Zugabewasser

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **64 (1996)**

Heft 2

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-153812

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Zugabewasser

An Zugabewasser bei der Betonherstellung werden Anforderungen gestellt, die Trinkwasser erfüllt. Doch auch qualitativ schlechtere Wässer oder sogar Abwässer aus der Betonproduktion und dem Restbetonrecycling dienen als Zugabewasser.

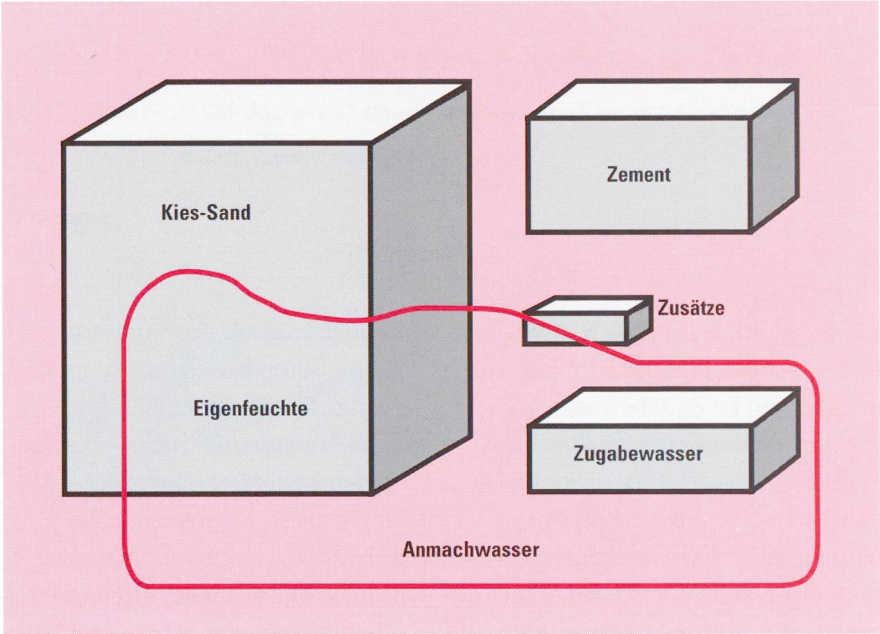


Abb. 1 Das Zugabewasser ist ein Teil des Anmachwassers, zu dem auch die Eigenfeuchte des Zuschlags und Wasser in Zusatzmitteln und Zusatzstoffen gehören.
Zeichnung: TFB [3] / S. Einfalt, ZSD

Das zur Herstellung von Beton benötigte Wasser kann in der Regel ohne umfangreiche Vorversuche bedenkenlos aus dem Trinkwassernetz bezogen werden. Sobald dieses Zugabewasser aber aus anderen Quellen stammt, sind qualitative und quantitative Untersuchungen unerlässlich.

Klärung der Begriffe

Das Wasser, das beim Mischen des Betons zugefügt wird, wird in der Schweiz meistens *Anmachwasser* genannt, auch in den SIA-Normen 162 [1] und 162/1 [2]. In den europäischen Normen, die in der Schweiz immer mehr an Bedeutung erlangen, wird dagegen von *Zugabewasser* gesprochen. Diese Sprachregelung wurde teilweise auch in einem früher erschienen «Cementbulletin» verwendet (siehe *Abbildung 1)* [3]. Wir werden sie hier konsequent durchziehen. Bei der Herstellung von Beton sind deshalb folgende Wasserarten zu unterscheiden:

- *Anmachwasser* ist die Gesamtmenge des Wassers, das bei der Herstellung von Beton wirksam ist. Es besteht aus dem Wasser an der Oberfläche der Zuschläge, dem Wasser in Zusatzmitteln und Zusatzstoffen sowie dem Zugabewasser. Bei der Berechnung des Wasserzementwerts eines Betons ist die Anmachwassermenge einzusetzen. Diese beträgt je nach Beton in der Regel zwischen 120 und 200 l/m^3.
- Die *Eigenfeuchte* ist das im Zuschlag enthaltene Wasser. Sie setzt sich aus der Kernfeuchte, die meistens vernachlässigbar klein ist (Ausnahme: stark poröse Zuschläge), und der *Oberflächenfeuchte* zusammen. Ins Gewicht fällt dabei besonders das mit dem Sand eingebrachte Wasser. Je nach Behandlung des Zuschlags kann die anzurechnende Wassermenge zwischen etwa 30 und 150 l/m^3 liegen.
- Das *Zugabewasser* wird beim Mischen des Betons zudosiert. Die Zugabewassermenge ergibt sich aus der Differenz zwischen der Anmachwassermenge und der Eigenfeuchte des Zuschlags sowie der Wassermenge, die durch Zusatzmittel und Zusatzstoffe in den Beton gelangt; sie schwankt meistens zwischen 50 und 170 l/m^3 Beton.

Anforderungen an Zugabewasser

Die Anforderungen an Zugabewasser sind in verschiedenen Richtlinien, Vornormen und Normen festgelegt worden. Wir werden uns damit befassen. Unabhängig davon ist

4 Kriterium	Durchführung	Anforderung
Aussehen	visuelle Prüfung	klar, farblos
Geruch		geruchlos
Detergentiengehalt	Schütteln	kein bleibender Schaum gebildet
Chloridgehalt	chemische Analyse	≤ 100 mg/l bei Stahl- und Spannbeton
Sulfatgehalt	chemische Analyse	≤ 1000 mg/l
Gehalt an organischen Verunreinigungen (v.a. Huminsäuren und Zucker)	Titration mit Kaliumpermanganatlösung	Kaliumpermanganatverbrauch: ≤ 100 mg/l

Tab. 1 Anforderungen an Zugabewasser nach Norm SIA 162/1, Prüfung 16 [2].

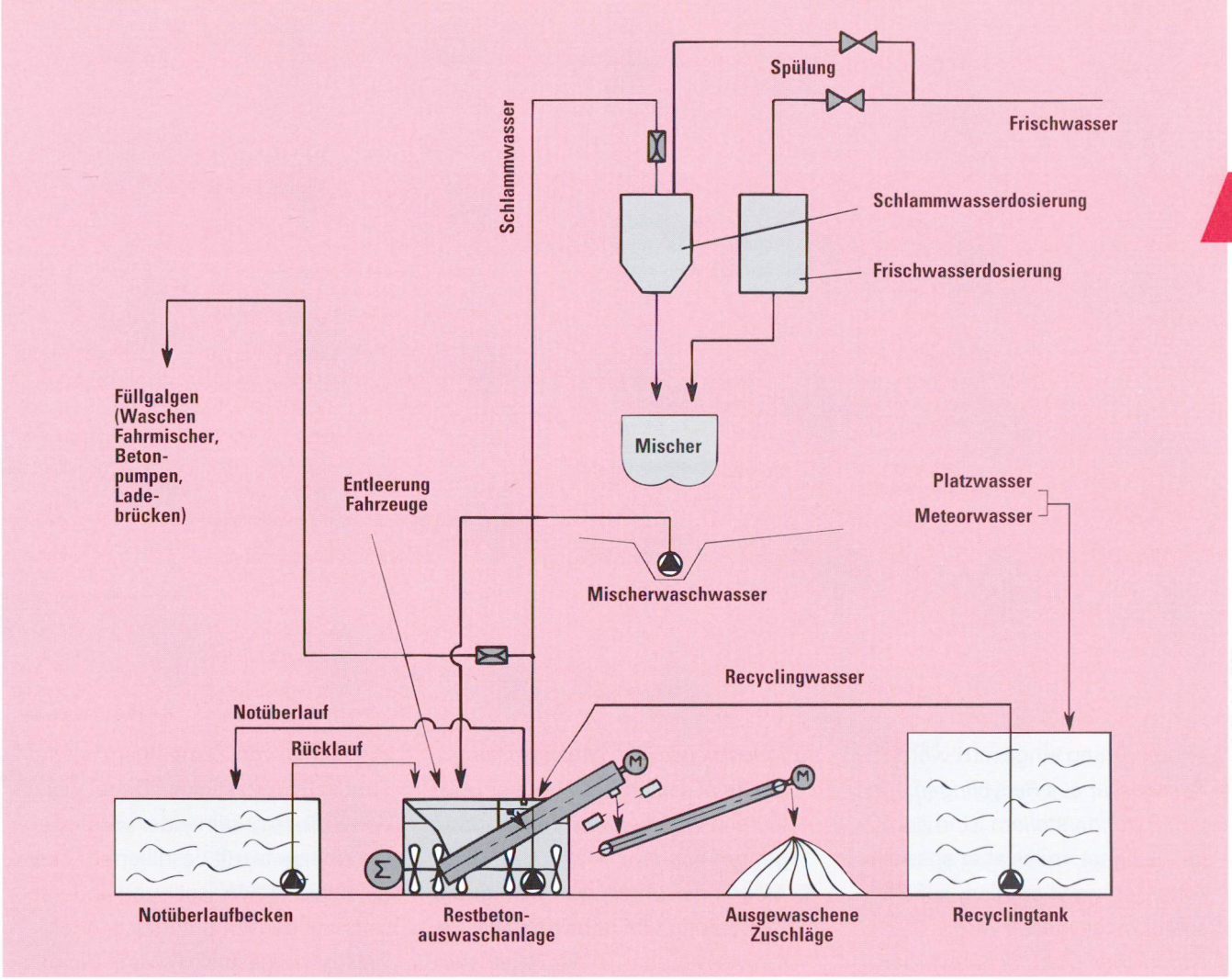
es interessant und nützlich, etwas mehr über den Einfluss von Verunreinigungen im Zugabewasser auf die Qualität des Endproduktes, des Betons, zu wissen. Tatsächlich ist darüber auch recht viel bekannt. Sehr umfangreich sind die Untersuchungen von *Abrams* und Mitarbeitern, die 1924 publiziert wurden [4]: Nicht weniger als 68 verschiedene Wasserproben verschiedenster Herkunft wurden in rund 6000 Mörtel- und Betonproben auf ihre Eignung als Zugabewasser untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Abbindezeit kein verlässliches Mass für die Eignung eines Wassers als Zugabewasser ist. Ungeeignet als Qualitätskriterien erwiesen sich auch die Farbe und der Geruch des Wassers. Wesentlich aussagekräftiger waren Festigkeitsvergleiche von Beton- oder Mörtelproben, die mit dem zu untersuchenden Wasser bzw. destilliertem Wasser hergestellt wurden. Als geeignet wurden Wässer eingestuft, mit denen nach 28 Tagen mindestens 85 % der Druckfestigkeit der Nullprobe erreicht wurde.
Aufgrund dieses Kriteriums können unter anderem saure Wässer sowie Wässer, die Glucose oder ähnliche organische Verbindungen enthalten, nicht für die Betonherstellung verwendet werden. Aus anderen Untersuchungen ist bekannt, dass Algen im Zugabewasser den Luftporengehalt von Beton stark erhöhen und die Druckfestigkeit deutlich erniedrigen [4]. Verwendbar nach *Abrams* sind demgegenüber beispielsweise Sumpfwasser, Meerwasser (für Stahl- und Spannbeton nicht geeignet) oder Abwasser aus Brauereien, Seifenfabriken usw. [4].
Selbstverständlich hängt die Eignung eines Wassers als Zugabewasser nicht nur von der Art, sondern auch stark von der Menge der darin enthaltenen Verunreinigungen ab. Auf einen weiteren sehr wichtigen Punkt wird in der Norm SIA 162/1, Ziffer 3 16 3, hingewiesen [2]: «Die Spezifikation der Eigenschaften von Zugabewasser darf mit der Aggressivität eines von aussen auf den Festbeton einwirkenden Wassers nicht verwechselt werden, da die Wasseraggressivität von ganz anderen Faktoren abhängig ist. Es ist durchaus möglich, dass Wasser, das sich als Zugabewasser gut eignet, betonaggressiv ist, d. h. Festbeton von aussen her schädigt oder zerstört (z. B. sulfat- oder kohlensäurehaltiges Wasser).»

Norm SIA 162 und 162/1

Nach Norm SIA 162 [1] darf Zugabewasser keine schädlichen Beimengungen, insbesondere organischer Natur, enthalten (Ziffer 5 14 31). Wenn es nicht der Trinkwasserversorgung entnommen wird, muss es durch eine spezialisierte Prüfstelle untersucht werden. Die dort auszuführenden Tests sind in der Norm SIA 162/1, Prüfung Nr. 16, aufgeführt [2]. In *Tabelle 1* sind sie zusammengefasst.
Zu den wichtigen Eignungskriterien eines Wassers gehört zusätzlich zu den in Norm SIA 162/1 aufgeführten Eigenschaften der pH-Wert des Wassers (> 4 nach der noch zu besprechenden prEN 1008).

Probenahmen

Nach Norm SIA 162/1, Ziffer 3 16 21, soll die zu untersuchende Probe beim vorgesehenen Wasserentnahmeort gezogen werden. Bei stehenden Gewässern müssen Proben von «mindestens zwei genügend weit auseinanderliegenden Stellen» entnommen und einzeln analysiert werden.
Die gut gereinigten Probengefässe (Glas- oder Plastikbehälter) werden unmittelbar vor der Probenahme mehrmals mit dem zu prüfenden Wasser gespült, dann ganz gefüllt und sofort luftdicht verschlossen.



Grafik: Amman AG, Langenthal / S. Einfalt, ZSD

Abb. 2 Wasserflussschema einer Restbetonauswaschanlage. Alles anfallende Recyclingmaterial wird in Feststoffe und Schlammwasser getrennt und wiederverwendet.

Die Etikette muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- Auftraggeber
- Entnahmeort
- Entnahmedatum
- Probenehmer

Für die visuelle und die chemische Prüfung auf betonschädigende Stoffe reicht 1 l Wasser. Wenn allerdings Eignungsversuche mit Betonen ausgeführt werden, sind «erheblich grössere Probenmengen» (Ziffer 3 16 23) notwendig.

Norm SIA 162.051

Die Norm SIA 162.051 [5] (entspricht der ENV 206), enthält die betontechnischen Regeln, die für die Anwendung des Eurocodes 2, «Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken», erforderlich sind. Sie kann deshalb in der Schweiz probeweise mit dem Teil 1–1 des Eurocode 2 und dem Teil 1–1 des Eurocode 4, «Entwurf, Berechnung und Bemessung von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton», verwendet werden. Diese sind als ENV 1992–1–1 (SIA V 162.001) bzw. ENV 1994–1–1 (SIA V 163.001) zur vorläufigen Anwendung freigegeben worden.

Die Normen SIA 162.051 und 162 dürfen aber nicht gleichzeitig angewendet werden.

In der Norm SIA 162.051 [5] wird hinsichtlich der Anforderungen an das Zugabewasser ausdrücklich auf die nationalen Normen verwiesen. Zudem heisst es in Abschnitt 4.3: «Schädliche Bestandteile dürfen im Wasser nicht in derartigen Mengen vorhanden sein, dass das Abbinden, Erhärten und die Dauerhaftigkeit des Betons beeinträchtigt bzw. die Korrosion der Bewehrung herbeigeführt wird. In Europa ist das Trinkwasser aus öffentlichen Versorgungsleitungen in der Regel für Beton geeignet.»

Zukünftige Normierung

Die ENV 206 (Norm SIA 162.051 [5]) wird gegenwärtig überarbeitet. Im Entwurf prEN 206 vom August 1995 wird im Zusammenhang mit dem Zugabewasser nicht mehr auf die nationalen Normen, sondern auf die EN 1008 verwiesen, die den Titel «Zugabewasser für Beton – Anforderungen und Prüfung» trägt. Die EN 1008 wird auf alle Arten von Betonen anwendbar sein, die mit Zementen nach ENV 197–1 (Norm SIA 215.002) hergestellt werden. Die nachfolgenden Hinweise stammen allerdings noch aus dem im Februar 1993 publizierten Normenentwurf, der prEN 1008 [6]; wann die EN 1008 in Kraft treten wird, ist noch nicht bekannt.

Die Eignung von Wasser für die Herstellung von Beton hängt von dessen Herkunft ab:

- Wasser, das aus chemischer Sicht als *Trinkwasser* geeignet ist, kann

ohne Prüfung eingesetzt werden.

- *Restwasser aus Recyclinganlagen von Betonherstellern* ist in der Regel geeignet, muss aber spezielle Anforderungen erfüllen, auf die später hingewiesen wird.
- *Natürliches Oberflächenwasser* und *Grundwasser* können geeignet sein, müssen aber vor der ersten Verwendung geprüft werden.
- *Industrielles Brauchwasser* kann geeignet sein, muss aber vor und laufend während der Verwendung geprüft werden.
- *Meer-* oder *Brackwasser* ist für die Herstellung von unbewehrtem Beton verwendbar, in der Regel aber ungeeignet für Stahl- und Spannbeton (ausschlaggebend: Gesamtchloridgehalt des Betons).
- *Abwasser* ist nicht geeignet.

Für Wässer, die nicht ohne Prüfung zur Betonherstellung zugelassen werden, ist ein umfangreiches Programm an chemischen Untersuchungen vorgesehen, die in *Tabelle 2* zusammengefasst sind. Diese Tabelle ist weitgehend identisch mit einer Tabelle, die im Merkblatt «Zugabewasser für Beton», des Deutschen Beton-Vereins E.V. 1982 veröffentlicht worden ist [7]. Tatsächlich entspricht die gesamte prEN 1008 [6] weitgehend den deutschen Vorschriften. Auffallend an der europäischen Norm sind die im Vergleich zur Norm SIA 162/1 wesentlich höheren tolerierten Chlorid- und Sulfatgehalte (vergleiche *Tabelle 1* und *Tabelle 2!)*.
Neben chemischen sind in der prEN 1008 auch physikalische Prüfungen von Zugabewasser vorgesehen. Diese beziehen sich auf den Erstarrungsbeginn und das Erstarrungsende von Zementleim sowie auf die Druckfestigkeit. Dabei werden Proben miteinander verglichen, die einerseits mit destilliertem oder deionisiertem Wasser und andererseits mit dem zu untersuchenden Wasser hergestellt werden. Die mittlere Druckfestigkeit von Beton- oder Mörtelproben (Würfel, Prismen oder Zylinder), die mit dem zu prüfenden Wasser hergestellt wurden, müssen beispielsweise nach sieben Tagen mindestens 90 % der mittleren Druckfestigkeit der Vergleichsproben aufweisen.

Schlammwasser als Zugabewasser

Wo immer Beton hergestellt wird, entstehen Abwässer. In einem Fertigbetonwerk handelt es sich beispielsweise um *Schlammwasser,* das feine mineralische Feststoffe enthält. Es kann aus folgenden Quellen stammen:

- Abwasser aus der Reinigung von Mischern und Transportfahrzeugen
- Abwasser, das in Betonrecyclinganlagen (Feststoffrückgewinnungsanlagen) entsteht

Daneben fällt auch sogenanntes *Recyclingwasser* an, das sich aus Niederschlagswasser auf Betriebsgebäuden und nicht benutzten Be-

Literatur

[1] Norm SIA 162: «Betonbauten», Ausgabe 1989 (Rev. 1993).
[2] Norm SIA 162/1: «Betonbauten – Materialprüfung», Ausgabe 1989.
[3] *Meyer, B.*, «Qualitätsanforderungen an das Anmachwasser», Cementbulletin **55** [24], 1–8 (1987).
[4] *McCoy, W. J.*, «Mixing and curing water for concrete» in «Significance of tests and properties of concrete-making materials», ASTM Special Publication **169B**, Seiten 765–773 (1989).
[5] Norm SIA V 162.051 (ENV 206): «Beton: Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis», Ausgabe 1995.
[6] prEN 1008: «Zugabewasser für Beton – Anforderungen und Prüfung» (Februar 1993).
[7] « Zugabewasser für Beton – Merkblatt für die Vorabprüfung und Beurteilung vor Baubeginn sowie die Prüfungswiederholung während der Bauausführung» (Fassung Januar 1982), Beton- und Stahlbetonbau **77** [5], 137–140 (1982).
[8] «Richtlinie für Herstellung von Beton unter Verwendung von Restwasser und Restmörtel», herausgegeben vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (September 1991).
[9] *Dahlhoff, U., Budnik, J.*, und *Scholl, E.*, «Frischbetonrecycling im Transportbetonwerk», Beton **45** [11], 792–796 (1995).

Prüfart	Prüfverfahren	Beurteilung		
		Verwendbar ohne vergleichende Betonprüfung	In bestimmten Fällen verwendbar[2]	Nicht verwendbar
Farbe	Visuelle Prüfung im Messzylinder vor weissem Hintergrund (alle Schwebstoffe absetzen lassen)	farblos bis leicht gelblich	dunkel oder gefärbt (rot, grün, blau…)	
Öle und Fette	Visuelle Prüfung	nur Spuren	Ölfilm, Ölemulsion	
Reinigungsmittel	Wasserprobe im halb gefüllen Messzylinder kräftig schütteln	leichte Schaumbildung; Schaumbeständigkeit: ≤ 2 min	starke Schaumbildung; Schaumbeständigkeit ≥ 2 min	
Schwebstoffe	80 cm^3-Messzylinder	≤ 4 cm^3	> 4 cm^3	
Geruch	Salzsäure hinzufügen	kein bis schwacher Geruch	starker Geruch (z. B. Schwefelwasserstoff)	
pH-Wert	Indikatorpapier oder Indikatorflüssigkeit	≥ 4	< 4	
Chloride[1] Spannbeton Einpressmörtel	Spezialreagenzien, Titration mit Quecksilber(II)nitrat[6]	≤ 600 mg/l		> 600 mg/l[3]
Chloride[1] Stahlbeton	Spezialreagenzien, Titration mit Quecksilber(II)nitrat[6]	≤ 2000 mg/l		> 2000 mg/l[3]
Chloride[1] unbewehrter Beton	Spezialreagenzien, Titration mit Quecksilber(II)nitrat[6]	≤ 4500 mg/l	> 4500 mg/l	
Sulfate[1]	Spezialreagenzien[6]	≤ 2000 mg/l	> 2000 mg/l	
Glucose[1] Saccharose	Spezialreagenzien[6]	≤ 100 mg/l ≤ 100 mg/l	> 100 mg/l > 100 mg/l	
Phosphat (P_2O_5)[1]	Spezialreagenzien[6]	≤ 100 mg/l	> 100 mg/l	
Nitrat[1]	Spezialreagenzien[6]	≤ 500 mg/l	> 500 mg/l	
Zink[1]	Spezialreagenzien[6]	≤ 100 mg/l	> 100 mg/l	
Sulfide[4]		≤ 100 mg/l	> 100 mg/l	
Natrium[5] Kalium		gesamt ≤ 1000 mg/l		> 1000 mg/l
Huminstoffe	5 ml Wasserprobe in Prüfrohr einfüllen, 5 ml einer 3- oder 4%igen Natronlauge hinzugeben. Schütteln. Visuelle Prüfung nach 3 min	blasser als gelblich braun	dunkler als gelblich braun	

1) Schnelles Prüfverfahren zulässig.
2) Endbeurteilung hängt von einer Beurteilung jedes einzelnen Falls und/oder der vergleichenden Betonprüfung ab.
3) Günstige Beurteilung in einigen Fällen möglich, falls Gesamtchloridgehalt aller Betonbestandteile die in ENV 206, Abschnitt 5.5, angegebenen Grenzen nicht überschreitet.
4) Nur für Spannbeton/Einpressmörtel erforderlich.
5) Nur erforderlich, wenn Risiko besteht, dass Zuschläge alkalisch reagieren.
6) Gemäss [7].

Tab. 2 Mögliche Kriterien zur Beurteilung von Zugabewasser gemäss prEN 1008 [6].

triebsflächen zusammensetzt.
Diese Abwässer haben vor allem eines gemeinsam: sie können nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen entsorgt werden. Die Lösung in dieser Situation ist die Wiederverwendung bzw. das Recycling der getrennt gesammelten Wasserströme im Werk. In *Abbildung 2* ist eine Waschanlage dargestellt, in der aller anfallende Restbeton in Feststoffe und Restbetonwasser (Schlamm- oder Schmutzwasser) aufgetrennt und wiederverwendet wird.
In einer bestehenden Schweizer Fertigbetonanlage enthält das Schlammwasser wechselnde Mengen an Feststoffen (Durchmesser ≤ 1 mm), meistens im Bereich von 5 bis 15 Massenprozent. Unabhängig vom Feststoffgehalt wird jeweils maximal 70 Prozent des Zugabewassers mit diesem Schlammwasser abgedeckt, nachdosiert wird mit Recyclingwasser. Nach Aussagen von Angestellten können dadurch die Steuergrössen von Frisch- und Festbeton problemlos eingehalten werden.
Eine Ausnahme bilden frost- und frosttausalzbeständige Betone, bei denen der hohe Feinstoffgehalt im Schlammwasser Schwierigkeiten bereiten könnte. Sie werden deshalb ausschliesslich mit Recyclingwasser hergestellt. Die europäische Vornorm prEN 1008 enthält auch Empfehlungen für die Wiederverwendung von Restwasser und Zuschlägen aus Recyclinganlagen der Betonindustrie. Ähnliche Richtlinien hat der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) bereits 1991 erlassen [8] und 1995 revidiert [9]. Die in diesen Dokumenten enthaltenen Vorschriften sind wesentlich strenger als die gegenwärtig in der Schweiz praktizierten. So soll – um nur ein Beispiel zu nennen – der Feststoffanteil im Schlammwasser stark reduziert werden; die Korngrösse der Feststoffe soll in der Regel < 0,2 mm sein.

Kurt Hermann, TFB