Kalk®
Innovativ seit Jahrtausenden.

Hinweise zur Dosierung und Bevorratung von Kalkprodukten

Stand: 23.05.14

Vorwort

Im Fokus dieser Hinweise stehen die umwelttechnischen Anwendungen, die sich von anderen industriellen Anwendungen im Bereich der Bevorratung und Dosierung nicht wesentlich unterscheiden. Die Anwendungen umfassen die Reinigung und/oder Aufbereitung von Wasser, Luft und Boden. Der Schwerpunkt wurde auf kleine und mittlere Anlagen gelegt.

Die Abbildung der natürlichen Kreisläufe und das Gebot nach einem effizienten Umgang mit natürlichen Ressourcen erfordern eine ständige Auseinandersetzung mit der Anwendungs- und Anlagentechnik des Kalkeinsatzes. Dabei sollte dem derzeitigen Stand der Technik und den neuen Anwendungen und Erkenntnissen im Umweltbereich Rechnung getragen werden. Die Verfasser haben sich das Ziel gesetzt, die „Hinweise zur Dosierung und Bevorratung von Kalkprodukten“ auch in Zukunft aktiv weiter zu gestalten und anzupassen. Daher erhebt der vorliegende Leitfaden keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ersetzt damit nicht die verfahrenstechnische Auslegung.

Anwendungstechnische Beratung

Wesentliche Voraussetzungen für eine sichere und störungsfreie Kalkdosierung bei umwelttechnischen Anwendungen sind die Bestandsaufnahme der Ausgangssituation und die sorgsame Planung und Abstimmung aller Projektpartner.
Die Kommunikation aller beteiligten Partner und die anwendungstechnische Beratung von Seiten der Kalkindustrie und des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie ergeben die Grundlage für eine erfolgreiche technische Umsetzung. In der Regel muss jeder Einsatzfall individuell abgestimmt werden.
Sowohl Verfahrenstechnik und Handhabung als auch chemische, biologische und physikalische Hintergründe sind entscheidende Faktoren beim erfolgreichen Einsatz von Kalkprodukten in der Umwelttechnik.
Hinzu kommen die unterschiedlichen gebrannten und ungebrannten Kalkprodukte mit ihren speziellen Eigenschaften.

