

Institut für Werkstoffe des Bauwesens
Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften

Werkstoffe und Bauchemie

Praktikumsskript

Univ.-Prof. Dr.-Ing. K.-Ch. Thienel

Herbsttrimester 2019

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
1 Chemie I.....	3
1.1 Was ist Chemie?.....	3
1.2 Vorstellung Periodensystem der Elemente (PSE)	3
1.3 Die chemische Bindung	3
1.4 Chemische Reaktionen.....	5
1.5 Anhang: Periodensystem der Elemente	8
2 Chemie II.....	9
2.1 Redox-Reaktionen	9
2.2 Aufstellen einer Redox-Gleichung.....	9
2.3 Einfluss von Säuren und Basen auf verschiedene Metalle	10
2.4 Sauerstoffkorrosion von Eisen und Stahlbauteilen	10
2.5 Kontaktkorrosion.....	11
2.6 Galvanisches Element	11
2.7 Stahl	12
2.8 Veränderung der Stahleigenschaften	12
2.9 Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (Zustandsschaubild).....	13
2.10 Stahlgefüge.....	13
2.11 Anhang: Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	14
3 Baustahl	15
3.1 Praktikumsinhalt.....	15
3.2 Bezeichnungen Baustahl/Betonstahl/Spannstahl	15
3.3 Stahl lesen	18
3.4 Spannungs-Dehnungslinie	19
3.5 Zugversuch (DIN EN ISO 6892).....	20
3.6 Kerbschlagbiegeversuch.....	21

1 Chemie I

1.1 Was ist Chemie?

1.2 Vorstellung Periodensystem der Elemente (PSE)

- Periodizität, Ordnungszahl, Elektronenkonfiguration und Bohrsches Atommodell, Außenelektronen und chemisches Verhalten
- Beispiele für Metalle, Halbmetalle, Nichtmetalle
- **Versuch 1:** Flammenfärbung
- Trends im PSE: Wie ändern sich Atommasse, Atomradius, Elektronegativität, Ionisierungsenergie?

Notizen

1.3 Die chemische Bindung

- **Ionenbindung** (Elektronenübergang von Metall zu Nichtmetall)
- Elektronegativitäts-Differenz und ionische Bindung
- Beispiele: Natriumchlorid (Kristallgitter) und Calciumcarbonat
- Eigenschaften (Schmelzpunkt, Sprödigkeit)

Notizen

- **Atombindung** (zwischen Nichtmetalle, gemeinsam bindendes Elektronenpaar)
- Polarität
- Dipol

Notizen

- **Übung:** Chemische Wertigkeit und Reaktionsgleichungen
- Ermittlung der Wertigkeit (Beispiele)
- Aufstellen der Reaktionsgleichungen (Beispiele, Hinweis auf Stöchiometrie)

Notizen

- **Van der Waals-Kräfte** (schwach, zwischen Molekülen und Edelgasen)
- Beispiele: permanenter Dipol (H_2O) und momentaner Dipol (Kohlenwasserstoffe)

Notizen

- **Metallische Bindung**
- dichteste Packungen
- positive Atomrümpfe und Elektronengas
- Eigenschaften (Duktilität, Leitfähigkeit, Glanz)

Notizen

1.4 Chemische Reaktionen

- **Analytik** (qualitativ, quantitativ, Strukturanalytik)
- **Versuch 2:** Chloridbestimmung
- **Übung:** Reaktionsgleichung aufstellen
- Gravimetrie (Hinweis auf Masse, Stoffmenge, molare Masse)

Notizen

- **Versuch 3:** Nachweis von Eisen
- Photometrie

Notizen

- **Versuch 4:** Nachweis von Zink
- **Übung:** Reaktionsgleichung aufstellen

Notizen

- **Säure-Base-Reaktion**
- Definition (Protonendonator, Protonenakzeptor)
- **Übung:** Reaktionsgleichungen (allgemein und speziell) aufstellen
- Spezielle Säure-Base-Reaktion: Neutralisation
- Definition pH-Wert und pH Indikator
- **Versuch 5:** Säure-Base-Titration

Notizen

- **Versuch 6:** Carbonatisierung von Beton (Neutralisation)
- **Übung:** Reaktionsgleichung aufstellen

Notizen

- **Versuch 7:** Wirkung von Säuren auf Beton
- **Übung:** Reaktionsgleichungen aufstellen

