

**Inhaltsverzeichnis**

	<b>Vorwort</b> .....	7
<b>1.</b>	<b>Grundbegriffe</b> .....	9
<b>2.</b>	<b>Zweistofflegierung</b> .....	11
2.1.	Gehalte der Bestandstoffe .....	11
2.2.	Verhältnisse zwischen den Kenngrößen .....	12
2.3.	Berechnung einer Zweistofflegierung .....	12
2.3.1.	Konventionelle Verfahren .....	12
2.3.2.	Anwendung des Verteilungsschemas .....	15
<b>3.</b>	<b>Mehrstofflegierung</b> .....	17
3.1.	Gehalte der Bestandstoffe .....	17
3.2.	Verhältnisse zwischen den Kenngrößen .....	17
3.3.	Berechenbarkeit einer Mehrstofflegierung .....	18
3.4.	Berechnung einer Mehrstofflegierung .....	19
3.4.1.	Konventionelle Verfahren .....	19
3.4.2.	Anwendung des Verteilungsschemas .....	22
3.5.	Berechnung der maximal erreichbaren Legierungsmenge .....	26
3.5.1.	Berechnung anhand von Formeln .....	26
3.5.2.	Tabellarische Berechnung .....	27
<b>4.</b>	<b>Mischung aus Zweistofflegierungen</b> .....	30
4.1.	Theoretische Grundlagen .....	30
4.2.	Berechnung .....	31
<b>5.</b>	<b>Mischung aus Mehrstofflegierungen</b> .....	36
5.1.	Theoretische Grundlagen .....	36
5.2.	Berechnung .....	37
<b>6.</b>	<b>Zweckgebundene Mischung Zweistofflegierungen</b> .....	42
6.1.	Theoretische Grundlagen – Anwendung einer linearen Gleichung .....	42
6.2.	Berechnung mittels des Mischungskreuzschemas .....	44
6.3.	Zweckgebundene Mischung mehrerer Zweistofflegierungen .....	51
6.4.	Berechnung einer Zweistofflegierung mittels des Mischungskreuzschemas .....	55
<b>7.</b>	<b>Umlegierung bei den bekannten Legierungsmengen</b> .....	61
7.1.	Theoretische Grundlagen .....	61
7.2.	Berechnung bei der Umlegierung einzelner Legierungen .....	62
7.3.	Berechnung bei der Umlegierung einer Mischung .....	70
<b>8.</b>	<b>Umlegieren ohne Berücksichtigung der Farbe</b> .....	76
8.1.	Theoretische Grundlagen .....	76
8.2.	Berechnung bei der Umlegierung einzelner Legierungen .....	78
8.2.1.	Ausführliche Berechnung mittels des tabellarischen Schemas .....	79
8.2.2.	Berechnung mittels des Mischungskreuzschemas .....	84
8.3.	Berechnung bei der Umlegierung einer Mischung .....	93
<b>9.</b>	<b>Umlegieren unter Berücksichtigung der Farbe</b> .....	98
9.1.	Theoretische Grundlagen .....	98

