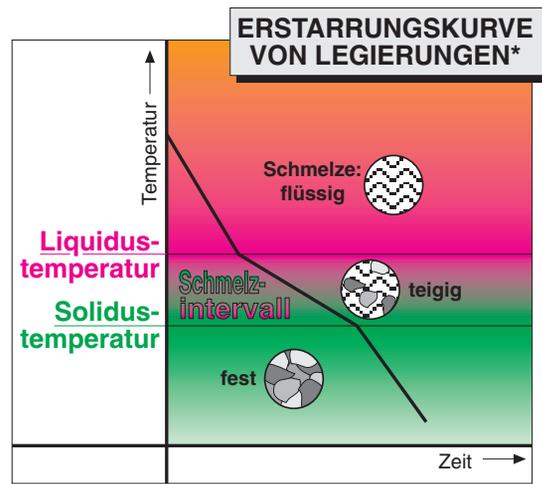


Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5		
Naturwissenschaftliche Grundlagen			
Einführung	12	Palladium	118
Gemenge (Gemische)	13	Rhodium	120
Elemente (Grundstoffe)	14	Ruthenium	121
Aufbau der Materie – Atomaufbau	15	Iridium	122
Periodensystem der Elemente (PSE)	18	Osmium	123
Chemische Bindung	22	Aluminium	124
		Antimon	126
		Blei	127
		Cadmium	129
		Cobalt	130
		Eisen	131
		Kupfer	133
		Nickel	136
		Quecksilber	138
		Titan	140
		Wismut	143
		Wolfram	144
		Zink	145
		Zinn	147
		Anhang 1: Tabellarische Übersicht	149
		Anhang 2: Graphische Übersicht	150
Hilfsstoffe			
Säuren	30		
Basen und Laugen	36		
Salze	38		
Sonstige Hilfsstoffe	42		
Gefahrstoffe	43		
Metallurgische Grundlagen			
Aufbau der Metalle	50		
Aufbau von Legierungen	55		
Zustandsschaubilder	60		
Werkstoffprüfung	68		
Gefügeänderung beim Umformen	73		
Glühen	76		
Härten von Edelmetalllegierungen	82		
Oxidation	86		
Korrosion	92		
Grundbegriffe der Metallgewinnung	98		
Legierungen			
		Technische Grundlagen	152
		Rechtliche Grundlagen – Stempelung	153
		Silberlegierungen	160
		Farbgoldlegierungen Teil 1	164
		Farbgoldlegierungen Teil 2	170
		Weißgold	177
		Platinlegierungen	181
		Palladiumlegierungen	186
		Kupferlegierungen	190
		Double und Triplé	197
		Eisenwerkstoffe	200
Reine Metalle			
Edelmetalle	100		
Gold	104		
Silber	110		
Platin	114		
		Fachliteratur	209



* Prinzipdarstellung: Je nach Legierungsart können weitere Knickpunkte vorhanden sein; eutektische Legierungen haben – wie reine Metalle – einen Schmelzpunkt, also kein Schmelzintervall

nigt die Legierungskomponenten nicht dauerhaft, sie entmischen sich schneller, als sie erstarren können. Vergleichbar ist dieses Verhalten mit dem von Öl und Wasser (Emulsion), man kann stets größere Öltröpfchen auf dem Wasser schwimmen sehen. Jedes Metall erstarrt für sich, das feste Stück kann nicht als Legierung bezeichnet werden, da es stets ganze Bereiche enthält, die nur aus jeweils einem Stoff bestehen. Als dritte Möglichkeit gibt es noch den Mittelweg zwischen vollkommener Löslichkeit und vollkommener Unlöslichkeit: Die teilweise Löslichkeit. Auch wenn zwei Stoffe in der Schmelze jeweils vom anderen Stoff nur eine begrenzte Menge lösen (begrenzte Löslichkeit), entsteht keine homogene Schmelze. Da bei der Erstarrung und Abkühlung das Lösungsvermögen noch geringer wird, findet dabei eine weitere Entmischung statt. Es entsteht auch in diesem Fall keine Legierung. Trotzdem nutzt man sowohl die vollkommene Unlöslichkeit (z.B. Ag-Fe) als auch die begrenzte Löslichkeit (z.B. Ag-Ni, Ag löst max. 0,4% Ni, Ni höchstens 2% Ag) technisch aus: Versilberte Lagerschalen verbessern z.B. den Notlauf von Hubschrauberrotoren, da Silber und Stahl (d.h. Eisen) beim Ausfall des Schmiersystems praktisch nicht verschmelzen; Nickelzusätze verbessern die Feinkörnigkeit von Silberlegierungen, weil die ungelösten Nickelanteile als Kristallisationskeime wirken (»Feinkornsilber« mit 0,15% Ni, eine wichtige Silberlegierung für technische Zwecke).

Legierungsarten

Die wesentlichen Unterschiede zwischen dem Aufbau von reinen Metallen und Legierungen zeigen sich erst im festen Zustand. Obwohl die Komponenten in der Schmelze eine vollkommene Löslichkeit aufweisen müssen, um für eine Legierung fein genug durchmischt zu sein, kann sich dies während der Erstarrung oder bei der nachfolgenden Abkühlung auf Raumtemperatur ändern. Es bestehen im festen Zustand ebenfalls die drei grundsätzlichen Möglichkeiten, wie in der Schmelze:

- vollkommene Unlöslichkeit,
- begrenzte Löslichkeit oder
- vollkommene Löslichkeit.

Unter der Löslichkeit im festen Zustand ist dabei die Fähigkeit der Legierungspartner zu verstehen, gemeinsame Kristallite, sogenannte Mischkristalle aufzubauen. Bilden sich unterschiedlich zusam-

mengesetzte Kristallarten aus, ist dies unter dem Mikroskop zu erkennen. Entstehen jedoch lauter gleichartige, unterscheidet sich das Gefügebild praktisch nicht vom reinen Metall. Die Löslichkeit zweier Legierungsmetalle im festen Zustand hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Aufbau der Legierungspartner: Je ähnlicher sie sich sind, desto leichter fällt es ihren Atomen, ein gemeinsames Gitter aufzubauen. Eine hohe Löslichkeit weisen i.d.R. Metalle mit gleichen Gittertypen und ganz besonders solche mit ähnlichen Atom- bzw. Ionenradien auf.
- Mengenverhältnis der Metalle in der Legierung: Je mehr Zusätze einem Grundmetall zulegiert werden, desto schwieriger wird es für dieses, die Fremdatome in sein Gefüge einzubauen.
- Temperatur: In aller Regel sinkt die Löslichkeit mit abnehmender Temperatur. Dies lässt sich mit den immer enger werdenden Platzverhältnissen in den Kristalliten infolge der Schrumpfung beim Abkühlen erklären. Dadurch wird der Einbau ungleichgroßer Fremd-atome in das Gitter des Grundmetalls zunehmend erschwert. Man denke zur Veranschaulichung an das stark unterschiedliche Lösungsvermögen zwischen kaltem und heißem Wasser für Kochsalz.

Erstarrt eine Schmelze mit völliger Löslichkeit, so kann diese Löslichkeit auch noch im festen Zustand vorhanden sein. In diesem Fall haben die verschiedenen Metallatome gemeinsame Kristallite aufgebaut. Diese bezeichnet man als Mischkristalle (korrekt wäre die Bezeichnung Mischkristallit). Der Gittertyp ist der des Legierungspartners, der die meisten Atome des Kristalliten stellt, er prägt damit dem Mischkristall im wesentlichen seine Eigenschaften auf. Man beachte dabei aber den Unterschied zwischen Mengen-anteilen nach Masse (Gewicht) und Atomen. Eine Rotgoldlegierung z.B. aus 75% Gold und 25% Kupfer (Gewichtsprozent, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben) besteht nur zu 50% aus Goldatomen. Die lediglich 25 Gewichts-% Kupfer machen ebenfalls 50% der Legierungsatome aus, weil das Atomgewicht des Kupfers und damit auch seine Dichte (8,9 g/cm³) wesentlich geringer ist als die des Goldes (Dichte 19,3 g/cm³). Gleichviele Goldatome besitzen demnach eine höhere Masse als die Kupferatome.

Bei vollkommener Löslichkeit besitzt jeder einzelne Kristallit nahezu dieselbe Zusammensetzung*), diese entspricht derjenigen der gesamten Legierung. Daher bezeichnet man derartige Legierungen als homogen. Wenn die Löslichkeit der Metalle füreinander hoch genug ist bzw. ihr Mengenverhältnis es gestattet, kann die Legierung bis zur Raumtemperatur unverändert bleiben. Andernfalls kann später noch eine Entmischung stattfinden, aus der vollkommenen wird eine begrenzte Löslichkeit. Homogene Legierungen ähneln stark dem mengenmäßig am stärksten vertretenen reinen Metall und zeichnen sich tendenziell durch folgende Eigenschaften aus:

- gut verformbar, weil an jeder Stelle derselbe Verformungswiderstand vorhanden ist; auch harte, spröde Zusatzmetalle machen sich nur wenig bemerkbar, solange ihre Atome in der

Minderzahl sind und ein Grundgitter aus dem weichen und zähen Legierungspartner vorliegt

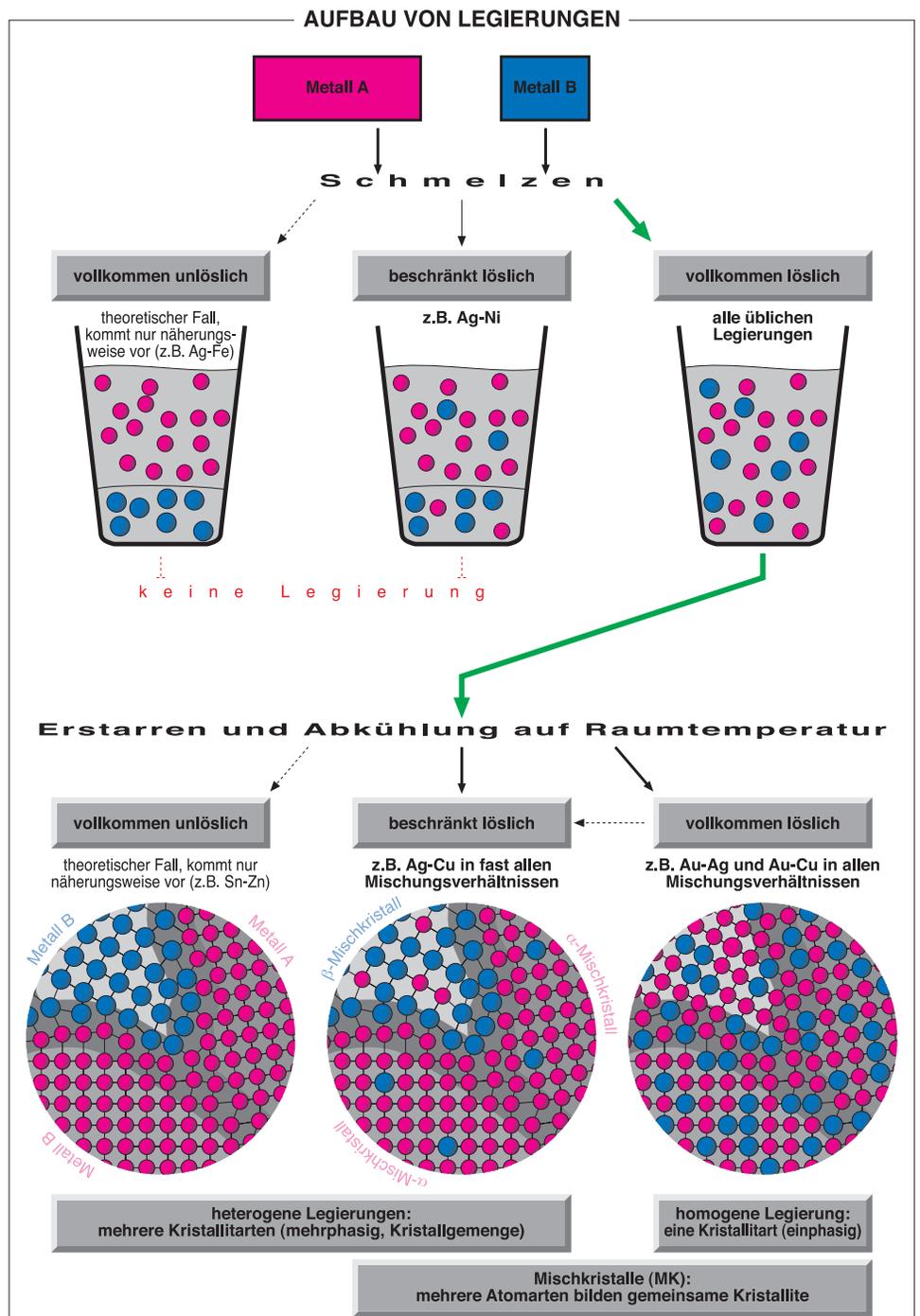
- schlecht zerspanbar, wenn ein zäher und damit schmierend wirkender Legierungspartner das Grundgerüst für die Mischkristalle liefert: lange Späne, schlechte Oberflächenqualität, starke Erhitzung und hoher Werkzeugverschleiß sind die Folge
- gute chemische Beständigkeit, da keine interkristalline Korrosion auftritt (vgl. Abschnitt »Korrosion«)
- das Schmelzintervall der Legierung liegt meist im Bereich zwischen den Schmelzpunkten der Ausgangsmetalle (je nach Mengenanteil näher beim einen oder beim anderen)
- hoher elektrischer Widerstand, weil die Fremdatome im Gitter die Bewegung der freien Elektronen stark behindern (elektrischer Strom = bewegte Ladungsträger, meist Elektronen)

Homogene Legierungen werden daher bevorzugt eingesetzt, wenn bei der Verarbeitung das Umformen (Walzen, Ziehen usw., vgl. Kapitel »Umformen«) im Vordergrund steht. Besonders dazu geeignete Legierungen nennt man auch »Knetlegierungen«.

Das Gegenteil der homogenen Legierungen sind Legierungen mit völliger Unlöslichkeit im festen Zustand. Bei diesen bleiben die Atome jedes Metalls völlig unter sich, jedes Metall baut seine eigenen Kristallite auf. Da sich die einzelnen Kristallitsorten unter dem Mikroskop voneinander unterscheiden lassen, spricht man von heterogenen oder mehrphasigen Legierungen (zweiphasig, dreiphasig usw., jede Kristallitsorte stellt eine Legierungsphase dar). Legierungen mit vollkommener Unlöslichkeit im festen Zustand gibt es zwar nur theoretisch (wie auch die vollkommene Unlöslichkeit in der Schmelze), weil stets einige Atome der einen Sorte ihren Weg in die Kristallite des anderen Metalls finden. Manche Metallpaarungen kommen aber der vollkommenen Unlöslichkeit sehr nahe. Sich damit zu befassen lohnt sich hauptsächlich deshalb, weil sich Erkenntnisse und Begriffe von diesen auf andere Legierungsarten übertragen lassen. Außerdem ist interessant, dass sich die prinzipiellen Eigenschaften solcher Legierungen so radikal von denen der homogenen unterscheiden. Meist sind sie:

- schlecht verformbar, weil die Kristallite des spröderen Legierungspartners der Belastung nicht standhalten
- gut zerspanbar, weil kurze Späne entstehen; der Span bricht ab, wenn der Schneidkeil (vgl. Kapitel »Trennen«) auf einen Kristallit des spröderen Legierungspartners trifft
- im Vergleich zu den Schmelzpunkten der reinen Metalle weisen sie ein deutlich niedriger liegendes Schmelzintervall auf, weil sich die verschiedenen Metalle beim Erstarren stark behindern; bis jedes Atom »seine« Kristallitsorte gefunden hat, vergeht einige Zeit, wobei die Temperatur durch die Wärmeabgabe an die Umgebung absinkt
- gute elektrische Leitfähigkeit, der Strom »bahnt« sich seinen Weg durch die besser leitende Kristallitart

Legierungen mit völliger Unlöslichkeit im festen Zustand werden daher bevorzugt als Gusslegie-



*) Die genaue Zusammensetzung der Kristallite pendelt etwas um die Mischung der Gesamtlegierung. Die zuerst gebildeten Kristallite unterscheiden sich von den zuletzt kristallisierten. Da die Erstarrung des Werkstücks i.d.R. von außen nach innen erfolgt, kann dies zu einer deutlichen Zonenbildung führen. In der Gießereifachsprache nennt man diese Erscheinung »Seigerung« (vgl. Kapitel »Urformen«). Bei homogenen Legierungen lässt sich die Seigerung durch Glühen bei Temperaturen dicht unter dem Solidus nahezu vollständig beseitigen – ausreichend lange Glühzeiten vorausgesetzt, die technisch oder wirtschaftlich jedoch nicht immer machbar sind (entsprechende Glührichtungen erforderlich, Oxidationsgefahr etc.). Diese Art des Glühens wird entsprechend seiner Wirkung als Diffusionsglühen bezeichnet (vgl. Abschnitt »Glühen«): Die Atome wandern infolge der Wärmebewegung (= diffundieren) so zwischen den Kristalliten, dass die Zusammensetzungsunterschiede ausgeglichen werden.