

Inhaltsverzeichnis von Band 1

	Seite
1. <u>Metallkundliche Grundlagen</u>	1
1.1 Keimbildung	1
1.1.1 Phasenumwandlung mit thermischer Aktivierung	7
1.1.2 Phasenumwandlung ohne thermische Aktivierung	10
1.2 Diffusion	13
1.2.1 Kinetik	14
1.2.2 Treibende Kraft der Diffusion	17
1.3 Festigkeitssteigerung	19
1.3.1 Mischkristallverfestigung	19
1.3.2 Verfestigung durch erhöhte Versetzungsdichte (Kaltverfestigung)	21
1.3.3 Verfestigung durch Korngrenzen	23
1.3.4 Verfestigung durch Teilchen	27
1.4 Versetzungen	29
1.5 Entfestigung	33
1.5.1 Erholung	34
1.5.2 Rekristallisation	35
1.5.3 Statische und dynamische Entfestigung	37
1.5.4 Rekristallisationsbehinderung	39
2. <u>Physikalische Eigenschaften des reinen Eisens</u>	41
2.1 Gittertypen	41
2.2 Thermodynamik der Umwandlungen	42
2.3 Volumen- und Längenänderung	43
2.3.1 Längenänderung (Dilatation)	44
2.4 Magnetische und elektrische Eigenschaften	46
2.4.1 Magnetische Eigenschaften	46
2.4.2 Elektrische Leitfähigkeit	47
2.5 Texturen in Stählen	51
2.5.1 Einleitung	51
2.5.2 Mathematische Grundlagen	56
2.5.3 Experimentelle Methoden	60
2.5.3.1 Einleitung	60
2.5.3.2 Makrotexturen	62
2.5.3.3 Mikrotexturen	69
2.5.4 Mechanismen der Texturentstehung in Stählen	74

2.5.4.1	Walztexturen	74
2.5.4.1.1	Einleitung	74
2.5.4.1.2	Warmwalztexturen	75
2.5.4.1.3	Kaltwalztexturen	77
2.5.4.2	Glühtexturen	77
3.	Legierungen des Eisens.....	83
3.1	Legierungsbildung.....	83
3.1.1	Mischkristallbildung	84
3.1.2	Entmischung	88
3.1.3	Überstruktur	89
3.1.4	Intermetallische Verbindung	89
3.1.5	Typische Zustandsschaubilder	90
3.1.5.1	Erweiterung des γ -Feldes	92
3.1.5.1.1	Homogene Mischkristalle	93
3.1.5.1.2	Abschluß durch heterogene Zustandsfelder	94
3.1.5.2	Einschnürung des γ -Feldes	94
3.1.5.2.1	Homogene Mischkristalle	95
3.1.5.2.2	Abschluß durch heterogene Zustandsfelder	96
3.1.5.3	Zustandsdiagramm Eisen-Kohlenstoff	96
3.1.5.4	Ternäre Systeme	99
3.1.5.4.1	Zustandsdiagramm Fe-C-Cr	100
3.2	Seigerungen und Einschlüsse.....	107
3.2.1	Entmischungsvorgänge während der Erstarrung	107
3.2.1.1	Modellvorstellungen zum Entstehen von Blockseigerungen	110
3.2.1.1.1	Vollkommener Stoffaustausch in der Schmelze und im Kristall	111
3.2.1.1.2	Vollkommener Konzentrationsausgleich in der Schmelze	112
3.2.1.1.3	Eingeschränkter Konzentrationsausgleich in der Schmelze	113
3.2.1.1.4	Seigerungsverlauf bei technischer Erstarrung nach Fall 4	114
3.2.1.2	Einfluß des Temperaturgradienten an der Erstarrungsfront auf die Erstarrungsmorphologie	116
3.2.1.2.1	Seigerungsverhalten bei dendritischer Erstarrung	119
3.2.1.3	Unberuhigte Erstarrung	122
3.2.1.4	Beruhigte Erstarrung	123
3.2.1.5	Makroseigerungen	123
3.2.1.5.1	Gasblasenseigerung	123
3.2.1.5.2	Schwereseigerung	124
3.2.1.5.3	V- und A-Seigerung	124
3.2.1.5.4	Umgekehrte Blockseigerung	127