9.2.	Berechnung bei der Umlegierung einzelner Legierungen . . . . .	101
9.3.	Berechnung bei der Umlegierung einer Mischung . . . . .	111
<b>10.</b>	<b>Anwendung eines Gleichungssystems für das Legierungsrechnen . . . . .</b>	<b>118</b>
10.1.	Der allgemeine Fall - die zweckgebundene Mischung mehrerer Mehrstoff- legierungen unter Berücksichtigung der Farbe . . . . .	118
10.1.1.	Lösbarkeit der Aufgabe zum Legierungsrechnen mittels des Gleichungs- systems . . . . .	119
10.1.2.	Kontrolle der Systemaufstellung . . . . .	120
10.2.	Zweckgebundene Mischung zweier Zweistofflegierungen . . . . .	129
10.3.	Umlegierung einer Legierung ohne Berücksichtigung der Farbe . . . . .	131
10.4.	Umlegierung einer Legierung unter Berücksichtigung der Farbe . . . . .	135
<b>11.</b>	<b>Dichte der Legierung . . . . .</b>	<b>141</b>
11.1	Berechnung der Dichte nach den angegebenen Stoffmengen . . . . .	141
11.2	Berechnung der Dichte nach den angegebenen Stoffgehalten . . . . .	143
<b>12.</b>	<b>Preis der Legierung . . . . .</b>	<b>146</b>
12.1.	Berechnung des Preises nach den angegebenen Stoffmengen . . . . .	146
12.2.	Berechnung des Preises nach den angegebenen Stoffgehalten . . . . .	148
12.3.	Berechnung des Preises eines reinen Metalls nach seinem Kurspreis . . . . .	149
<b>13.</b>	<b>Die Genauigkeit der Legierungsherstellung . . . . .</b>	<b>151</b>
13.1.	Die Genauigkeit der Herstellung aus reinen Metallen . . . . .	151
13.1.1.	Theoretische Grundlagen . . . . .	151
13.1.1.1.	Die tatsächliche Legierungsmenge . . . . .	152
13.1.1.2.	Die Genauigkeit der Legierungsmenge . . . . .	153
13.1.1.3.	Der tatsächliche Stoffgehalt . . . . .	153
13.1.1.4.	Die Genauigkeit des Stoffgehaltes . . . . .	154
13.1.1.5.	Die Näherungsermittlung der Gehaltsabweichung . . . . .	155
13.1.2.	Berechnung der Genauigkeit der Herstellung aus reinen Metallen . . . . .	156
13.2.	Die Genauigkeit der Herstellung durch Verschmelzung mehrerer Legierungen . . . . .	167
13.2.1.	Theoretische Grundlagen . . . . .	167
13.2.1.1.	Die tatsächliche Legierungsmenge . . . . .	168
13.2.1.2.	Die Genauigkeit der Legierungsmenge . . . . .	168
13.2.1.3.	Der tatsächliche Stoffgehalt . . . . .	169
13.2.1.4.	Die Genauigkeit des Stoffgehaltes . . . . .	170
13.2.1.5.	Die Näherungsermittlung der Gehaltsabweichung . . . . .	171
13.2.2.	Berechnung der Genauigkeit der Herstellung durch Verschmelzung mehrerer Legierungen . . . . .	173
<b>14.</b>	<b>Übersicht der Verfahren des Legierungsrechnens . . . . .</b>	<b>187</b>
<b>Anhang 1.</b>	Formelableitung . . . . .	194
<b>Anhang 2.</b>	Grundlagen Dreisatzrechnung . . . . .	195
<b>Anhang 3.</b>	Grundlagen Proportion . . . . .	197
<b>Anhang 4.</b>	Zusammensetzung der gebräuchlichen Legierungen (mit den wirklichen und errechneten Dichten) . . . . .	199

**Aufgabenverzeichnis** ..... 202  
**Literaturverzeichnis/Quellen** ..... 208

**CD - Inhaltsverzeichnis**

**Excel - Programme**

Programm 1. Umrechnung der Gehaltseinheiten  
Programm 2. Berechnung einer Zweistofflegierung  
Programm 3.1. Berechnung einer Dreistofflegierung  
Programm 3.2. Herstellung einer Legierung aus vorhandenen Metallen  
Programm 4-5. Berechnung einer Mischung  
Programm 6. Zweckgebundene Mischung zweier Zweistofflegierungen  
Programm 7. Umlegierung bei bekannten Legierungsmengen  
Programm 8-9.1. Umlegierung ohne bzw. unter Berücksichtigung der Farbe.  
Menge der Ziellegierung gesucht  
Programm 8-9.2. Umlegierung ohne bzw. unter Berücksichtigung der Farbe.  
Menge der Ausgangslegierung gesucht  
Programm 10. Legierungsrechnen mittels eines Gleichungssystems  
Programm 11.1. Berechnung der Dichte einer Legierung nach angegebenen Stoffmengen  
Programm 11.2. Berechnung der Dichte einer Legierung nach angegebenen Stoffgehalten  
Programm 12.1. Berechnung des Preises einer Legierung nach angegebenen Stoffmengen  
Programm 12.2. Berechnung des Preises einer Legierung nach angegebenen Stoffgehalten  
Programm 12.3. Berechnung des Preises eines reinen Metalls nach seinem Kurspreis  
Programm 13.1.1. Genauigkeit der Herstellung aus reinen Metallen. Arbeitsprogramm  
Programm 13.1.2. Genauigkeit der Herstellung aus reinen Metallen. Trainingsprogramm  
Programm 13.2.1. Herstellungsgenauigkeit bei Legierungsverschmelzung. Arbeitsprogramm  
Programm 13.2.2. Herstellungsgenauigkeit bei Legierungsverschmelzung.  
Trainingsprogramm

