

# Auf einen Blick

<b>Über den Autor</b> .....	<b>11</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>25</b>
<b>Teil I: Ausgewählte Grundlagen als Basis</b> .....	<b>29</b>
<b>Kapitel 1:</b> Von Atomen, Bindungen und Kristallen: Werkstoffe sind wunderschön ...	31
<b>Kapitel 2:</b> Einige Eigenschaften von Werkstoffen, die Sie kennen sollten .....	51
<b>Kapitel 3:</b> Manche mögen's heiß: Thermisch aktivierte Vorgänge .....	75
<b>Kapitel 4:</b> Legierungsbildung und Zustandsdiagramme: Berühmt, berüchtigt, gefürchtet. ....	97
<b>Kapitel 5:</b> Legierungssystem Eisen-Kohlenstoff, Basis für alle Eisenwerkstoffe .....	127
<b>Teil II: Die wichtigsten Methoden der Werkstoffprüfung</b> .....	<b>149</b>
<b>Kapitel 6:</b> Anspruchsvoller, als viele glauben: Der Zugversuch .....	151
<b>Kapitel 7:</b> Hart, aber fair: Die Härteprüfung .....	167
<b>Kapitel 8:</b> Das unbekannte Wesen: Die Kerbschlagbiegeprüfung .....	183
<b>Kapitel 9:</b> Unermüdlich: Die Schwingfestigkeitsprüfung .....	197
<b>Kapitel 10:</b> Blick ins Innerste: Die Metallografie .....	211
<b>Kapitel 11:</b> Macht nichts kaputt: Die zerstörungsfreie Prüfung .....	229
<b>Teil III: Eisen und Stahl, noch lange kein Alteisen</b> .....	<b>257</b>
<b>Kapitel 12:</b> Stahlherstellung – der Weg vom Erz zum Stahl .....	259
<b>Kapitel 13:</b> Nomen est omen: Die normgerechte Bezeichnung der Eisenwerkstoffe ...	267
<b>Kapitel 14:</b> Von heißen Öfen und kühlen Bädern: Die Wärmebehandlung der Stähle ..	279
<b>Kapitel 15:</b> Stahlgruppen, die unendliche Vielfalt .....	321
<b>Kapitel 16:</b> Eisengusswerkstoffe, genauso vielfältig wie die Stähle .....	373
<b>Teil IV: Was es außer den Eisenwerkstoffen noch Hochinteressantes gibt</b> .....	<b>391</b>
<b>Kapitel 17:</b> Nichteisenmetalle .....	393
<b>Kapitel 18:</b> Anorganische nichtmetallische Werkstoffe und was sich dahinter verbirgt .....	419
<b>Kapitel 19:</b> Nicht mehr wegzudenken: Die Kunststoffe .....	437
<b>Teil V: Der Top-Ten-Teil</b> .....	<b>457</b>
<b>Kapitel 20:</b> Zehn Tipps für ein erfolgreiches Studium .....	459
<b>Glossar</b> .....	<b>463</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>479</b>



# Inhaltsverzeichnis

<b>Über den Autor</b> .....	<b>11</b>
Danksagung .....	11
<b>Einleitung</b> .....	<b>25</b>
Über dieses Buch .....	25
Konventionen in diesem Buch .....	26
Was Sie nicht lesen müssen .....	26
Törichte Annahmen über den Leser .....	26
Wie dieses Buch aufgebaut ist .....	26
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden .....	27
Filme, die es zu diesem Buch gibt .....	28
Ein Buch, das es zu diesem Buch gibt .....	28
Wie es weitergeht .....	28
<b>TEIL I</b>	
<b>AUSGEWÄHLTE GRUNDLAGEN ALS BASIS</b> .....	<b>29</b>
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Von Atomen, Bindungen und Kristallen: Werkstoffe sind wunderschön</b> .....	<b>31</b>
Bindungen zwischen den Atomen, fast wie bei den Menschen .....	31
Atome im Werkstoff .....	32
Die Bindungskräfte .....	32
Das Besondere .....	34
Und das sind die Auswirkungen in der Praxis .....	35
Alles eine Frage der Ordnung: Die wichtigsten Atomanordnungen .....	35
Regellose Anordnung der Atome – es lebe das Chaos .....	35
Regelmäßige Anordnung der Atome – es lebe die Ordnung .....	36
Polymorphie bei Kristallen, die unglaublichen Vorgänge im Inneren .....	39
Kristallbaufehler: Nichts ist perfekt .....	41
Nulldimensionale (punktförmige) Kristallbaufehler .....	42
Eindimensionale (linienförmige) Kristallbaufehler .....	45
Zweidimensionale (flächenförmige) Kristallbaufehler .....	47
Einkristall und Vielkristall im Alltag .....	49

## 16 Inhaltsverzeichnis

<b>Kapitel 2</b>	
<b>Einige Eigenschaften von Werkstoffen, die Sie kennen sollten</b>	<b>51</b>
Wärmeausdehnung, eine Frage der Temperatur	51
Schmieden Sie die Wärmeausdehnungsgleichung	52
Der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient	53
Die Logik dahinter	54
Die Bedeutung in der Praxis	55
Elektrische Leitfähigkeit, eine Frage des Durchkommens	56
Schmieden Sie das ohmsche Gesetz	57
Die elektrische Leitfähigkeit der metallischen Werkstoffe	59
Die Logik dahinter	61
Blick in die Praxis	61
Wärmeleitfähigkeit, auch eine Frage des Durchkommens	62
Mechanismus der Wärmeleitung	62
Schmieden Sie die Wärmeleitungsgleichung	63
Die Wärmeleitfähigkeit der metallischen Werkstoffe	65
Die Logik dahinter	66
Blick in die Praxis	67
Elastische Verformung, eine Frage des Federns	67
Das hookesche Gesetz, uralte und doch modern	68
Der Elastizitätsmodul	70
Praktische Bedeutung	72
Plastische Verformung, eine Frage bleibender Formänderung	73
<b>Kapitel 3</b>	
<b>Manche mögen's heiß: Thermisch aktivierte Vorgänge</b>	<b>75</b>
Werkstoffe, die wechselwarmen Tiere	75
So »denkt« die Natur	75
Die Sache mit der Aktivierungsenergie und der Temperatur	77
Ein bisschen Physik und Mathe	78
Freud und Leid	78
Diffusion: Und sie bewegen sich doch	79
Mechanismen der Diffusion – gewusst wie	79
Die praktische Bedeutung	80
Erholung und Rekristallisation: Der Werkstoff lebt	81
Vorgänge im Inneren	81
Etwas Wissenschaft muss sein	84
Warum es die Werkstoffe tun	84
Notwendige Bedingungen	86
Entscheidend ist, was hinten rauskommt ...	87
Praktische Bedeutung	89
Kriechen und Spannungsrelaxation: Nichts ist für die Ewigkeit	89
Jetzt geht's ans Kriechen	90
Spannungsrelaxation, die Entspannung naht	95

<b>Kapitel 4</b>	
<b>Legierungsbildung und Zustandsdiagramme:</b>	
<b>Berühmt, berüchtigt, gefürchtet</b> .....	<b>97</b>
Grundbegriffe: Die müssen sein .....	97
Der Begriff Legierung .....	98
Der Begriff chemische Zusammensetzung oder Konzentration .....	99
Der Begriff Phase .....	99
Der Begriff Mischkristall .....	100
Der Begriff Zustandsdiagramm .....	101
Das eine Extrem: Unlöslichkeit im flüssigen und festen Zustand .....	103
Ein konkretes Zustandsdiagramm als Beispiel .....	104
Eine ausgewählte Legierung .....	105
Hinweise für die Cracks .....	105
Die Anwendung ist hier selten .....	105
Das andere Extrem: Völlige Löslichkeit im flüssigen und festen Zustand .....	106
Wieder ein konkretes Zustandsdiagramm als Beispiel .....	106
Münzfälscher .....	108
Der Unterschied macht's .....	110
Ausbalanciert .....	111
Bis die Atome sichtbar werden .....	112
Praktische Bedeutung .....	114
Der Kompromiss: Völlige Löslichkeit im flüssigen, teilweise Löslichkeit im festen Zustand .....	115
Von Bekanntem zu Neuem .....	116
Wieder ein konkretes Zustandsdiagramm als Beispiel .....	118
Wie es weitergeht .....	122
Die Faszination und Anwendung der eutektischen Legierungen .....	123
Mut zur Lücke .....	123
Die Praxis: Beispiele von Zustandsdiagrammen .....	123
Ausblick .....	126
<b>Kapitel 5</b>	
<b>Legierungssystem Eisen-Kohlenstoff,</b>	
<b>Basis für alle Eisenwerkstoffe</b> .....	<b>127</b>
Erst einmal reines Eisen .....	127
So kommt die Kohle ins Eisen .....	129
Die Lücken im krz-Gitter .....	129
Die Lücken im kfz-Gitter .....	130
Und das sind die Folgen .....	130
Und jetzt das berühmte Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm .....	131
Stabiles Legierungssystem .....	131
Metastabiles Legierungssystem .....	137

## 18 Inhaltsverzeichnis

### TEIL II DIE WICHTIGSTEN METHODEN DER WERKSTOFFPRÜFUNG ..... 149

#### **Kapitel 6 Anspruchsvoller, als viele glauben: Der Zugversuch ..... 151**

So wird's gemacht.....	152
Schafft jeden Werkstoff: Die Prüfmaschine .....	152
Nicht ganz harmlos: Die Zugproben .....	153
Kraft-Verlängerungs-Diagramm und Spannungs-Dehnungs-Diagramm: Das Resultat.....	155
Die Kennwerte des Zugversuchs im Überblick .....	162
Stärke zählt: Die Festigkeitskennwerte .....	162
Formbarkeit zählt: Die Zähigkeitskennwerte.....	164
Elastizität zählt: Die elastischen Kennwerte .....	164
Ausblick und Schlusswort .....	165

#### **Kapitel 7 Hart, aber fair: Die Härteprüfung ..... 167**

Ein paar Überlegungen vorweg .....	167
So funktioniert ein modernes Härteprüfgerät.....	168
Härteprüfung nach Brinell .....	169
So prüfen Sie .....	169
Der richtige Kugeldurchmesser .....	170
Die richtige Prüfkraft .....	171
Und so ermitteln Sie den Härtewert .....	172
Sechs Tipps zum Härtewert .....	173
Ein interessanter Zusammenhang.....	174
Härteprüfung nach Vickers .....	175
So prüfen Sie .....	175
Und so ermitteln Sie den Härtewert .....	176
Wieder ein paar Tipps zum Härtewert .....	176
Fazit.....	177
Härteprüfung nach Rockwell .....	177
So prüfen Sie .....	178
Und so erhalten Sie die Rockwellhärte .....	179
Noch ein paar Anmerkungen .....	180
Die Härteprüfverfahren im Vergleich .....	180

#### **Kapitel 8 Das unbekannte Wesen: Die Kerbschlagbiegeprüfung ..... 183**

Die Philosophie dahinter .....	184
Zäh heißt sicher.....	184
Einflüsse auf die Zähigkeit.....	185
Und jetzt der Schwenk zum Kerbschlagbiegeversuch .....	190
So sieht die Kerbschlagbiegeprobe aus .....	190
Versuchseinrichtung und -durchführung.....	191

So wirken sich Werkstoff und Temperatur auf die Kerbschlagarbeit aus. ....	193
Bedeutung, Anwendung, Praxis .....	196

**Kapitel 9**  
**Unermüdlich: Die Schwingfestigkeitsprüfung..... 197**

Schon mit der Überschrift beginnt der Ärger .....	198
Das Phänomen .....	198
Das Problem mit dem Namen .....	199
Das passiert innen drin im Werkstoff .....	200
Die wichtigsten Grundbegriffe .....	202
Wöhlerkurve und Dauerfestigkeit .....	204
Was da noch zu beachten wäre .....	208

**Kapitel 10**  
**Blick ins Innerste: Die Metallografie..... 211**

Zuerst der Begriff .....	211
Fürs Grobe: Makroskopische Verfahren .....	212
So gehen Sie vor .....	213
Und das können Sie an geschliffenen Proben sehen .....	213
Das sehen Sie an polierten Proben .....	214
Richtig interessant wird es durch Ätzen .....	214
Die Lichtmikroskopie, faszinierend wie eh und je .....	216
Ohne gute Probenpräparation läuft gar nichts .....	216
So funktioniert das Lichtmikroskop .....	217
Und das erkennen Sie im Lichtmikroskop .....	218
Kann süchtig machen: Die Elektronenmikroskopie .....	222
So funktioniert ein Rasterelektronenmikroskop .....	222
Atome enttarnen: Die chemische Analyse .....	226

**Kapitel 11**  
**Macht nichts kaputt: Die zerstörungsfreie Prüfung..... 229**

Die Gedanken sind frei .....	230
Sicher ist sicher .....	230
Das soll die zerstörungsfreie Prüfung können .....	233
Die Kapillarverfahren .....	233
So funktioniert die Farbeindringprüfung .....	234
Die Vor- und Nachteile im Überblick .....	235
Die magnetischen Verfahren .....	235
So funktioniert die Magnetpulverprüfung .....	236
Ein paar Anmerkungen dazu .....	237
Richtig magnetisiert ist halb geprüft – die Magnetisierungsmethoden in der Praxis .....	237
Die induktiven Verfahren .....	239
So funktioniert die Wirbelstromprüfung .....	239
Ein Blick in die Praxis .....	241
Die Schallverfahren .....	241

## 20 Inhaltsverzeichnis

Ausgewählte Grundlagen der Ultraschallprüfung.....	242
Die Praxis der Ultraschallprüfung .....	249
Die Strahlenverfahren .....	251
So erzeugen Sie Röntgen- und Gammastrahlen .....	252
Und so prüfen Sie Werkstücke grundsätzlich .....	253

### TEIL III

## EISEN UND STAHL, NOCH LANGE KEIN ALTEISEN..... 257

### Kapitel 12

#### Stahlherstellung – der Weg vom Erz zum Stahl..... 259

Das Ziel im Blick .....	259
Der erste Schritt: Vom Erz zum Roheisen.....	260
Die richtigen Zutaten .....	260
Rein in den Ofen .....	260
Die chemischen Reaktionen .....	261
Großtechnisch umgesetzt.....	262
Und so wird aus Roheisen Stahl – der zweite Schritt .....	263
Die Grundidee .....	263
Das Sauerstoffaufblasverfahren .....	263
Das Elektrostahlverfahren.....	264
Die Nachbehandlung .....	265
Das Finale.....	266

### Kapitel 13

#### Nomen est omen: Die normgerechte Bezeichnung der Eisenwerkstoffe..... 267

Die Philosophie und Systematik dahinter .....	268
Kennzeichnung mit Kurznamen, die persönliche Methode .....	269
Wenn der Kurzname einen Hinweis auf Verwendung und Eigenschaften enthalten soll .....	269
Wenn der Kurzname einen Hinweis auf die chemische Zusammensetzung enthalten soll .....	272
Kennzeichnung mit Werkstoffnummern, die sichere Methode .....	275
Testen Sie sich.....	276

### Kapitel 14

#### Von heißen Öfen und kühlen Bädern:

#### Die Wärmebehandlung der Stähle..... 279

Ziel der Wärmebehandlung oder warum die Werkstoffleute das tun.....	280
Temperaturführung, gezieltes Auf und Ab.....	280
Die berühmten Glühbehandlungen .....	282
Das Normalglühen .....	283
Das Weichglühen .....	286



## Inhaltsverzeichnis 21

Das Spannungsarmglühen .....	288
Weitere Glühbehandlungen .....	290
Noch ein Tipp. ....	290
Alles, was hart macht: Das Härten. ....	291
Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit .....	291
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Diagramm, nicht ganz einfach .....	294
Die Härteverfahren. ....	309
Vergüten – in den guten Zustand bringen .....	313
Harte Schale, weicher Kern: Das Randschichthärten .....	315

## Kapitel 15

### Stahlgruppen, die unendliche Vielfalt ..... 321

Kohlenstoff und Legierungselemente, die Gewürze und Zutaten im Stahl, wie sie schmecken und was sie so anrichten. ....	322
Die Eigenschaften der unlegierten Stähle .....	322
Der Reiz der niedriglegierten Stähle .....	325
Das Gefüge der hochlegierten Stähle .....	326
Die Grundgerichte: Unlegierte Baustähle. ....	333
Die Wunschliste bei den Baustählen .....	333
Und das sind ihre Eigenschaften .....	333
Haute Cuisine: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle .....	336
Der Reiz der Festigkeit .....	336
Das Geheimnis der feinen Körner .....	338
Die konkreten Feinkornbaustähle .....	338
Einige Fragen und Anmerkungen dazu. ....	340
Ein Blick auf die Anwendung. ....	341
Gezielter Ofeneinsatz: Vergütungsstähle .....	341
Brennen nicht so schnell an: Warmfeste und hitzebeständige Stähle .....	344
Warmfeste Stähle .....	345
Hitzebeständige Stähle .....	349
Schmecken auch kalt: Kaltzähe Stähle .....	351
Halten sich lang: Nichtrostende Stähle .....	353
Die ferritischen Stähle .....	355
Die martensitischen Stähle .....	357
Austenitische Stähle .....	359
Austenitisch-ferritische Stähle .....	361
Korrosionsarten, die es eigentlich gar nicht geben dürfte. ....	362
Ein paar abschließende Bemerkungen zu den rostbeständigen Stählen ....	366
Messer und Gabel: Werkzeugstähle .....	366
Die Wunschliste bei den Werkzeugstählen .....	367
Anlassbeständigkeit und Einteilung der Werkzeugstähle .....	368
Für maßvolle Temperaturen: Die Kaltarbeitsstähle .....	369
Wenn's heiß hergeht: Die Warmarbeitsstähle .....	370
Wenn's schnell gehen muss: Die Schnellarbeitsstähle. ....	371
Stähle, von denen ich Ihnen nichts erzähle .....	372

## 22 Inhaltsverzeichnis

### **Kapitel 16 Eisengusswerkstoffe, genauso vielfältig wie die Stähle ..... 373**

Worin sich Stahl, Stahlguss und Gusseisen unterscheiden .....	374
Stahlguss, in Formen gegossener Stahl .....	375
Gusseisen, der landläufige »Guss« .....	376
Gefügebildung oder was innen drin ist .....	376
Hart und verschleißfest: Hartguss .....	380
Der Klassiker: Gusseisen mit Lamellengrafit .....	381
Ganz schön zäh: Gusseisen mit Kugelgrafit .....	385
Der Kompromiss: Gusseisen mit Vermiculargrafit .....	388
Der Besondere: Temperguss .....	388

### **TEIL IV WAS ES AUßER DEN EISENWERKSTOFFEN NOCH HOCHINTE- RESSANTES GIBT..... 391**

### **Kapitel 17 Nichteisenmetalle..... 393**

Auch Nichteisenmetalle werden sinnvoll bezeichnet.....	393
Ein Beispiel für einen Kurznamen .....	394
Und so ist die Werkstoffnummer aufgebaut .....	395
Der edel aussehende Werkstoff: Aluminium und Aluminiumlegierungen.....	396
Die Herstellung ist gar nicht so einfach.....	396
Einige typische Eigenschaften.....	397
Warum das reine Aluminium so weich ist .....	398
Wie Sie das Aluminium fest bekommen.....	399
Die Aluminiumlegierungen in der Praxis .....	406
Der bunte Werkstoff: Kupfer und Kupferlegierungen .....	410
Herstellung mit langer Tradition .....	410
Einige charaktervolle Eigenschaften .....	411
Reinkupfersorten, charmant und variantenreich .....	412
Kupferlegierungen in der Praxis.....	416
Weitere Nichteisenmetalle und -legierungen, da ist noch Musik drin.....	416

### **Kapitel 18 Anorganische nichtmetallische Werkstoffe und was sich dahinter verbirgt ..... 419**

Glas, klar doch.....	419
Ein bisschen Grundlegendes.....	420
Ein paar Eigenschaften .....	422
Keramiken, traditionell bis hochmodern .....	423
Herstellung – mehr als Töpfern .....	423
Der Charakter der Keramiken .....	428
Die konkreten Keramiken .....	429
Weitere anorganische nichtmetallische Werkstoffe.....	436

<b>Kapitel 19</b>	
<b>Nicht mehr wegzudenken: Die Kunststoffe</b> .....	<b>437</b>
Um was es sich bei den Kunststoffen überhaupt handelt. ....	438
Viele Wege zum Ziel: Die Herstellung der Kunststoffe .....	439
Die Additionspolymerisation .....	440
Die Kondensationspolymerisation .....	443
Die Eigenschaften der Kunststoffe ganz pauschal .....	445
Wie es innen aussieht: Der Aufbau der Kunststoffe .....	446
Die mechanischen Eigenschaften der Kunststoffe .....	447
Wie sich die Thermoplaste verhalten .....	448
Wie sich die Elastomere verhalten .....	452
Wie sich die Duroplaste verhalten .....	453
Frage und Antwort .....	454
In Form gebracht: Die Verarbeitung .....	455
<b>TEIL V</b>	
<b>DER TOP-TEN-TEIL</b> .....	<b>457</b>
<b>Kapitel 20</b>	
<b>Zehn Tipps für ein erfolgreiches Studium</b> .....	<b>459</b>
Das Studium ernst nehmen .....	459
Ausgeruht und pünktlich antreten .....	460
Aktiv in Vorlesungen, Übungen und im Labor mitarbeiten .....	460
Sofort nachhaken .....	460
Vor- und nacharbeiten .....	461
Üben, üben, üben .....	461
Ein Buch lesen .....	461
Miteinander reden .....	461
Niemals aufschieben .....	462
Das Leben ist nicht nur Studium .....	462
<b>Glossar</b> .....	<b>463</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>479</b>

