Der Langzeit-Mauermörtel, ein Beitrag zu Rationalisierung des Bauens

Autor(en): **Eltawil, Mohamed**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 51/52

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74628

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

Der Langzeit-Mauermörtel, ein Beitrag zur Rationalisierung des Bauens

Von Mohamed Eltawil, Dübendorf

Als Beitrag zur weiteren Rationalisierung des Bauens und auch zur besseren Auslastung der vorhandenen Betonanlagen wird von der Transportbetonindustrie seit etwa drei Jahren ein kellenfertiger Langzeit-Mauermörtel auf dem Schweizer Markt angeboten. Dieser aus Zuschlagstoff, Bindemittel, evtl. Zusatzstoff, Zusatzmittel und Wasser zusammengesetzte Mörtel bleibt über sehr lange Zeit (je nach Wunsch z.B. 36, 48 oder sogar 72 Std.) verarbeitbar, festigt sich aber schnell nach dem Einbringen in die Mauerfuge und erreicht je nach Zusammensetzung Festigkeiten in der Grössenordnung von 6 bis 20 N/mm² im Alter von 28 Tagen. Einige Sorten weisen 28tägige Festigkeiten bis 30 N/mm² auf. In Anbetracht der enormen Verbreitung dieses Mörtels, der im Ausland seit längerer Zeit bekannt ist (insbesondere in Australien schon seit den 60er Jahren), möchten wir die Architekten und Ingenieure wie auch die Baumeister weitgehend über diese für die Schweiz neue Technik informieren und sie im Lichte der neuen Norm SIA 177 betrachten.

Anforderungen

Neben den üblichen Anforderungen bezüglich Festigkeit, Haftung, Dichtigkeit und Wetterbeständigkeit muss der Langzeit-Mauermörtel noch folgende Anforderungen erfüllen:

- Er muss als Fertigprodukt kellenfertig auf die Baustelle geliefert werden. Dadurch kann der Arbeitsablauf auf der Baustelle rationalisiert werden.
- Die Verarbeitbarkeit des Mörtels muss besser oder mindestens gleich gut sein wie der herkömmliche Baustellenmörtel oder andere Konkurrenz-Mörtelsorten. Die gute Verarbeitbarkeit sollte während mindestens zwei Arbeitsschichten, d.h. etwa 36 Std. gewährleistet werden.
- Das Abbindeverhalten des Mörtels in vermauertem Zustand muss aber weitgehend normal sein, um die für den Ablauf der Mauerarbeiten erforderliche Standfestigkeit zu erzielen.
- Die Festigkeiten müssen den Normenanforderungen genügen.
- Der Mörtel muss für den Unternehmer wirtschaftliche Vorteile bieten.
- Die Abgabemenge auf der Baustelle muss dosierbar und messbar sein. Die Abgabe von kleinen Mengen ab 200 Litern muss möglich sein (Bild 1).
- Das Liefersystem bzw. Verteilungssystem muss so eingerichtet sein, dass auf der Baustelle keine Versorgungslücken entstehen. Solange gemauert wird, muss ein ausreichender Mörtelvorrat auf der Baustelle vorhanden sein.

Neben den technischen Problemen müssen also noch die geeignetsten Herstellungsverfahren und die Vertriebsmethoden gesucht und die kaufmännischen Aspekte berücksichtigt werden.

Mörteltechnologie

Sand

Die Korngrösse des Sandes spielt bei der Mörtelqualität eine bedeutendere Rolle als beim Beton. Für die Herstellung von Mauermörtel wird ein stetig abgestufter, sauberer Rundsand 0–3 mm mit ausreichendem Mehlkorngehalt als am geeignetsten bezeichnet. Der Rundsand aus den meisten Kieswerken ist aber leider entweder eine Ausfallkörnung oder als Folge des Waschprozesses zu mehlkornarm und weist dazu noch verhältnismässig grosse Körnungsschwankungen auf. Durch *Beimischung des Rundsandes mit fillerreichem Brechsand* können diese Mängel weitgehend beseitigt werden (Bild 2). Der dabei zu verwendende Brechsand muss allerdings eine gute Kornform aufweisen bzw. vorwiegend aus kubischen Körnern bestehen.

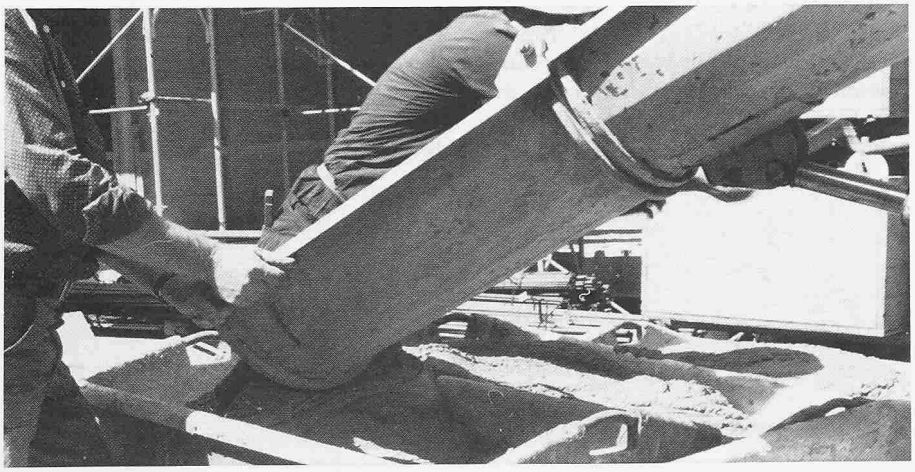


Bild 1. Abgabe auf der Baustelle in tarierten Kübeln

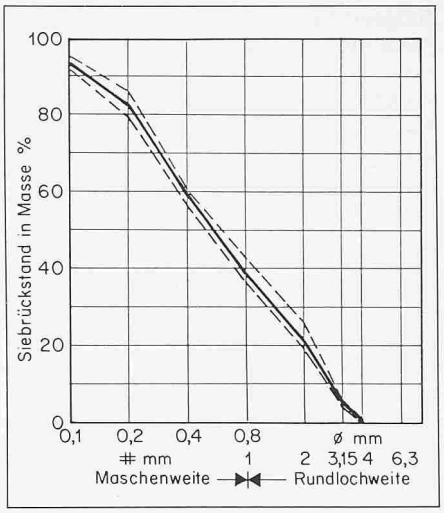


Bild 2. Aus Rund- und fillerreichem Brechsand zusammengesetzter Mauermörtelsand von einem Mörtelwerk. Durchschnitt und Streubereich aus sechs Aussiebungen (Jahresstatistik)