**Kopiervorlagen**

Formular 1. Berechnung Zweistofflegierungen  
Formular 2. Berechnung Mehrstofflegierungen mit bis zu 3 Bestandstoffen  
Formular 3. Berechnung Mehrstofflegierungen mit bis zu 5 Bestandstoffen  
Formular 4. Berechnung der Dichte einer Legierung nach angegebenen Stoffmengen  
Formular 5. Berechnung der Dichte einer Legierung nach angegebenen Stoffgehalten  
Formular 6. Berechnung des Preises einer Legierung nach angegebenen Stoffmengen  
Formular 7. Berechnung des Preises einer Legierung nach angegebenen Stoffgehalten  
Formular 8. Berechnung der Genauigkeit bei Herstellung aus reinen Metallen  
Formular 9. Berechnung der Herstellungsgenauigkeit bei Legierungsverschmelzung

**Nachschlagestoff**

Nachschlagestoff 1. Verhältnisse zwischen Gehalteinheiten  
Nachschlagestoff 2. Zusammensetzung und Dichte der gebräuchlichen Legierungen  
Nachschlagestoff 3. Dichte und Preis reiner Metalle  
Nachschlagestoff 4. Formelsammlung  
Nachschlagestoff 5. Berechnungsschemata

## 8. Umlegierung ohne Berücksichtigung der Farbe

Unter Umlegierung einer Legierung ohne Berücksichtigung der Farbe wird folgende Aufgabenstellung verstanden: es soll festgestellt werden, welcher Stoff (Fein- oder Zusatzstoff) und wie viel von diesem zu der Ausgangslegierung (bzw. zu den Ausgangslegierungen), deren Feingehalt angegeben ist, hinzugefügt werden muss, um eine Ziellegierung mit dem benötigten Feingehalt zu erhalten. Dabei wird vorausgesetzt, dass aus der bestimmten Menge der Ausgangslegierung eine möglichst kleine Menge der Ziellegierung erzeugt werden muss. Das garantiert, dass die Umlegierung durch Zugabe der kleinsten Menge nur eines der zwei Bestandstoffe hergestellt wird.

Wichtig ist, dass bei Umlegierung ohne Berücksichtigung der Farbe eine genaue Zusammensetzung der Zusatzstoffe (falls von diesen mehr als einer in der Ausgangslegierung vorhanden ist) nicht von Bedeutung ist, denn nur der Feingehalt ist relevant. Deshalb wird der Zusatzgehalt bei der Umlegierung ohne Berücksichtigung der Farbe immer als Differenz aus „Eins“ und dem Feingehalt unabhängig von der Zusammensetzung der beteiligten Legierungen ermittelt.

Bezüglich der beteiligten Mengen sind in der Praxis drei Aufgabenstellungen für die Aufgabe zur Umlegierung ohne Berücksichtigung der Farbe möglich (die Feingehalte für die beteiligten Legierungen sind stets angegeben):

**Aufgabenstellung 1.** Berechnung der für die Umlegierung benötigten Menge des hinzuzufügenden Stoffes und der während der Umlegierung entstehenden Menge der Ziellegierung nach der angegebenen Menge der Ausgangslegierung

**Aufgabenstellung 2.** Berechnung der für die Umlegierung benötigten Menge des hinzuzufügenden Stoffes und der für die Umlegierung notwendigen Menge der Ausgangslegierung nach der angegebenen, erforderlichen Menge der Ziellegierung

**Aufgabenstellung 3.** Berechnung der für die Umlegierung notwendigen Menge der Ausgangslegierung und der während der Umlegierung entstehenden Menge der Ziellegierung nach der zur Verfügung stehenden Menge des zuzufügenden Stoffes.

