	Radius
R	...	elektrischer Widerstand, Wärmedurchlasswiderstand
R	...	spezifische Gaskonstante
R <sub>T</sub>	...	Wärmedurchgangswiderstand

---

---

s	...	Schichtdicke
s	...	Wärmespeicherzahl
s	...	Weg
S	...	Scheinleistung
t	...	Anzahl der Perioden
t	...	Zeit
T	...	Periode
T	...	Temperatur
u	...	Momentanspannung
$\hat{u}$	...	Scheitelwert
U	...	Spannung
U	...	Wärmedurchgangskoeffizient
v	...	Geschwindigkeit
V	...	Volumen
$\dot{V}$	...	Volumenstrom
W	...	Arbeit, auch Energie
WF	...	Wartungsfaktor (früher Verminderungsfaktor)
x	...	Messwert
z	...	Anzahl
z	...	Zahlung
$z_0$	...	Gegenwartswert, Barwert

---

## Einheiten

---

<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>
°C	... Grad Celsius
€	... Euro
\$	... US-Dollar
a	... Jahr
A	... Ampere
bar	... Bar
cal	... Kalorie
cd	... Candela
d	... Tag
eV	... Elektronenvolt
g	... Gramm
h	... Stunde
Hz	... Hertz
J	... Joule

---

XVI      Verwendete Kurzzeichen

---

K	...	Kelvin
l	...	Liter
lm	...	Lumen
lux	...	Lux
m	...	Meter
m <sup>3</sup>	...	Kubikmeter
min	...	Minute
N	...	Newton
Nm	...	Newtonmeter
pm	...	Pondmeter
RÖE	...	Rohöleinheit
s	...	Sekunde
SKE	...	Steinkohleneinheiten
t	...	Tonne
toe	...	tonnes oil equivalent, Tonnen Erdöläquivalent
V	...	Volt
VA	...	Voltampere
VAh	...	Voltamperestunde
var	...	Var
W	...	Watt
Wh	...	Wattstunde
Ws	...	Wattsekunde

---

## Vorzeichen der Einheiten

---

Vorsilbe der Einheit	Vorzeichen	Faktor	Faktor in Worten
Peta	P	10 <sup>15</sup>	Billiarde
Tera	T	10 <sup>12</sup>	Billion
Giga	G	10 <sup>9</sup>	Milliarde
Mega	M	10 <sup>6</sup>	Million
Kilo	k	10 <sup>3</sup>	Tausend
Dezi	d	10 <sup>-1</sup>	Hundertstel
Zenti	c	10 <sup>-2</sup>	Zehntel
Milli	m	10 <sup>-3</sup>	Tausendstel
Mikro	μ	10 <sup>-6</sup>	Millionstel
Nano	n	10 <sup>-9</sup>	Milliardstel

---