3.2.1.5.5	Seigerungsverhalten beim Strangguß	127
3.2.2	Kristallseigerung	134
3.2.2.1	Einfluß der Kristallseigerung auf die Stahleigenschaften	134
3.2.2.2	Beseitigung von Kristallseigerungen	136
3.2.3	Sekundärseigerungen	137
3.2.3.1	Einfluß der Legierungselemente auf die Kohlenstoffmischung bei stetiger Abkühlung - Die Gefügezeitigkeit	137
3.2.3.2	Beeinflussung der Gefügezeitigkeit (Ferrit-Perlit-Zeitigkeit)	140
3.2.3.2.1	Kombination von Ferrit- und Austenitbildnern	140
3.2.3.2.2	Beschleunigte Abkühlung	140
3.2.3.2.3	Diffusionsglühung	142
3.2.3.3	Einfluß der Legierungselemente auf die Kohlenstoffmischung beim Glühen im Zweiphasengebiet Ferrit-Karbid	142
3.2.3.4	Einfluß von Legierungselementen auf die Kohlenstoffmischung im Austenit + Karbid	144
3.2.4	Nachweis von Seigerungen	146
3.2.4.1	Beizproben	147
3.2.4.2	Heynsche Ätzung	147
3.2.4.3	Oberhoffer-Ätzung	148
3.2.4.4	Baumannabdruck	150
3.2.5	Einschlüsse im Stahl	152
3.2.5.1	Begriffsbestimmung	152
3.2.5.2	Ausscheidung nichtmetallischer Einschlüsse während der Erstarrung	153
3.2.5.3	Reinheitsgrad	155
3.2.5.3.1	Verfahren zur Bestimmung des makroskopischen Reinheitsgrades	156
3.2.5.3.2	Verfahren zur Bestimmung des mikroskopischen Reinheitsgrades	157
3.2.5.4	Verfahren zur Einschlusüntersuchung	158
3.2.5.5	Sulfidische Einschlüsse	159
3.2.5.6	Oxidische Einschlüsse	163
3.2.5.7	Einfluß von Calcium auf die Bildung nichtmetallischer Einschlüsse	164
3.2.5.8	Das Verhalten nichtmetallischer Einschlüsse bei der Warmformgebung von Stählen	167
3.2.5.9	Einfluß nichtmetallischer Einschlüsse auf die Eigenschaften von Stahl	169
3.3	Alterung	183
3.3.1	Experimentelle Methoden zur Verfolgung der Alterung	185
3.3.2	Kinetik der Abschreckalterung	192
3.3.3	Überalterung	199
3.3.4	Kinetik der Reckalterung	202
3.3.5	Änderung der mechanischen Eigenschaften während Alterungsvorgängen	205

3.3.6	Alterungserscheinungen und Maßnahmen zu ihrer Verringerung	211
3.4	Phasenumwandlungen des technischen Eisens.....	219
3.4.1	Gefügedefinition	219
3.4.2	Austenit	221
3.4.2.1	Austenitbildung	222
3.4.2.2	Austenitumwandlung	225
3.4.2.3	Restaustenit	231
3.4.3	Gefüge der Austenitumwandlung	231
3.4.3.1	Ferrit	231
3.4.3.2	Sekundärzementit	235
3.4.3.3	Perlit	239
3.4.3.3.1	Perlitarten	240
3.4.3.3.2	Keimbildung und Keimwachstum	243
3.4.3.3.3	Der Lamellenabstand	251
3.4.3.3.4	Einfluß der Legierungselemente auf die Perlitbildung	254
3.4.3.3.5	Mechanische Eigenschaften perlithaltiger Stähle	261
3.4.3.3.6	Sonderformen des Perlits	264
3.4.3.4	Martensit	266
3.4.3.4.1	Martensitarten und ihre Charakterisierung	267
3.4.3.4.2	Keimbildung und Keimwachstum	272
3.4.3.4.3	Einfluß der Legierungselemente auf die Martensitbildung	280
3.4.3.4.4	Mechanische Eigenschaften martensitischer Stähle	287
3.4.3.5	Bainit	290
3.4.3.5.1	Bainitarten	291
3.4.3.5.2	Keimbildung und Keimwachstum des Bainits	298
3.4.3.5.3	Einfluß der Legierungselemente auf die Bainitbildung	302
3.4.3.5.4	Mechanische Eigenschaften bainitischer Stähle	306
4.	Grundlagen der Wärmebehandlung von Stahl.....	317
4.1	Ermittlung der Ungleichgewichtsschaubilder.....	318
4.1.1	Aufnahme von ZTA-Schaubildern	319
4.1.2	Aufnahme von ZTU-Schaubildern	320
4.2	Zeit-Temperatur-Austenitisierungsschaubilder (ZTA-Schaubilder).....	321
4.2.1	Austenitisieren untereutektoider Stähle	324
4.2.1.1	Austenitisieren beim isothermen Erwärmen	324
4.2.1.2	Austenitisieren mit kontinuierlicher Erwärmung	326
4.2.2	Austenitisieren übereutektoider Stähle	329
4.2.2.1	Austenitisieren beim isothermen Erwärmen	329

4.2.2.2	Austenitisieren mit kontinuierlicher Erwärmung	332
4.2.2.3	Beeinflussung der Austenitisierung	334
4.2.2.3.1	Einfluß der chemischen Zusammensetzung und des Ausgangszustandes	334
4.2.2.3.2	Beeinflussung der Korngröße	336
4.3	Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubilder (ZTU-Schaubilder)	337
4.3.1	Umwandlung untereutektoider Stähle	338
4.3.1.1	Isothermische Umwandlung	338
4.3.1.2	Kontinuierliche Umwandlung	347
4.3.2	Umwandlung übereutektoider Stähle	352
4.3.2.1	Isothermische Umwandlung	352
4.3.2.2	Kontinuierliche Umwandlung	354
4.3.3	Beeinflussung der Austenitumwandlung	356
4.3.3.1	Einfluß der chemischen Zusammensetzung und des Ausgangszustandes	356
4.3.3.2	Einfluß der Austenitisierung auf die Korngröße	359
4.3.3.3	Einfluß der Umformung	361
5.	Technische Wärmebehandlungen	365
5.1	Diffusionsglühen	369
5.2	Grobkornglühen	373
5.3	Normalglühen	376
5.4	Weichglühen	380
5.5	Rekristallisationsglühen	385
5.6	Spannungsarmglühen	386
5.7	Kombinierte Wärmebehandlungsverfahren	387
5.8	Vergüten (Härten und Anlassen)	393
5.8.1	Einleitun	393
5.8.2	Härten	395
5.8.2.1	Austenitisieren	395
5.8.2.2	Abschrecken	399
5.8.2.3	Prüfung der Härbarkeit	404
5.8.2.3.1	Härtebruchreihe	404
5.8.2.3.2	Härtebarkeitsprüfung nach Grossmann	405
5.8.2.3.3	Strinabschreckversuch nach Jominy (DIN 50191)	408
5.8.2.4	Berechnung der Härbarkeit	415
5.8.2.5	Härtespannungen	416
5.8.3	Anlassen	420
5.8.3.1	Metallkundliche Vorgänge beim Anlassen von Martensit	422

5.8.3.2	Versprödungserscheinungen beim Anlassen	422
5.8.3.2.1	300°C-Versprödung	423
5.8.3.2.2	500°C-Versprödung	424
5.8.3.2.3	Regeln zur Auswahl der Anlaßtemperatur	424
5.8.4	Anlaßbeständigkeit	431
5.9	Thermomechanische Behandlung	431
	Sachwortverzeichnis	435

Inhaltsverzeichnis von Band 2

	Seite
6. Systematik der Stähle.....	441
6.1 Begriffsbestimmung für Stahl.....	441
6.2 Einteilung der Stähle.....	441
6.2.1 Einteilung nach der chemischen Zusammensetzung	442
6.2.2 Einteilung nach Hauptgüteklassen	442
6.3 Systematische Bezeichnung.....	444
6.3.1 Kennzeichnung der Stähle durch Kurznamen	445
6.3.1.1 Aufgrund der Verwendung und der mechanischen oder physikalischen Eigenschaften der Stähle gebildete Kurznamen	445
6.3.1.2 Aufgrund der chemischen Zusammensetzung der Stähle gebildete Kurznamen	447
6.3.2 Kennzeichnung der Stähle durch Werkstoffnummern	450
6.4 Einfluß der Legierungselemente.....	453
6.4.1 Einfluß auf die mechanischen Eigenschaften	453
6.4.2 Einfluß einzelner Legierungselemente auf die Eigenschaften von Eisenwerkstoffen	453
7. Stahlgruppen.....	471
7.1 Niedrig legierte Baustähle.....	471
7.1.1 Anforderungen an Baustähle	471
7.1.2 Beeinflussung der Eigenschaften durch die chemische Zusammensetzung	477
7.1.3 Beeinflussung der Eigenschaften durch thermomechanische Behandlung	482
7.1.3.1 Darstellung der wichtigsten Einflußgrößen bei der TMB mikrolegierter Stähle	494
7.1.4 Beeinflussung der Eigenschaften durch Wärmebehandlung	495
7.1.5 Besondere Maßnahmen	496
7.1.6 Stahlsorten	497
7.2 Stähle für den Fahrzeugbau - Anforderungen und Herstellung.....	505
7.2.1 Übersicht über die Stähle für den Fahrzeugbau	505
7.2.2 Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften	506
7.2.2.1 Gebrauchseigenschaften	507
7.2.2.2 Verarbeitungseigenschaften	512
7.2.3 Herstellung von Flachzeug für den Fahrzeugbau	516
7.2.3.1 Herstellung von Warmband	518
7.2.3.2 Herstellung von Kaltband	519
7.2.3.3 Herstellung von oberflächenveredeltem Band	523

5.8.3.2	Versprödungserscheinungen beim Anlassen	422
5.8.3.2.1	300°C-Versprödung	423
5.8.3.2.2	500°C-Versprödung	424
5.8.3.2.3	Regeln zur Auswahl der Anlaßtemperatur	424
5.8.4	Anlaßbeständigkeit	431
5.9	Thermomechanische Behandlung.....	431
	Sachwortverzeichnis.....	435

Inhaltsverzeichnis von Band 2

	Seite
6. Systematik der Stähle.....	441
6.1 Begriffsbestimmung für Stahl.....	441
6.2 Einteilung der Stähle.....	441
6.2.1 Einteilung nach der chemischen Zusammensetzung	442
6.2.2 Einteilung nach Hauptgüteklassen	442
6.3 Systematische Bezeichnung.....	444
6.3.1 Kennzeichnung der Stähle durch Kurznamen	445
6.3.1.1 Aufgrund der Verwendung und der mechanischen oder physikalischen Eigenschaften der Stähle gebildete Kurznamen	445
6.3.1.2 Aufgrund der chemischen Zusammensetzung der Stähle gebildete Kurznamen	447
6.3.2 Kennzeichnung der Stähle durch Werkstoffnummern	450
6.4 Einfluß der Legierungselemente.....	453
6.4.1 Einfluß auf die mechanischen Eigenschaften	453
6.4.2 Einfluß einzelner Legierungselemente auf die Eigenschaften von Eisenwerkstoffen	453
7. Stahlgruppen.....	471
7.1 Niedrig legierte Baustähle.....	471
7.1.1 Anforderungen an Baustähle	471
7.1.2 Beeinflussung der Eigenschaften durch die chemische Zusammensetzung	477
7.1.3 Beeinflussung der Eigenschaften durch thermomechanische Behandlung	482
7.1.3.1 Darstellung der wichtigsten Einflußgrößen bei der TMB mikrolegierter Stähle	494
7.1.4 Beeinflussung der Eigenschaften durch Wärmebehandlung	495
7.1.5 Besondere Maßnahmen	496
7.1.6 Stahlsorten	497
7.2 Stähle für den Fahrzeugbau - Anforderungen und Herstellung.....	505
7.2.1 Übersicht über die Stähle für den Fahrzeugbau	505
7.2.2 Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften	506
7.2.2.1 Gebrauchseigenschaften	507
7.2.2.2 Verarbeitungseigenschaften	512
7.2.3 Herstellung von Flachzeug für den Fahrzeugbau	516
7.2.3.1 Herstellung von Warmband	518
7.2.3.2 Herstellung von Kaltband	519
7.2.3.3 Herstellung von oberflächenveredeltem Band	523

7.3	Oberflächenhärtbare Stähle.....	529
7.3.1	Thermische Verfahren	530
7.3.1.1	Induktionshärten	530
7.3.1.2	Flammhärten	531
7.3.1.3	Kurzzeithärten	532
7.3.2	Thermochemische Verfahren	535
7.3.2.1	Einsatzhärten	535
7.3.2.2	Nitrieren	544
7.3.2.3	Borieren	549
7.3.3	Stähle für die Oberflächenhärtung	554
7.3.4	Dünnschichttechnik	558
7.4	Vergütungsstähle.....	563
7.5	Ausscheidungshärtende ferritisch-perlitische (AFP-) Stähle.....	569
7.5.1	Entwicklung der Legierungskonzepte	572
7.5.2	Ausscheidungshärtung durch Niob und Vanadium	574
7.5.3	Verbesserung der Zähigkeitseigenschaften durch Optimierung des Legierungskonzeptes	576
7.5.4	Verbesserung der Zähigkeit durch Beeinflussung der Austenitkorngröße	577
7.5.5	Gebrauchseigenschaften von AFP-Stählen	582
7.5.6	Ausscheidungshärtende bainitisch-martensitische Stähle	583
7.6	Werkzeugstähle.....	591
7.6.1	Kaltarbeitsstähle	600
7.6.2	Warmarbeitsstähle	614
7.6.3	Schnellarbeitsstähle	628
7.7	Höchstfeste Stähle.....	651
7.8	Warmfeste- und hochwarmfeste Stähle und Legierungen.....	659
7.8.1	Warmfeste ferritische Stähle	664
7.8.2	Warmfeste martensitische Chromstähle	666
7.8.3	Hochwarmfeste austenitische Stähle	669
7.8.4	Hochwarmfeste Nickelbasislegierungen	670
7.9	Kaltzähe Stähle.....	673
7.10	Automatenstähle.....	681
7.10.1	Automatenweichstähle	682
7.10.2	Automateneinsatzstähle	683
7.10.3	Automatenvergütungsstähle	683
7.10.4	Schweißbarkeit der Automatenstähle	684
7.11	Federstähle.....	687

7.12	Wälzlagerstähle.....	695
7.13	Stähle mit besonderen physikalischen Eigenschaften.....	705
7.13.1	Weichmagnetische Werkstoffe	705
7.13.2	Dauermagnetwerkstoffe	706
7.13.3	Nichtmagnetisierbare Stähle	708
7.13.4	Heizleiterlegierungen	708
7.13.5	Stähle mit besonderer Wärmeausdehnung	710
7.13.6	Stähle mit besonderen elastischen Eigenschaften	710
7.13.7	Stähle mit guter elektrischer Leitfähigkeit	711
7.14	Schienenstähle.....	713
7.15	Stähle mit Eignung für die Kalt-Massivumformung.....	717
7.15.1	Eigenschaften kaltumformbarer Stähle	717
7.15.2	Einteilung der Stähle mit besonderer Eignung für Kalt-Massivumformung	718
7.16	Höherlegierte Chrom- und Chrom-Nickel-Stähle.....	721
7.16.1	Nichtrostende Chromstähle	724
7.16.1.1	Allgemeine Eigenschaften	724
7.16.1.2	Martensitische Chromstähle	728
7.16.1.3	Martensitisch-ferritische Chromstähle (nichtrostende Vergütungsstähle)	731
7.16.2	Nichtrostende ferritische Chromstähle	736
7.16.2.1	Unstabilisierte Stähle	736
7.16.2.2	Einfluß der Stabilisierungselemente Titan und Niob auf das Ausscheidungsverhalten und damit auf die interkristalline Korrosion	739
7.16.2.3	Ferritische nichtrostende Chromstähle mit extrem niedrigen Kohlenstoff- und Stickstoffgehalten	740
7.16.3	Nichtrostende austenitische Chrom-Nickel-Stähle	743
7.16.3.1	Unstabilisierte austenitische Chrom-Nickel-Stähle	747
7.16.3.2	Stabilisierte austenitische Chrom-Nickel-Stähle	752
7.16.3.3	Messerlinienkorrosion bei stabilisierten Stählen	753
7.16.4	Ferritisch-austenitische Stähle	754
7.16.5	Korrosionsprüfmethoden	756
7.16.5.1	Strauß-Test	756
7.16.5.2	Huey-Test	757
7.16.5.3	Potential-Sonden-Meßmethode	758
7.17	Hitze- und zunderbeständige Stähle.....	763
7.17.1	Chemische Zusammensetzu	763
7.17.2	Gruppen hitzebeständiger Stähle	765
7.17.2.1	Ferritische Stähle	766
7.17.2.2	Austenitische Stähle	767

7.17.3	Prüfung der Zunderbeständigkeit	767
7.17.4	Einfluß verschiedener Glühatmosferaen	768
7.17.4.1	Schwefelhaltige Atmosphaeren	768
7.17.4.2	Kohlenstoffhaltige Atmosphaeren	768
7.17.4.3	Stickstoffhaltige Atmosphaeren	769
8.	<u>Korrosion und Korrosionsschutz</u>	771
8.1	Grundlagen der elektrolytischen Korrosion	773
8.2	Korrosionsarten ohne mechanische Belastung	782
8.2.1	Gleichmaeßige Flaechenkorrosion	782
8.2.1.1	Un- und niedriglegierte Staehle	782
8.2.1.2	Hochlegierte Chrom- und Chrom-Nickel-Staehle	788
8.2.2	Mulden- und Lochkorrosion	792
8.2.3	Kontaktkorrosion und selektive Korrosion	798
8.2.4	Interkristalline Korrosion (IK)	800
8.3	Korrosionsarten mit mechanischer Belastung	801
8.3.1	Spannungsrißkorrosion (SpRK)	801
8.3.1.1	Interkristalline Spannungsrißkorrosion unlegierter Staehle	802
8.3.1.2	Transkristalline Spannungsrißkorrosion hochlegierter Staehle	805
8.3.1.3	Wasserstoffinduzierte Korrosionserscheinungen	807
8.3.2	Dehnungsinduzierte Rißkorrosion	810
8.3.3	Schwingungsrißkorrosion (Korrosionsermuedung)	811
8.3.4	Erosionskorrosion	812
8.4	Korrosionsschutzverfahren	813
8.4.1	Konstruktive Maßnahmen	813
8.4.2	Aktive Schutzverfahren	814
8.4.2.1	Inhibitoren	814
8.4.2.2	Anodischer Korrosionsschutz	815
8.4.2.3	Kathodischer Korrosionsschutz	815
8.4.2.4	Elektrische Schutzmaßnahmen gegen Streuströme und Elementbildung	816
8.4.3	Passive Schutzverfahren	818
8.4.3.1	Organische Beschichtungen	818
8.4.3.2	Anorganische nichtmetallische Beschichtungen und Überzüge	819
8.4.3.3	Metallische Überzüge	819
9.	<u>Werkstoffkundliche Grundlagen des Schweißens von Staehlen</u>	823
9.1	Definitionen und Verfahren	823
9.1.1	Definition	823

9.1.2	Verfahren	823
9.1.3	Arten des Schweißens	826
9.1.4	Begriffe	827
9.2	Die Erwärmung des Grundwerkstoffes in der Wärmeeinflußzone.....	831
9.3	Die Abkühlung von Schweißnaht und Wärmeeinflußzone.....	834
9.3.1	Der Temperatur-Zeit-Verlauf	834
9.3.2	Die Beschreibung der Umwandlung	835
9.3.3	Die Beschreibung der Eigenschaften	841
9.4	Kennzeichnung der Eignung zum Schweißen.....	842
9.5	Schrumpfung und Eigenspannung.....	843
9.6	Wechselwirken der Einflußgrößen.....	846
9.7	Prüfen von Schweißverbindungen.....	849
9.8	Schweißfehler.....	849
9.8.1	Heißrisse	849
9.8.2	Kaltrisse	850
10.	<u>Werkstoffkundliche Untersuchungsverfahren.....</u>	855
10.1	Metallographische Untersuchungsverfahren.....	855
10.1.1	Lichtmikroskopische Untersuchung	855
10.1.1.1	Einleitung	855
10.1.1.2	Probenvorbereitung	855
10.1.1.3	Probenkontrastierung	857
10.1.1.4	Spezifische Ätzmittel	862
10.1.1.4.1	Makroätzungen	862
10.1.1.4.2	Mikroätzungen	864
10.1.1.5	Gefügebewertung	866
10.1.2	Das Rasterelektronenmikroskop (REM)	871
10.1.2.1	Einleitung	871
10.1.2.2	Aufbau des Rasterelektronenmikroskops	871
10.1.2.3	Signale	872
10.1.2.3.1	Sekundärelektronen	873
10.1.2.3.2	Rückstreuielektronen	875
10.1.2.4	Probenpräparation	876
10.1.2.5	Anwendungsbeispiele	878
10.1.3	Transmissionselektronenmikroskopie	883
10.1.3.1	Einleitung	883
10.1.3.2	Grundlagen	888

10.1.3.2.1	Aufbau und Wirkungsweise des Transmissionselektronenmikroskops	888
10.1.3.2.2	Wechselwirkung der Elektronen mit der Materie	895
10.1.3.2.3	Strahlengänge in der Nähe des Objektivs	896
10.1.3.2.4	Abbildungs- und Beugungsmethoden	897
10.1.3.2.5	Höchstspannungselektronenmikroskopie	910
10.1.3.2.6	Analytische Transmissionselektronenmikroskopie	910
10.1.3.2.7	Qualitative Gefügeanalyse in der Transmissionselektronenmikroskopie	911
10.1.3.3	Präparation für die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	912
10.1.4	Grundlagen und Anwendung der Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA)	917
10.1.4.1	Einleitung	917
10.1.4.2	Physikalische Grundlagen	918
10.1.4.2.1	Der Elektronenstrahl	918
10.1.4.2.2	Wechselwirkung der Primärelektronen mit dem Festkörper	920
10.1.4.2.3	Röntgen Emission	923
10.1.4.3	Methoden der Röntgenspektroskopie in der ESMA	928
10.1.4.3.1	Wellenlängendispersive Röntgenspektrometer (WDS)	928
10.1.4.3.2	Das energiedispersive Spektrometer (EDS)	932
10.1.4.3.3	Vergleich WDS - EDS	938
10.1.4.4	Laterale- und Tiefenauflösung bei der ESMA	942
10.1.4.5	Informationsgehalt der Röntgenspektren	945
10.1.4.5.1	Qualitative Information	945
10.1.4.5.2	Quantitative Information	946
10.1.4.5.3	Genauigkeit und Richtigkeit der quantitativen ESMA	950
10.1.4.6	Nachweisgrenzen	951
10.1.4.7	Anwendungsbeispiele	952
10.1.4.7.1	Punktanalyse zur Phasenbestimmung	952
10.1.4.7.2	Qualitative Flächenanalyse	953
10.1.4.7.3	Quantitative Linienanalyse (LineScan)	955
10.1.4.7.4	Quantitative Flächenanalyse	956
10.1.4.8	Stand der Gerätetechnik, ihre Leistungen und Grenzen	957
10.2	Differentialthermoanalyse.....	961
10.3	Dilatometrie.....	967
10.3.1	Verfahrensbeschreibung	967
10.3.2	Auswertung der Dilatometerkurven	971
10.4	Untersuchungen zur Spannungsrißkorrosion mittels CERT-Technik.....	975
10.5	Simulationsverfahren in der Werkstofftechnik.....	979
10.5.1	Einleitung	979
10.5.1.1	Begriffserläuterung	979

10.5.2	Methoden	980
10.5.2.1	Laborsimulation	980
10.5.2.1.1	Wärmeformsimulation	980
10.5.2.1.2	Schweißsimulation	985
10.5.2.1.3	Heißzugversuch	987
10.5.2.1.4	Temperaturwechselversuch	989
10.5.2.1.5	Wärmebehandlungssimulation	990
10.5.2.2	Numerische Simulation	993
10.5.2.2.1	FEM-Rechnung	993
	Sachwortverzeichnis.....	999