Notizen

1.5 Anhang: Periodensystem der Elemente

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18																																																								
1	H	Li	Be	Na	Mg	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Ga	Er	Tm	Yb	Lu	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																			
1	Wasserstoff 1,0079	Lithium 6,941 2/1	Beryllium 9,0122 2/2	Natrium 22,990 28/1	Magnesium 24,305 28/2	Kalium 39,098 28/19	Calcium 40,078 28/18	Scandium 44,956 28/19	Titan 47,867 28/11/2	Vanadium 50,942 28/13/1	Chrom 51,996 28/13/1	Mangan 54,938 28/13/2	Eisen 55,845 28/14/2	Cobalt 58,933 28/15/2	Nickel 58,693 28/16/2	Kupfer 63,546 28/18/1	Zink 65,38 28/18/2	Gallium 69,723 28/18/3	Germanium 72,64 28/18/4	Arsen 74,922 28/18/5	Selen 78,96 28/18/6	Brom 79,904 28/18/7	Krypton 83,798 28/18/8	Rubidium 85,468 28/18/8/1	Strontium 87,62 28/18/8/2	Yttrium 88,906 28/18/9/2	Zirkon 91,224 28/18/10/2	Niob 92,906 28/18/11/2	Molybdän 95,96 28/18/13/2	Technetium 98,91 28/18/13/2	Ruthenium 101,07 28/18/15/1	Rhodium 102,91 28/18/16/1	Palladium 106,42 28/18/18	Silber 107,87 28/18/18/1	Gold 196,97 28/18/32/2	Quecksilber 200,59 28/18/32/2	Bismut 208,98 28/18/32/2	Polonium 209 28/18/32/2	Astat 210 28/18/32/2	Radon 222 28/18/32/2	Francium 223 18/8/1	Radium 226,03 18/8/2	Lanthan 138,91 28/18/18/1	Cer 140,12 28/18/19/1	Praseodym 140,91 28/18/21/1	Neodym 144,24 28/18/22/1	Promethium 144,91 28/18/23/1	Samarium 150,36 28/18/24/1	Europium 151,96 28/18/25/1	Gadolinium 157,25 28/18/25/1	Terbium 158,93 28/18/26/1	Dysprosium 162,50 28/18/27/1	Hoium 164,93 28/18/28/1	Erbium 167,26 28/18/29/1	Thulium 168,93 28/18/30/1	Ytterbium 173,05 28/18/31/1	Lutetium 174,97 28/18/32/1	Actinium 227 18/8/2	Thorium 232,04 18/10/2	Protactinium 231,04 20/9/2	Uran 238,03 20/9/2	Neptunium 237,05 20/9/2	Plutonium 244,10 20/9/2	Americium 243,10 20/9/2	Kurium 247,10 20/9/2	Berkelium 247,10 20/9/2	Californium 251,10 20/9/2	Einsteinium 254,10 20/9/2	Mendelevium 258 20/9/2	Nobelium 259 20/9/2	Lawrencium 260 20/9/2	Rutherfordium 261 20/9/2	Dubnium 262 20/9/2	Seaborgium 263 20/9/2	Bohrium 264 20/9/2	Hassium 265 20/9/2	Mitrium 266 20/9/2	Darmstadtium 267 20/9/2	Roentgenium 268 20/9/2	Copernicium 269 20/9/2	Nihonium 270 20/9/2	Flerovium 277 20/9/2	Moscovium 278 20/9/2	Livermorium 289 20/9/2	Tennessium 288 20/9/2	Oganesson 294 20/9/2	Ununseptium 293 20/9/2	Ununoktium 294 20/9/2	Ununnonium 294 20/9/2	Uuo 294 20/9/2

Legende

Ordnungszahl: **1** (rot), **2** (blau), **3** (schwarz), **4** (schwarz), **5** (schwarz), **6** (schwarz), **7** (schwarz), **8** (schwarz), **9** (schwarz), **10** (schwarz), **11** (schwarz), **12** (schwarz)

Symbol: **H** (rot), **Li** (blau), **Be** (schwarz), **Na** (schwarz), **Mg** (schwarz), **K** (schwarz), **Ca** (schwarz), **Sc** (schwarz), **Ti** (schwarz), **V** (schwarz), **Cr** (schwarz), **Mn** (schwarz), **Fe** (schwarz), **Co** (schwarz), **Ni** (schwarz), **Cu** (schwarz), **Zn** (schwarz), **Ga** (schwarz), **Ge** (schwarz), **As** (schwarz), **Se** (schwarz), **Br** (schwarz), **Kr** (schwarz), **Rb** (schwarz), **Sr** (schwarz), **Y** (schwarz), **Zr** (schwarz), **Nb** (schwarz), **Mo** (schwarz), **Tc** (schwarz), **Ru** (schwarz), **Rh** (schwarz), **Pd** (schwarz), **Ag** (schwarz), **Cd** (schwarz), **In** (schwarz), **Sn** (schwarz), **Sb** (schwarz), **Te** (schwarz), **I** (schwarz), **Xe** (schwarz), **Cs** (schwarz), **Ba** (schwarz), **La** (schwarz), **Ce** (schwarz), **Pr** (schwarz), **Nd** (schwarz), **Pm** (schwarz), **Sm** (schwarz), **Eu** (schwarz), **Gd** (schwarz), **Ga** (schwarz), **Er** (schwarz), **Tm** (schwarz), **Yb** (schwarz), **Lu** (schwarz), **Ac** (schwarz), **Th** (schwarz), **Pa** (schwarz), **U** (schwarz), **Np** (schwarz), **Pu** (schwarz), **Am** (schwarz), **Cm** (schwarz), **Bk** (schwarz), **Cf** (schwarz), **Es** (schwarz), **Fm** (schwarz), **Md** (schwarz), **No** (schwarz), **Lr** (schwarz)