Die *optimale Sandzusammensetzung* kann nur anhand von *Vorversuchen* festgelegt werden. In diesem Zusammenhang sind folgende Tendenzen zu verzeichnen:

- Ein grösster Korndurchmesser von 3 mm (3,15-mm-Prüfsieb) wird von den meisten Maurern gewünscht. Ein Überkorn an Fraktionen bis 4 mm in der Grössenordnung bis 10% wird ohne weiteres toleriert.
- Der Sandanteil gröber als 1 mm ist für die Fugenstabilität und die Standfestigkeit des Mauerwerkes bis zur Erhärtung wie auch für die Festigkeit des Mörtels von grosser Bedeutung. Dieser Anteil sollte möglichst nicht unter 35% liegen.
- Ein zu niedriger Feinstanteilgehalt ≤ 0,1 mm # beeinträchtigt das Wasserhaltevermögen, und ein zu hoher erhöht den Wasseranspruch und beschleunigt den Verarbeitbarkeitsverlust des Mörtels.

Die Einhaltung der Grenzwerte gemäss Norm SIA 177, Art. 451-2 bezüglich der Gehalte an weichen und verwitterten Körnern, SO_3, Cl, organischen Bestandteilen und Feinstanteilen wird als selbstverständlich vorausgesetzt.

Bindemittel und Festigkeiten

Als Bindemittel wird in der Regel der normale Portlandzement allein oder manchmal zusammen mit hydraulichem Kalk oder Flugasche verwendet. Die erforderliche Dosierung ist mit genügender Reserve nach den zu erwartenden Beanspruchungen bzw. der anzustrebenden Festigkeit anhand von Vorversuchen festzusetzen.

Es empfiehlt sich aber, keine Bindemitteldosierungen unter 250 kg/m³, wovon mindestens 225 kg/m³ PC, zu verwenden, auch wenn dies für die Festigkeit nicht erforderlich erscheint. Eine Reserve in der Bindemitteldosierung sollte weitgehend allfällige Schwankungen in der Mörtelqualität (z.B. infolge Schwankungen im LP-Gehalt oder in der Konsistenz), die Unregelmässigkeiten in der Verarbeitung und Nachbehandlung sowie die Auswirkungen von ungünstigen Witterungsverhältnissen usw. decken. Ferner ist diese Mindestdosierung zur Gewährleistung einer angemessenen Haftung bei Verwendung von bestimmten Steinsorten unerlässlich. Je nach Zusammensetzung, Herstellungsverfahren usw. des Langzeitmörtels sind im Alter von 28 Tagen Würfeldruckfestigkeiten zu erwarten, wie in Tabelle 1 aufgeführt.

Als Zementmörtel im Sinne der Norm SIA 177 sind nur Langzeitmörtelsorten mit PC-Gehalten von 300–450 kg/m³ und Würfeldruckfestigkeiten von 20 N/mm² oder mehr zu berücksichtigen. Die übrigen Langzeitmörtelsorten werden als Ersatz für den verlängerten Mörtel (Festigkeitsanforderung nach Norm SIA 177 ≧ 3,5 N/ mm²) angeboten.

Zusatzstoffe

Je nach Sandbeschaffenheit und gewünschter Mörtelqualität können folgende Zusatzstoffe Anwendung finden:

Filler, Steinmehl

Zur Ergänzung fehlender Feinstanteile im Sand und zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Erleichterung der Fugenbearbeitung beim Sichtmauerwerk kann dem Mörtel Filler bzw. Steinmehl in der Grössenordnung von 25–50 kg/m³ als ein Teil der Zuschlagstoffe beigegeben werden.

Flugasche

Besonders bei scharfen Sandsorten kann dem Mörtel zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit, Wasserdichtigkeit und zur Erleichterung der Fugenbearbeitung beim Sichtmauerwerk Flugasche in der Grössenordnung von 25–50 kg/m³ zudosiert werden.

Hydraulicher Kalk

Dieser wird im allgemeinen zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit (Geschmeidigkeit) und des Wasserhaltevermögens des Mörtels verwendet. Die Dosierung liegt meistens zwischen 25 und 100 kg/m³.

Leca-Sand 0/3 mm

Zur Erhöhung des Gehaltes an Grobfraktionen über 1 mm bei sehr feinen Sandsorten wie auch zur Verbesserung des Wasserhaushaltes in der Fuge kann der Leca-Sand 0–3 mm in einer Grössenordnung von 100 bis 200 Liter/m³ als ein Teil des Sandes verwendet werden. Dieser muss vor der Beigabe in den Mischer mit Wasser gesättigt sein, damit er dem frischen Mörtel kein Wasser entzieht.

Zusatzmittel

Laut Aufgabenstellung sollte eine einwandfreie Verarbeitung des Mörtels während mindestens 36 Std., d.h. während zwei Arbeitsschichten gewährleistet werden. Wegen der erforderlichen Standfestigkeit der gemauerten Wände und Pfeiler muss sich der Mörtel im vermauerten Zustand möglichst schnell festigen und trotzdem soviel Wasser zurückbehalten, wie für die Hydratation und Festigkeitsentwicklung unter den üblichen Verhältnissen erforderlich ist.

Dies erfordert die Zugabe von *geeigneten Zusatzmitteln,* wodurch die Verzögerung des Abbindebeginns um mindestens 36 Std. sowie die Gewährleistung der Verarbeitbarkeit, Geschmeidigkeit und Wasserhaltevermögen während dieser Zeit erzielt werden.

Verzögerung

Während der vorgesehenen Verarbeitungszeit von z.B. zwei Arbeitsschichten darf der Mörtel im Vorratsgefäss nicht abbinden. In der Fuge hingegen, d.h. im vermauerten Zustand, soll der Abbinde- und Erhärtungsverlauf möglichst nicht hinausgezögert werden. Die Lösung dieser entgegengesetzten Vorgaben hängt mit der Wirkungsweise des für die Verzögerung des Abbindebeginns verwendeten Zusatzmittels und der Veränderung im Wasserhaushalt des Mörtels in der Fuge zusammen.

