

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, uralte 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

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 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

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 Kugelgrafit	385
Der Kompromiss: Gusseisen mit Vermiculargrafit	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 Töpfern	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