Atomgewicht: **1,0079** (rot), **6,941** (blau), **9,0122** (schwarz), **22,990** (schwarz), **24,305** (schwarz), **39,098** (schwarz), **40,078** (schwarz), **44,956** (schwarz), **47,867** (schwarz), **50,942** (schwarz), **51,996** (schwarz), **54,938** (schwarz), **55,845** (schwarz), **58,933** (schwarz), **58,693** (schwarz), **63,546** (schwarz), **65,38** (schwarz), **69,723** (schwarz), **72,64** (schwarz), **74,922** (schwarz), **78,96** (schwarz), **79,904** (schwarz), **83,798** (schwarz), **85,468** (schwarz), **87,62** (schwarz), **88,906** (schwarz), **91,224** (schwarz), **92,906** (schwarz), **95,96** (schwarz), **98,91** (schwarz), **101,07** (schwarz), **102,91** (schwarz), **106,42** (schwarz), **107,87** (schwarz), **196,97** (schwarz), **200,59** (schwarz), **208,98** (schwarz), **209** (schwarz), **210** (schwarz), **222** (schwarz), **223** (schwarz), **226,03** (schwarz), **138,91** (schwarz), **140,12** (schwarz), **140,91** (schwarz), **144,24** (schwarz), **144,91** (schwarz), **150,36** (schwarz), **151,96** (schwarz), **157,25** (schwarz), **158,93** (schwarz), **162,50** (schwarz), **164,93** (schwarz), **167,26** (schwarz), **168,93** (schwarz), **173,05** (schwarz), **174,97** (schwarz), **227** (schwarz), **232,04** (schwarz), **231,04** (schwarz), **238,03** (schwarz), **237,05** (schwarz), **244,10** (schwarz), **243,10** (schwarz), **247,10** (schwarz), **247,10** (schwarz), **251,10** (schwarz), **254,10** (schwarz), **258** (schwarz), **259** (schwarz), **260** (schwarz), **261** (schwarz), **262** (schwarz), **263** (schwarz), **264** (schwarz), **265** (schwarz), **266** (schwarz), **267** (schwarz), **268** (schwarz), **269** (schwarz), **270** (schwarz), **277** (schwarz), **278** (schwarz), **289** (schwarz), **288** (schwarz), **294** (schwarz), **293** (schwarz), **294** (schwarz)

Serie: **Alkalimetalle** (rot), **Erdsalkalimetalle** (blau), **Übergangsmetalle** (schwarz), **Lanthanoide** (schwarz), **Actinoide** (schwarz)

Elektronenkonfiguration: **1** (rot), **2** (blau), **3** (schwarz), **4** (schwarz), **5** (schwarz), **6** (schwarz), **7** (schwarz), **8** (schwarz), **9** (schwarz), **10** (schwarz), **11** (schwarz), **12** (schwarz)

Elektronenkonfiguration: **1** (rot), **2** (blau), **3** (schwarz), **4** (schwarz), **5** (schwarz), **6** (schwarz), **7** (schwarz), **8** (schwarz), **9** (schwarz), **10** (schwarz), **11** (schwarz), **12** (schwarz)

Schraffiert = natürliches Element
Schwarz = Feststoff
Rot = Gas
Blau = Flüssigkeit

2 Chemie II

2.1 Redox-Reaktionen

- Definition
- Reaktion von Natrium mit Chlor
- Wiederholung der Wertigkeit und Einführung der Oxidationszahl

Notizen

2.2 Aufstellen einer Redox-Gleichung

- Edukt und Produkt
- relevante OZ bestimmen
- Elektronenübergänge formulieren
- Ladungsausgleich
- Stoffausgleich
- Versuch: Entfärbung von Permanganat durch Oxalat
- Formulierung der Teilreaktionen und der Gesamtreaktion

Notizen

2.3 Einfluss von Säuren und Basen auf verschiedene Metalle

- Versuch: Säurekorrosion von Zink, Aluminium und Eisen
- Redox-Gleichungen
- Versuch: Wirkung von Basen auf Zink, Aluminium und Eisen (→ Sonderstellung)
- Redox-Gleichungen

Notizen

2.4 Sauerstoffkorrosion von Eisen und Stahlbauteilen

- Definition (Rost) und Skizze
- Redoxgleichung

Notizen

2.5 Kontaktkorrosion

- Standardpotential und Elektrochemische Spannungsreihe
- Versuch: Strommessung an Elektrodenpaarungen