Verzögerer verlangsamen die Lösung der Kalksilikate und Kalkaluminate des Zementes und sperren den weiteren Zutritt des Wassers zum Zementkorn durch Bildung einer gelartigen Schutzschicht aus Kalziumionen. Durch die Änderung des Wasserhaushaltes des Mörtels als Folge des Wasserentzugs in der Fuge nimmt die Konzentration der gelösten Zementteile in dem noch im Mörtel zurückgebliebenen Wasser stark zu, wodurch die verzögernde Wirkung überwunden wird. Die Hydratation und damit das Abbinden und Erhärten können dann ungehindert verlaufen.

Tabelle 1. Zu erwartende Würfeldruckfestigkeiten bei 28 Tagen

Bindemittelgehalt [kg/m³]	*Würfeldruckfestigkeit des Mörtels* [N/mm²]
250	6–12
275	8–15
300	10–18
350	14–23
375	16–26

Die Wirkung von verzögernden Zusatzmitteln bzw. die *Verzögerungsdauer* ist u.a. von folgenden Faktoren abhängig:

- Temperatur
- Konsistenz
- Bindemittelqualität
- Verzögerer-Dosierung.

Eine *Dosiertabelle* für die bei verschiedenen Temperaturen und verschiedener Verzögerungsdauer erforderlichen Zusatzmitteldosierungen ist für ein Mörtelwerk unerlässlich. Diese könnte in Zusammenarbeit zwischen Mörtelwerk und Zusatzmittellieferant anhand von Vorversuchen mit den im betreffenden Werk vorhandenen Materialien erstellt werden.

Luftporenbildung

Die Gewährleistung einer guten Verarbeitbarkeit bzw. Geschmeidigkeit und eines guten Zusammenhaltevermögens des Mörtels im Vorratsgefäss während der Verzögerungszeit von z.B. 36 Std. sowie eines guten Wasserhaltevermögens in der Fuge ist unter anderem von den eingeführten *Luftporen* abhängig. Je nach gewünschter Mörtelqualität sind Luftporengehalte zwischen 17 und 23% anzustreben. Bei wesentlicher Unterschreitung dieses Bereiches muss mit einem schnellen Verarbeitbarkeitsverlust des Mörtels gerechnet werden. Luftporengehalte von über 23% sind für die Verarbeitbarkeit nicht unbedingt erforderlich und beeinträchtigen unnötig die Festigkeit und eventuell auch die Dichtigkeit des Mörtels. Bei Luftporengehalten über 25% ist die Gefahr gross, dass im Mörtel durchgehende Kapillaren gebildet werden.

Die *Luftporenbildung* im Mörtel ist u.a. von den folgenden Faktoren abhängig:

- Kornzusammensetzung des Sandes, insbesondere der Anteil feiner als 1 mm
- Mörtelkonsistenz
- Mischerart und Drehgeschwindigkeit des Mischers
- Mischzeit
- Temperatur
- Dosierung an Luftporenmittel.

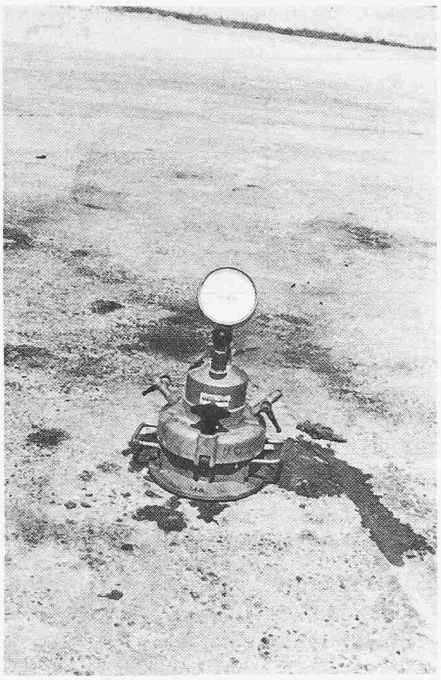


Bild 3. Eine häufige Kontrolle des LP-Gehaltes im Mauermörtel ist unbedingt erforderlich

Einige dieser Einflussfaktoren können in einem Mörtelwerk fest oder weitgehend innerhalb vernünftigem Rahmen eingehalten werden. Die Gewährleistung eines weitgehend konstanten LP-Gehaltes im Mörtel kann aber nur durch häufige Kontrollmessung der eingeführten Luft durch das Mörtelwerk und entsprechende Anpassung der Zusatzmitteldosierung erreicht werden (Bild 3).

Kombinierte oder getrennte Zusatzmittel

Die Frage wird oft gestellt, ob in den Mörtelwerken mit kombinierten oder mit getrennten Mitteln (d.h. Verzögerer und Luftporenbildner separat) am zweckmässigsten gearbeitet werden soll.

Zweifellos ist die Beigabe von getrennten Mitteln im Hinblick auf die unterschiedlichen Witterungsbedingungen und Verzögerungswünsche (z.B. Wochenendverzögerung) sowie auf die unvermeidlichen Schwankungen im LP-Gehalt anpassungsfähiger als bei der Verwendung von kombinierten Mitteln.

Bei Verwendung von kombinierten Mitteln ist es praktisch unmöglich, die Luftporenbildung zu steuern, ohne gleichzeitig die verzögernde Wirkung zu beeinflussen. Es ist aber hier zu erwähnen, dass bei der Verwendung von kombinierten Zusatzmitteln, im Gegensatz zur verzögernden Wirkung, der Luftporengehalt des Mörtels sich nicht mit der Zusatzmitteldosierung proportional ändert.

Gleich ob mit kombinierten oder mit getrennten Mitteln gearbeitet wird, ist die Erstellung von Dosiertabellen und die mehrmals tägliche Kontrolle des LP-Gehaltes unbedingt erforderlich.

Die Mörtelkonsistenz

Die Mörtelkonsistenz muss innerhalb eines bestimmten und sehr engen Bereiches eingehalten werden. Bei Überschreitung dieses Bereiches, z.B. durch erhöhte Wasserbeigabe, wird der Mörtel klebrig und rutscht nicht einwandfrei von der Kelle. Dadurch wird die Leistung des Maurers stark beeinträchtigt. Ferner wird die Festigkeit und Dichtigkeit des Mörtels als Folge des unnötig erhöhten W/Z-Faktors negativ beeinflusst.