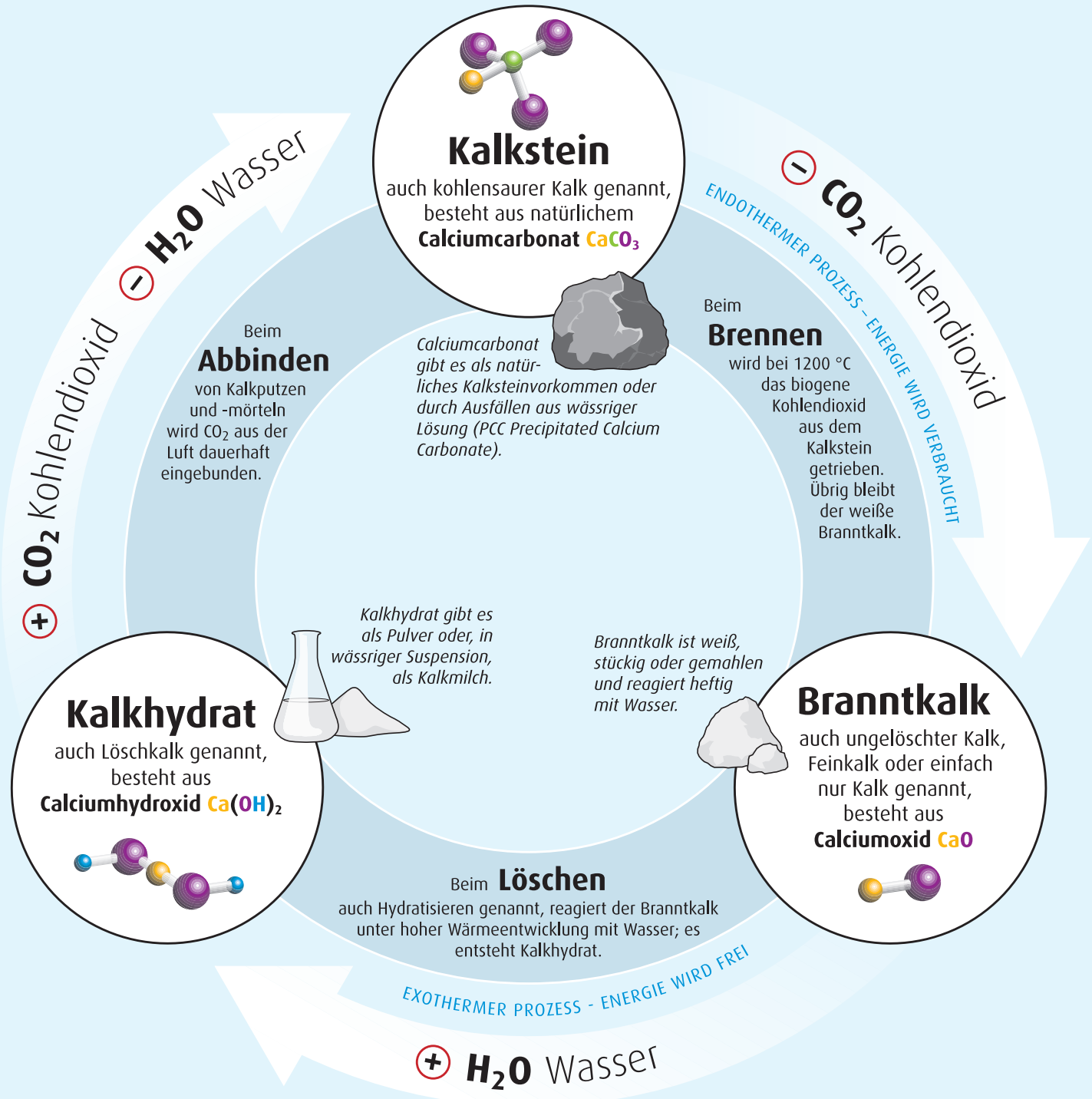
Die gesamte Bandbreite der Anwendungen wird z. B. bei der Wasseraufbereitung deutlich. Sie umfasst so wichtige technische Prozesse wie: Neutralisation, Aufhärtung, Entsäuerung, Phosphatfällung, Schwermetallfällung, Sulfatfällung etc.

Neue Anwendungen im Bereich der Umwelttechnik ergeben sich aus Forschungsaktivitäten und den sich ständig ändernden gesetzlichen Vorgaben. Stichwörter hierfür: Optimierte Kreislaufwasserführung, Renaturierung von Gewässern, CO_2-Einbindung und -Verwertung mit Schließung des natürlichen C-Kreislaufs, Phosphorrückgewinnung, z. B. aus Abwässern etc.

Produkteigenschaften: Physikalische und chemische Parameter
Kalkprodukte werden durch Aufbereitung und Veredelung natürlicher Carbonatgesteine hergestellt. Alle Kalkprodukte unterliegen einer strengen Qualitätsüberwachung und werden z. B. in der DIN EN 459 oder für das Trinkwasser in der DIN EN 12518 geregelt.

Man unterscheidet ungebrannte, gebrannte und gelöschte Kalkprodukte.

Der Kalkkreislauf



Kalk-Produktarten und -Produkte

Produktart	Chemische Bezeichnung	Produkte	Eigenschaften
Kalkstein (Kohlensaurer Kalk)	Calciumcarbonat $CaCO_3$	Kalksteinmehl	Schüttdichte 0,8 ... 1,2 kg/dm³
		Kalksteingrieß	Schüttdichte 1,2 ... 1,4 kg/dm³
		Kalkstein-Körnungen	Schüttdichte ca. 1,5 kg/dm³
Kalk (Branntkalk)	Calciumoxid CaO	Stückkalk	Schüttdichte 0,8 ... 1,0 kg/dm³
		Feinkalk	Schüttdichte 0,8 ... 1,2 kg/dm³
Kalkhydrat (Gelöschter Kalk)	Calciumdihydroxid $Ca(OH)_2$	Kalkhydrat	Schüttdichte 0,3 ... 0,5 kg/dm³
Kalkmilch	Calciumdihydroxid-Suspension in Wasser $Ca(OH)_2 \cdot H_2O$	Kalkmilch ca. 10 ... 40 M-%	Dichte 1,06 ... 1,28 kg/dm³

