

# Reaktoren zur Schnell- entcarbonisierung mit Kalkwasser

Teil 3: Erste Betriebserfahrungen

**Friedbert Holmer und Frieder Haakh**

**Eingereicht: 06.02.2018**

**Begutachtet im Peer-Review-Verfahren: 20.04.2018**

Schnellentcarbonisierung, Reaktor, Wirbelbett, Pellets, Impfkörner, Kalkwasser, Calciumcarbonat

*Im Beitrag wird über erste Betriebserfahrungen mit dem neuen Schnellentcarbonisierungsverfahren in den Wasserwerken in Langenau und Dischingen des Zweckverbands Landeswasserversorgung (LW) berichtet. Nach der Weiterentwicklung der Technologie von Schnellentcarbonisierungsreaktoren zum Betrieb mit Kalkwasser und zur Produktion von hochreinen Calciumcarbonat-Pellets konnte in den Wasserwerken der Landeswasserversorgung die Umstellung vom schnellen Langsam- zum Schnellentcarbonisierungsverfahren im Jahr 2016 vollzogen werden. Erste Ergebnisse zeigen, dass mit den entwickelten Reaktoren alle für das Verfahren und die Pelletproduktion gesteckten Ziele erreicht oder sogar übertroffen werden.*

## Reactors for decarbonisation with lime-water. First experiences from operation

*This paper describes first experience operating the new decarbonisation plants with pellet reactors in the Langenau and Dischingen waterworks of the Zweckverband Landeswasserversorgung (Functional association water supply). With the enhancements of the technology of decarbonisation reactors running with lime water (calcium hydroxide dissolved in water) and the production of ultra-pure calcium carbonate pellets, the conversion from slow to fast decarbonisation with pellet reactors has been implemented in 2016. First results with regard to the new decarbonisation plants show high performance, and all the targets set in this respect were achieved or even exceeded*

### 1. Einleitung

Der Zweckverband Landeswasserversorgung (LW) betreibt in den Wasserwerken Langenau und Dischingen Anlagen zur zentralen Enthärtung des aus dem verkarsteten Weißen Jura der Schwäbischen Alb zufließenden Grund- und Quellwassers, das zur Trinkwasserversorgung von drei Millionen Einwohnern im Verbandsgebiet genutzt wird. Die ersten Anlagen wurden in den Jahren 1989 und 1995 in Betrieb genommen [1, 2, 7]. Die Aufbereitungskapazität beträgt 1.000 L/s vollenthärtetes Grundwasser im Wasserwerk Langenau und 300 L/s im Egauwasserwerk.

Als Enthärtungsverfahren wurde ein Fällungsverfahren gewählt, bei dem durch Zugabe von Calciumhydroxid die freie Kohlensäure neutralisiert und das Hydrogencarbonat als Calciumcarbonat ausgefällt wird. Das bislang erfolg-

reich betriebene Verfahren der „schnellen Langsamentcarbonisierung“ (LEC) stellte zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme 1989 in mehrfacher Hinsicht ein Novum dar. Neu war die verfahrenstechnische Führung des Prozesses, die sich durch eine sehr kurze Gesamtreaktionszeit und durch eine ungewöhnlich hohe Betriebsstabilität mit niedrigen Trübstoffgehalten im Ablauf der Anlage auszeichnet. Neu war aber vor allem die Gewinnung von hochweißem Kalk (Calciumcarbonat), der zu einem hochwertigen Produkt weiterverarbeitet und vermarktet werden konnte. Um den hohen Weißgrad bei der Fällung zu erreichen, wird hochreines Kalkwasser eingesetzt, das vor dem Einsatz in einer eigenen Verfahrensstufe gereinigt wurde.

Wegen des Anfalls als Suspension („Slurry“) war das Haupteinsatzgebiet für den bei der Landeswasserversor-

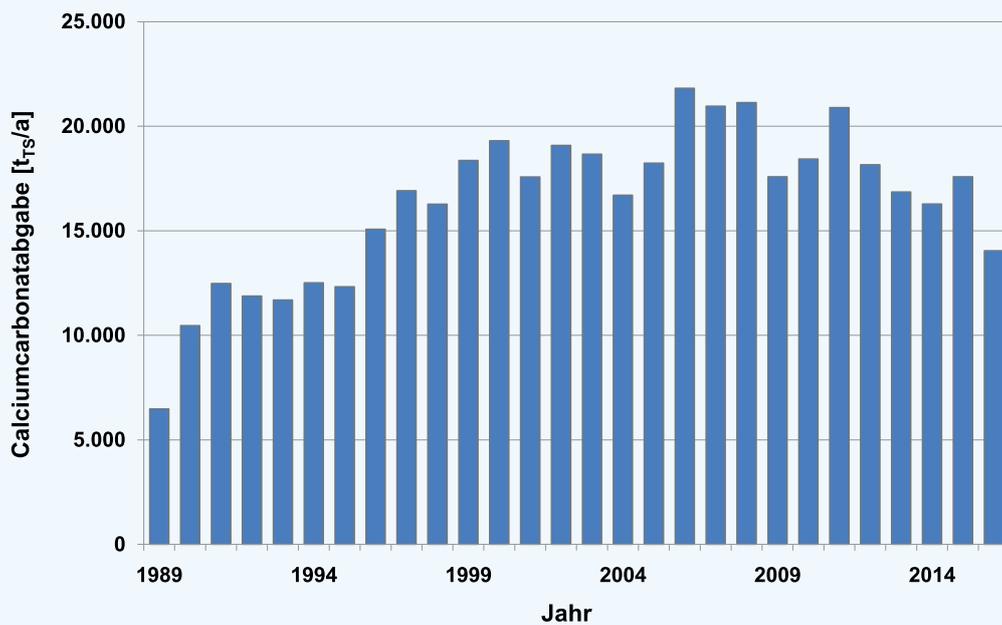


Bild 1: Produktion von Calciumcarbonat in Tonnen Trockensubstanz von 1989 bis 2016

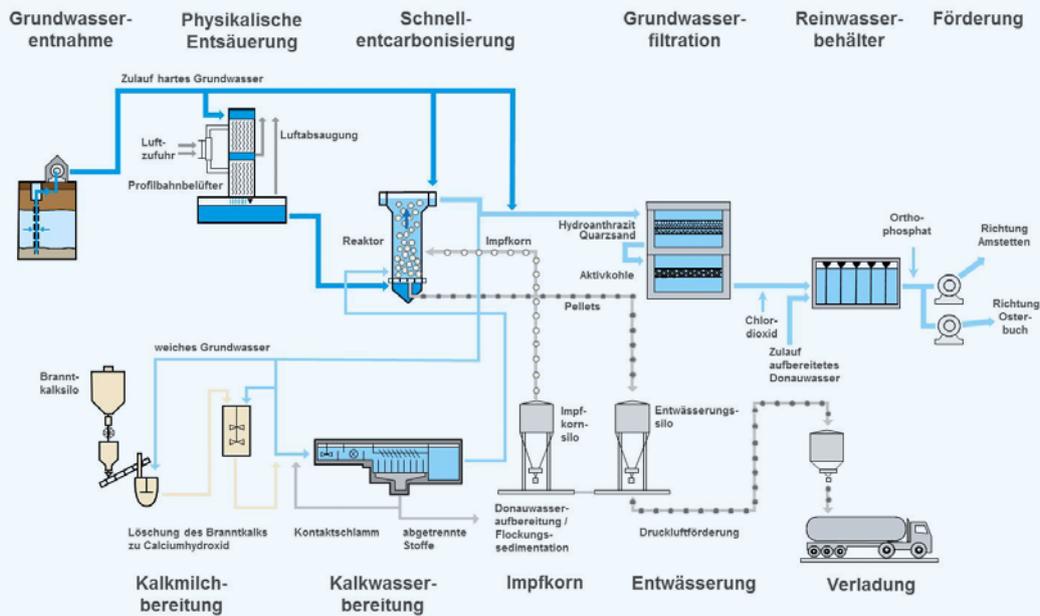
gung produzierten Kalk die Papierindustrie, die den Slurry als Füllstoff und als Streichpigment einsetzte [8]. Veredelt und vermarktet wurde durch einen führenden Hersteller von Industriemineralien, der über das Know-how und die technischen Möglichkeiten einer Veredelung in Standortnähe zu den Wasserwerken verfügte und außerdem als Marktführer agiert. Mit dem Verfahren wurden von 1989 bis 2016 etwa 460.000 t<sub>TS</sub> hochreines Calciumcarbonat produziert und verkauft (Bild 1).

Die Einschränkungen, dass die Kalksuspension nur nach weiterer Veredelung vermarktet werden kann und dass fast ausschließlich die Papierindustrie als Abnehmer infrage kommt, haben schnell zu einer Abhängigkeit nicht nur vom direkten Abnehmer, sondern auch von der ansässigen Papierindustrie geführt. Im Jahr 2010 wurde wegen dieses erhöhten Absatzrisikos und eines sich abzeichnenden Absatzrückgangs von Magazinpapieren bei der Papierindustrie eine Studie zum „Kalkschlammmanagement in den Wasserwerken Langenau und Dischingen des ZV LW“ in Auftrag gegeben, die zeigte, dass die Kalkschlamm suspension wegen der verfahrensbedingt zwingend erforderlichen Zugabe eines Flockungshilfsmittels (synthetisches Polymer) und wegen des hohen Wasseranteils nur sehr eingeschränkt in anderen Branchen vermarktet und im Notfall nur teuer entsorgt oder deponiert werden kann [3, 4]. Als technische Alternative wurde in der Studie auf das Schnellentcarbonisierungsverfahren (SEC) verwiesen [6], das hinsichtlich der genannten Aspekte wesentliche Vorteile bietet. Dazu zählen der deutlich höhere Trockensubstanzgehalt der bei diesem Verfahren entstehenden Kalk-Kügelchen („Pel-

lets“), die Möglichkeit, das Material bei Marktproblemen einfach entsorgen zu können, der modulare Aufbau der Anlagen und wiederum die Aussicht auf Erträge aus der Vermarktung der Pellets, sofern diese als hochreine Calciumcarbonat-Pellets aus dem Prozess hervorgehen.

Nach der Fertigstellung der Studie wurde im Jahr 2011 mit Pilotversuchen im halbtechnischen Maßstab begonnen (siehe auch Teile 1 und 2 der Publikationsreihe). Die Versuche zeigten schnell, dass das Verfahren grundsätzlich für die Entcarbonisierung von Grundwasser geeignet ist, mit den bislang bekannten Reaktoren jedoch wesentliche Ziele nicht erreicht werden. Damit wurde deutlich, dass weitere Entwicklungsarbeit zu leisten war. Bis 2014 gelang es, einen Reaktor zu entwickeln, der sich in vielerlei Hinsicht von den bekannten Reaktoren unterscheidet. Neu sind der Betrieb mit hochreinem Kalkwasser, der Einsatz von Impfkörnern, die aus „eigenen“, d. h. im Prozess entstandenen Pellets hergestellt werden sowie die große Querschnittsfläche der Reaktoren.

Beim Betrieb mit hochreinem Kalkwasser ist die vergleichsweise geringe Löslichkeit von Ca(OH)<sub>2</sub> in Wasser zu beachten, die zu einem etwa 100-fach höheren Dosiervolumenstromanteil im Vergleich zum konventionellen Betrieb mit Natronlauge oder Kalkmilch führt (ca. 25-30 L/s Kalkwasser bei einem Gesamtdurchsatz von 160-200 L/s). Dies erforderte, dass ein völlig neues Design für den Kalkwassereintrag entwickelt werden musste. Werden aus dem Prozess entstandene Pellets als „eigene“ Impfkörner nach Vermahlung als Kristallisationskeime eingesetzt, muss die Aufstiegsgeschwindigkeit aufgrund der geringeren Stoffdichte von Calciumcarbonat gegenüber Quarzsand, der



**Bild 2:** Das Verfahrensschema der Grundwasseraufbereitung und der Schnellentcarbonisierungsanlage im Wasserwerk Langenau

üblicherweise in Reaktoren eingesetzt wird, niedriger angesetzt werden. Zusammen mit hochreinem Kalkwasser kann dann allerdings hochreines Calciumcarbonat produziert werden, das in der vorliegenden oder in einer weiterverarbeiteten Form in vielen Branchen als hochwertiger Rohstoff eingesetzt werden kann. Aus der Produktion von hochreinem Calciumcarbonat resultiert ein entscheidender wirtschaftlicher Vorteil. Im Anschluss an eine mehrjährige Versuchs- und Entwicklungsphase konnte im Jahr 2015 mit dem Bau der Anlagen in den Wasserwerken Langenau und Dischingen begonnen und im Jahr 2016 auf das neue Verfahren umgestellt werden.

## 2. Auswirkungen auf das Betriebskonzept

Sowohl in Dischingen als auch in Langenau verlief die Umstellung des Verfahrens nahezu reibungslos. Wie erhofft, konnten die Reaktoren innerhalb weniger Stunden (!) mit Impfkörnern an- und dann auch eingefahren werden, wobei die mit dem Versuchsreaktor (siehe Publikationsreihe Teil 2) gesammelten Erfahrungen eine wesentliche Stütze bildeten. Sie führten dazu, dass eine punktgenaue Einstellung der wesentlichen Prozessparameter von Beginn an möglich war und sich das neue Verfahren innerhalb kürzester Zeit in die bestehende Verfahrenskette der Trinkwasseraufbereitung (**Bild 2**) integrieren ließ.

Schon bald waren die Vorteile des in mehreren parallel betriebenen Reaktoren ablaufenden Prozesses deutlich spürbar. Führten früher bei der LEC aufgrund der nur einfach vorhandenen Anlagen geplante oder ungeplante Stillstände zwangsläufig zu einem Anstieg der Trinkwasserhärte

am Wasserwerksausgang, sind diese nach der Umstellung mit jetzt sechs bzw. drei Reaktoren kaum zu befürchten.

Neu waren allerdings Einschränkungen hinsichtlich des Durchsatzes durch die Anlage. Weil eine Mindest-



**Bild 3:** Hochreine Calciumcarbonatpellets aus der Trinkwasseraufbereitung – ein vielversprechender und wertvoller Rohstoff

geschwindigkeit in den Reaktoren nicht unter- und eine Höchstgeschwindigkeit nicht überschritten werden darf, ist zur Einstellung der Trinkwasserhärte entweder die Anzahl der in Betrieb befindlichen Reaktoren oder die Entcarbonisierungsleistung (auch Entcarbonisierungsgrad) in den Reaktoren regelmäßig den Erfordernissen anzupassen. Erste Erfahrungen haben gezeigt, dass zur Einstellung der Härte grundsätzlich beide Möglichkeiten gleichermaßen geeignet sind. Allerdings bedingt das Zu- oder Abschalten von Reaktoren in aller Regel einen höheren betrieblichen Aufwand, da die gesamte Prozesskette ab der Wassergewinnung anzupassen ist. Außerdem ist darauf zu achten, dass die abgeschalteten Reaktoren regelmäßig betrieben werden, damit das Wasser nicht aufkeimt. Dafür ist eine gezielte stufenweise Änderung des Durchsatzes durch die Anlage möglich.

Einfacher ist eine Anpassung der Entcarbonisierungsleistung in den Reaktoren. Sie wird durch eine Veränderung des Kalkwasseranteils erreicht und führt unmittelbar zum gewünschten Ergebnis. Die sogenannte Teilentcarbonisierung schien der Schaltung von Reaktoren zunächst deutlich überlegen zu sein, zumal der Reststoffgehalt im Ablauf der Anlage in diesem Betriebsfall außerdem weit unter dem Zielwert blieb. Unerwartete Schwierigkeiten in der Kalkwasserbereitung und -zugabe durch Ablagerungen zwangen jedoch dazu, bis zur weitergehenden Untersuchung der Zusammenhänge auf die Teilentcarbonisierung zu verzichten.

### 3. Auswirkungen auf die Kalkwasserbereitung

Wenige Wochen nach der Umstellung des Entcarbonisierungsverfahrens fielen sowohl in Dischingen als auch in Langenau die Kalkwasserpumpen, die zwischen der Kalkwasserbereitung und den Reaktoren angeordnet sind, nacheinander aus. Bei einer ersten Begutachtung der Pumpen wurden im Inneren der Pumpen calciumcarbonathaltige Ausfällungen festgestellt, die innerhalb von wenigen Tagen zu einer Verringerung der Förderleistung und schließlich zu einem plötzlichen Stillstand der Pumpen führten. Weil derartige Ausfällungen bis zur Umstellung nicht beobachtet wurden, wurden die beiden Verfahren verglichen.

Dabei fiel auf, dass sich der Hydrogencarbonatgehalt des der Kalkwasserbereitung zufließenden Lösewassers verändert hat. Vor der Umstellung wurde ausschließlich vollentcarbonisiertes Wasser mit einem Gehalt von 0,3 mmol/L verwendet (gemessen als Säurekapazität  $KS_{4,3}$ ). Durch die Zugabe von  $CO_2$ -haltigem Verschnittwasser zur Einstellung des Sättigungsindex im Ablauf der Reaktoren wurde der Hydrogencarbonatgehalt auf 1,6 mmol/L erhöht. Offensichtlich führt die Erhöhung der Säurekapazität zu einer ungewollten Entcarbonisierung in der Kalkwasserbereitung, die im Ablauf der Anlage noch nicht

abgeschlossen ist. Durch eine gezielte Rückstellung auf die Vollentcarbonisierung und den Verzicht auf die Zugabe von Grundwasser zum Abstoppen der Reaktion am Ablauf der Reaktoren vor der Zuleitung zur Kalkwasseranlage konnte die Situation kurzfristig verbessert werden.

Weil damit zu rechnen ist, dass nach der Rückstellung Calciumcarbonat im Ablauf der Reaktoren ausfällt und somit das Problem nur auf einen anderen Leitungsbereich verschoben wurde, muss mittel- und langfristig ein Weg gefunden werden, die Entcarbonisierung innerhalb der Kalkwasserbereitung abzuschließen oder aber die nachfolgenden Ausfällungen zu verhindern.

### 4. Auswirkungen auf die nachgeschaltete Filtration

Wie schon erwähnt, wurden sowohl in dem neuen Verfahrensschritt als auch in der gesamten Verfahrenskette von Anfang an hervorragende Ergebnisse erzielt. In der nachgeschalteten Filtration wurden die aus den Reaktoren ausgetragenen Partikel nahezu restlos zurückgehalten und gleichzeitig hohe Filterlaufzeiten mit ca. 2.500 Bettvolumina erreicht.

Eine temporäre Beeinträchtigung der Filtration gab es dann allerdings doch. Im Egauwasserwerk in Dischingen bildeten die bei jeder Impfkornzugabe aus dem Reaktor ausgetragenen Feinstkörner (Unterkornanteil mit  $d_{10} < 0,1$  mm) mit der Zeit eine zähflüssige Schicht auf dem Filtermaterial, die nach nur etwa vier Monaten mühsam entfernt werden musste. Dass sich in Langenau keine derartige Schicht bildete, ließ den Schluss zu, dass das in Dischingen vor den Filtern hinzudosierte Flockungsmittel die Impfkörner zu der Masse verbindet, die mit steigender Schichtdicke den Betrieb der Filter zunehmend stört. Durch den Einsatz eines Impfkornwäschers, mit dem das Unterkorn abgetrennt wird, konnte die Situation rasch und dauerhaft verbessert werden.

### 5. Zielerreichung – eine erste Beurteilung

#### 5.1 Übersicht

Bereits zu Beginn der Versuchs- und Entwicklungsphase wurden verfahrens- oder prozesstechnische Zielstellungen definiert (**Tabelle 1**) [5]. Am Ende der Versuchs- und Entwicklungsphase waren die vorgenannten Zielstellungen allesamt erreicht. Nach der Verfahrensumstellung war vor allem die Frage zu klären, ob es Unterschiede zwischen der Versuchs- und der Großanlage gibt und wie sich diese gegebenenfalls auswirken. Nachfolgend sollen die einzelnen Zielstellungen betrachtet werden. Als Referenz wird die Versuchsphase 7 (19.02.2015 - 24.07.2015) herangezogen, in der der fertig entwickelte Reaktor abschließend getestet wurde.

### 5.2 Rest- und Trübstoffgehalt im Ablauf der Reaktoren

Der Trübstoffgehalt im Ablauf der Reaktoren ist wesentlich von den Wirbelbettbedingungen im Reaktor abhängig. Diese werden üblicherweise im Reh-Diagramm abgebildet (**Bild 4**). In der Großanlage bestätigte sich der in der Pilotphase ermittelte Zusammenhang zwischen Ablauftrübung und Aufstiegsgeschwindigkeit (**Bild 5**). Bei der Betrachtung der ersten Messergebnisse aus Dischingen fällt auf, dass bei vergleichbaren Wirbelbettbedingungen in der Großanlage deutlich niedrigere Trübstoffgehalte (0,8 FNU) im Ablauf gemessen werden als in der Versuchsanlage während der Versuchsphase (**Bild 5**). Mit Werten < 3,0 FNU werden ausgesprochen gute Ablaufwerte erzielt. Interessanterweise werden in der Großanlage in Langenau bei gleichen Bedingungen etwas höhere Trübstoffgehalte (+0,5 FNU) gemessen. Und zwar auch nach der Umstellung des Verfahrens während des parallelen Betriebs von Großreaktoren und Versuchsreaktor. Auch wenn die höheren Trübstoffgehalte nicht zu erkennbaren Auswirkungen auf die nachgeschaltete Filtration führen, soll nach den Ursachen in späteren Untersuchungen geforscht werden, da sie weitere wertvolle Hinweise auf die genauen Zusammenhänge im Reaktor geben könnten.

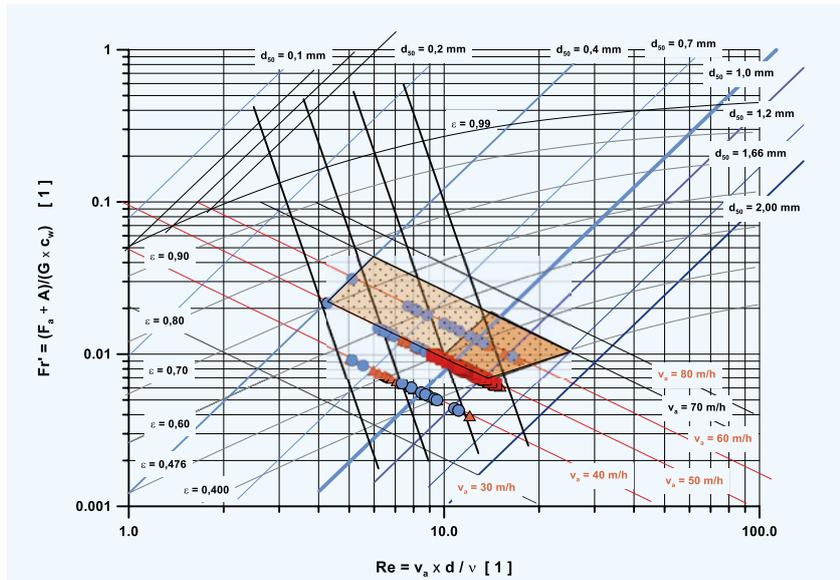
### 5.3 Aufstiegsgeschwindigkeit im Reaktor

Wie in Teil 2 der Publikationsreihe gezeigt, hängen die Aufstiegsgeschwindigkeit im Reaktor und der Trübstoffgehalt im Ablauf direkt zusammen. Wichtig ist folgender Zusammenhang: Wenn es gelingt, den Trübstoffgehalt im Ablauf zu verringern, kann die Aufstiegsgeschwindigkeit  $v_a$  über die anvisierten 50 m/h hinaus gesteigert werden. Vor allem in Langenau werden die betrieblichen Freiräume im Falle einer Steigerung von  $v_a$  größer.

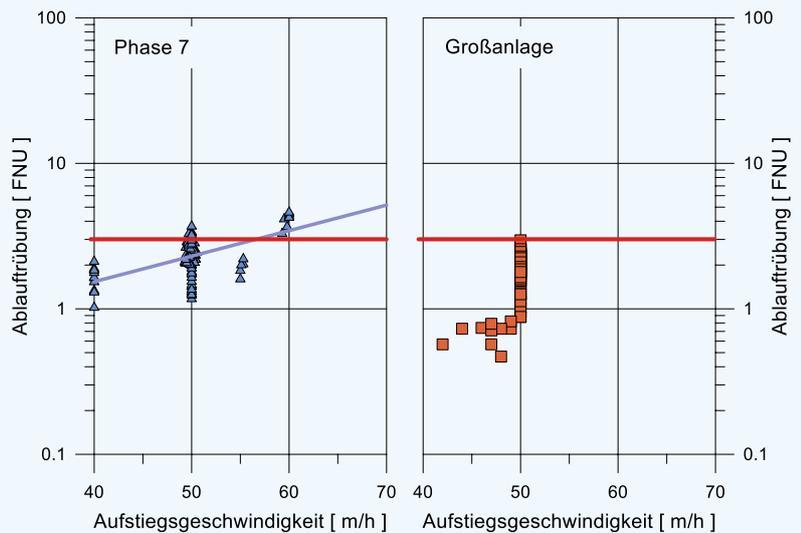
### 5.4 Mittlere Korngröße der Pellets

Die Korngröße lässt sich mithilfe der Impfkornzugabe steuern. Wird die Impfkornzugabe erhöht, sinkt die Größe der Pellets. Umgekehrt steigt sie im Falle einer verringerten Impfkornzugabe. Bei der Festlegung der Korngröße spielen folgende Aspekte eine Rolle:

- mit steigender Korngröße (**Bild 6**) sinkt die für die Kristallisation zur Verfügung stehende Oberfläche und



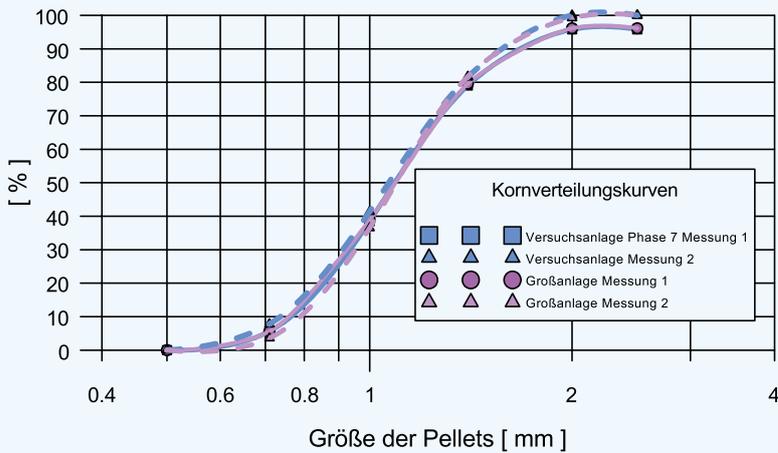
**Bild 4:** Betriebspunkte im Reh-Diagramm in den Phasen 4 (Kreise) und 5 (Dreiecke, gelb), Großanlage (Quadrate, rot): Es ist gelungen, in den theoretisch ermittelten Zielbereich vorzustoßen!



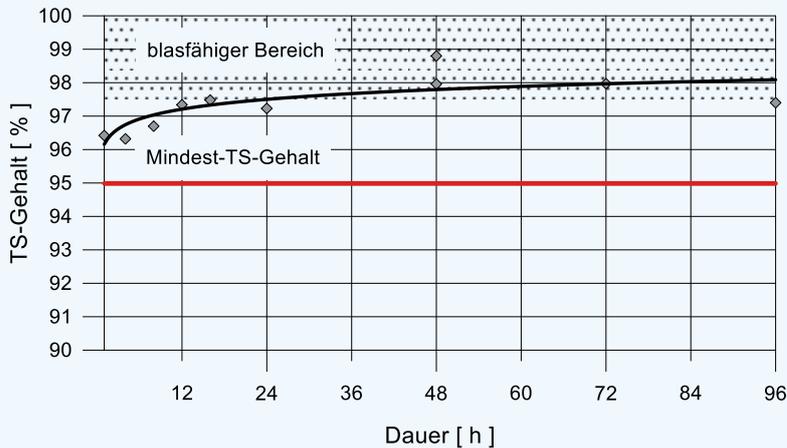
**Bild 5:** Ablauftrübung für die Versuchsphase 7 (Pilotreaktor M 1:1) und Großanlage im Wasserwerk in Dischingen (Egawasserwerk); die Großanlage arbeitet in einem Trübungsbereich < 3 FNU

**Tabelle 1:** Verfahrens- und prozesstechnische Zielstellungen der SEC mittels Kalkwasser zur Produktion hochreiner Kalkpellets

	Zielstellung	Hintergrund
1	Rest-/Trübstoffgehalt im Ablauf der Reaktoren gemessen als Trübung $\leq 3,0$ FNU	Abstimmung auf die (vorhandene) nachgeschaltete Filtration
2	Aufstiegsgeschwindigkeit im Reaktor $\geq 50$ m/h	Begrenzung der Anzahl an erforderlichen Reaktoren
3A	Mittlere Korngröße der Pellets $\geq 1,0$ mm und	Begrenzung des Impfkornbedarfs und
3B	Ungleichförmigkeit $\leq 1,5$	Erhöhung der Produkthomogenität
4	Einsatz von eigenen Impfkörnern	Erhöhung/Sicherstellung der Produktreinheit



**Bild 6:** Kornverteilungskurve der Calciumcarbonat-Pellets für die Versuchsanlage (blau) und die Großanlage (rosa)



**Bild 7:** Trocknungsverhalten der Calciumcarbonat-Pellets bei statischer Entwässerung („Abtropfen unter Schwerkraft“); nach ca. zwei Tagen sind 98 % Restfeuchte erreicht; vertragliche Anforderung: > 95 % und blasfähig; schraffiert: blasfähiger Bereich

steigt der Feststoffgehalt im Ablauf (**Bild 9**, Teil 1 der Publikationsreihe);

- mit fallender Korngröße steigt der Impfkornbedarf;
- die Korngröße hat einen Einfluss auf die weitere Verarbeitung beim Kunden. Die Anforderungen des Kunden sollten unbedingt mit einbezogen werden.

Für den Betrieb bei der Landeswasserversorgung gilt bis dato eine Korngröße ( $d_{50}$ ) von etwa 1,0 bis 1,2 mm als ideal, weil sie die vorgenannten Aspekte bestmöglich berücksichtigt. Der sich einstellende Ungleichförmigkeitsgrad ( $d_{60}/d_{10}$ ) liegt bei etwa 1,5.

Ein Vergleich der Kornverteilungskurven zeigt, dass es zwischen den Pellets aus dem Versuchsreaktor und den Pellets aus den Großreaktoren keinen Unterschied gibt.

Alle maßgeblichen Größen wie der Unterkornanteil ( $d_{10}$ ), die mittlere Korngröße ( $d_{50}$ ), der Oberkornanteil ( $d_{90}$ ) und die Steilheit der Kurve bzw. die Homogenität der Pellets blieben unverändert.

### 5.5 Impfkörner aus Pellets

Um eine Verunreinigung des hochreinen Calciumcarbonats durch Impfkörner auszuschließen, sollten Körner eingesetzt werden, die aus eigenen Pellets durch Vermahlung hergestellt werden. Schon bald nach der Verfahrensumstellung wurde deshalb das bis dahin eingesetzte, aus einem Steinbruch stammende Granulat durch eigene Impfkörner ersetzt. Die Umstellung verlief absolut reibungslos, Auswirkungen waren an keiner Stelle erkenn- oder gar messbar. Dies war der letzte Baustein zur Produktion von hochreinen Calciumcarbonat-Pellets, denn damit läuft die gesamte Prozesskette im Trinkwasserbereich, was eine herausragende Reinheit der Pellets gewährleistet. Bedingt durch die Verfahrenstechnik sind die Pellets schwermetallfrei. Damit sind die Pellets auch für den Lebensmittelbereich als hochreines Calciumcarbonat und weitere hochwertige Einsatzmöglichkeiten geeignet. Auch hinsichtlich der Transportlogistik konnten deutliche Vorteile erzielt werden. Konnte der  $\text{CaCO}_3$ -Slurry der LEC unter Zugabe von Dispergiermittel auf maximal 70 % TS entwässert werden, werden mit den Pellets ein TS-Gehalt > 97 % und mit 1,6-1,7  $\text{t/m}^3$  eine große Schüttdichte erreicht, was die Frachtkosten deutlich reduziert. Herausfordernd war allerdings die Speicher-, Entwässerungs- und Verladetechnik.

### 5.6 Speicher-, Entwässerungs- und Verladetechnik

Für die Landeswasserversorgung stellte die Pelletspeicherung, -verladung und der -transport Neuland dar. Die frisch aus dem Prozess entnommenen Pellets werden in Entwässerungssilos mindestens 48 Stunden gravimetrisch entwässert. Dabei wird i. d. R. ein TS-Gehalt größer 97 % sicher erreicht (**Bild 7**). Mittels Druckluftförderung werden die Pellets über ein Sendefäß am Konus der Silos zum Empfangsgerät der Verladestation für die Silofahrzeuge geführt. Die Silofahrzeuge werden für die Abrechnung bereits auf der Verladestation gewogen.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Wiederkehrende Absatzschwierigkeiten führten im Jahr 2010 zur Umstellung der zentralen Enthärtung auf das sogenannte Schnellentcarbonisierungsverfahren, das hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten des produzierten Calciumcarbonats deutliche Vorteile bietet. Weil weltweit bis dato kein hochreines Kalkwasser bei der Schnellentcarbonisierung mit Pelletreaktoren eingesetzt wird, wurde bei der Landeswasserversorgung in den Jahren 2011 bis 2014 ein Reaktortyp entwickelt, der sich hinsichtlich seiner

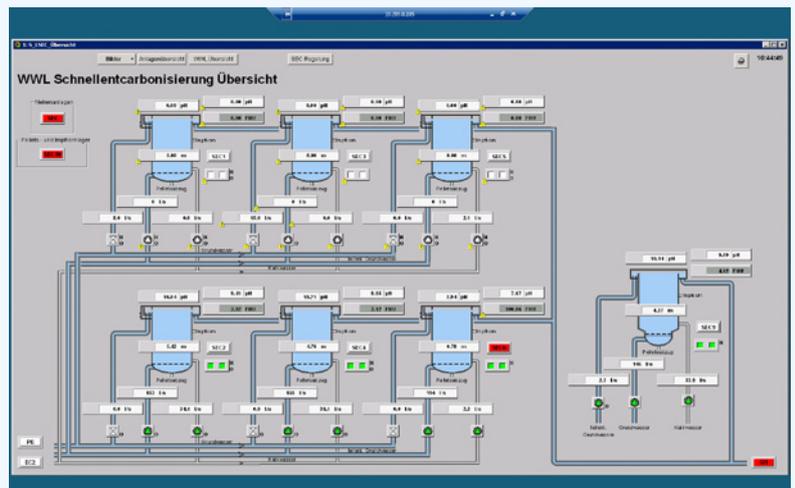
Größe und seiner Geometrie deutlich von den bisher bekannten Reaktoren unterscheidet. Wesentliche Merkmale sind die niedrigen Reststoffgehalte im Ablauf der Reaktoren (Ablauftrübung) einhergehend mit einer geringen Ablauftrübung und die Produktion von hochreinen Calciumcarbonat-Pellets. Im Jahr 2016 wurde erfolgreich auf das neue Verfahren umgestellt.

Die Umstellung gelang sowohl in Dischingen als auch in Langenau nahezu reibungslos. Wie erhofft, konnten die Reaktoren innerhalb weniger Stunden an- und eingefahren werden, sodass eine punktgenaue Einstellung der wesentlichen Prozessparameter von Beginn an möglich war und sich das neue Verfahren innerhalb kürzester Zeit in die bestehenden Verfahrensketten integrieren ließ. Dies war für Inbetriebnahmen ein eher seltenes Ereignis.

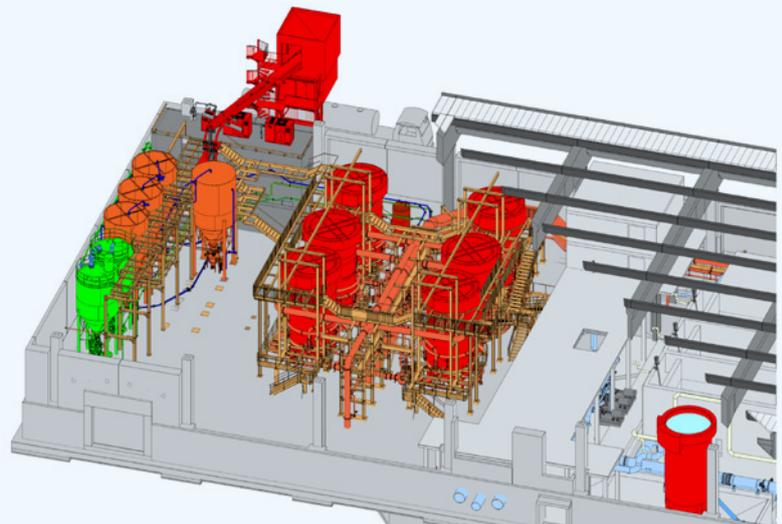
Zunächst unbeachtet blieben Veränderungen in der Kalkwasserbereitung, die sich nach mehreren Wochen in Dischingen in Form von Ablagerungen im Ablauf der Anlage zeigten. Eine erste Analyse ergab, dass die Ablagerungen aus einer verstärkten Entcarbonisierung in der Kalkwasserbereitung resultieren, die im Ablauf der Anlage nicht abgeschlossen ist. Leicht erhöht wurde im Zuge der Umstellung der Hydrogencarbonatanteil im Zulauf der Anlage. Die Zusammenhänge sollen vorrangig untersucht und ein Lösungsansatz erarbeitet werden. Eine Gegenüberstellung der ursprünglichen Zielstellungen, der Ergebnisse in der Versuchsanlage und der Ergebnisse in der Großanlage zeigt, dass die wesentlichen Ziele allesamt erreicht wurden und sich keine nennenswerten Unterschiede zum Versuchsreaktor ergaben. Lediglich kleinere Abweichungen beim erzielten Trübstoffgehalt im Ablauf der Anlage wurden festgestellt. Auf die nachfolgende Filtration haben diese keine Auswirkung.

## Literatur

- [1] Baldauf, G. et al.: Untersuchungen zur Schnellentcarbonisierung bei der Trinkwasseraufbereitung, in: gwf Wasser/Abwasser 130 Nr. 11, Deutscher Industrieverlag GmbH, 1989.
- [2] Flinspach, F.; Werner, G.: Neue Methode zur kontinuierlichen Bereitung großer Mengen an hochreinem Kalkwasser, in: Chemie Ingenieur Technik 63. Jahrgang, VCH Verlagsgesellschaft mbH, 06/1991.
- [3] Hesse, S.; Baldauf, G.: Kalkschlammmanagement in den Wasserwerken Langenau und Dischingen des Zweckverbandes Landeswasserversorgung, Stuttgart, TZW-Bericht, unveröffentlicht, 11/2010.
- [4] Hesse, S.; Baldauf, G.: Ergebnisse der Pilotversuche zur Schnellentcarbonisierung im Wasserwerk Langenau, TZW-Bericht, unveröffentlicht, 12/2012.
- [5] Holmer, F.: Ergebnisse der Untersuchungen mit dem Schnellentcarbonisierungsreaktor im Wasserwerk Langenau, LW-Bericht 2014-4, Eigenverlag Zweckverband Landeswasserversorgung, 01/2015.
- [6] Van Eekeren et al.: Improved milk-of-lime for softening of drinking water – the answer to the carry-over problem, in: J Water SRT-Aqua Vol. 43 No. 1, IWA Publishing 1994.



**Bild 8:** Prozessleitbild der SEC-Anlage im Wasserwerk Langenau; rechts: Versuchsreaktor, Mitte/links: neue Anlage



**Bild 9:** Die neue SEC-Anlage im Wasserwerk Langenau; von links: Impfkornspeicher (grün), Pelletentwässerungsspeicher (hellrot), SEC-Pelletreaktoren (rot); rechts: Grundwasserfilteranlage



**Bild 10:** Die Schnellentcarbonisierungsanlage im Wasserwerk Langenau (September 2017)

- [7] *Weber, W.; Wölfel, P.*: Entcarbonisierung von Trinkwasser – Neue Technologien, Verwertung der Reststoffe, in: Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Nr. 121: Fortschrittliche Technologien in der Trinkwasseraufbereitung, Oldenbourg Verlag, 1993.
- [8] *Werner, G.*: Gewinnung von hochreinem, industriell verwertbarem Calciumcarbonat bei der Entcarbonisierung von Trinkwasser, Schlussbericht zum Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT), LW-Bericht 1988-16, Eigenverlag Zweckverband Landeswasserversorgung, 01/2015.



Autoren:

**Prof. Dr.-Ing. Frieder Haakh**

Haakh.F@lw-online.de  
Techn. Geschäftsführer  
Zweckverband Landeswasserversorgung  
Schützenstraße 4  
70182 Stuttgart



**Friedbert Holmer**

Holmer.F@lw-online.de  
Abteilungsleiter - Wasserwerke  
Zweckverband Landeswasserversorgung  
Am Spitzigen Berg 1  
89129 Langenau

## CALL FOR PAPERS | SCHREIBEN SIE UNS IHREN FACHBEITRAG

**gwf-Wasser | Abwasser** ist die führende technisch-wissenschaftliche Fachzeitschrift in deutscher Sprache für alle Themen rund um Wasser und Abwasser.

Wir berichten regelmäßig über Wassergewinnung, -speicherung und -verteilung, Trinkwasserhygiene und Hydrogeologie sowie zu den aktuellen Abwasserthemen, wie Entsorgung, Aufbereitung und Klärschlammbehandlung.

**gwf-Wasser | Abwasser** berichtet über Verfahrenstechnik in der Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung und Schlammbehandlung, über analytische, messtechnische und regeltechnische Entwicklungen, über Hygiene und Mikrobiologie, über Planung, Bau und Betrieb von Anlagen, über Gewässerschutz sowie über politische, rechtliche und ökonomische Belange der Branche.

Wir laden Sie ein, einen Beitrag für unseren Hauptteil aus Wissenschaft und Praxis einzureichen.

**Die Autorenrichtlinien finden Sie unter <https://www.gwf-wasser.de/services/autorenhinweise/>**

Für Rückfragen steht Ihnen die Redaktion der **gwf Wasser | Abwasser** gerne zur Verfügung:

Dr. Hella Runge – [h.runge@vulkan-verlag.de](mailto:h.runge@vulkan-verlag.de)

Patricia Santos – [p.santos@vulkan-verlag.de](mailto:p.santos@vulkan-verlag.de)

**Wir freuen uns auf Ihren Beitrag!**