

technik-programm

► Kristallisationsanlagen

*BMA-Kristallfußanlagen,
Diskontinuierliche
Verdampfungskristallisatoren,
Kontinuierliche
Kristallisationsanlagen (VKT) und
Kühlungskristallisatoren
werden zur wirtschaftlichen und
optimalen Kristallisation
von Zucker weltweit in Rüben-
und Rohrzuckerfabriken
und in Zuckerraffinerien
eingesetzt.*

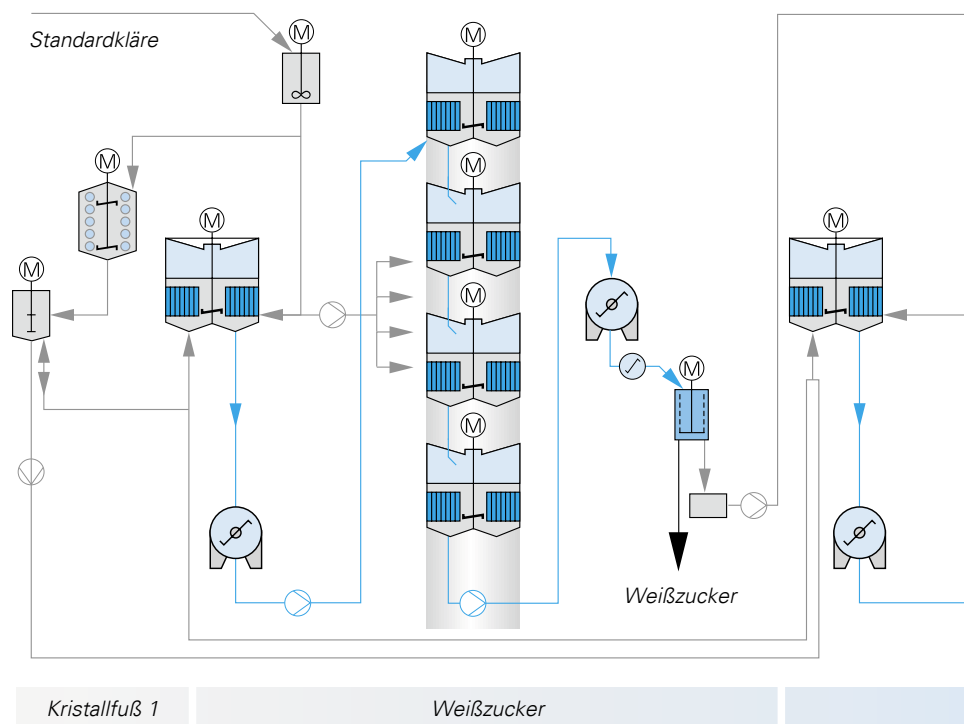


„L' Art de Rafiner le Sucre“ ist der Titel eines Lehrbuches von M. Duhamel du Monceau aus dem Jahre 1764 über die Raffination und Kristallisation des Zuckers.

Diese Kunst beherrscht BMA schon mehr als 100 Jahre und war während dieser Zeit maßgeblich an der Entwicklung und Einführung neuer Kristallisatoren und Kristallisationstechniken beteiligt. Heute ist BMA führend in der Herstellung von Anla-

gen für die Verdampfungs- und Kühlungs-kristallisation von Zucker.

So ist z.B. der kontinuierliche Verdampfungs-kristallisationsturm (VKT) zur Zeit weltweit die einzige Anlage, in der Weißzucker 1 (Raffinade) problemlos kontinuierlich kristallisiert werden kann.