Bei Unterschreitung des erwähnten Konsistenzbereiches haftet der Mörtel nicht gut an den Steinen, und der sogenannte Spatz hält nicht. Der Maurer sieht sich gezwungen, dem Mörtel auf der Baustelle Wasser beizugeben. Ein zu trockener Mörtel ist ferner hinsichtlich frühzeitiger Austrocknung und Absanden gefährdet.

Mit Hilfe eines normierten *Konsistenzmessgerätes* (z.B. Ausbreitmass nach DIN 18555, Bild 4) können Massstäbe für den günstigen Konsistenzbereich (d.h. gerade nass, dass er an der Kelle nicht klebt, und gerade trocken, dass er an den Steinen haftet) bestimmt werden (Bild 5). Die Einhaltung eines solchen engen Konsistenzbereiches ist für den Maschinisten des Mörtelwerkes sicher keine leichte Aufgabe. Dies erfordert in erster Linie, dass die Schwankungen in der Kornzusammensetzung und im Feuchtigkeitsgehalt des Sandes innerhalb enger Grenzen eingehalten werden müssen. Ferner muss der Maschinist täglich mindestens zweimal die Konsistenz, z.B. mittels Ausbreitmass nach DIN 18555, messen und gegebenenfalls eventuell erforderliche Korrekturen vornehmen.

Anhand dieser täglichen Kontrolle gewinnt der Maschinist wertvolle Anhaltspunkte für sein Augenurteil bzw. für sein Fingerspitzengefühl, so dass er mit der Zeit in der Lage ist, vom Auge mittelmässige Abweichungen von der Sollqualität sofort zu erkennen. Eine gezielte Schulung des Maschinisten ist in diesem Zusammenhang unerlässlich.

Mörtelergiebigkeit, erforderlicher Sandgehalt/m³ Mörtel

In der Regel wird der erforderliche Sandgehalt/m³ Mörtel vorerst mit Hilfe der sogenannten *Stoffraumrechnung* ermittelt. Dabei werden der anhand von Vorversuchen festgelegte PC-Gehalt sowie die durchschnittlichen Wasser- und LP-Gehalte des Mörtels zu grunde gelegt. Die effektive Ergiebigkeit muss nachher in einer Messkiste oder in tarierten Gefässen (z.B. Abgabekübel) genau gemessen und gegebenenfalls durch Korrektur der Sanddosierung richtig einjustiert werden.

Wegen des Einflusses der Schwankungen im LP-Gehalt und in der Konsistenz bzw. im Wassergehalt des Mörtels muss die Ergiebigkeit möglichst häufig (mindestens 6mal jährlich) kontrolliert werden.

Bild 4. Messung des Ausbreitmasses nach DIN 18555

Bild 5. Der Mauermörtel soll gerade nass, dass er an der Kelle nicht klebt, und gerade trocken, dass er an den Steinen haftet, sein

Herstellungsverfahren

Herstellung im Werkmischer

Diese ist die herkömmliche und bewährte Methode zur Mörtelherstellung und wird bei den meisten Mörtelwerken angewendet. Alle Mörtelbestandteile werden im Werkmischer zusammengemischt und weitgehend auf die gewünschte Konsistenz und Verzögerung sowie mit dem erforderlichen LP-Gehalt aufbereitet.

Hier kommen die für den Mörtel erforderlichen Luftporen durch Beigabe von *lufteinführendem Zusatzmittel* in den Mischer, wobei die Luftporen erst als Folge des Mischens erzeugt werden, oder durch Beigabe von vorfabrizierten Luftporen in Form von Fertigschaum, wobei die Poren erst durch das Mischen in den Mörtel gleichmässig zu verteilen sind. Die erforderliche Mischzeit ist u.a. vom Mischertyp, Drehgeschwindigkeit des Mischers, Sandzusammensetzung, Chargengrösse und ob lufteinführendes Zusatzmittel oder Fertigschaum verwendet wird, abhängig. In der Regel werden Mischzeiten zwischen zwei und fünf Minuten verwendet.

Bei ungenügend ausgelasteten Betonwerken kann der Mauermörtel auch nach dem obigen Verfahren hergestellt werden. Dabei müssen aber folgende Vorkehrungen getroffen werden:

- Der Mauermörtel braucht einen anderen Sand als den, der für Beton verwendet wird. Es müssen also Silier- und Dosiermöglichkeiten für den Mauersand vorhanden sein.
- Durch geeignete Massnahmen muss verhindert werden, dass bei den Entlade-, Förder- und Siliervorrichtungen Steine in den Mauersand gelangen.
- Um Steine in dem Mörtel zu verhindern, muss der Mischer vor der Mörtelherstellung gewaschen werden. Wegen dem mit dem Mischerwaschen verbundenen Umtrieb wird die Mörtelherstellung meistens auf den frühen Morgen und frühen Nachmittag beschränkt.
- Das Betonwerk muss mit geeigneten Vorrichtungen zur Dosierung der für den Mörtel erforderlichen Zusatzmittel und Zusatzstoffe ausgestattet sein.
- Die Einhaltung der unterschiedlichen Mischzeiten und die erforderlichen Konsistenzen beim Beton und Mörtel erfordern vom Werkmaschinisten besonders hohe Konzentration und Achtsamkeit.
- Als weitere Massnahme gegen allfällige Steine im Mörtel könnte der Auslaufstrichter des Fahrmischers mit einem 6–8-mm-Netz ausgestattet werden.

Tabelle 2. Qualitätskontrollen

Kriterium	*Prüfmethode*	*zulässige Toleranzen von den Sollwerten*
Dichte	Messung mittels Aräometer an auf 20 ± 2 °C temperierten Proben	± 0,025g/cm³
pH-Wert	Messung mittels pH-Meter	± 0,300
Feststoffgehalt	Trocknen einer definierten Probemenge unter einer Infrarotlampe und Abwägung des Feststoffrückstandes (Trocknungszeit, Lampenstärke, Distanz von der Lampe usw. sind definiert)	± 5% bezogen auf Sollgehalt an Feststoff*
Entmischungsanfälligkeit	Lagerung einer Menge von etwa 50–100 cm³ in einem dicht geschlossenen Reagenzglas an einem ruhigen Ort. Beurteilung nach 7, 28 und 90 Tagen, ob ein Satz sich gebildet hat oder ob die Farbe unhomogen wurde	bis 90 Tage dürfen keine Entmischungserscheinungen auftreten
Rückstellmuster	Für alle Eventualitäten während einem Jahr in einer geschlossenen Flasche lagern	

* z. B. bei einem Sollgehalt an Feststoff von 20% → ± 5% von 20% = ± 1%

Vormischen im Werkmischer, Beigabe von Schaum und weiteres Mischen im Fahrmischer

Im Werkmischer wird ein Mörtel aus Zement, Sand, Wasser und Verzögerer in einer plastischen Konsistenz etwa eine Minute zusammengemischt. Im Fahrmischer wird je Kubikmeter Fertigmörtel etwa 250 Liter Schaum mit dem vorgemischten Mörtel beigemischt. Die Trommel des Fahrmischers wird solange gedreht, bis eine gleichmässige Verteilung der Luftporen im Mörtel erreicht ist. Die dazu erforderliche Zeit ist von der Konsistenz, dem Mischerinhalt, Drehgeschwindigkeit, Schaumqualität usw. abhängig und muss anhand von Vorversuchen bestimmt werden.

Der *Schaum* wird bei Verwendung von schaumbildendem Zusatzmittel mit Hilfe von Spezialgeräten erzeugt. Da ein Teil des im Fahrmischer dosierten Schaumes aus Wasser besteht und weil ein Teil des Schaumes während des Mischens und in der kurzen Zeit danach zerstört wird, müssen die zu dosierende Schaummenge wie auch die erforderliche Konsistenz des vorgemischten Mörtels ebenfalls anhand von Vorversuchen festgelegt werden.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Qualität des so hergestellten Mörtels verhältnismässig grossen Schwankungen unterworfen ist und deshalb intensiver überwacht werden muss.

Herstellung im Fahrmischer

Eigene Versuche zur Herstellung des Mauermörtels im üblichen Fahrmischer bei direkter Dosierung der einzelnen Bestandteile (PC, Sand, Wasser, Zusatzmittel und evtl. Schaum) im Fahrmischer sind gescheitert. Weder eine gleichmässige Vermischung noch die Einhaltung eines vernünftigen Streubereiches für den LP-Gehalt konnte trotz verhältnismässig langer Mischzeit gewährleistet werden. Auch die visuelle Überwachung der Konsistenz im Fahrmischer ist sehr schwierig. Ein solches Herstellungsverfahren wäre vielleicht denkbar, wenn speziell für diesen Zweck konstruierte oder umgebaute Fahrmischer verwendet würden und die erforderlichen Luftporen in Form von Schaum in den Fahrmischer zugegeben werden.

Qualitätskontrollen

Neben der Überprüfung der Gleichmässigkeit der Endqualität sollten diese Kontrollen dazu dienen, allfällige Unregelmässigkeiten rechtzeitig zu entdekken, die Fehler zu lokalisieren, ihre quantitative Auswirkung abzuschätzen und eine rasche Behebung der Mängel zu ermöglichen. Aus den erhaltenen Resultaten können noch Beweismaterial und Anhaltspunkte zur Abklärung der Ursachen von eventuellen Reklamationen oder Schadenfällen gesammelt werden. Die *Prüfung des Endproduktes allein genügt also nicht.*

Beim Langzeitmörtel spielt die *Qualität des verwendeten Zusatzmittels eine massgebende Rolle.* Die Überwachung der Qualitätsgleichmässigkeit und die Wirksamkeit dieser Mittel ist deshalb erforderlich. Ferner müssen die Kornzusammensetzung des Sandes, die Frischmörteleigenschaften, die Druckfestigkeit des Mörtels und die Dosier-

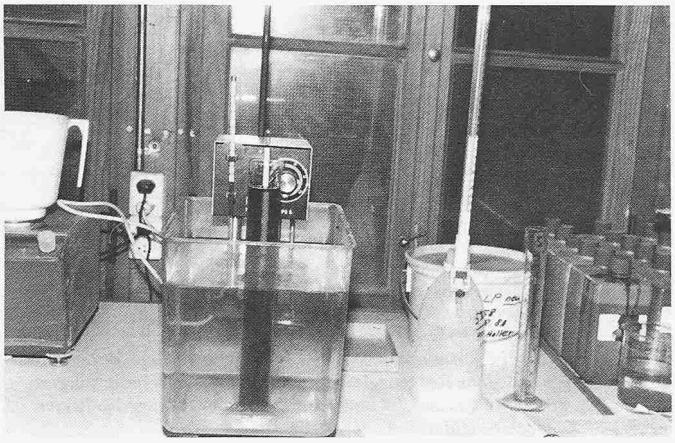


Bild 6. Bestimmung der Dichte des Zusatzmittels mittels Aräometer

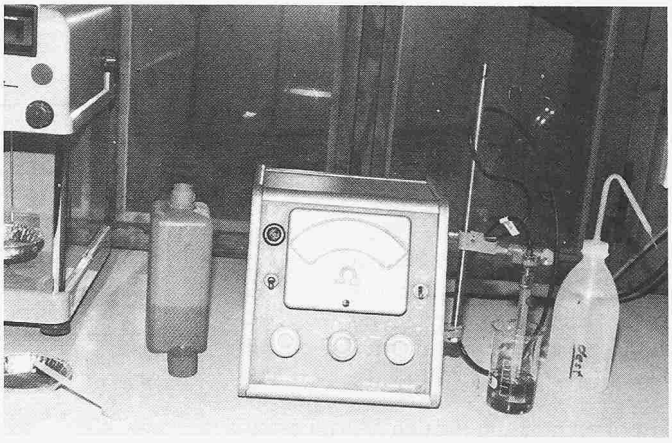


Bild 7. Bestimmung des pH-Wertes des Zusatzmittels mittels elektrischem pH-Meter

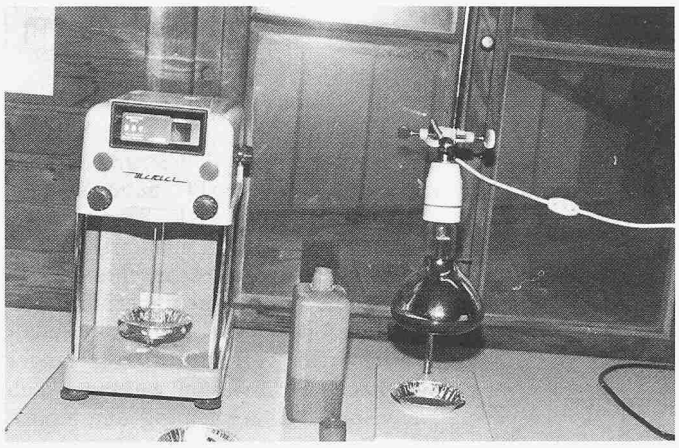


Bild 8. Bestimmung des Feststoffgehaltes mit Verwendung einer Infrarotlampe

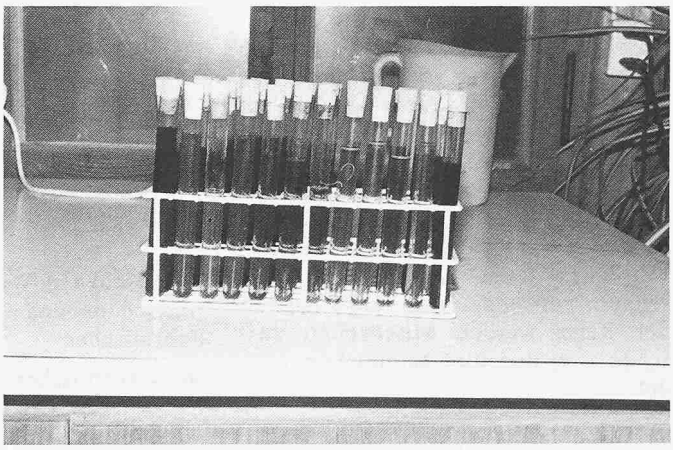


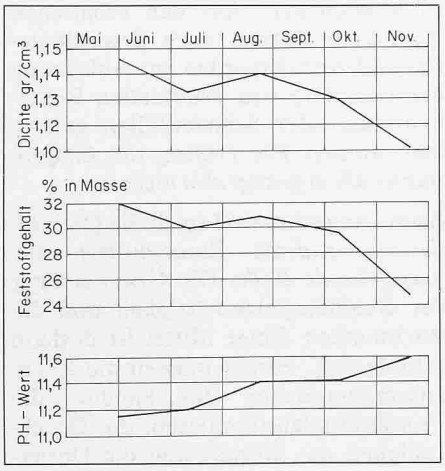
Bild 9. Beurteilung des Zusatzmittels auf allfällige Entmischung im Reagenzglas

vorrichtungen des Mörtelwerkes periodischen Kontrollen unterzogen werden.

Gleichmässigkeit der Qualität der verwendeten Mittel

Für diesen Zweck sind Kontrollen mindestens dreimal jährlich durchzuführen (Tabelle 2, Bilder 6 bis 10).
Diese einfachen Versuche liefern brauchbare Anhaltspunkte über die Gleichmässigkeit der Zusatzmittelqualität. Allein ist keine der obigen Kriterien als Massstab für die Qualitätsgleichmässigkeit geeignet. Nur wenn alle diese Eigenschaften innerhalb der festgesetzten Toleranzen liegen, könnte von einer gleichmässigen Qualität des betreffenden Mörtels gesprochen werden.

Bild 10. Gleichmässigkeit der Qualität eines Mörtelzusatzmittels während eines Jahres



Wirksamkeitsprüfung für die verwendeten Zusatzmittel

Die Wirksamkeit bzw. die Gleichmässigkeit der Wirkung der verwendeten Zusatzmittel können anhand von standardisierten Labormischungen (vier- bis fünfmal jährlich) weitgehend genau beurteilt werden. Bei diesen Mischungen werden folgende *Einflussfaktoren* festgehalten:

- PC-Gehalt und Marke. Der Zement soll höchstens 7 Tage vor jedem Versuch dem Silo des Mörtelwerkes entnommen werden.
- Sandzusammensetzung. Um dies zu gewährleisten, wird der Sand für alle während eines Jahres durchzuführenden Versuche auf einmal entnommen.
- Sandgehalt.
- Zusatzmitteldosierung. Die Mittel werden höchstens sieben Tage vor jedem Versuch ab Vorratsbehälter des Mörtelwerkes entnommen.
- evtl. Zusatzstoffgehalt.
- Chargengrösse.
- Mischer.
- Mischzeit.
- Mörtelkonsistenz bzw. Ausbreitmass nach DIN 18555. Die am meisten an die Baustelle gelieferte Konsistenz wird zugrunde gelegt (zulässige Abweichungen beim Ausbreitmass ± 1 cm).
- Mörteltemperatur 18–20 ° C.
- Lagerungstemperatur z.B. 20 ± 2 ° C.

Messungen unmittelbar nach der Herstellung

- Erforderlicher W/Z-Faktor zur Erzielung der vorgeschriebenen Konsistenz.
- Konsistenz mittels Ausbreitmass nach DIN 18555 = a cm.
- LP-Gehalt = p % (zulässig z.B. 18–22%).
- Rohdichte t/m³.
- Herstellung von drei Prismen 4×4×16 cm, wobei eines nach sieben Tagen und zwei nach 28 Tagen auf Festigkeit zu prüfen sind.
- 15–20 Liter Mörtel sind in einem dicht geschlossenen Kübel zur Beurteilung der Frischmörteleigenschaften 30 Std. zu lagern.

Messungen 30 Std. nach der Herstellung

Der Mörtel wird mittels Kelle gut umgeschaufelt und anschliessend folgenden Untersuchungen unterzogen:

- Konsistenz mittels Ausbreitmass nach DIN 18555 → Sollwert ≧ 0,9 a
- LP-Gehalt → Sollwert ≧ 0,8 p
- Rohdichte
- Verzögerung
- Herstellung von drei Prismen 4×4×16 cm, wobei eines nach sieben Tagen und zwei nach 28 Tagen auf Biegezug- und Druckfestigkeit zu prüfen sind.

Routinekontrollen im Mörtelwerk

- LP-Gehalt
  → 1- bis 2mal täglich
- Ausbreitmass nach DIN 1855
  → 1- bis 2mal täglich
- Festigkeitsproben 4×4×16
  → eine 3er-Serie alle 2 Wochen, Prüfung nach 28 Tagen (Bild 11)
- Kornzusammensetzung des Sandes
  → eine Probe alle 6–8 Wochen

Kontrolle der Dosiervorrichtungen im Mörtelwerk

(nach den Richtlinien Qualität + Technik des Verbandes schweizerischer Transportbetonwerke, Bild 12)

- Wiegegenauigkeit der PC-Waage (Kontrolle mit Gewichtssteinen) mind. 1mal jährlich
- Vorwahlgenauigkeit der PC-Waage mind. 3mal jährlich
- Errechnung des effektiv dosierten PC-Gehaltes mind. 3mal jährlich
- Wiegegenauigkeit der Sandwaage (Kontrolle mit Gewichtssteinen) mind. 1mal jährlich
- Vorwahlgenauigkeit der Sandwaage mind. 3mal jährlich
- Effektiv dosierter Sandgehalt mind. 3mal jährlich
- Dosiergenauigkeit der Zusatzmittelanlage mind. 3mal jährlich
- Ergiebigkeit des Mörtels mind. 3mal jährlich
- Rückstellmuster PC und Zusatzmittel (Lagerung bis 3 Monate) mind. 3mal jährlich

Vorteile des Langzeit-Mauermörtels

- Ein Fertigprodukt. Dies wird auf der Baustelle in Spezialgefässe so abgegeben, dass bis zur Verarbeitung kein Lohnaufwand mehr erforderlich ist.
- Mindestens 36 Std. kellengerecht.
- Sehr gut verarbeitbar und ermöglicht deshalb höhere Maurerleistung als bei den anderen Mörtelsorten.

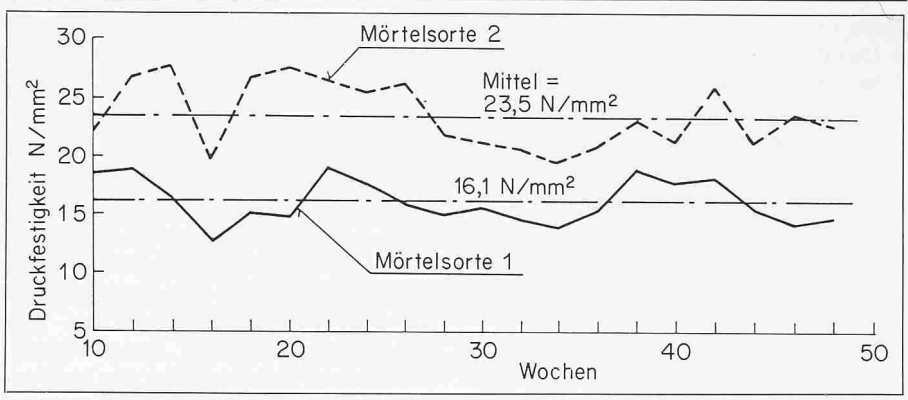
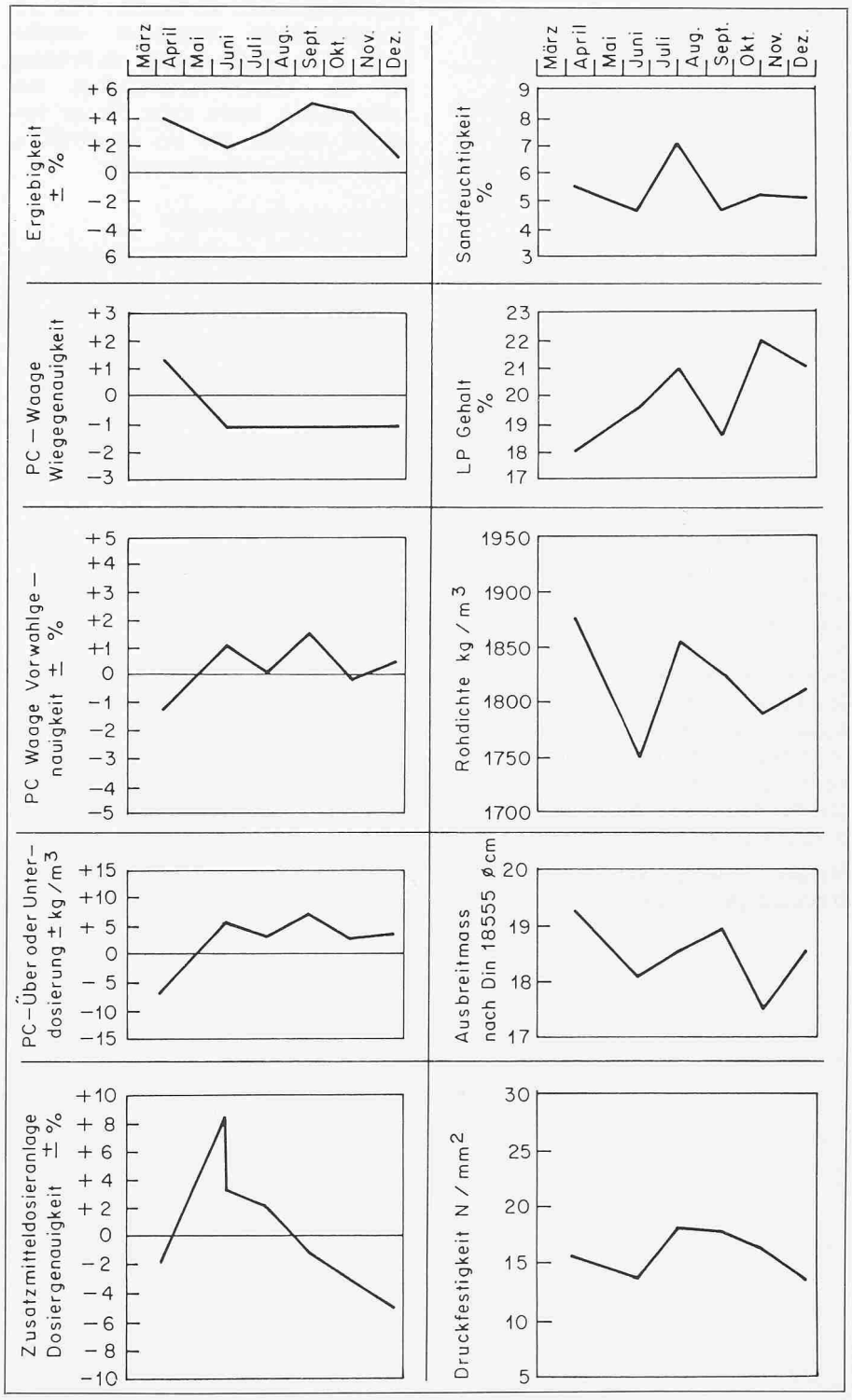


Bild 11. Resultate der Routine 28tägigen Druckfestigkeiten in einem Mörtelwerk während eines Jahres (zwei Langzeit-Mörtelsorten)

Bild 12. Resultate der Anlagekontrollen in einem Mörtelwerk während eines Jahres. Neben der Kontrolle der Dosiervorrichtungen werden einige Qualitätswerte durch den Laboranten ermittelt



- etwa 15–20% leichter.
- Dank des hohen Luftporengehaltes bessere Frostbeständigkeit und bessere Dichtigkeit (Luftporen unterbrechen die Kapillaren).
- Gleichmässige und kontrollierte Qualität (bei seriösen Lieferanten).
- Wirtschaftlich.
- Keine Staub- oder Lärmimmissionen auf der Baustelle.
- Keine Reste, da kleine Mengen ab 200 Liter bestellt werden können.
- Feste Preise franko Baustelle. Dies erleichtert die Kalkulation für den Unternehmer.

Gedanken über die Festigkeitsprüfung des Mörtels

Die Druckfestigkeit des Mörtels kann nur mittels eines *Versuchs* geprüft werden, bei dem der Mörtel unter Druckbeanspruchung zum Versagen gebracht werden kann.

Würfeldruckfestigkeit an Mörtelprismen

Bei dieser Prüfung tritt der Bruch als Folge der Druckbeanspruchungen auf. Da die Prüfkörper in Metallformen (Saugfähigkeit der Formen = 0) hergestellt werden, stimmen die an Würfelproben erhaltenen Festigkeitswerte nicht unbedingt mit den effektiven Festigkeiten des Mörtels in der Mauerfuge überein. Die Resultate der Würfeldruckfestigkeiten müssen also lediglich als Anhaltspunkte betrachtet werden. Bei Ausführung der üblichen Schutz- und Nachbehandlungsmassnahmen nach dem Vermauern wäre beim Mörtel in den Fugen eher mit höheren Druckfestigkeiten zu rechnen als bei den Würfelproben. Leider besteht zur Zeit kein Versuch, der über die wirkliche Festigkeit des Mörtels in der Fuge genügend zuverlässig aussagt.

Meiner Meinung nach ist die Würfeldruckfestigkeit ein geeigneter Massstab zur Beurteilung der Mörtelqualität und sollte für Mörtel mit oder ohne Zusatzmittel angewendet werden.

3-Stein-Probekörper

Die Aussagefähigkeit dieser Prüfung über die Druckfestigkeit des Mörtels ist fraglich, da das Versagen als Folge von Rissen im verwendeten Stein und nicht im Mörtel auftritt. Die Tragfähigkeit des 3-Stein-Probekörpers ist u.a. von der Querzugfestigkeit, Saugfähigkeit, Format und Lochordnung der verwendeten Steine, und nicht allein von der Mörtelqualität, abhängig. Ferner ist diese Prüfung so übermässig *umständlich* und *kostspielig*, dass sie dem Mörtelhersteller nicht als Routine-Überwachungsmethode zugemutet werden kann. Dieser Versuch wäre als Prüfung für die Mörteldruckfestigkeit nur zweckmässig, wenn dabei Steine verwendet werden, die bei der Prüfung nicht vor dem Mörtel versagen.

Mauerwerksprobekörper

Analog wie beim 3-Stein-Probekörper handelt es sich auch hier um eine Tragfähigkeitsprüfung vom Mauerwerk, wo zahlreiche Faktoren, und nicht allein der Mauermörtel, eine Rolle spielen. Bei der Prüfung unter zentrischer Belastung wird der Bruch normalerweise als Folge von Ausreissen und Knicken und bei exzentrischer Belastung als Folge von Knicken verursacht.

Empfehlungen an den Baumeister

Die nachstehenden Empfehlungen sind mit wenigen Ausnahmen nicht nur im Zusammenhang mit der Verwendung von Langzeit-Mauermörtel, sondern auch mit der Verwendung *aller Mauermörtelsorten* zu verstehen:

- Bis zum Vermauern sollten die Steine auf der Baustelle vor Witterungseinflüssen geschützt werden (z.B. durch Abdeckung mit sonnenreflektierenden Blachen im Sommer und Dämmatten im Winter).
- Bei Temperaturen über 5 ° C und gleich, mit was für Mörtel gearbeitet wird, ist eine Nachbehandlung der gemauerten Teile durch beidseitiges Spritzen mit Wasser etwa 24 Std. (evtl. Wiederholung ein oder zwei Tage später) nach der Erstellung von Vorteil. Diese Massnahme ist beim KS-Mauerwerk besonders wichtig.
- Der sogenannte Wochenendmörtel (Herstellung und Lieferung am Freitag für die Verwendung erst am Montag) wird in der Regel mit einer Verzögerung von mindestens 72 Std. versehen. Bei Anwendung dieses Mörtels am Freitag besteht die Gefahr, dass der Mörtel in der Fuge sich austrocknet, bevor das Abbinden richtig eingesetzt hat, so dass mit Festigkeitseinbusse und mit Absanden gerechnet werden muss. Wochenendmörtel soll also erst am Montag vermauert werden.
- Bei Temperaturen unter −5 ° C soll im Prinzip keine Mauerarbeit im Freien ausgeführt werden.
- Beim Vermauern müssen eine Mindest-Steintemperatur von + 1 ° C und Mörteltemperatur von + 5 ° C gewährleistet werden. Vereiste Steine dürfen nur nach dem Auftauen und Trocknen verwendet werden. Frisch gemauerte Wände sollten bei niedrigen Temperaturen während der ersten zwei Tage mit Dämmatten vor Kälte geschützt werden.
- Bei Temperaturen unter 0 ° C oder knapp darüber empfiehlt es sich, Tagesmörtel (Verzögerung 12–15 Std.) oder höchstens mit 24 Std. Verzögerung zu bestellen. Man soll also nur soviel Mörtel bestellen, wie für eine Arbeitsschicht ohne oder nur mit wenig Resten erforderlich ist.

Adresse des Verfassers: *M. Eltawil*, dipl. Bau-Ing., In Huebwiesen 3, 8600 Dübendorf.