

Auf einen Blick

Über den Autor	11
Einleitung	25
Teil I: Ausgewählte Grundlagen als Basis.....	29
Kapitel 1: Von Atomen, Bindungen und Kristallen: Werkstoffe sind wunderschön	31
Kapitel 2: Einige Eigenschaften von Werkstoffen, die Sie kennen sollten	51
Kapitel 3: Manche mögen's heiß: Thermisch aktivierte Vorgänge	75
Kapitel 4: Legierungsbildung und Zustandsdiagramme: Berühmt, berüchtigt, gefürchtet	97
Kapitel 5: Legierungssystem Eisen-kohlenstoff, Basis für alle Eisenwerkstoffe	127
Teil II: Die wichtigsten Methoden der Werkstoffprüfung	149
Kapitel 6: Anspruchsvoller, als viele glauben: Der Zugversuch.....	151
Kapitel 7: Hart, aber fair: Die Härteprüfung.....	167
Kapitel 8: Das unbekannte Wesen: Die Kerbschlagbiegeprüfung	183
Kapitel 9: Unermüdlich: Die Schwingfestigkeitsprüfung	197
Kapitel 10: Blick ins Innerste: Die Metallografie	211
Kapitel 11: Macht nichts kaputt: Die zerstörungsfreie Prüfung	229
Teil III: Eisen und Stahl, noch lange kein Alteisen.....	257
Kapitel 12: Stahlherstellung – der Weg vom Erz zum Stahl	259
Kapitel 13: Nomen est omen: Die normgerechte Bezeichnung der Eisenwerkstoffe ..	267
Kapitel 14: Von heißen Öfen und kühlen Bädern: Die Wärmebehandlung der Stähle ..	279
Kapitel 15: Stahlgruppen, die unendliche Vielfalt	321
Kapitel 16: Eisengusswerkstoffe, genauso vielfältig wie die Stähle	373
Teil IV: Was es außer den Eisenwerkstoffen noch Hochinteressantes gibt.....	391
Kapitel 17: Nichteisenmetalle.....	393
Kapitel 18: Anorganische nichtmetallische Werkstoffe und was sich dahinter verbirgt.....	419
Kapitel 19: Nicht mehr wegzudenken: Die Kunststoffe	437
Teil V: Der Top-Ten-Teil	457
Kapitel 20: Zehn Tipps für ein erfolgreiches Studium.....	459
Glossar	463
Abbildungsverzeichnis	483
Stichwortverzeichnis	489

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	11
Danksagung	11
Einleitung	25
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
TEIL I AUSGEWÄHLTE GRUNDLAGEN ALS BASIS.....	29
Kapitel 1 Von Atomen, Bindungen und Kristallen: Werkstoffe sind wunderschön	31
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

Kapitel 2		
Einige Eigenschaften von Werkstoffen, die Sie kennen sollten.....		51
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		61
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, uralt und doch modern.....		68
Der Elastizitätsmodul.....		70
Praktische Bedeutung		72
Plastische Verformung, eine Frage bleibender Formänderung		73
Kapitel 3		
Manche mögen's heiß: Thermisch aktivierte Vorgänge.....		75
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

Kapitel 4	
Legierungsbildung und Zustandsdiagramme:	
Berühmt, berüchtigt, gefürchtet.....	97
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
Kapitel 5	
Legierungssystem Eisen-kohlenstoff, Basis für alle Eisenwerkstoffe	127
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

**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

Das Spannungsarmglühen	288
Weitere Glühbehandlungen	290
Noch ein Tipp	290
Alles, was hart macht: Das Härt(en)	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 Randschichthärt(en)	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

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
Gefügeausbildung oder was innen drin ist	376
Hart und verschleißfest: Hartguss	380
Der Klassiker: Gusseisen mit Lamellengrafit	381
Ganz schön zäh: Gusseisen mit Kugelgraffit	385
Der Kompromiss: Gusseisen mit Vermiculargraffit	388
Der Besondere: Temperguss	389
TEIL IV	
WAS ES AUßER DEN EISENWERKSTOFFEN NOCH	
HOCHINTERESSANTES 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 Töpferei	423
Der Charakter der Keramiken	428
Die konkreten Keramiken	429
Weitere anorganische nichtmetallische Werkstoffe	436

Kapitel 19		
Nicht mehr wegzudenken: Die Kunststoffe		437
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
TEIL V		
DER TOP-TEN-TEIL		457
Kapitel 20		
Zehn Tipps für ein erfolgreiches Studium		459
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
Glossar		463
Abbildungsverzeichnis		483
Stichwortverzeichnis		489