Notizen

2.6 Galvanisches Element

- Definition und Skizze
- Reaktionsgleichungen

Notizen

2.7 Stahl

- Definition Stahl und Vergleich zu Gusseisen
- Beispiele und Eigenschaften

Notizen

2.8 Veränderung der Stahleigenschaften

- Wiederholung Metallbindung
- Wärmebehandlung (Härten und Glühen)
- Kaltumformen (Walzen, Ziehen)
- Legieren (Austauschmischkristalle, Einlagerungsmischkristalle, Zustandsschaubild)

Notizen

2.9 Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (Zustandsschaubild)

- Definition
- Wichtige Linien und Punkte (Liquiduslinie, Soliduslinie, Eutektikum, Eutektoid, Isotherme)
- Reine Phasen (Ferrit, Austenit, Zementit)
- Phasengemische (Perlit, Ledeburit)

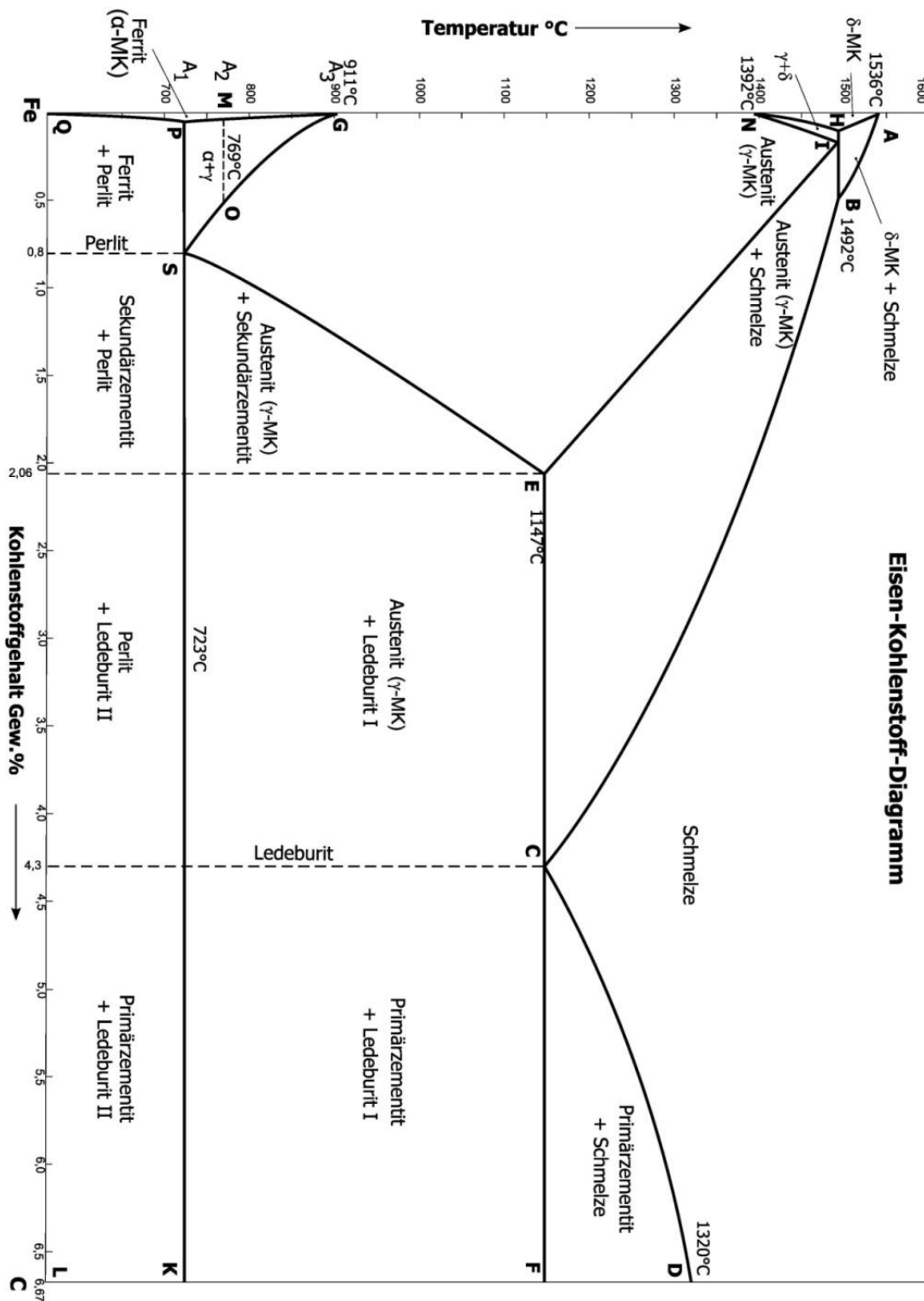
Notizen

2.10 Stahlgefüge

- Kristallisation, Gefüge und Korngrenzen, Metallographie
- Verschiedene Stahlgefüge (Mikroskopie Aufnahmen)

Notizen

2.11 Anhang: Eisen-Kohlenstoff-Diagramm



Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Eisen-Kohlenstoff-Diagramm>, Stand 13.11.2015