### 8.1. Theoretische Grundlagen

Für die Begründung des rechnerischen Verfahrens der Umlegierung ohne Berücksichtigung der Farbe ist zu beachten, dass keiner der Bestandstoffe aus der Legierung entnommen werden kann. Infolgedessen hat es keinen Sinn, die Menge des Bestandstoffes, dessen Gehalt reduziert werden muss (des sog. *fallenden Stoffes*), zu verändern (die Entnahme ist unmöglich und die Zugabe hat keinen Sinn, weil der Gehalt reduziert werden muss). Unter dieser Voraussetzung kann der angestrebte Gehalt des fallenden Stoffes an der Ziellegierung durch die angebrachte Erhöhung der Legierungsmenge bei der unveränderten Menge dieses Stoffes erreicht werden. Dabei entsteht zwangsläufig der erforderliche Gehalt auch des zweiten sog. *steigenden Stoffes* - des Bestandstoffes, dessen Gehalt vergrößert werden muss, denn die beiden Stoffgehalte einer Zweistofflegierung ergeben zusammen stets eine „Eins“. Diese Erhöhung der Legierungsmenge kann nur durch Zugabe einer bestimmten Menge des steigenden Stoffes durchgeführt werden. Das bedeutet nun eigentlich, dass der fallende Stoff durch die Erhöhung der gesamten Legierungsmenge bis auf den erforderlichen Gehalt verdünnt wird, ohne seine Menge zu verändern. Diese Auffassung ist die Grundlage für die Auflösung der vorliegenden Aufgabe.

Man gehe davon aus, dass, wie oben erwähnt, die Mengen des fallenden Stoffes sowohl in der Ausgangslegierung, als auch in der Ziellegierung bei der Umlegierung einander gleichen:

$$m_{f,a} = m_{f,n}, \quad (8.1)$$

wobei  $m_{f,a}$  und  $m_{f,n}$  die Mengen des fallenden Stoffes jeweils in den Ausgangs- und Ziellegierung sind.

Werden die Stoffmengen  $m_{f,a}$  und  $m_{f,n}$  durch die jeweiligen Gehalte und Legierungsmengen aufgrund der Formel (3.2) ausgedrückt, so ergibt sich:

$$m_{f,a} = g_{f,a} \times m_{La}; \quad m_{f,n} = g_{f,n} \times m_{Ln}, \quad (8.2)$$

wobei  $g_{f,a}$ ,  $g_{f,n}$  die Gehalte des fallenden Stoffes jeweils an der Ausgangs- und Ziellegierung und  $m_{La}$ ,  $m_{Ln}$  die Legierungsmengen jeweils der Ausgangs- und Ziellegierung sind.

Werden die Formeln (8.2) aufgrund (8.1) gleichgesetzt:

$$g_{f,n} \times m_{Ln} = g_{f,a} \times m_{La},$$

so ergibt sich das Verhältnis zwischen den Mengen der Ausgangs- und Ziellegierung, die die notwendige Verdünnung des fallenden Stoffes und dadurch die erforderlichen Stoffgehalte an der Ziellegierung gewährleistet:

- bei der gesuchten Menge der Ziellegierung (Aufgabenstellung 1):

$$m_{Ln} = \frac{g_{f,a}}{g_{f,n}} \times m_{La} = d_f \times m_{La}, \quad (8.3)$$

- bei der gesuchten Menge der Ausgangslegierung (Aufgabenstellung 2):

$$m_{La} = \frac{g_{f,n}}{g_{f,a}} \times m_{Ln} = \frac{m_{Ln}}{d_f}, \quad (8.4)$$

wobei das Verhältnis 
$$d_f = \frac{g_{f,a}}{g_{f,n}} \quad (8.5)$$

zeigt, um ein Wievielfaches der Gehalt des fallenden Stoffes reduziert werden muss. Diese Kennzahl wird weiter **Verdünnungsfaktor** oder einfach **Verdünnung** genannt.

Die Formeln (8.3), (8.4) veranschaulichen eigentlich den offensichtlichen Zusammenhang zwischen dem Gehalt und der Legierungsmenge, der unmittelbar aus der Formel (3.1) nachvollziehbar ist:

je größer die Legierungsmenge ist, umso niedriger ist der Gehalt des Bestandstoffes, dessen Stoffmenge in dieser Legierung konstant bleibt (eine umgekehrte Abhängigkeit).

Die für die Umlegierung notwendige, hinzuzufügende Stoffmenge (**Zuschussmenge**  $m_{Zs}$ ) ist die Differenz der in der Ausgangslegierung vorhandenen und für die Ziellegierung notwendigen Mengen des steigenden Stoffes:

$$m_{Zs} = m_{s,n} - m_{s,a}, \quad (8.6)$$

wobei  $m_{s,a}$  und  $m_{s,n}$  die Stoffmengen des steigenden Stoffes jeweils in der Ausgangs- und Ziellegierung sind.

Wird  $m_{Ln}$  aus (8.3) in (8.6) eingesetzt, so entsteht die endgültige Formel für die Berechnung der Zuschussmenge bei der angegebenen Menge der Ausgangslegierung (Aufgabenstellung 1):