

**Physikalische und physikalisch-chemische
Stoffkenngößen (Gruppe C)**

Teil 10: Calcitsättigung eines Wassers (C 10)

DIN**38404-10**

ICS 13.060.40

Ersatz für Ausgabe 1979-05

Deskriptoren: Wasseruntersuchung, Einheitsverfahren,
Calcit, Sättigungsgrad, Wasser

German standard methods for the examination of water, waste water and sludge — Physical and physico-chemical parameters (group C) — Part 10: Calcit saturation of water (C 10)

Méthodes normalisées allemandes pour l'analyse des eaux, des eaux résiduaires et des boues — Paramètres physiques et physicochimiques (groupe C) — Partie 10: Dosage de la saturation en calcit d'eau (C 10)

Vorwort

Diese Norm wurde gemeinsam mit der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker aufgestellt (siehe Erläuterungen).

Es ist erforderlich, bei den Untersuchungen nach dieser Norm Fachleute oder Facheinrichtungen einzuschalten.

Bei Anwendung der Norm ist im Einzelfall je nach Aufgabenstellung zu prüfen, ob und inwieweit die Festlegung von zusätzlichen Randbedingungen erforderlich ist.

Anhang B und Anhang C sind informativ.

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe Mai 1979 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Für das Löslichkeitsprodukt des Calcits sind neue, zuverlässigere Zahlenwerte verwendet worden (Literatur: Plummer und Busenberg).
- b) Neu ist die Berücksichtigung von Ionenspezies wie CaHCO_3^+ bei den Berechnungen. Der Forderung der Trinkwasserverordnung, den pH-Wert nach Calcitsättigung zu berechnen oder zu bestimmen, wurde entsprochen.
- c) Es sind drei gleichwertige Rechenverfahren angegeben, von denen zwei auch ohne Rechner durchgeführt werden können. Für die Berechnungen müssen in Sonderfällen iterative Methoden angewandt werden. Hierfür wird auf programmierbare Rechner verwiesen, für die lediglich die Grundgleichungen und die zu erfüllenden Merkmale angegeben werden.
- d) Die Norm-Bezeichnungen der Verfahren sind geändert, da die Verfahren nach Anzahl und Inhalt verändert wurden.
- e) Da die Berechnungen zuverlässiger sind als der Marmorlöseversuch durch Einzelmessung, hat dieser nur untergeordnete Bedeutung, z. B., um Hinweise auf Kristallisationsinhibitoren zu geben.

Frühere Ausgaben

DIN 38404-10: 1979-05

Fortsetzung Seite 2 bis 34

Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

1 Allgemeine Angaben

Die Verfahren dieser Norm dienen ausschließlich der Bestimmung, ob sich ein Wasser im Zustand der Calcitsättigung befindet; sie dienen nicht der Berechnung von technischen Entsäuerungsverfahren.

Für die Bestimmung der Calcitsättigung eines Wassers sind 3 Rechenverfahren (C 10-R 1 bis C 10-R 3) und 2 experimentelle Verfahren (C 10-M 4 und C 10-S 5) anwendbar.

Das Verfahren DIN 38404 — C 10-R 1 ermöglicht die Bestimmung der Calcitsättigung durch Vergleich des pH-Wertes des Wassers mit dem Sättigungs-pH-Wert bei Austausch von Kohlenstoffdioxid (pH_A), der aus einer Tabelle abgelesen wird (Rechenverfahren 1).

Das Verfahren DIN 38404 — C 10-R 2 ermöglicht die Bestimmung der Calcitsättigung durch Vergleich des pH-Wertes des Wassers mit dem Sättigungs-pH-Wert nach Strohecker und Langelier (pH_L), der näherungsweise berechnet wird (Rechenverfahren 2).

Das Verfahren DIN 38404 — C 10-R 3 berücksichtigt die Komplexbildung u. a. des Calciums. Es gibt die Größen, Reaktionsgleichungen, mathematischen Gleichungen und Konstanten an, die bei einer iterativen Berechnung des pH-Wertes nach Calcitsättigung (pH_C) zu berücksichtigen sind. Außerdem sind die Anforderungen und Prüfkriterien beschrieben, die von Rechenprogrammen zu erfüllen sind (Rechenverfahren 3).

Das Verfahren DIN 38404 — C 10-M 4 beschreibt die Durchführung des Marmorlöseversuchs zur experimentellen Bestimmung des pH-Wertes nach Calcitsättigung und der Calcitlöse- bzw. Calcitabscheidekapazität, wobei Störungen durch Inhibitoren nicht berücksichtigt werden.

Das Verfahren DIN 38404 — C 10-S 5 beschreibt die Durchführung eines Schnelltests, mit dem qualitativ festgestellt werden kann, ob ein Wasser calcitlösend oder -abscheidend ist.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 4030-1

Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase — Grundlagen und Grenzwerte

DIN 4030-2

Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase — Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben

- DIN 12036
Laborgeräte aus Glas — Enghals-Standflaschen mit Kegelschliff und Stopfen
- DIN 12700-3
Laborgeräte aus Glas — Büretten; Büretten mit seitlichem Hahn
- DIN 12775
Laborgeräte aus Glas — Laborthermometer, Skalenwerte 0,1 °C, 0,2 °C und 0,5 °C
- DIN 19261
pH-Messung — Begriffe für Meßverfahren mit Verwendung galvanischer Zellen
- DIN 38404-5
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C) — Bestimmung des pH-Wertes (C 5)
- DIN 38405-1
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Anionen (Gruppe D) — Bestimmung der Chlorid-Ionen (D 1)
- DIN 38405-5
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Anionen (Gruppe D) — Bestimmung der Sulfat-Ionen (D 5)
- DIN 38405-9
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Anionen (Gruppe D) — Bestimmung des Nitrat-Ions (D 9)
- DIN 38405-11
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Anionen (Gruppe D) — Bestimmung von Phosphorverbindungen (D 11)
- DIN 38405-19
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Anionen (Gruppe D) — Bestimmung der Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrit, Phosphat(ortho-), Bromid, Nitrat und Sulfat in wenig belasteten Wässern mit der Ionenchromatographie (D 19)
- DIN 38406-3
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Kationen (Gruppe E) — Bestimmung von Calcium und Magnesium (E 3)
- DIN 38406-5
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Kationen (Gruppe E) — Bestimmung des Ammonium-Stickstoffs (E 5)
- DIN 38406-22
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Kationen (Gruppe E) — Bestimmung der 33 Elemente Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn und Zr durch Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) (E 22)

DIN 38409-7

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H) — Bestimmung der Säure- und Basekapazität (H 7)

DIN EN 27888

Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit (ISO 7888 : 1985); Deutsche Fassung EN 27888 : 1993

DEV G 1

Bestimmung der Summe des gelösten Kohlendioxids; VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1971

- [1] Eberle, S. H., Donnert, D.: Die Berechnung des pH-Wertes der Calcitsättigung eines Trinkwassers unter Berücksichtigung der Komplexbildung. Z. Wasser-Abwasser-Forschung 24 (1991), S. 258 — 268
- [2] Spindler: Die Kalklösetendenz von Trinkwasser. In: Wasserchemie für Ingenieure. DVGW-Schriftenreihe WASSER Nr 205 (1990). Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Postfach 14 01 51, 53056 Bonn

3 Begriffe

3.1 Calcitsättigung

Ein Wasser ist im Zustand der Calcitsättigung, wenn es sich gegenüber Calciumcarbonat in der Modifikation Calcit indifferent verhält. Wasser ist calcitabscheidend, wenn es an Calcit übersättigt ist, und calcitlösend, wenn es Calcit zu lösen vermag.

ANMERKUNG: Für ein Wasser mit der Bewertungstemperatur t_b gilt im Zustand der Calcitsättigung:

$\text{pH} = \text{pH}_A = \text{pH}_L = \text{pH}_C$ und $S_I = 0$ sowie $D = 0$
(S_I siehe 3.8)

3.2 Calcitlösekapazität (D)

Stoffmenge bzw. Masse Calcit, die ein calcitlösendes Wasser je Liter zu lösen vermag.

$$D > 0$$

3.3 Calcitabscheidekapazität (D)

Stoffmenge bzw. Masse Calcit, die ein calcitabscheidendes Wasser je Liter abscheiden kann.

$$D < 0$$

3.4 Sättigungs-pH-Wert (auch: pH-Wert der Calciumcarbonatsättigung)

Oberbegriff für alle die pH-Werte eines Wassers, bei denen Calcitsättigung vorliegt.

ANMERKUNG: Die Werte sind von der Behandlung des Wassers abhängig. Beispielsweise hat ein ursprünglich calcitlösendes Wasser nach Einstellung der Calcitsättigung durch Ausgasung von CO_2 einen höheren Sättigungs-pH-Wert als bei Einstellung mittels Filtration über gekörnten Kalkstein (z. B. Jura- oder Muschelkalk).

3.5 Sättigungs-pH-Wert nach Einstellung der Calcitsättigung mit Calcit (pH_C)

pH-Wert, der sich bei langem Kontakt des Wassers mit Calcitbodenkörper bei Abwesenheit von Inhibitoren wie z. B. Huminstoffen, gelöstem Eisen oder Phosphaten einstellen würde (Gleichgewichtszustand).

ANMERKUNG: pH_C kann berechnet werden. Durch Vergleich des pH-Wertes mit pH_C kann die Calcitsättigung eines Wassers bestimmt werden:

$\text{pH} < \text{pH}_C$: Das Wasser ist calcitlösend

$\text{pH} = \text{pH}_C$: Das Wasser ist im Zustand der Calcitsättigung

$\text{pH} > \text{pH}_C$: Das Wasser ist calcitabscheidend

3.6 Sättigungs-pH-Wert nach Austausch von Kohlenstoffdioxid (pH_A)

pH-Wert eines Wassers, der durch Abführung oder Zuführung von Kohlenstoffdioxid eingestellt werden muß (z. B. durch Belüftung), damit das Wasser im Zustand der Calcitsättigung ist. Dabei bleiben der Calciumgehalt und die Säurekapazität ($K_{S4,3}$) unverändert, weswegen sie als Bestimmungsgrößen für pH_A verwendet werden können.

ANMERKUNG: pH_A kann berechnet werden. Durch Vergleich des pH-Wertes mit pH_A kann die Calcitsättigung eines Wassers bestimmt werden.

$\text{pH} < \text{pH}_A$: Das Wasser ist calcitlösend

$\text{pH} = \text{pH}_A$: Das Wasser ist im Zustand der Calcitsättigung

$\text{pH} > \text{pH}_A$: Das Wasser ist calcitabscheidend

3.7 Sättigungs-pH-Wert nach Strohecker und Langelier (pH_L)

pH-Wert, der sich für ein Wasser ohne Änderung seiner Hydrogencarbonat- und Calciumionenkonzentration rechnerisch ergäbe, wenn es im Zustand der Calcitsättigung wäre.

ANMERKUNG 1: pH_L kann berechnet werden. Durch Vergleich des pH-Wertes mit pH_L kann die Calcitsättigung eines Wassers bestimmt werden.

$\text{pH} < \text{pH}_L$: Das Wasser ist calcitlösend

$\text{pH} = \text{pH}_L$: Das Wasser ist im Zustand der Calcitsättigung

$\text{pH} > \text{pH}_L$: Das Wasser ist calcitabscheidend

ANMERKUNG 2: Bei einem pH-Wert des Wassers < 9 hat pH_L annähernd den Wert von pH_A .

3.8 Sättigungsindex (S_I)

S_I ist definiert als der Logarithmus des Quotienten aus dem Produkt der Calcium- und der Carbonationenaktivitäten und dem Löslichkeitsprodukt von Calcit unter den herrschenden thermodynamischen Gegebenheiten.

ANMERKUNG: Mittels der Hilfsgröße S_I kann die Calcitsättigung eines Wassers beschrieben werden (siehe Literatur [1], [2] und Tabellen 5 und A.1).

$S_I < 0$: Das Wasser ist calcitlösend

$S_I = 0$: Das Wasser ist im Zustand der Calcitsättigung

$S_I > 0$: Das Wasser ist calcitabscheidend

3.9 Bewertungstemperatur (t_b)

Temperatur eines Wassers, für die ein Sättigungs-pH-Wert angegeben und auf die der gemessene pH-Wert umgerechnet werden muß. Der pH-Wert wird mit steigender Temperatur kleiner. Die Löslichkeit von Calcit nimmt mit steigender Temperatur ab.

4 Bestimmung der Calcitsättigung eines Wassers durch Berechnung des Sättigungs-pH-Wertes nach Austausch von Kohlenstoffdioxid (pH_A) (Rechenverfahren 1)

4.1 Anwendungsbereich

Das Verfahren ist im Temperaturbereich von 0 bis 40°C für alle Wässer im Bereich der Zahlenwerte oder Größen nach Tabelle 1 geeignet. Für das Wasser wird entsprechend seiner Säurekapazität $K_{S4,3}$ und seiner Calciumkonzentration $c(\text{Ca})$ der Sättigungs-pH-Wert pH_A aus den berechneten Werten der Tabelle 1 bestimmt. Der tatsächliche Sättigungs-pH-Wert des Wassers pH_A ist in jedem Fall gleich oder größer als der aus Tabelle 1 bestimmte Rechenwert. Diese mögliche Abweichung hängt unter anderem ab von der Ionenstärke des Wassers, der Komplexbildung der Calciumionen und dem Vorhandensein von schwachen Basen, außer Hydrogencarbonat- und Carbonat-Ionen, die von der Säurekapazitätsmessung miterfaßt werden. Stoffe, die auf die Bestimmung von $K_{S4,3}$ oder auf die Komplexbildung einen Einfluß haben, dürfen daher eine Gesamtkonzentration von 0,1 mmol/l nicht überschreiten. Als Voraussetzung für die Gültigkeit des Verfahrens muß weiterhin folgende Bedingung eingehalten werden:

$$c(\text{SO}_4)/(c(\text{Ca}) + c(\text{Mg})) \leq 0,5.$$

Die Tabelle 1 ist nicht auf salzreiche Wässer anwendbar, daher darf die elektrische Leitfähigkeit κ_{25} eines Wassers nicht größer sein als der entsprechende Maximalwert $\kappa_{25-\text{max}}$ in Tabelle 1 für den Wert von $c(\text{Ca})$ bzw. $\rho(\text{Ca})$ in der jeweiligen Zeile.

Sind die genannten Bedingungen nicht gegeben, so ist Rechenverfahren 3 (siehe Abschnitt 6) anzuwenden.

ANMERKUNG: Die Tabelle 1 ist mit den in den Tabellen 4 und 5 angegebenen Größen und Zahlenwerten mit einem Rechenprogramm [1] für verschiedene Modellwässer mit Berücksichtigung der Komplexbildung und der Ionenstärken unter folgenden Voraussetzungen berechnet worden:

— Der pH-Wert ist ausschließlich durch Kohlensäure und ihre Anionen ohne Fremdpuﬀer eingestellt.

— Die Konzentrationen sind wie folgt auf die Stoffmengenkonzentration von Calcium $c(\text{Ca})$ bezogen:

$$c(\text{Mg}) = 0,1 \, c(\text{Ca})$$

$$c(\text{SO}_4) = 0,3 \, c(\text{Ca})$$

$$c(\text{Cl}) \leq 0,3 \, c(\text{Ca}), \text{ entsprechend dem Ladungsbilanzausgleich}$$

$$c(\text{Na}) \geq 0, \text{ sofern zum Ladungsbilanzausgleich der Anionen- und Kationenäquivalente erforderlich}$$

— m -Wert = $K_{\text{S4,3}} - 0,05 \text{ mmol/l}$

— $\kappa_{25-\text{max}}$ aufgerundeter Wert des höchsten berechneten Wertes der elektrischen Leitfähigkeit bei 25 °C der jeweiligen Zeile in der Tabelle 1.

Tabelle 1: pH_{A10} -Wert der Calcitsättigung eines Wassers in Abhängigkeit von der Säurekapazität ($K_{\text{S4,3}}$) und der Calciumkonzentration

$\rho(\text{Ca})$ mg/l	$c(\text{Ca})$ mmol/l	$K_{\text{S4,3}}$ mmol/l																$\kappa_{25\text{-max}}$ mS/m
		0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	
10	0,25	9,65	9,18	8,98	8,84													15
20	0,50	9,30	8,88	8,67	8,54	8,44	8,36	8,30	8,24									25
30	0,75	9,12	8,72	8,51	8,38	8,28	8,20	8,13	8,08	7,99								30
40	1,00	9,00	8,61	8,41	8,27	8,16	8,08	8,02	7,96	7,87	7,80							40
50	1,25	8,92	8,52	8,32	8,19	8,08	8,00	7,93	7,87	7,78	7,71	7,65	7,59					50
60	1,50	8,85	8,46	8,26	8,12	8,02	7,93	7,86	7,80	7,71	7,64	7,58	7,52	7,44				60
80	2,00	8,74	8,36	8,16	8,02	7,92	7,83	7,76	7,70	7,60	7,53	7,47	7,41	7,33	7,26	7,20		80
100	2,50	8,67	8,28	8,08	7,94	7,84	7,76	7,69	7,63	7,53	7,45	7,38	7,33	7,24	7,17	7,11	7,06	95
120	3,00			8,02	7,88	7,78	7,70	7,63	7,57	7,47	7,39	7,32	7,26	7,17	7,10	7,04	6,99	100
160	4,00				7,79	7,69	7,60	7,53	7,47	7,37	7,29	7,23	7,17	7,07	7,00	6,94	6,89	110
200	5,00						7,53	7,46	7,40	7,30	7,22	7,16	7,10	7,00	6,92	6,86	6,81	120
280	7,00									7,20	7,12	7,05	6,99	6,90	6,82	6,75	6,70	160

Es bedeuten:

pH_{A10} pH-Wert der Lösung bei Calcitsättigung nach Austausch von Kohlenstoffdioxid bei 10 °C

κ_{25} elektrische Leitfähigkeit der Wasserprobe bei 25 °C, in mS/m

Die Tabelle gilt nur für Wässer, deren κ_{25} -Wert unter dem Tabellenwert $\kappa_{25\text{-max}}$ liegt.

4.2 Bezeichnung

Bezeichnung des Verfahrens zur Bestimmung der Calcitsättigung eines Wassers (C 10) durch Berechnung des Sättigungs-pH-Wertes nach Austausch von Kohlenstoffdioxid (pH_A) (Rechenverfahren 1) (R 1):

Verfahren DIN 38404 — C 10-R 1

4.3 Erforderliche Analysenwerte

Zur Durchführung des Verfahrens müssen folgende Analysenwerte bekannt sein:

- pH_t pH-Wert des zu untersuchenden Wassers bei der Meßtemperatur t (nach DIN 38404-5)
- t Meßtemperatur des Wassers, in °C
- t_b Bewertungstemperatur des Wassers, auf die die Aussage des Verfahrens bezogen wird, in °C
- κ_{25} elektrische Leitfähigkeit, bei 25 °C, in mS/m (Bestimmung nach DIN EN 27888)
- $K_{S4,3}$ Säurekapazität bis $\text{pH} = 4,3$, in mmol/l (Bestimmung nach DIN 38409-7)

Weiterhin ist die Stoffmengenkonzentration c in mmol/l oder Massenkonzentration ϱ in mg/l folgender Stoffe erforderlich (zur Umrechnung von ϱ auf c siehe Tabelle 4):

Ca	Calcium	(Bestimmung z. B. nach DIN 38406-3)
Mg	Magnesium	(Bestimmung z. B. nach DIN 38406-3)
SO_4	Sulfat	(Bestimmung z. B. nach DIN 38405-5)

4.4 Durchführung

- Anhand der Meßdaten t , κ_{25} , $K_{S4,3}$ sowie $c(\text{Ca})$, $c(\text{Mg})$ und $c(\text{SO}_4)$ prüfen, ob das Verfahren anwendbar ist.
- Anhand Tabelle 1 den Zahlenwert für pH_{A10} bestimmen.
- pH_{A10} auf den Zahlenwert von pH_{Atb} nach 4.4.1 umrechnen.
- Den pH-Wert des Wassers (pH_t), sofern er bei einer anderen als der Bewertungstemperatur gemessen wurde, auf die Bewertungstemperatur nach 4.4.2 umrechnen und als pH_{tb} aufzeichnen.
- pH_{tb} mit pH_{Atb} nach 4.4.3 vergleichen und dadurch feststellen, ob Calcit-sättigung vorliegt.

Die Vorgehensweise ist in Tabelle 2 anhand von Beispielen schematisch dargestellt.

4.4.1 Bestimmung von pH_A für die Bewertungstemperatur t_b

Der Wert für pH_{A10} wird der Tabelle 1 für das Wertepaar $K_{S4,3}$ und $c(\text{Ca})$ bzw. $\varrho(\text{Ca})$ entnommen. Zwischenwerte werden linear interpoliert. Anhand der Tabellenwerte der elektrischen Leitfähigkeit ($\kappa_{25-\text{max}}$) wird festgestellt, ob die Anwendung des Verfahrens zulässig ist. Liegt κ_{25} des Wassers über dem gegebenenfalls interpolierten Tabellenwert $\kappa_{25-\text{max}}$, so ist das Verfahren nicht anwendbar!

Ist t_b nicht gleich 10 °C, so wird pH_{A10} auf pH_{Atb} umgerechnet:

$$\text{pH}_{Atb} = \text{pH}_{A10} + f_1 \quad (1)$$

$$f_1 = g_1 \cdot (t_{10} - t_b) \quad (2)$$

In den Gleichungen (1) und (2) bedeuten:

pH_{Atb} Sättigungs-pH-Wert pH_A bei der Bewertungstemperatur t_b

pH_{A10} Sättigungs-pH-Wert pH_A bei 10 °C (nach Tabelle 1)

g_1 Gradient, $g_1 = 0,015 \cdot \text{K}^{-1}$

t_{10} Temperatur für die Tabellenwerte, $t_{10} = 10 \text{ °C}$

t_b Bewertungstemperatur, in °C

4.4.2 Temperaturkorrektur des pH-Wertes

Wurde der pH-Wert pH_t bei einer anderen Temperatur (t) als der Bewertungstemperatur (t_b) gemessen oder bestimmt, so muß er nach Gleichung (3) auf die Bewertungstemperatur umgerechnet werden. Es ist zu beachten, daß der pH-Wert mit steigender Temperatur fällt.

$$\text{pH}_{tb} = \text{pH}_t + f_2 \quad (3)$$

$$f_2 = g_2 \cdot (t - t_b) \quad (4)$$

In den Gleichungen (3) und (4) bedeuten:

pH_{tb} pH-Wert bei der Bewertungstemperatur t_b

pH_t pH-Wert bei der Meßtemperatur t

g_2 Gradient, $g_2 = 0,011 \cdot \text{K}^{-1}$

t Temperatur bei der Messung des pH-Wertes, in °C

t_b Bewertungstemperatur, in °C

4.4.3 Bestimmung der Calcitsättigung

Es wird der gegebenenfalls nach 4.4.2 auf die Bewertungstemperatur t_b umgerechnete pH-Wert pH_{tb} des zu bewertenden Wassers mit dem nach 4.4.1 bestimmten, auf die Bewertungstemperatur t_b bezogenen Sättigungs-pH-Wert pH_{Atb} verglichen und eine der folgenden Aussagen getroffen:

$\text{pH}_{tb} < \text{pH}_{Atb} - a_1$: Das Wasser ist calcitlösend

$\text{pH}_{tb} = \text{pH}_{Atb} \pm a_1$: Das Wasser ist im Zustand der Calcitsättigung

$\text{pH}_{tb} > \text{pH}_{Atb} + a_1$: Das Wasser ist calcitabscheidend

a_1 : Grenzabweichung zur Bestimmung der Calcitsättigung nach Rechenverfahren 1, $a_1 = 0,05$.

4.5 Angabe der Ergebnisse

Der pH-Wert des Wassers pH_{tb} und der Sättigungs-pH-Wert pH_{Atb} werden auf zwei Dezimalstellen, die Bewertungstemperatur t_b in °C angegeben.

Mit der Angabe von t_b , pH_{tb} und pH_{Atb} ist die Aussage zu verknüpfen, ob das Wasser im Sinne des Verfahrens DIN 38404 — C 10-R 1 als calcitlösend, als im Zustand der Calcitsättigung stehend oder als calcitabscheidend bezeichnet wird.

4.6 Beispiele

a) Beispiele für die Zusammenstellung von Meß- und Berechnungswerten siehe Tabelle 2.

Tabelle 2: Berechnungsbeispiele für Rechenverfahren 1

Beispiel Nr	1	2	3	4	5
Daten:					
pH_t	6,90	8,20	7,90	8,40	8,90
t °C	20	15	20	17	20
t_b °C	10	11	5,5	12	10
κ_{25} mS/m	96,0	45,0	32,0	17,1	14,0
$K_{S4,3}$ mmol/l	5,30	1,70	2,45	0,99	0,40
$c(\text{Ca})$ mmol/l	3,50	1,24	1,22	0,57	0,30
$c(\text{Mg})$ mmol/l	0,75	0,41	0,35	0,10	0,15
$c(\text{SO}_4)$ mmol/l	1,20	0,58	0,35	0,10	0,20
Prüfung der Bedingungen für den Anwendungsbereich:					
$c(\text{SO}_4) < 0,5 (c(\text{Ca}) + c(\text{Mg}))$	ja	ja	ja	ja	ja
Ablesen der Werte aus Tabelle 1:					
pH_{A10}	7,10	7,95	7,80	8,50	9,31
$\kappa_{25\text{-max}}$ aus Tabelle 1, mS/m	105	50	49	26	17
$\kappa_{25} \leq \kappa_{25\text{-max}}$	ja	ja	ja	ja	ja
Temperaturkorrektur aus Gleichungen (1) bis (4):					
$f_1 = 0,015 (10^\circ\text{C} - t_b)$	0	-0,01	0,07	-0,03	0
$pH_{Atb} = pH_{A10} + f_1$	7,10	7,94	7,87	8,47	9,31
$f_2 = 0,011 (t - t_b)$	0,11	0,04	0,16	0,05	0,11
$pH_{tb} = pH_t + f_2$	7,01	8,24	8,06	8,45	9,01
Calcitsättigung im Sinne des Verfahrens DIN 38404 — C 10-R 1:					
Vergleich:	Das Wasser ist calcit-				
$pH_{tb} < pH_{Atb} - 0,05$	lösend	—	—	—	lösend
$pH_{tb} = pH_{Atb} \pm 0,05$	—	—	—	gesättigt	—
$pH_{tb} > pH_{Atb} + 0,05$	—	abschei- dend	abschei- dend	—	—

b) Ergebnisangabe für Beispiel 1:

Nach Verfahren DIN 38404 — C 10-R 1 werden folgende Rechenwerte erhalten:

Das Wasser hat bei einer Bewertungstemperatur t_b von 10°C einen pH_{tb} -Wert von 7,01; der Sättigungs-pH-Wert pH_{Atb} beträgt 7,10; $pH_{tb} < pH_{Atb} - 0,05$

Das Wasser ist im Sinne des Verfahrens DIN 38404 — C 10-R 1 calcitlösend.