Arbeits- und Umweltschutz-Anforderungen

Kalk ist ein Naturprodukt. Dennoch ist es erforderlich, bei der Handhabung von Kalkprodukten einige Sicherheitsregeln zu beachten. In den Sicherheitsdatenblättern der Hersteller sind die Gefahrstoff-Einstufungen sowie ausführliche Hinweise zum sicheren Umgang mit den Produkten genannt. Die gebrannten und gelöschten Kalkprodukte sind nach der REACH-Verordnung registriert.

Transport

Der Transport von Kalkprodukten sollte von qualifizierten Speditionen durchgeführt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass das Fahrpersonal im Umgang mit den Produkten richtig geschult ist. Hierzu gehören das Tragen der PSA (Persönliche Schutz-Ausrüstung) und die Fachunterweisung für das entsprechende Produkt.

Die Befüllleitungen sollten möglichst kurz und gut zugänglich sein. In Sonderfällen (z. B. bei temporären Baustellen) können auch lange Befüllleitungen genutzt werden, was die Entladezeit allerdings extrem verlängern kann. Hier ist mit der Spedition abzustimmen, dass ausreichend Schlauchelemente mitgeführt werden. Zum Schutz vor Fremdkörpern ist ggf. ein Siebeinsatz in der Förderleitung anzubringen.

Produktannahme und Entladung

Unter Berücksichtigung des Sicherheitsdatenblatts, ggf. auch Mitarbeit des Herstellers oder des BVK Köln, kann eine entsprechende Betriebsanweisung erstellt werden.

Transport-Hinweise

Silo-Lkw	
Abmessungen	Länge ca. 18 m, Höhe ca. 4 m
Gewicht	Gesamtgewicht 40 t, Nutzlast bis 27 t
Platzbedarf	Wendekreis > 24 m, Kippkessel ca. 12 m freie Höhe
Pneumatische Entladung	Max. 2 bar, ca. 600 m³/h Förderluft (zu entstauben), Endschwall bis 2.000 m³/h
Gefahrgut-Einstufungen	Für Straßen-, Bahn- u. Schiffstransporte ist nur Kalkmilch in Deutschland als Gefahrgut klassifiziert (UN 3266).

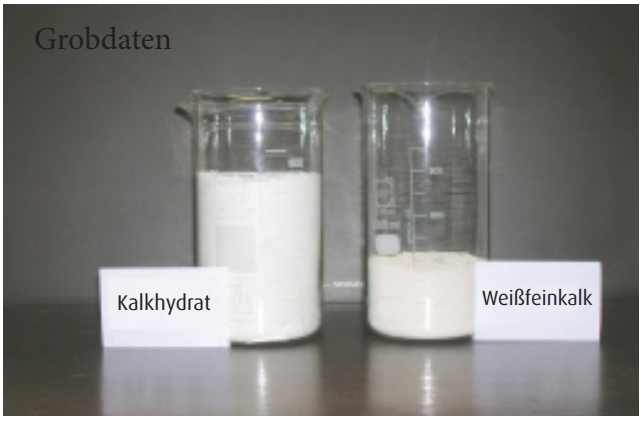
Anlagen zur Lagerung und Anwendung von Kalkprodukten

Rechtliches:
Bei der Errichtung und dem Betrieb von stationären Anlagen zum Lagern von Kalkprodukten sind die gesetzlichen Vorschriften, insbesondere das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und seine Folgeverordnungen, zu beachten. Gebrannte Kalkprodukte sind in die Wassergefährdungsklasse I eingestuft.
Auch bei mobilen Anlagen, z. B. für Versuchszwecke, sind die Vorgaben der Genehmigungsbehörde zu beachten (z. B. Rückhaltevolumen).

Silos

Silovolumina
Zweckmäßige Silogrößen werden durch die Schüttdichten der eingesetzten Kalkprodukte bestimmt.
- Branntkalk und Kalksteinmehl/-grieß: 0,8 – 1,4 kg/dm³
- Kalkhydrat: 0,3 – 0,5 kg/dm³

Das folgende Bild verdeutlicht die unterschiedlichen Schüttvolumina von je 500 g Kalkhydrat und Weißfeinkalk.



Bei der Auslegung des Silos sollten die Minimierung der Frachtkosten (volle Lkw) und die Überbrückung von z. B. Feiertagen beachtet werden.
Die Lagerzeit sollte je nach Produkt ca. ein halbes Jahr nicht übersteigen.

Für trockene Kalkprodukte sind meistens folgende Silogrößen empfehlenswert:
- Kalksteinmehl und Branntkalk: 70 m³
- Kalkhydrat: 100 m³

Siloausführung

Standardweise wird als Silomaterial Stahl eingesetzt, z. B. ST 37. Betonsilos haben sich in der Praxis selten bewährt.

Durch die Materialeigenschaften der Kalkprodukte ergeben sich folgende Anforderungen an das Silo-Austragsorgan:
- Steiler Silokonus: > 72° („Massenfluss“)
- Große Austragsöffnungen: ≥ DN 300 (keine Brückenbildung)
- Zellenradschleuse: Verhindern unkontrollierten Materialflusses (Schießen)
- Absperrschieber für Reparaturzwecke
- Auflockerungsorgane: z. B. Schwingboden, flächige Belüftung (ggf. mehrere Ebenen), Klopfer und Rüttler (maßvoller Einsatz, da Gefahr der Verdichtung)
- Geeignetes Mannloch am Silodach vorsehen

Probleme bei Nichtbeachtung der Schüttguteigenschaften sind im Anhang aufgeführt.

Füllleitung

Um eine schnelle Entladung des Silo-Lkw zu gewährleisten, sollte der freie Querschnitt der Füllleitung mindestens in DN 100 ausgeführt werden. Die Leitung sollte aus Verschleißgründen aus Stahl bestehen. Geeignete Überfüllsicherungen sind vorzusehen.

Befüll-Kupplung (Storz) für Schüttgüter
und pneumat. Verschluss zur Überfüllsicherung

Entstaubung

Die Auslegung der Entstaubung hat dem Stand der Technik, dem Bundesimmissionsschutzgesetz und der TA Luft sowie ggf. einer spezifischen BImSchV zu entsprechen. Die Filtereinheit muss regelmäßig gewartet werden, um Gefahren für die Umwelt auszuschließen. Bewährt haben sich Siloaufsatz-Puls-Jet-Filter.

Füllstandsmessung

Es gibt eine Vielzahl von Messverfahren, z. B. gravimetrisch (Druckmessdosen), radiometrisch, kapazitiv.
Bei der Auswahl sind die Einflüsse aus der Silogeometrie: Massenfluss/Kernfluss, Schüttkegel und Oberflächenform des Produkts während des Betriebs zu beachten. Als Grenzstandsmelder, sowohl für das Minimum- als auch für das Maximum-Signal, haben sich Drehflügel- und Schwinggabelmelder bewährt.

Austrag, Förderung und Dosierung trockener Kalkprodukte

Austrag und Förderung

Voraussetzung für eine genaue Dosierung ist ein sicherer Material-Austrag aus dem Silo. Hierbei ist entscheidend, dass alle Austragsorgane auf das Dosiersystem abgestimmt sind. Um den stetigen Materialfluss zu gewährleisten, sollte das Folgesystem immer schneller fördern als das vorgeschaltete Organ. Auch hier müssen die Komponenten regelmäßig gewartet werden. Grundsätzlich ist anzustreben, dass die Förderaggregate vor längeren Stillstandszeiten leer gefahren werden.

Austragshilfen:
- Mechanische Austragshilfen (wirkungsvoll gegen Brücken, aber Gefahr der Verdichtung)
- Belüftung/Fluidisierung (mit Umgebungsluft möglich, auf geringe Feuchte achten)

Austragsorgane:
- Zellenradschleuse mit Absperrschieber (Reparaturen, Vermeidung des Schießens während der Befüllung und von fluidisiertem Material)
- Austragsschnecke

Förderorgane
- Förderschnecke
- Pneumatische Förderung: Durchblasschleuse/Injektor, Förderweg, Empfangsbehälter mit Entstaubung und Füllstandskontrolle

Dosierung

Pneumatische Förderung

Es gibt zwei Möglichkeiten der Dosierung trockener Kalkprodukte: volumetrisch und gravimetrisch.

Als volumetrische Dosierung bezeichnet man die Materialentnahme mit festem Volumen pro Zeiteinheit. Hier kann z. B. eine feste Drehzahl der Förder-/Dosierschnecke genutzt werden.

Eine konstante volumetrische Dosierung kann nur erfolgreich mit entspanntem Material erfolgen, da durch die unterschiedlichen Schichthöhen im Silo unterschiedliche Schüttdichten am Siloaustrag vorkommen können. Aus diesem Grund wird empfohlen, einen zusätzlichen Zwischenbehälter vor der eigentlichen Dosiereinheit zu installieren. Auch bei der Auslegung des Zwischenbehälters müssen die Schüttguteigenschaften beachtet werden.

Wägung vor pneumatischer Förderung

Als gravimetrische Dosierung bezeichnet man die verwogene Materialdosierung. Diese Art der Dosierung wird in der Regel diskontinuierlich betrieben.
Die Dosiergenauigkeit hängt von den erforderlichen Mengen und der Wägetoleranz des eingesetzten Messsystems ab. Es ist wichtig, dass die Wägeeinheit von allen angrenzenden Einheiten entkoppelt ist. Die Wägesysteme müssen regelmäßig kalibriert und gewartet werden.

Ein Spezialfall der trockenen Dosierung ist die pneumatische. Hier wird das Pulver mit großen Luftmengen zur Dosierstelle gefördert und direkt, z. B. in einen Abgasstrom, zugegeben. Die bedarfsgerechte Dosierung wird durch die Veränderung des Luftvolumenstroms und der Zugabemenge aus dem Silo erreicht.

Als Alternative zur Herstellung einer Kalkmilch bietet sich die quasi trockene Dosierung an: Hier wird Kalkhydrat in einen Disperser gefördert, der kontinuierlich von Wasser durchspült wird und das Kalkhydrat als Suspension austrägt. Hierbei muss besonders auf die Wasserbeschaffenheit (Schwebstoffe, Carbonathärte) geachtet werden, um ein Zusetzen der Leitungen zu vermeiden.

Tank für gebrauchsfertige Kalkmilch

Tankvolumina

Typische Dichten von Kalkmilch mit 20...40 M-% Feststoffgehalt liegen im Bereich 1,1 – 1,3 kg/dm³.

Geeignete Tankvolumina liegen bei 25 – 50 m³.

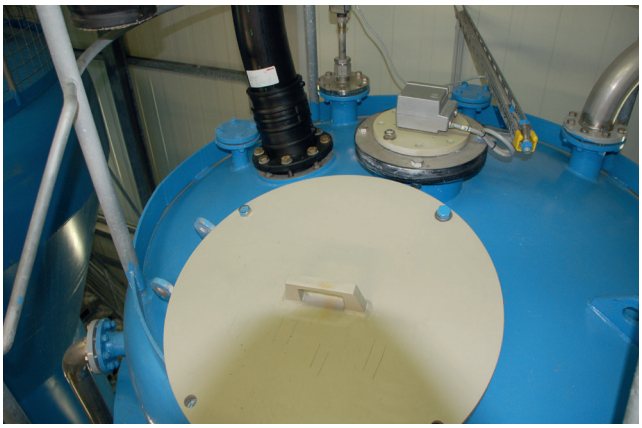
Tankausführung

Kalkmilch ist in die Wassergefährdungsklasse 1 eingestuft. Daher ist bei der Aufstellung von Lagertanks ein entsprechendes Rückhaltevolumen oder eine doppelwandige Bauweise vorzusehen. Die gesetzlichen Regelungen sind hier zu beachten (siehe WHG und VAwS der Länder).

Tank

Kalkmilch ist eine Suspension, die zur Sedimentation neigt. Die optimale Art, die Sedimentation zu verhindern, sollte beim Hersteller nachgefragt werden. Zur Auswahl stehen unterschiedliche technische Lösungen, wie z. B. Rührwerke und Umwälzpumpen mit Ringleitung.

Standardweise wird als Silomaterial geeigneter Stahl oder Kunststoff eingesetzt. Die eingesetzten Werkstoffe müssen ggf. temperaturbeständig sein.



Folgende Konstruktionsmerkmale sollten beachtet werden:

- Konischer Tankboden (Vermeidung von Sedimentation)
- Materialauslauf an der tiefsten Stelle (auch zur Restlosentleerung)
- Geeignetes Mannloch an der Tankoberseite
- Entlüftung
- Überfüllsicherung

Füllleitung

Um eine schnelle Entladung des Tank-Lkw zu gewährleisten, sollte die Füllleitung in DN 100 ausgeführt werden. Die Leitung sollte aus dem gleichen Material wie der Tank bestehen. Entsprechende Überfüllsicherungen sind vorzusehen und umzusetzen.

Achtung:
Möglichst wenig Scherenergie eintragen!
Toträume vermeiden.
Kalkmilch gefriert bei 0°C: Bei Lagertank im Freien Dämmung und Heizung vorsehen.

Füllstandsmessung

Genau wie bei den Schüttgutsilos gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Füllstandsmesssystemen, die nach den gleichen Messprinzipien arbeiten, wie die trockenen Schüttgüter.
Es ist auf eine ausreichende Wartung (Reinigung/Spülung) der Messgeräte zu achten.

Unzweckmäßige Aufweitung der Füllleitung

Verdünnen und Dosieren

Je nach Ansatzkonzentration kann eine Verdünnung auf eine geringere Verbrauchskonzentration erforderlich sein. Üblicherweise lassen sich geringere Kalkmilchkonzentrationen (z. B. 5 – 10 M-%) zuverlässiger dosieren. Generell muss die Förderung und Dosierung der Kalkmilch so erfolgen, dass es nicht zu Sedimentation kommen kann.
Es besteht die Möglichkeit, die Reinigung der Förderwege und Dosierstellen zu automatisieren, damit ein reibungsloser Betrieb der Anlagen garantiert ist. Es sollten in regelmäßigen Abständen die Systeme inspiziert werden, um evtl. entstandene Anbackungen zu erfassen und zu entfernen.

Förderung:
- Viskosität → Fließgeschwindigkeit
- Ringleitung
- Rohrleitung und Schlauchleitungen möglich (Temperaturbeständigkeit)
- Kurze Förderwege
- Es haben sich für Ringleitungen Kreiselpumpen bewährt.

Dosierung:
- Regelbarkeit: Pumpenleistung, Drosselventile, Regelparameter je nach Prozess (pH-Wert, Menge...)
- Kurze Wege, natürliches Gefälle zur Restlosentleerung
- Es haben sich zur Dosierung Schlauch- und Exzenterschneckenpumpen bewährt.

Exzenterschneckenpumpe: Dosierung und Umwälzung

Aufbereitung von Kalkprodukten vor der Anwendung

Trockenlöschverfahren

Die Möglichkeit, Kalkhydrat (trockenes Pulver) aus Branntkalk herzustellen, wird regelmäßig in Kalkwerken betrieben. Sie soll hier nicht weiter beschrieben werden, da sie überwiegend Großverbraucher betrifft.

Herstellung von Kalkmilch

Es gibt Aufbereitungsanlagen, die aus Kalkhydrat oder Branntkalk direkt eine Kalkmilch herstellen.
Übliche Feststoff-Konzentrationen bei vor Ort hergestellter Kalkmilch liegen bei maximal 1 – 30 %. Bei höheren Konzentrationen über 20 % muss besonders die Viskosität beachtet werden.
Die Konzentration der Kalkmilch sollte regelmäßig durch geeignete Laborverfahren (z. B. Trocknen) kontrolliert werden. Das „Spindeln" der Kalkmilch kann als Richtwert genutzt werden, ist jedoch wegen der Sedimentationsneigung der Kalkmilch nicht verlässlich.

Kalkmilch aus Kalkhydrat

Wichtig für eine störungsfreie Anwendung von Kalkmilch ist die Herstellung einer konstanten Qualität. Die Dichte sollte möglichst präzise eingestellt werden.
Eine volumenproportionale Zugabe (Drehzahl Zellenradschleuse/Schnecke) von Kalkhydrat hat eine höhere Schwankungsbreite der Kalkmilch-Konzentration zur Folge als eine gravimetrische Zugabe.

Voraussetzungen für die Kalkmilchherstellung in definierter Konzentration:

- Gute Wasserbeschaffenheit (möglichst gering halten: Carbonathärte, Eisen-Mangangehalt, Sulfatgehalt, CO_2-Gehalt; ansonsten Gefahr von Ausfällungen und Ablagerungen!)
- Kontinuierliche Kontrolle der Zugabemengen, z. B.:
  - Wägesysteme für Schüttgut
  - MID für Zugabewasser
  - Coriolis Massendurchflussmessung für Kalkmilch (kontinuierlich)
- Gute Homogenisierung durch geeignete Rührtechnik
- Ansetzbehälter: Parameter entsprechend der Tankauslegung

Kalkmilch aus Branntkalk

Ergänzend zum Suspendieren von Kalkhydrat gibt es beim Nass-Löschen von Branntkalk einige zusätzliche Erfordernisse zu beachten.

- Bei Kontakt von Branntkalk mit Wasser: Exotherme Reaktion (Wärmeentwicklung!)
- Die beim Löschen entstehenden Brüden dürfen auf keinen Fall in die Umgebung oder in die Kalkdosierung gelangen und müssen einem funktionierenden Waschsystem zugeführt werden (Wartung!). Zusätzlich ist ein Absperrorgan am Kalkeintrag vorzusehen.
- Wärme kann bei konstanten Rohstofftemperaturen als Leitparameter zur Konzentrationseinstellung genutzt werden.
- Abstimmung Prozess ↔ Eingesetzter Branntkalk (Reaktionszeit Kalk ↔ Behältervolumen und Verweilzeit)

Die Reaktivität von Kalkmilch hängt ab von ihrer Partikelgrößenverteilung. Diese wird u. a. beeinflusst von der Löschtemperatur, möglichen Nebenbestandteilen des Löschwassers (insbesondere Sulfat), dem Energieeintrag beim Löschen und vom eingesetzten Kalkprodukt.

Die möglichen Verfahren variieren vom einfachen Löschbehälter über Intensivlöschsysteme bis hin zu Pastenlöschsystemen. Das eingesetzte Verfahren und der eingesetzte Branntkalk haben Einfluss auf die Eigenschaften der fertigen Kalkmilch. Die Systeme können diskontinuierlich oder kontinuierlich betrieben werden.

Herstellung von Kalkwasser

Im Gegensatz zur Kalkmilch (Suspension) handelt es sich bei Kalkwasser um in Wasser vollständig gelöstes Calciumdihydroxid. Die theoretische Löslichkeit von Calciumdihydroxid in Wasser beträgt ca. 1,8 g/l bei 20 °C. Man erhält Kalkwasser durch starke Verdünnung von Kalkmilch und Abtrennung der unlöslichen Bestandteile. Kalkwasser wird z. B. in der Trinkwasseraufbereitung eingesetzt. Anlagen zur Herstellung von Kalkwasser wurden umfassend im DVGW Arbeitsblatt W 629 „Anlagen zum Herstellen und Dosieren von Kalkmilch und Kalkwasser“ beschrieben.

Ertüchtigung von Bestandsanlagen

Durch neue Mess- und Regelverfahren können Bestandsanlagen oftmals mit geringem Aufwand auf den Stand der Technik gebracht werden. Einschränkend muss erwähnt werden, dass grundsätzliche Konstruktionsfehler, z. B. der Silogestaltung, nur aufwändig korrigiert werden können. Eine tiefgreifende Umgestaltung kann u. U. die Kosten eines Neubaus übersteigen.

Kalk®
Innovativ seit Jahrtausenden.

Bundesverband der
Deutschen Kalkindustrie e. V.

Annastraße 67-71
50968 Köln
www.kalk.de

Überreicht durch: