

Bierbrauen - Formeln und Tabellen für Hobbybrauer

Über den Autor

Stefan Maaß (* 1975 im Saarland) ist hauptberuflich als Berechnungsingenieur in der Maschinenbau-Branche tätig. Seit Jahren ist er außerdem begeisterter Hobbybrauer.



Im Google Play Store ist zur Ergänzung des Buches die kostenlose Android-App „Braurechner“ verfügbar, mit der zahlreiche Berechnungen rund ums Bierbrauen schnell und einfach durchgeführt werden können.

Bierbrauen

Formeln und Tabellen
für Hobbybrauer

Stefan Maaß

Verlag & Druck: tredition GmbH, Halenreihe 40-44, 22359 Hamburg

© 2023 Stefan Maaß

1. Auflage

ISBN 978-3-384-03998-9 (Softcover)

ISBN 978-3-384-03999-6 (E-Book)

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages und des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Google Play und das Google Play-Logo sind Marken von Google LLC.

Coverabbildung: Valentyn Volkov/Shutterstock.com

Haftungsausschluss:

Das vorliegende Buch wurde sorgfältig erarbeitet und geprüft. Dennoch sind Fehler nicht völlig ausgeschlossen. Daher erfolgen alle Angaben ohne Gewähr. Weder Autor noch Verlag können für eventuelle Schäden, die sich aus den Informationen dieses Buches ergeben, eine Haftung übernehmen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	7
1 Braumalz	9
1.1 Bierfarbe	9
1.2 Sudhausausbeute	13
1.3 Erforderliche Malzmenge.....	15
1.4 Resultierende Stammwürze.....	16
2 Wasser	17
2.1 Wasserhärte.....	17
2.2 pH-Wert	21
2.3 Restalkalität	23
2.4 Einfluss der Wasserinhaltsstoffe	25
2.5 Wasseraufbereitung	27
2.5.1 Verschnitt mit anderem Wasser.....	28
2.5.2 Wasseraufbereitung mit Salzen	30
2.5.3 Wasseraufbereitung mit Säuren	33
2.5.4 Berechnungsbeispiel Wasseraufbereitung.....	37
2.6 Wassermengen	41
2.6.1 Hauptguss	41
2.6.2 Nachguss.....	42
2.6.3 Gesamtmaischevolumen	42
2.6.4 Pfannevollwürzmenge	43
2.6.5 Treberwasser	44
3 Hopfen.....	45
3.1 Berechnung der Bittereinheiten	45
3.2 Berechnung der Hopfenmenge	50
3.2.1 Allgemeine Vorgehensweise	51
3.2.2 Umrechnung bei abweichendem Alphasäuregehalt	51
3.2.3 Mengenabschätzung bei Dolden	52
3.3 Abnahme der Alphasäure durch Alterung	53
4 Karbonisierung.....	57
4.1 Grünschlauchen	59
4.2 Karbonisierung mit Zucker	61
4.3 Karbonisierung mit Speise	64
4.4 Spundung	66
5 Messwerte.....	69
5.1 Dichte	69
5.1.1 Allgemeines.....	69

5.1.2	Relative (spezifische) Dichte	70
5.1.3	Specific Gravity (SG)	71
5.1.4	Tauchgewichtsverhältnis (S_L)	72
5.1.5	Umrechnungen	72
5.2	Konzentrationsangaben.....	73
5.2.1	Volumenprozent.....	73
5.2.2	Gewichtsprozent	74
5.2.3	Gemischtporzent	74
5.3	Stammwürze	75
5.3.1	Allgemeines.....	75
5.3.2	Berechnungen	76
5.3.3	Spindel-Messungen	80
5.3.4	Refraktometer-Messungen.....	82
5.3.5	Stammwürze-Korrektur	90
5.3.6	Balling-Formel	91
5.4	Endvergärungsgrad	93
5.5	Alkoholgehalt und Brennwert	94
6	Sonstige Berechnungen.....	97
6.1	Mischungskreuz	97
6.1.1	Allgemeine Vorgehensweise	97
6.1.2	Anwendung im Dekoktionsverfahren	98
6.2	Behältervolumen.....	101
6.2.1	Zylindrische Behälter	101
6.2.2	Konische Behälter	103
6.3	Zapfdruck.....	106
6.4	Umrechnung von Einheiten	108
7	Tabellen.....	111
7.1	Bierspezifikationen	111
7.2	Malzsorten.....	118
7.3	Hopfensorten	125
7.4	Bitterstoffausbeute	138
7.5	CO ₂ -Sättigungskonzentration.....	140
7.6	Spunddrücke.....	141
7.7	Plato-Korrektur.....	147
7.8	Plato-Tabelle.....	149
	Stichwortverzeichnis	157
	Literatur.....	160

Vorwort

Auch bei der heimischen Produktion von Bier im kleinen Maßstab steht der Hobbybrauer immer wieder vor der Aufgabe, kleinere und größere Berechnungen durchzuführen. Sei es, um eigene Rezepte zu kreieren, um eine perfekte Karbonisierung zu erreichen, oder auch um einfach nur den Alkoholgehalt zu bestimmen.

Nachdem ich anfänglich mit Excel gearbeitet hatte, probierte ich dann auch einige Apps aus, von denen mich aber keine rundum begeistern konnte, so dass ich irgendwann begann, das Thema selbst in die Hand zu nehmen und meine eigene „Braurechner“-App zu programmieren.

Mittlerweile ist der Funktionsumfang ebenso wie die Zahl der Nutzer stark angewachsen und es entstand die Notwendigkeit, die implementierten Berechnungsalgorithmen sorgfältig zu dokumentieren. Ergänzt um zahlreiche erklärende Hinweise, Beispiele und Tabellen entstand aus dieser privaten Dokumentation das vorliegende Buch.

Ich hoffe, dass es beim Brauen stets eine wertvolle Hilfe sein wird.

Uchtelfangen, im Oktober 2023

Stefan Maaß

1 Braumalz

1.1 Bierfarbe

Die zu erwartende Farbe des fertigen Bieres kann überschlägig aus den Farben der eingesetzten Malze abgeschätzt werden. Zur Angabe der Farbstärke ist in Europa die Einheit „EBC“ üblich. EBC steht für „European Brewery Convention“. Je höher die Zahl, umso dunkler das Malz und damit auch am Ende das Bier.

Vereinfachte Berechnung:

$$EBC = \frac{EBC_1 * M_1 + EBC_2 * M_2 + \dots + EBC_n * M_n}{M_{ges}}$$

Genauere Berechnung:

$$EBC = \frac{EBC_1 * M_1 + EBC_2 * M_2 + \dots + EBC_n * M_n}{M_{ges}} * \frac{SW}{10} + t_k * 1,5$$

Die genauere Berechnung berücksichtigt auch den Einfluss der Stammwürze und der Kochzeit. Der Faktor 1,5 zur Erfassung der Zufärbung beim Würzekochen ist ein Durchschnittswert, der in der Praxis zwischen 1 und 2 liegt.

Bei sehr hellen Bieren kommt es oft noch zu einer zusätzlichen Farbzunahme in einer Höhe von 2-4 EBC.

Symbol	Einheit	Bedeutung
EBC	-	Bierfarbe in EBC-Einheiten
EBC_{1-n}	-	Farben der Schüttungsanteile
M_{1-n}	kg	Massen der Schüttungsanteile
M_{ges}	kg	gesamtes Schüttungsgewicht
SW	°P	Stammwürze, bezogen auf 20 °C
t_k	Stunden	Kochzeit der Würze

Beispiel 1:

Zusammensetzung der Schüttung:

- 3,9 kg Malz mit der Farbe EBC 4
- 0,7 kg Malz mit der Farbe EBC 120
- 0,2 kg Malz mit der Farbe EBC 60

Ergebnis:

Gesamtes Schüttungsgewicht: 3,9 kg + 0,7 kg + 0,2 kg = 4,8 kg

$$\frac{4 * 3,9 \text{ kg} + 120 * 0,7 \text{ kg} + 60 * 0,2 \text{ kg}}{4,8 \text{ kg}} = 23 \text{ EBC}$$

Beispiel 2:

Genauere Berechnung mit Werten aus Beispiel 1. Die Stammwürze soll 13 °P betragen, die Kochzeit 90 Minuten, also 1,5 Stunden.

Ergebnis:












$$\frac{4 * 3,9 \text{ kg} + 120 * 0,7 \text{ kg} + 60 * 0,2 \text{ kg}}{4,8 \text{ kg}} * \frac{13 \text{ }^{\circ}\text{P}}{10} + 1,5 \text{ h} * 1,5 = 32 \text{ EBC}$$

Anmerkungen:

So gut wie immer wird das fertige Bier mehr oder weniger dunkler sein als vorausberechnet. Das liegt an der Vielzahl weiterer Einflussfaktoren, die die Zufärbung verstärken, die in einer Berechnung aber nur schwierig erfasst werden können:

- Verwendung dunkler Malze (diese färben überproportional zu)
- hohe Restalkalität des Brauwassers
- überlange Kochzeiten
- auftretende Oxidationen, insbesondere beim Ausschlagen
- ineffektive, langsame Würzekühlung
- geringer pH-Abfall während der Gärung
- unterlassene Filtration

- „Maillard-Reaktionen¹“ in der Vermälzung, beim Maischen und beim Würzekochen

EBC	SRM	Farbeindruck	Farbe	Biersorten
4	2	hell		Helles Lager, Pilsener
6	3			Maibock
8	4	gold		klassisches Pils
10	5			Märzen
12	6	bernstein		IPA
16	8			Weißbier
20	10	kupfer		Englisches Bitter
30	15			Altbier
40	20	braun		Bockbier
60	30			Stout
80	41	schwarz		Imperial Stout

¹ Unter „Maillard-Reaktionen“ versteht man die oftmals erwünschte Bildung von Farb- und Aromastoffen durch nichtenzymatische Vorgänge, die beim Erhitzen von Lebensmitteln, z.B. beim Kochen, stattfinden. Dabei verbinden sich Aminosäuren mit Zucker zu Melanoidinen. Die „Maillard-Reaktionen“ sind zu unterscheiden von den Karamellisierungsvorgängen, die zwar ebenfalls zu einer Braunfärbung führen, bei denen aber lediglich Zucker beteiligt ist.

Für Hobbybrauer sind diese Einflüsse aber weitaus weniger problematisch als für industrielle Brauereien, die im Rahmen der Qualitätssicherung sehr viel Wert auf immer exakt gleiche Produkte legen.

Während in Europa die EBC-Skala üblich ist, nutzen amerikanische Brauer normalerweise die SRM-Skala (SRM = „Standard Research Method“), die wiederum auf der älteren Lovibond-Skala basiert. Die Werte beider Skalen sind ähnlich, wobei der SRM-Wert stets etwas höher ist als der Lovibond-Wert: er klassifiziert die Farbe des fertigen Bieres. Der Wert nach der Lovibond-Skala (Einheit °L) dagegen ist ein Maß für die Malzfarbe.

Umrechnung zwischen EBC/SRM/°L:

$$EBC = SRM * 1,97$$

$$SRM = EBC * 0,508$$

$$EBC = °L * 2,65 - 1,2$$

$$°L = EBC * 0,377 + 0,45$$

$$SRM = (1,3546 * °L) - 0,76$$

$$°L = \frac{SRM + 0,76}{1,3546}$$

Beispiel:

Der Farbton eines Malzes ist mit 8 EBC angegeben. Dieser Wert entspricht

$$8 EBC * 0,508 = 4,1 SRM$$

oder

$$8 EBC * 0,377 + 0,45 = 3,5 °L$$

1.2 Sudhausausbeute

Die Sudhausausbeute, auch Extrakteffizienz genannt, drückt in Prozent aus, wieviel Extrakt aus dem eingesetzten Malz gewonnen wurde:

$$A_S = \frac{SW * SG * V * 0,96}{M}$$

Symbol	Einheit	Bedeutung
A_S	%	Sudhausausbeute
SW	°P	Stammwürze, bezogen auf 20°C
SG	g/ml	spezifisches Gewicht (Dichte ²), aus der Plato-Tabelle (ab Seite 149) oder mit folgender Formel (vgl. Abschn. 5.3.2): $SG = 1 + (SW * 0,004)$
V	Liter	Volumen der „Heißwürze“
M	kg	Malzmenge (Schüttung)

Anmerkungen:

Das „Heißwürzevolumen“ wird unmittelbar nach Kochende und noch vor dem Ausschlagen bei einer Temperatur knapp unter 100 °C ermittelt und beinhaltet damit im Gegensatz zum „Ausschlagvolumen“ noch Heißtrub und Hopfentreber, was zu einer gewissen Erhöhung des Volumens und damit der errechneten Ausbeute führt. Ursache für diese Vorgehensweise ist die früher übliche Praxis, die Würzmenge direkt nach dem Kochen mit einer Messlatte zu ermitteln (sog. „Abstechen der Würze“). Der Fehler ist im Übrigen gering.

Der Korrekturfaktor in Höhe von 0,96 berücksichtigt die Kontraktion der Würze beim Abkühlen³. Nach KUNZE beinhaltet er auch eine Korrektur für den mitgemessenen Hopfentreber und Eiweißbruch.

² Dichte bei 20 °C bezogen auf Wasser bei 4 °C (d 20/4), vgl. Abschnitt 5.1.

³ Der Faktor 0,96 ergibt sich aus der unterschiedlichen Dichte von Wasser bei der Temperatur kurz nach Kochende (z.B. 95 °C) und bei 20 °C: 961,9 kg/m³ / 998.2 kg/m³ = 0,96.

Durch die Multiplikation der mit einer Bierspindel oder einem Refraktometer gemessenen Stammwürze mit der Dichte erfolgt eine Umrechnung von Gewichtsprozent (GG% bzw. °P) in Volumenprozent (GV%), siehe auch Abschnitt 5.2.

Alternativ kann die Sudhausausbeute auch mit dem „Ausbeutefaktor“ in der Plato-Tabelle errechnet werden (siehe Beispiel auf der Seite 149).

Erreichbare Werte liegen für Hobbybrauer zwischen 65 und maximal 75 %. Industrielle Brauereien sind noch etwas besser, aber auch dort sind 100 % unerreichbar.

Wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Sudhausausbeute haben neben dem Maischverfahren und der Arbeitsweise beim Abläutern vor allem auch die Qualität des Malzes und die Wassereigenschaften: schlecht gelöste Malze und solche mit hohem Wassergehalt ergeben schlechtere Ausbeuten, ebenso wie hartes, karbonatreiches Wasser.

Beispiel:

Schüttung:	3,5 kg
Heißwürzevolumen:	21 Liter
Stammwürze bei 20 °C:	11,4 °P

Ergebnis:

Überschlägige Berechnung der Dichte:

$$SG = 1 + (11,4 \text{ °P} * 0,004) = 1,0456 \text{ g/ml}$$

Berechnung der Sudhausausbeute:

$$A_s = \frac{11,4 \text{ °P} * 1,0456 \text{ g/ml} * 21 \text{ Liter} * 0,96}{3,5 \text{ kg}} = 68,7 \%$$

Anmerkung: der exakte Wert für die Dichte beträgt nach der Plato-Tabelle 1,04395 g/ml. Damit ergäbe sich eine geringfügig kleinere Sudhausausbeute von 68,5 %.

1.3 Erforderliche Malzmenge

Die zur Erzielung einer angestrebten Stammwürze benötigte Malzmenge kann bei bekannter Sudhausausbeute einfach berechnet werden:

$$M = \frac{SW * SG * V * 0,96}{A_s}$$

Symbol	Einheit	Bedeutung
M	kg	benötigte Malzmenge (Schüttung)
SW	°P	angestrebte Stammwürze, bezogen auf 20°C
SG	g/ml	spezifisches Gewicht (Dichte), aus der Plato-Tabelle (ab Seite 149), oder mit folgender Formel (vgl. Abschn. 5.3.2): $SG = 1 + (SW * 0,004)$
V	Liter	angestrebtes Heißwürzevolumen
A _s	%	angenommene Sudhausausbeute

Beispiel:

Ziel-Heißwürzevolumen: 21 Liter
angestrebte Stammwürze: 14 °P
angenommene Sudhausausbeute: 67 %

Ergebnis:

Überschlägige Berechnung der Dichte:

$$SG = 1 + (14 \text{ °P} * 0,004) = 1,056 \text{ g/ml}$$

Berechnung der benötigten Malzmenge:

$$M = \frac{14 \text{ °P} * 1,056 \text{ g/ml} * 21 \text{ Liter} * 0,96}{67 \%} = 4,45 \text{ kg}$$

Anmerkung: das Prozentzeichen in der Formel dient der Kenntlichmachung der Einheit und ist nicht im Taschenrechner einzugeben!

1.4 Resultierende Stammwürze

Die Gleichung zur Berechnung der Stammwürze, die sich bei bekannter Sudhausausbeute aus einer bestimmten Schüttung in einem bestimmten Volumen ergibt, kann durch Umstellung der Gleichungen zur Ermittlung der erforderlichen Malzmenge und der Dichte hergeleitet werden:

$$SW = -125 + \sqrt{125^2 + A_S * \frac{M}{V * 0,96 * 0,004}}$$

Symbol	Einheit	Bedeutung
A _S	%	Sudhausausbeute
M	kg	eingesetzte Malzmenge
V	Liter	Heißwürzevolumen
SW	°P	voraussichtlich erzielte Stammwürze, bezogen auf 20 °C

Beispiel:

angenommene Sudhausausbeute: 67 %
eingesetzte Malzmenge: 4,45 kg
voraussichtliches Heißvolumen: 21 Liter

Ergebnis:

$$SW = -125 + \sqrt{125^2 + 67 \% * \frac{4,45 \text{ kg}}{21 \text{ Liter} * 0,96 * 0,004}} = 14 \text{ } ^\circ P$$

Voraussichtlich wird die Würze also einen Extraktgehalt von 14 °P aufweisen.

2 Wasser

Bier besteht zu etwa 80% aus Wasser. Der Einfluss der jeweiligen Wassereigenschaften auf das Gelingen des gesamten Brauprozesses und den Geschmack des fertigen Bieres ist daher nicht zu unterschätzen.

2.1 Wasserhärte

Die „Wasserhärte“ wird durch im Wasser gelöste Ionen der Erdalkalimetalle⁴ verursacht. Für Brauzwecke relevante „Härtebildner“ sind die Calcium- und Magnesiumionen.

Für Hobbybrauer wichtige Begriffe:

Calciumhärte	wird bestimmt durch die Anzahl aller Calciumionen
Magnesiumhärte	wird bestimmt durch die Anzahl aller Magnesiumionen
Gesamthärte	<ul style="list-style-type: none">○ Summe von Calcium- und Magnesiumhärte○ wird hervorgerufen durch die im Wasser aus den Gesteinsschichten gelösten Salze von Calcium und Magnesium○ ergibt sich auch aus der Addition von Karbonat- und Nichtkarbonathärte○ Wasser gilt als „hart“, wenn es eine hohe Konzentration an Calcium- und/oder Magnesiumsalzen aufweist○ „weiches“ Wasser enthält dagegen relativ wenige dieser Salze
Karbonathärte	<ul style="list-style-type: none">○ Summe aller Calcium- und Magnesiumkarbonate, hervorgerufen durch denjenigen Teil der Calcium- und Magnesiumionen, der an Hydrogencarbonat (HCO_3^-) gebunden ist

⁴ Erdalkalimetalle sind Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium, Barium und Radium. Ionen sind elektrisch geladene Atome oder Moleküle und werden in Kationen (positive Ladung) und Anionen (negative Ladung) unterteilt.

	<ul style="list-style-type: none"> ○ verleiht dem Wasser alkalische Eigenschaften, wirkt also säurevernichtend ○ kann aus der Säurekapazität KS 4,3 (auch „Säurebindungsvermögen“ genannt) berechnet werden (die Säurekapazität drückt die Fähigkeit des Wassers aus, Säuren zu neutralisieren) ○ Karbonatverbindungen sind instabil, da sie sich bei Erwärmung des Wassers auf über 60 °C unter Ausgasung der gelösten Kohlensäure als Kalk (Kesselstein) abscheiden können. Man spricht daher auch von der „vorübergehenden“ oder „temporären“ Härte. ○ die Karbonathärte ist eine sehr wichtige Kenngröße für die Beurteilung eines Brauwassers: ist sie zu hoch, führt das zu vielfältigen negativen Auswirkungen, die sich auch im Geschmack bemerkbar machen (derbe, kratzige Bittere)
Nicht-Karbonathärte	<ul style="list-style-type: none"> ○ andere Bezeichnung: Mineralsäurehärte ○ wird hervorgerufen durch Calcium- und Magnesiumionen, die nicht an Hydrogencarbonat, sondern an Sulfate, Nitrate, Chloride, Phosphate oder andere Anionen gebunden sind ○ wird auch als permanente oder bleibende Härte bezeichnet, da sie sich durch Erhitzen nicht verändert ○ die Nicht-Karbonathärte wird nicht gemessen, sondern rechnerisch bestimmt. Sie ist für den Brauer weniger wichtig als die Karbonathärte. ○ das Verhältnis der Karbonat- zur Nicht-Karbonathärte kann für die Beurteilung des Brauwassers interessant sein (ideal: 1:2-2,5)

Die Wasserhärte wird traditionell in „Deutschen Härtegraden“ (°dH) angegeben und bezog sich ursprünglich auf die im Wasser enthaltenen Erdalkalimetalloxide. 1 °dH bedeutet per Definition, dass in jedem Liter Wasser 10 mg CaO (Calciumoxid) gelöst sind. Die gleiche Härte von 1 °dH wird aber auch erreicht durch:

- 7,19 mg MgO (Magnesiumoxid) pro Liter oder
- 7,15 mg Ca (Calcium) pro Liter oder
- 4,33 mg Mg (Magnesium) pro Liter

Zur Kategorisierung der Gesamthärte wurden in der älteren Fassung des „Wasch- und Reinigungsmittelgesetzes“ (WRMG) verschiedene Härtebereiche definiert:

Härtebereich	Millimol pro Liter Gesamthärte	entspricht °dH
I - weich	bis 1,3	bis 7,3
II – mittel	1,3 bis 2,5	7,3 bis 14
III - hart	2,5 bis 3,8	14 bis 21,3
IV – sehr hart	über 3,8	über 21,3

In der an EU-Recht angepassten neuen Fassung spielt für die Einteilung nur noch die Konzentration an Calciumkarbonat eine Rolle:

Härtebereich	Millimol pro Liter Calciumkarbonat	entspricht °dH
I - weich	bis 1,5	bis 8,4
II – mittel	1,5 bis 2,5	8,4 bis 14
III - hart	über 2,5	über 14

Wasser mit niedrigen Härtegraden ist häufig aggressiv und kann Korrosion hervorrufen. Hohe Härtegrade dagegen führen u.U. zu Rohrinkrustierungen, Kalkablagerungen oder Kesselstein.

Wasserwerke geben die Wasserhärte oft auch in mmol/l Erdalkalitionen an. Für die Umrechnung gilt:

- 1 mmol/l Erdalkalitionen entspricht 5,56 °dH oder 100 mg/l CaCO_3 (Calciumkarbonat)
- 1° dH entspricht 0,18 mmol/l Erdalkalitionen oder 17,8 mg/l CaCO_3 (Calciumkarbonat)

Berechnung der Wasserhärte:

Calciumhärte	$CH = CA * 0,1399$
Magnesiumhärte	$MH = MG * 0,2307$
Gesamthärte	$GH = CH + MH = CA * 0,1399 + MG * 0,2307$
Karbonathärte	$KH = KS_{4,3} * 2,8 = \frac{HCO_3^-}{61,017} * 2,8$
Nicht-Karbonathärte	$NKH = GH - KH$
Säurekapazität	$KS_{4,3} = \frac{HCO_3^-}{61,017}$
Hydrogenkarbonat	$HCO_3^- = KS_{4,3} * 61,017$

Symbol	Einheit	Bedeutung
CH	°dH	Calciumhärte
CA	mg/l	Calciumgehalt des Wassers
MH	°dH	Magnesiumhärte
MG	mg/l	Magnesiumgehalt des Wassers
GH	°dH	Gesamthärte
KH	°dH	Karbonathärte
KS _{4,3}	mmol/l	Säurekapazität bis pH = 4,3
HCO ₃ ⁻	mg/l	Hydrogenkarbonat
NKH	°dH	Nichtkarbonathärte