3 Baustahl

3.1 Praktikumsinhalt

Das Praktikum behandelt folgende Themen:

- Theoretischer Teil:
 - Vorstellen verschiedener Baustähle
 - Spannungs-Dehnungs-Diagramm Stahl

- Praktischer Teil:
 - Stahllesen
 - Zugversuch
 - Kerbschlagbiegeversuch

3.2 Bezeichnungen Baustahl/Betonstahl/Spannstahl

Baustahl:

Betonstahl:

Spannstahl:

Stähle werden nach ihren Eigenschaften unterschieden und in Stahlsorten aufgeteilt. Die Bezeichnung für Stähle in Europa ist in der DIN EN 10027-1 und DIN EN 10027-2 festgelegt. Es werden heute etwa 2500 verschiedene Stahlsorten hergestellt.

Beispiel:

Tabelle 3.1: Alte Baustahlbezeichnungen nach DIN 488-1:1984-09

	1	2	3	4	5	
BSt-sort	Kurzname	BSt 420 S	BSt 500 S	BSt 500 M ²⁾	Wert p % ³⁾	
	Kurzzeichen ¹⁾	III S	IV S	IV M		
	Werkstoffnummer	1.0428	1.0438	1.0466		
	Erzeugnisform	Betonstabstahl	Betonstabstahl	Betonstahlmatte ²⁾		
1	Nenndurchmesser d_s mm	6 bis 28	6 bis 28	4 bis 12 ⁴⁾	-	
2	Streckgrenze R_e (β_s) ⁵⁾ bzw. 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ ($\beta_{0,2}$) ⁵⁾ N/mm ²	420	500	500	5,0	
3	Zugfestigkeit R_m (β_z) ⁵⁾ N/mm ²	500 ⁶⁾	550 ⁶⁾	550 ⁶⁾	5,0	
4	Bruchdehnung A_{10} ($\bar{\delta}_{10}$) ⁵⁾ %	10	10	8	5,0	
5	Dauerschwingfestigkeit gerade Stäbe ⁷⁾ N/mm ² Schwingbreite $2 \delta_A (2 \cdot 10^6)$	215	215	-	10,0	
6	gebogene Stäbe $2 \delta_A (2 \cdot 10^6)$	170	170	-	10,0	
7	gerade freie Stäbe von Matten mit $2 \delta_A (2 \cdot 10^6)$	-	-	100	10,0	
8	Schweißstelle $2 \delta_A (2 \cdot 10^5)$	-	-	200	10,0	
9	Rückbiegeversuch mit Biegerollendurchmesser für	6 bis 12	5 d_s	5 d_s	-	1,0
10	Nenndurchmesser d_s mm	14 bis 16	6 d_s	6 d_s	-	1,0
11		20 bis 28	8 d_s	8 d_s	-	1,0
12	Biegedorndurchmesser beim Falversuch an der Schweißstelle	-	-	6 d_s	5,0	
13	Knotenschwerkraft S N	-	-	$0,3 \cdot A_s \cdot R_e$	5,0	
14	Unterschreitung des Nennquerschnittes A_s ⁸⁾ %	4	4	4	5,0	
15	Bezogene Rippenfläche f_R	Siehe DIN 488 Teil 2		Siehe DIN 488 T.4	0	
16	Chem. Zusammensetzung C	0,22 (0,24)	0,22 (0,24)	0,15 (0,17)	-	
17	bei der Schmelzen- u. P	0,050 (0,055)	0,050 (0,055)	0,050 (0,055)	-	
18	Stückanalyse ⁹⁾ max. S	0,050 (0,055)	0,050 (0,055)	0,050 (0,055)	-	
19	N ¹⁰⁾	0,012 (0,013)	0,012 (0,013)	0,012 (0,013)	-	
20	Schweißseignung für Verfahren ¹¹⁾	E, MAG, GP, RA, RP	E, MAG, GP, RA, RP	E ¹²⁾ , MAG ¹²⁾ , RP	-	

¹⁾ Für Zeichnungen und statische Berechnungen.

²⁾ Mit den Einschränkungen nach Abschnitt 8.3 gelten die in dieser Spalte festgelegten Anforderungen auch für Bewehrungsdraht.

³⁾ p-Wert für eine statistische Wahrscheinlichkeit $W = 1 - \alpha = 0,90$ (einseitig) (siehe auch Abschnitt 5.2.2).

⁴⁾ Für Betonstahlmatten mit Nenndurchmessern von 4,0 und 4,5 mm gelten die in Anwendungsnormen festgelegten einschränkenden Bestimmungen; die Dauerschwingfestigkeit braucht nicht nachgewiesen werden.

⁵⁾ Früher verwendete Zeichen.

⁶⁾ Für die Istwerte des Zugversuchs gilt, dass R_m min. $1,05 \cdot R_e$ (bzw. $R_{p0,2}$), beim Betonstahl BSt 500 M mit Streckgrenzwerten über 550 N/mm² min. $1,03 \cdot R_e$ (bzw. $R_{p0,2}$) betragen muss.

⁷⁾ Die geforderte Dauerschwingfestig. an geraden Stäben gilt als erbracht, wenn die Werte nach Zeile 6 eingehalten werden.

⁸⁾ Die Produktion ist so einzustellen, dass der Querschnitt im Mittel mindestens dem Nennquerschnitt entspricht.

⁹⁾ Die Werte in Klammern gelten für die Stückanalyse.

¹⁰⁾ Die gelten für den Gesamtgehalt an Stickstoff. Höhere Werte sind nur dann zulässig, wenn ausreichende Gehalte an stickstoffabbindenden Elementen vorliegen.

¹¹⁾ Die Kennbuchstaben bedeuten: E = Metall-Lichtbogenhandschweißen, MAG = Metall-Aktivgasschweißen, GP = Gaspressschweißen, RA = Abbrennstumpfschweißen, RP = Widerstandspunktschweißen.

¹²⁾ Der Nenndurchmesser der Mattenstäbe muss mindestens 6 mm beim Verfahren MAG und mindestens 8 mm beim Verfahren E betragen, wenn Stäbe und Matten untereinander oder mit Stabstählen ≤ 14 mm Nenndurchmesser verschweißt werden.

Tabelle 3.2: Neue Baustahlbezeichnungen nach DIN 488-1:2009-08

	1	2	3	4	5	6
1	Kurzname	B500A	B500B	B500A	B500A	Quantile p (%) bei W = 1 - α (einseitig)
2	Werkstoffnummer	1.0438	1.0439	1.0438	1.0438	
3	Oberfläche	gerippt	gerippt	glatt (+G)	profiliert (+P)	
4	Erzeugnisform/Lieferform	Betonstahl in Ringen, abgewickelte Erzeugnisse, Betonstahlmatten, Gitterträger	Betonstabstahl, Betonstahl in Ringen, abgewickelte Erzeugnisse, Betonstahlmatten, Gitterträger	Bewehrungsdraht in Ringen und Stäben, Gitterträger		
5	Streckgrenze Re ^a MPa ^b	500	500	500	500	5,0 bei W = 0,90
6	Streckgrenzen-verhältnis R _m /R _e	1,05 ^c	1,08	1,05 ^c	1,05 ^c	10,0 bei W = 0,90
7	Verhältnis R _{e,ist} /R _{e,nenn}	—	1,30	—	—	90,0 bei W = 0,90
8	Prozentuale Gesamtdehnung bei Höchstkraft A _{gt} %	2,5 ^c	5,0	2,5 ^c	2,5 ^c	10,0 bei W = 0,90
9	Schwingbreite 2 σ _a in MPa ^b bei 1 × 10 ⁶ Lastwechseln; Spannungsexponenten k ₁ und k ₂ der Wöhlerkurve (Oberspannung von 0,6 R _{e,nenn})	175 ^d k ₁ = 4 ^d ; k ₂ = 9 ^d	d ≤ 28,0 mm: 175 ^d k ₁ = 4 ^d ; k ₂ = 9 ^d d > 28 mm: 145 k ₁ = 4; k ₂ = 9	—	—	5,0 bei W = 0,75 (einseitig)
10	Biegefähigkeit	— ermittelt im Rückbiegeversuch bis d = 32 mm (siehe DIN 488-2 und DIN 488-3), — ermittelt im Biegeversuch für d = 40 mm (siehe DIN 488-2), — ermittelt im Biegeversuch an der Schweißstelle (siehe DIN 488-4)				Mindestwert
11	Unter- oder Überschreitung der Nennquerschnittsfläche A _n %	+6/-4	+6/-4	+6/-4	+6/-4	95,0/5,0 bei W = 0,90
12	Knotenscherkraft von Betonstahlmatten ^e	0,3 × A _n × R _e ^{e, f}	0,3 × A _n × R _e ^{e, f}	e	e	5,0 bei W = 0,90
13	Bezogene Rippenfläche f _R	4,0 und 5,0 bis 6,5 bis 9,0 bis 11,0 bis	4,5:0,036 6,0:0,039 8,5:0,045 10,0:0,052 40,0:0,056	—	g	5,0 bei W = 0,90
14	Schweißreignung ^h	C _{eq} i ≤ 0,50 (0,52) für d ≤ 28 mm C _{eq} i ≤ 0,47 (0,49) für d > 28 mm C ≤ 0,22 (0,24) P ≤ 0,050 (0,055) S ≤ 0,050 (0,055) N ≤ 0,012 (0,014) ^j Cu ≤ 0,60 (0,65) ^k				

a) Die Streckgrenze (und Zugfestigkeit) wird errechnet aus der Kraft bei Erreichen der Streckgrenze (und Höchstkraft) dividiert durch die Nennquerschnittsfläche ($A_n = \pi d^2/4$). Als Streckgrenze gilt die obere Streckgrenze R_{eH}. Tritt keine ausgeprägte Streckgrenze auf, ist die 0,2%-Dehngrenze R_{p0,2} zu ermitteln.

b) 1 MPa = 1 N/mm².

c) R_m/R_e ≥ 1,03 und A_{gt} ≥ 2,0 für die Nenndurchmesser 4,0 mm bis 5,5 mm.

- d) 100 MPa sowie $k_1 = 4'$ und $k_2 = 5'$ für Betonstahlmatten. Keine Anforderungen bei Gitterträgern und bei Durchmessern $\leq 5,5$ mm. Gitterträger nach dieser Norm dürfen nur für Bauteile verwendet werden, die durch vorwiegend ruhende Belastung beansprucht werden.
- e) Knotenscherkräfte für Gitterträger, siehe DIN 488-5.
- f) Kein Einzelwert darf kleiner sein als $0,25 \times A_n \times R_e$.
- g) Für Profilmaße, siehe DIN 488-3.
- h) Die Werte (Massenanteil in %) gelten für die Schmelzenanalyse. Die Werte in Klammern gelten für die Stückanalyse.
- i) $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15$.
- j) Höhere Anteile sind zulässig, wenn Stickstoff abbundene Elemente in ausreichender Menge vorhanden sind.
- k) Cu-Anteile bis 0,80 % (0,85 %) sind bei besonderem Nachweis zulässig, siehe DIN 488-6.

ANMERKUNG Die Spannungsexponenten k_1 und k_2 gelten als nachgewiesen, wenn der Übereinstimmungsnachweis nach DIN 488-6 erbracht ist. Ein Variationskoeffizient $v < 0,40$ in Richtung der Lastwechsel wird vorausgesetzt.

3.3 Stahl lesen

Betonstabstahl besitzt zwei Reihen mit Rippen, deren Anordnung die Stahlsorte und das Herstellwerk kennzeichnet. Abbildung 3.1 zeigt zwei Beispiele von Rippenanordnungen und wie man diese liest.

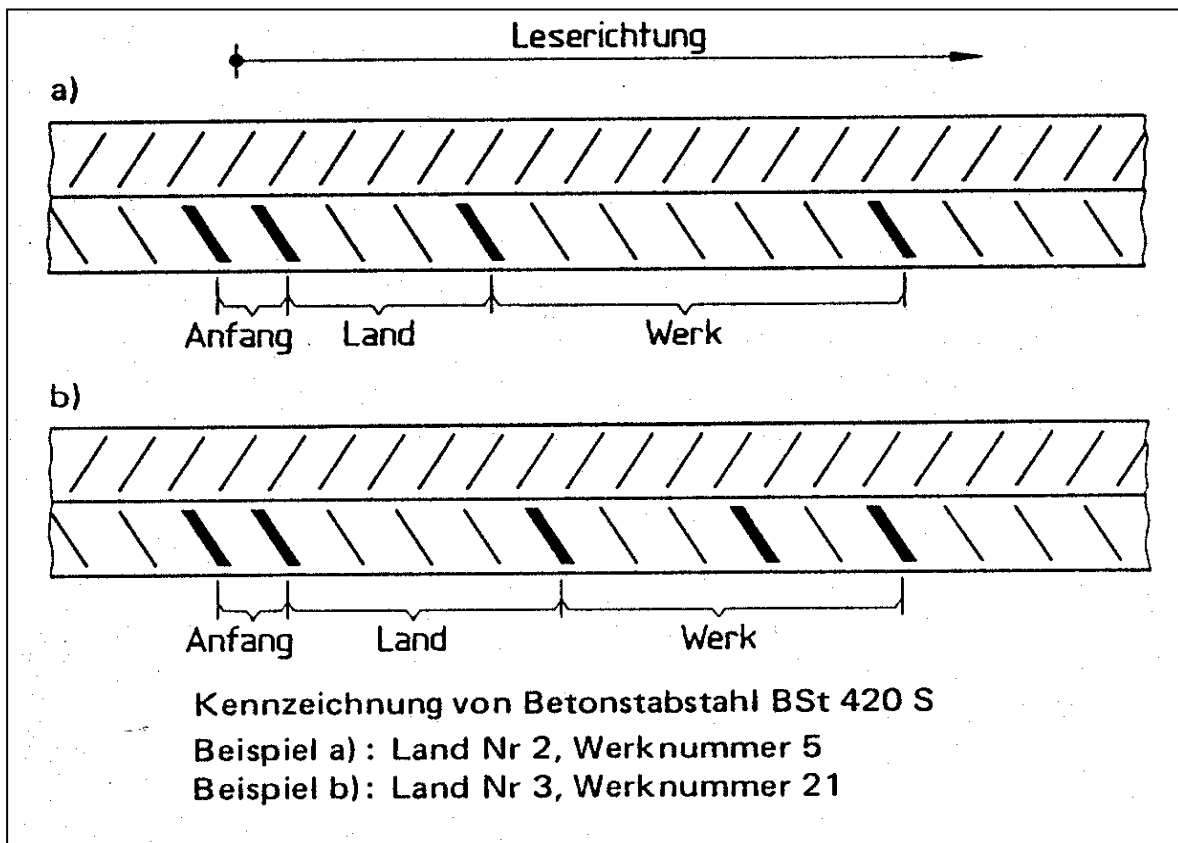


Abbildung 3.1: Beispiele Stahl lesen

Notizen:

3.4 Spannungs-Dehnungslinie



σ	Spannung
ϵ	Dehnung
E	Elastizitätsmodul
A_g	Plastische Dehnung bei Höchstkraft
A_{gt}	Gesamte Dehnung bei Höchstkraft
A	Bruchdehnung (bleibende Dehnung nach dem Bruch, der elastische Anteil geht zurück)
A_t	Gesamte Dehnung beim Bruch
R_e	Streckgrenze
$R_{p0,2}$	Technische Streckgrenze (bleibende Dehnung von 0,2 % der Messlänge)
R_m	Zugfestigkeit

Notizen:

3.5 Zugversuch (DIN EN ISO 6892)

Der Zugversuch dient der Ermittlung von Zugfestigkeits- und Verformungskenngrößen und ist in der DIN EN ISO 6892 geregelt. Die Probekörper werden Proportionalitätsstäbe genannt und ihre Geometrie entspricht Abbildung 3.2. Die Länge l_0 der Probe variiert nach Stahlsorte bzw. Metallsorte, bei Baustählen ist sie in der Regel $5 \cdot d_0$, bei Betonstählen $10 \cdot d_0$.



Abbildung 3.2: Zugprobengeometrie

Tabelle 3.2: Zugversuche

Mess- und Kenngröße	Einheit	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Material	-			
Vorhandener Durchmesser	mm			
Vorhandene Länge	mm			
Querschnittsfläche	mm ²			
Höchstlast	KN			
Endlänge	mm			
Streckgrenze	N/mm ²			
Zugfestigkeit	N/mm ²			
Bruchdehnung	%			

Notizen:

3.6 Kerbschlagbiegeversuch

Mit dem Kerbschlagbiegeversuch ist es möglich, die Zähigkeit von Werkstoffen zu bestimmen. Untersucht werden hier gekerbte Metallquader bei unterschiedlichen Temperaturen bei schlagartiger Belastung durch einen Pendelhammer. Der Pendelhammer zerschlägt die Probe mit einer vorgegebenen kinetischen Energie und erreicht gegenüber der Ruhelage die Höhe H_1 . Die verrichtete Arbeit wird durch einen Schleppzeiger am Gerät angezeigt und zusammen mit der Prüftemperatur in ein Diagramm eingetragen. Dabei entstehen materialcharakteristische Kurven mit denen Aussagen über die Zähigkeit getroffen werden können, siehe Abbildung 3.3. Bei niedriger Kerbschlagarbeit spricht man von Tieflage der Zähigkeit, der Werkstoff verhält sich spröde. Bei hoher Kerbschlagarbeit spricht man von Hochlage der Zähigkeit. Der Werkstoff verhält sich duktil.

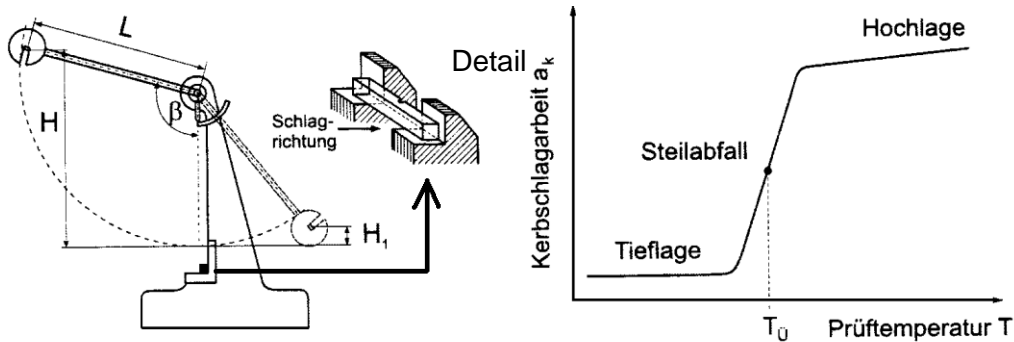


Abbildung 3.3: Aufbau des Pendelschlagwerks und Beispielkurve eines unlegierten Stahls

Tabelle 3.3: Kerbschlagbiegeversuch

Art der Probe	Kerbschlagarbeit [J]		Bruchaussehen [→1 – 2 – 3 – 4 – 5←] spröd.....zäh	
	+20°C	-35°C	+20°C	-35°C
warm verformter Stahl				
kalt verformter Stahl				
Aluminium				

Notizen: