

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
1. Grundbegriffe	9
2. Zweistofflegierung	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
3. Mehrstofflegierung	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
4. Mischung aus Zweistofflegierungen	30
4.1. Theoretische Grundlagen	30
4.2. Berechnung	31
5. Mischung aus Mehrstofflegierungen	36
5.1. Theoretische Grundlagen	36
5.2. Berechnung	37
6. Zweckgebundene Mischung Zweistofflegierungen	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
7. Umlegierung bei den bekannten Legierungsmengen	61
7.1. Theoretische Grundlagen	61
7.2. Berechnung bei der Umlegierung einzelner Legierungen	62
7.3. Berechnung bei der Umlegierung einer Mischung	70
8. Umlegieren ohne Berücksichtigung der Farbe	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
9. Umlegieren unter Berücksichtigung der Farbe	98
9.1. Theoretische Grundlagen	98

9.2.	Berechnung bei der Umlegierung einzelner Legierungen	101
9.3.	Berechnung bei der Umlegierung einer Mischung	111
10.	Anwendung eines Gleichungssystems für das Legierungsrechnen	118
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
11.	Dichte der Legierung	141
11.1	Berechnung der Dichte nach den angegebenen Stoffmengen	141
11.2	Berechnung der Dichte nach den angegebenen Stoffgehalten	143
12.	Preis der Legierung	146
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
13.	Die Genauigkeit der Legierungsherstellung	151
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
14.	Übersicht der Verfahren des Legierungsrechnens	187
Anhang 1.	Formelableitung	194
Anhang 2.	Grundlagen Dreisatzrechnung	195
Anhang 3.	Grundlagen Proportion	197
Anhang 4.	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:

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

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

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

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

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):

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

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

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

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 $m_{L,n}$ 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):