Kristallisation des Zuckers

Grundlagen

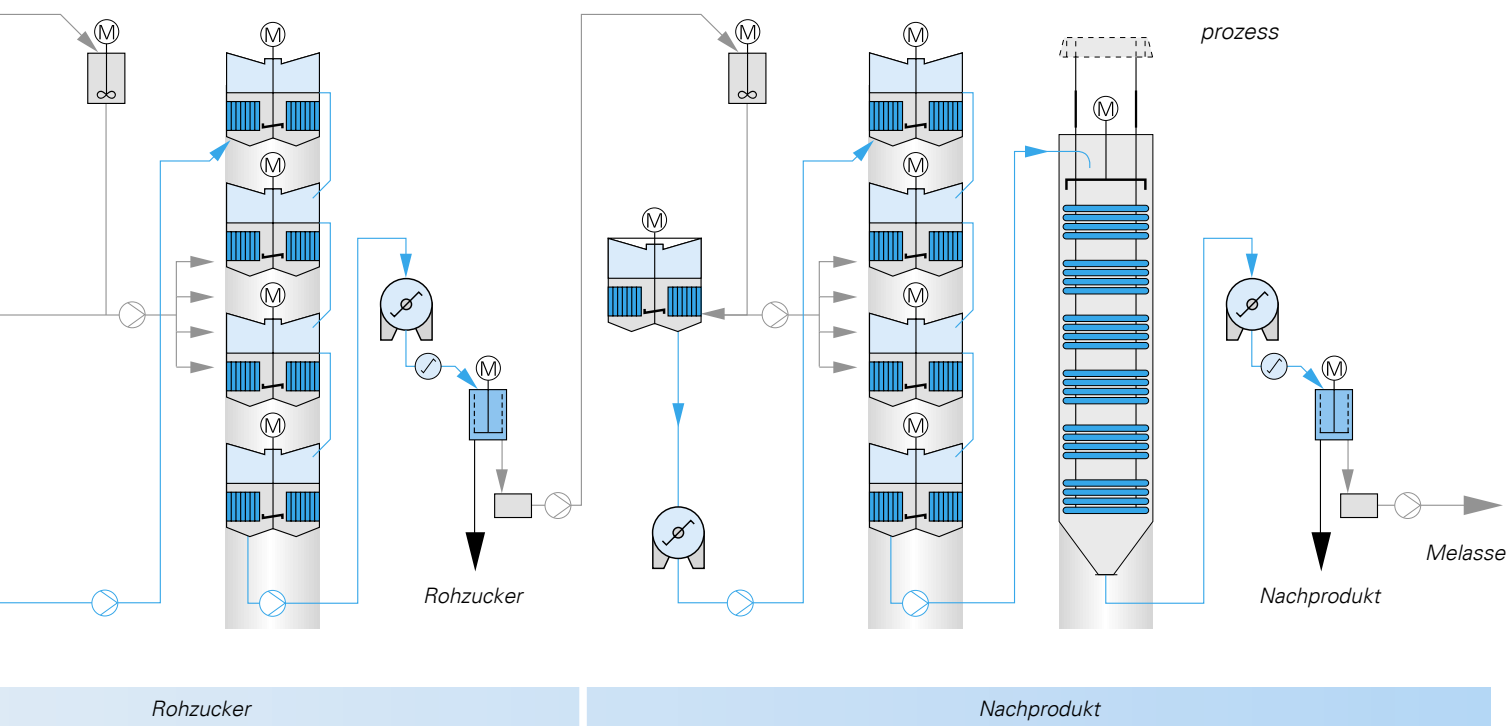
Die Kristallisation des Zuckers ist der entscheidende verfahrenstechnische Schritt zur Gewinnung der im Dicksaft gelösten Saccharose. Während eines Kristallisationsschritts ist die technisch erreichbare Entzuckerung einer Lösung durch den Kristallgehalt im Magma begrenzt. Damit sind mehrere Kristallisationsstufen erforderlich. Die Zuckerausbeute wird entscheidend durch die erzielte Melassereinheit bestimmt. Sie ist in erster Linie von der Güte der Kristallisation – insbesondere in der letzten Stufe – und den Sättigungsbedingungen abhängig.

Mit dem physikalischen Vorgang der Kristallisation kann eine hervorragende Trennung des Zuckers von den Nichtzuckerstoffen erzielt werden. Voraussetzung dafür ist ein gut geführter Kristallisationsprozess, bei dem ein Kristallisat mit geringem Aggregatanteil und wenig Falschkorn erzeugt wird. Damit ist eine hohe Ausbeute in jeder Kristallisationsstufe gewährleistet. Bis in die 80er Jahre des 20. Jahrhunderts wurde die Verdampfungskristallisation des Zuckers fast ausschließlich

in diskontinuierlich arbeitenden Apparaten durchgeführt. Erste Verbesserungen sowohl im Hinblick auf die Zuckerqualität als auch auf die Reduktion des Energieeinsatzes bei der Kristallisation brachte der Einsatz von mechanischen Rührwerken in den diskontinuierlich arbeitenden Verdampfungskristallisatoren. Während des Kristallisationsvorganges werden jedoch eine Vielzahl von unterschiedlichen Prozesszuständen durchlaufen. Man benötigt während der Kristallbildungsphase eigentlich einen Kristallisator mit einer kleinen Heizfläche, da während dieses Prozesszustandes die Verdampfungsleistung an die geringe Kristallisationsleistung angepasst sein muss. Am Ende des Prozesses reicht häufig die vorhandene Heizfläche nicht aus, um die gewünschte Verdampfungsleistung zu erreichen. Ein diskontinuierlicher Apparat wird dagegen für einen durchschnittlichen Betriebszustand ausgelegt.

Die Einführung der Kristallfußarbeit mit der Installation spezieller Kristallfußanlagen sorgte für den entscheidenden Fortschritt bei der Erzeugung eines gleichmäßigen und aggregatarmeren Kristallisats. Die Kristallbildungsphase wurde aus dem normalen Prozess ausgegliedert und in der Kristallfuß-erzeugung konzentriert.

Die entscheidende verfahrenstechnische Weiterentwicklung bei der Zuckerkristallisation war aber die Einführung der kontinuierlichen Verdampfungskristallisation. Sie erst ermöglichte die Verwirklichung neuer wärme- und anlagentechnischer Konzepte im Zuckerhaus, verbunden mit einer deutlichen Reduzierung des Primärenergieverbrauchs.



Diskontinuierliche Verdampfungs- kristallisatoren

Standard-Baugrößen diskontinuierliche Verdampfungskristallisatoren

Durchmesser	mm	3.200	3.600	4.000	4.400	4.800	5.200	5.600	6.000
Nutzvolumen	m ³	25,6	32,7	40,9	49,9	60	70,9	82,9	96,2
Heizfläche	m ²	193	247	319	385	468	546	636	745

Erfahrungen aus über hundert Jahren Konstruktion und Fertigung von diskontinuierlichen Verdampfungskristallisatoren und Erkenntnisse, die bei den kontinuierlichen BMA-Verdampfungskristallisatoren (VKT) gewonnen wurden, sind in die Bauart der heutigen BMA-Verdampfungskristallisatoren eingeflossen.

Vorteile und Merkmale:

- Zentrales Zirkulationsrohr
- Eingeschweißte Heizrohre bei einem Stegabstand zwischen den Heizrohren <10 mm (Installation größerer Heizflächen möglich)
- Optimale Heizkammerentgasung und Kondensatabführung
- Mechanische Rührwerke, die auf die Heizkammer, das Zentralrohr, die Apparatebodenform und den Einsatzfall abgestimmt sind

- Strömungsgünstiger Ablaufboden (keine Totzonen)
- Ankochvolumen <30%
- Niedriger Magmastand oberhalb der Heizkammer
- Gute Kristallqualität auch bei großen Baueinheiten (CV-Wert 25 bis 30%)
- Wirkungsvolle Saftabscheidung aus den Brüden

BMA baut heute diskontinuierliche Verdampfungskristallisatoren für alle zu erzeugenden Kristallisationsprodukte der Rüben- und Rohrzuckerindustrie sowie für Raffinerien. Die Apparate werden aus Normalstahl, Teil- oder Gesamtedelstahl gefertigt.

Wenn die Zuckerindustrie auch mehr und mehr dazu übergeht, den Zucker kontinuierlich zu kristallisieren, so werden doch weiterhin diskontinuierliche Apparate, z.B. bei der Kristallfußherstellung, benötigt.

Diskontinuierliche
Verdampfungs-
kristallisatoren für
WZ 1 und 2



Kristallfußanlagen

Die technologische und wirtschaftliche Forderung nach einem aggregatarmen und feinkornfreien Produktkristallisat lässt sich bei der Verwendung von Slurry als Impfgut für die Verdampfungskristallisation nur schwer erfüllen. Infolge der zu kleinen Gesamtoberfläche der Slurrykristalle kommt es während der Kristallbildungsphase zu dem unerwünschten Ansteigen der Übersättigung über das metastabile Gebiet hinaus, weil das Kristallwachstum in dieser Phase nicht mit der Lösungskonzentrierung Schritt halten kann.

Sekundäre Keimbildung, vor allem jedoch Aggregatbildung, führen zu einer Verschlechterung der Produktqualität. Hinzu kommt, dass ein großer Teil der zugegebenen Slurrykristalle wegen des nicht gleichmäßigen Übersättigungsprofils innerhalb eines konventionellen Verdampfungskristallisators wieder aufgelöst wird. Diese kristallisationstechnisch schwierige Impfphase ist jedoch für die Qualität des Endproduktes von entscheidender Bedeutung. Um diese Phase besser kontrollierbar zu machen, hat es sich bewährt, sie zeitlich und räumlich von dem Verdampfungskristallisationsprozess zu trennen.

Standard-Baugrößen der Kristallfuß-Kühlungskristallisatoren

Nutzvolumen	m ³	2,1	4,2	5,0	6,8	10,0	15,0
Durchmesser	m	1,4	1,8	2,0	2,0	2,4	2,6
Gesamthöhe max.*	m	4,4	5,3	6,0	6,0	6,3	7,2
Kühlfläche	m ²	11,3	19,0	21,0	27,0	44,0	61,0

* einschließlich Rührwerk

Kristallfuß 1-Erzeugung

Die erste Stufe der Kristallfußarbeit wird in einem Kühlungskristallisator mit einem speziell für hohes Schergefälle ausgelegten Rührwerk durchgeführt. Das niedrige Temperaturniveau und eine eindeutig definierte Übersättigung sorgen für ein gleichmäßiges Wachstum der zugegebenen Slurry-Impfkristalle ohne Aggregatbildung.

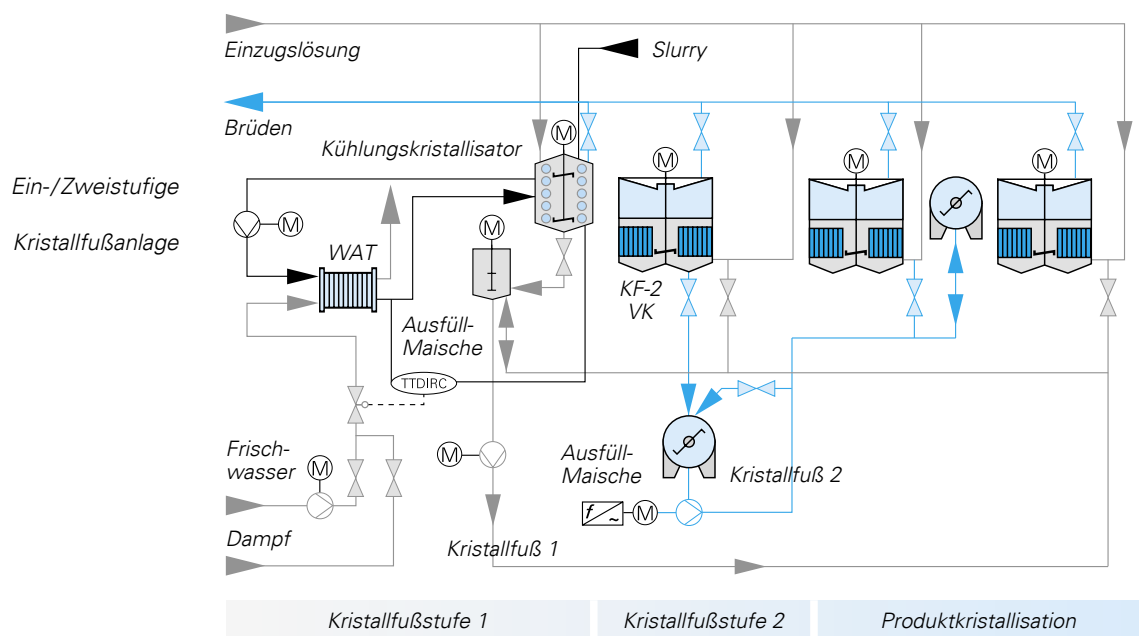
Der verwendete Sirup (vorzugsweise Dicksaft) wird in dem Kühlungskristallisator in einem ersten Schritt durch Verdampfen auf den gewünschten Trockensubstanzgehalt eingedickt. Nachfolgend wird der konzentrierte Sirup abgekühlt. Beim Erreichen einer Übersättigung von 1,1 wird mit der benötigten Menge Slurry geimpft. Im Anschluss folgt eine weitere langsame Kühlung der Suspension bis auf ca. 30°C. Mit Hilfe der Temperaturdifferenz zwischen Magma und

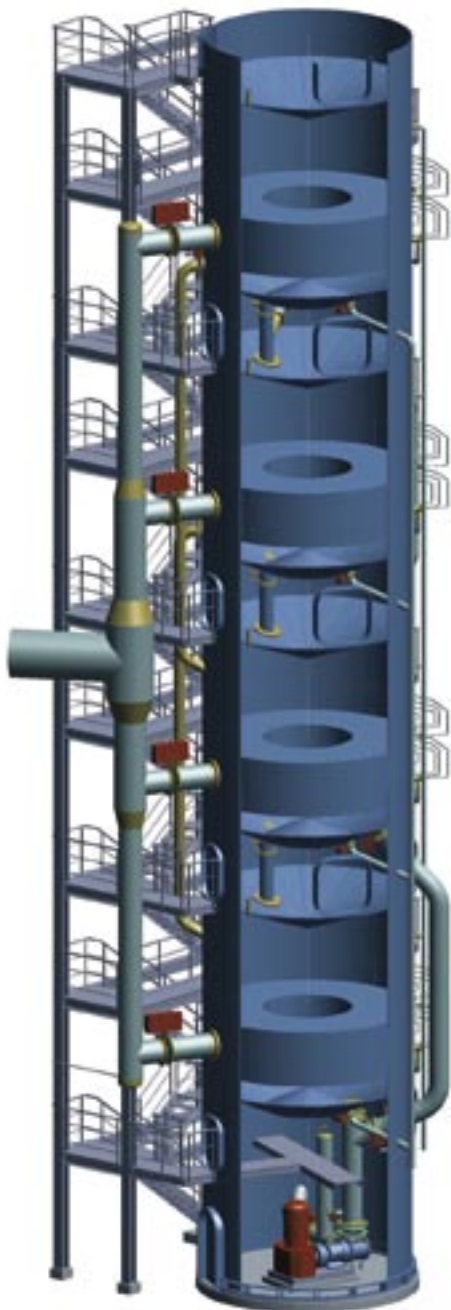
Kühlwasser wird der Abkühlungsgradient geregelt und damit die während des Kühlungskristallisationsprozesses einzuhaltende Übersättigung angepasst.

Nach Erreichen einer mittleren Kristallgröße von ca. 0,08 bis 0,11 mm (je nach Anforderung) bei einem Kristallgehalt von ca. 20% am Ende der Kühlung wird das fertige Kristallfuß 1-Magma in die Maische abgelassen.

Bei diskontinuierlicher Arbeitsweise kann das Kristallfuß 1-Magma bis zu einer mittleren Produktkristallgröße von ca. 0,5 mm direkt in den Produktapparaten als Kristallfuß eingesetzt werden.

Bei mittleren Produktkristallgrößen von mehr als 0,5 mm und generell bei kontinuierlicher Arbeitsweise wird in einem zweiten Schritt Kristallfuß 2-Magma in diskontinuierlichen Verdampfungskristallisatoren erzeugt.





VKT

Kristallfuß 2-Erzeugung

Im zweiten Schritt der Kristallfußherzeugung wird in diskontinuierlichen Verdampfungskristallisatoren ein Kristallisat mit einer mittleren Größe von ca. 0,3 bis 0,5 mm erzeugt. Bei optimaler Anlagengestaltung wird ein Rührwerk eingesetzt, welches ein hohes Schergefälle erzeugen kann. Neue diskontinuierliche Verdampfungskristallisatoren werden optimal für die Kristallfuß 2-Erzeugung ausgelegt.

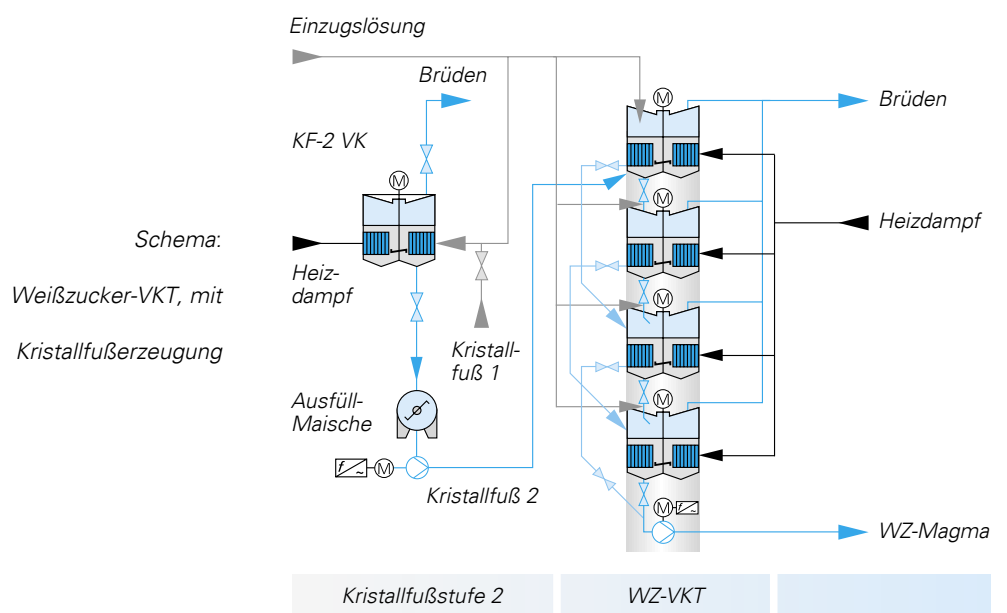
Die Einzugslösung wird eingedickt, bis bei einer Übersättigung von ca. 1,1 der Impfpunkt erreicht ist und das Kristallfuß 1-Magma in möglichst kurzer Zeit eingezogen wird. Nach einer kurzen Homogenisierungsphase mit Temperaturengleichung kann sofort das Hochkochen beginnen. Nach Beenden des Hochkochens wird das erzeugte Kristallfuß 2-Magma mit einem Kristallgehalt von ca. 45 bis 50% in die Ausfüllmaische abgelassen. Bei diskontinuierlicher Produktkristallisation wird das Kristallfuß 2-Magma an den Apparaten vorbei in eine zweite, hochstehende Vorratsmaische gepumpt.

So kann die erforderliche Menge an Kristallfuß 2-Magma schnell in die Produktapparate eingezogen werden. Beim Einsatz kontinuierlicher Verdampfungskristallisatoren wird das Kristallfuß 2-Magma diesen in der benötigten Menge zugeführt.

Durch entsprechende Einstellung der Slurry- und Kristallfußmengen kann im Weißzucker die mittlere Kristallgröße von 0,5 bis ca. 1 mm wunschgemäß variiert werden. Beim Rohzucker werden üblicherweise 0,4 bis 0,5 mm im Produkt angestrebt, beim Nachprodukt ca. 0,3 bis 0,35 mm.

Vorteile:

- Gut beherrschbare Prozessführung durch die auf die Hoch- und Abkochphase beschränkte Kristallisationsarbeit
- Hervorragende Produkt-Kristallqualität, verbunden mit guter Zentrifugierfähigkeit des Magmas
- Verwendung von Einzugslösungen mit einem hohen Trockensubstanzgehalt ohne Einzug von Wasser auch bei Lösungen hoher Reinheit
- Optimaler Einsatz der Sirupdecke und Reduzierung der Deckwassermenge an den Zentrifugen
- Verringerung des Dampfbedarfs im Zuckerhaus durch oben genannte Vorteile
- Flexible Aufstellungsmöglichkeit der Kristallfuß 1-Anlage
- Optimale Anpassung an die Erfordernisse des Produktes



Kontinuierliche Verdampfungskristallisation

Der kontinuierlich arbeitende BMA-VKT (Verdampfungs-Kristallisations-Turm) basiert auf dem erprobten Konstruktionsprinzip der vertikalen zylindrischen Kristallisationskammer der diskontinuierlichen Kristallisatoren. Es erlaubt u.a. die Verwendung von mechanischen Rührwerken, um eine ausgezeichnete Magmaumwälzung und Durchmischung zu gewährleisten. Der VKT besteht aus übereinander angeordneten Kristallisationskammern. Es handelt sich hierbei also um eine Rührkesselkaskade, wobei der Magmastrom durch eigenes Gefälle von der oberen zur unteren Kammer geführt wird. Die praktizierte Zwangsumwälzung in Verbindung mit den konstant niedrigen Magmafüllständen macht die Verwendung von sehr niedrig gespanntem Heizdampf möglich, da der hydrostatische Druck der Magmasäule im kontinuierlich arbeitenden Apparat wesentlich geringer ist als im konventionellen Verdampfungskristallisator.

Bauarten

Die bevorzugte Version eines VKT ist ein Apparat mit vier übereinander angeordneten Kammern. Er kann für alle Zuckerprodukte, wie Weißzucker 1 und 2 (Raffinade und Grundsorte), Rohzucker und Nachprodukt eingesetzt werden, dies sowohl in Rüben- und Rohrzuckerfabriken als auch in Raffinerien. Bei den Apparaten für Weißzucker und Rohrzucker können über installierte Bypassleitungen bei der Reinigung einzelne Kammern umfahren werden. Der 4-Kammer-

Apparat kann so ausgeführt werden, dass eine spätere Aufstockung um eine fünfte Kammer zur Kapazitätserhöhung möglich ist. Die VKTs für Nachprodukt und auch für Rohzucker sind mit einem äußeren Überlaufsystem ausgerüstet.

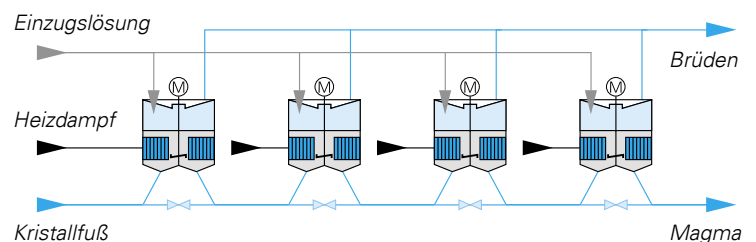
Soll der Platz einer vorhandenen Station mit modernen, gut erhaltenen diskontinuierlich arbeitenden Verdampfungskristallisatoren für die kontinuierliche Arbeitsweise verwendet werden, ist auch eine horizontale Anordnung (VKH) zu einer Kaskade möglich. Alle verwendeten diskontinuierlichen Kristallisatoren sollten eine ähnliche Bauart haben und mit einem Rührwerk ausgerüstet sein.

Arbeitsweise

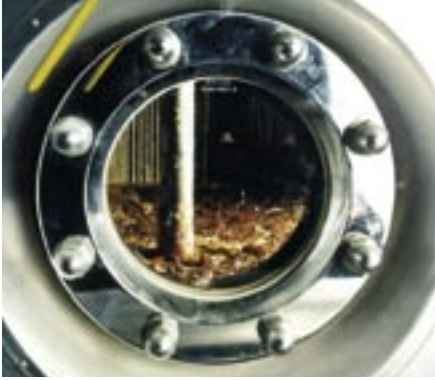
Das Kristallfußmagma, hergestellt in einer speziellen, zuvor beschriebenen Kristallfußanlage, wird der ersten Kristallisationskammer zugeführt. In allen Kammern wird kontinuierlich Einzugslösung zugegeben. Rückmischungen zwischen den einzelnen Kammern sind ausgeschlossen. Der Trockensubstanzgehalt des Magmas und damit der Kristallgehalt nimmt von Kammer zu Kammer stetig zu und erreicht in der letzten Kammer den Maximalwert. Bei einem VKT für Nachprodukt kann in der letzten Kammer das für die nachfolgende Kühlungskristallisation optimale Nichtzucker/Wasser-Verhältnis eingestellt werden.

Bei dem VKT wird jede Kammer bezüglich ihres Betriebszustandes individuell geregelt, was einen sicheren kontinuierlichen Betrieb gewährleistet. Hieraus resultieren verfahrenstechnische Vorteile wie

- gleichmäßige Heizdampfentnahme aus der Verdampfstation
- gleichmäßige Abnahme von Einzugslösung
- gleichmäßige Brüdenabgabe und Kondensatorbelastung
- gleichmäßige Magmaerzeugung



Horizontales Verdampfungskristallisationssystem (VKH)



Blick in eine

VKT-Kammer

Eine effiziente Kristallisation spiegelt sich besonders in der Zentrifugenausbeute wider. Sie ist eng verknüpft mit der Kristallqualität und dem Kristallgehalt, den man bei der Kristallisation erreicht. Mit mechanischer Umwälzung des Magmas in strömungstechnisch günstig gestalteten Kristallisatoren wird ein Kristallisat erzeugt, welches sich durch einen geringen Fein- und Aggregatanteil auszeichnet. Im Weißzuckermagma werden Kristallgehalte bis ca. 55% erreicht. Damit verbunden sind Zentrifugenausbeuten von ca. 50%. Fehlt eine mechanische Umwälzung, können solche Werte auch nicht durch Dampfneinjektionen erreicht werden, die als Zirkulationshilfe in der Praxis angewendet werden.

Aufgrund des Verweilzeitverhaltens tritt bei der kontinuierlichen Kristallisation im Bereich größeren Kristallisates eine leichte Aufweitung der Kristallgrößenverteilung auf. In der Praxis liegen die Werte für die Gleichförmigkeit deshalb etwas höher als bei vergleichbarer diskontinuierlicher Arbeitsweise. Entscheidenden Einfluss auf die Produktqualität hat aber die Qualität und die relativ zum Produktstrom zugeführte Menge des Kristallfußes.

Regelung

Die Regelung eines kontinuierlich arbeitenden Verdampfungskristallisators ist wesentlich einfacher als die eines diskontinuierlichen Apparates, da es sich lediglich um Festwertregelungen handelt. Die wichtigsten zu kontrollierenden Prozessparameter sind:

- Heizdampfdruck
- Brüddruck
- Magmazustand (Trockensubstanzgehalt)
- Mengenstrom Einzugslösung
- Verhältnis Einzugslösung/Kristallfuß
- Magmaniveau (nur bei Weißzucker)

Regelkonzept eines VKTs für Weißzucker

Der Magmazustand, d.h. der Trockensubstanzgehalt des Magmas aller vier Kammern, wird durch den Zuzug von Einzugslösung geregelt. Als Messsystem wird vorwiegend eine Mikrowellenmessung eingesetzt. Auch radiometrische Dichtemessungen sind noch im Einsatz. Der Volumenstrom der Einzugslösung wird mit induktiven Durchflußmessern gemessen und auf den Sollwert geregelt, der von der Magmazustandsregelung gefordert wird (Kaskadenregelung).

Die Summe der gemessenen Mengen an Einzugslösung wird dazu genutzt, eine zur Einzugslösung im bestimmten Verhältnis stehende Menge von Kristallfuß zuzuführen.

Der Heizdampf- und Brüddruck wird für alle vier Kammern getrennt geregelt. Damit ist ein optimaler Betrieb sowie eine Abkoppelung jeder Kammer vom System zur Reinigung möglich. Die Verarbeitungsleistung des VKTs wird lediglich durch Veränderung der Sollwerte für den Heizdampfdruck eingestellt.

Das Magmaniveau wird in jeder Kammer gemessen und über die Regelung des Magma-Abflusses durch die Magmaklappen in den Übertrittsleitungen sowie bei der Kammer 4 durch die Drehzahl der Magmapumpe konstant gehalten.

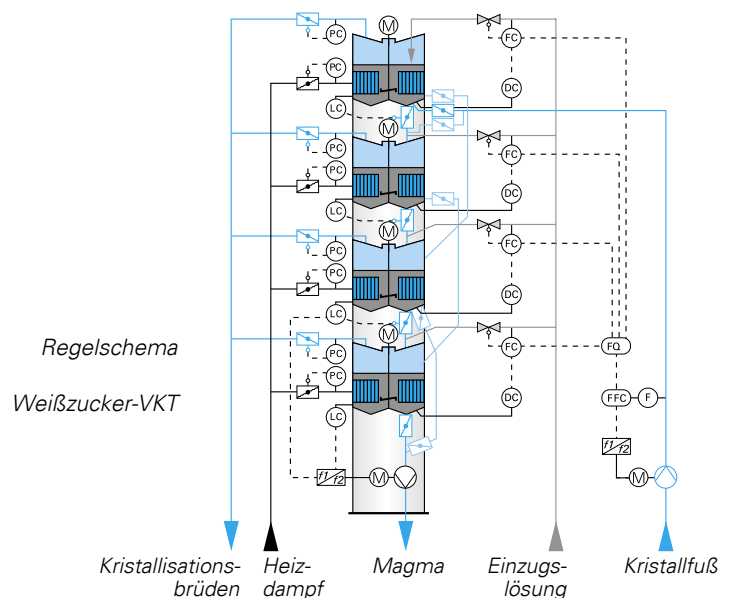
Regelkonzept eines VKTs für Rohzucker oder Nachprodukt

Die Kammern 1 bis 3 eines VKTs für Rohzucker oder Nachprodukt können wegen der geringeren Neigung zu Inkrustationen mit einem äußeren Magmaüberlauf arbeiten. Dadurch entfallen hier die Niveauregelungen.

Der große Reinheitseinfluss auf die Siedepunkterhöhung ermöglicht bei einem VKT für Nachprodukt auch den Einsatz einer Temperaturmessung für die Ermittlung des Magmazustandes. Voraussetzung hierfür ist ein stabiles und exakt geregeltes Vakuum sowie eine gleichbleibende Reinheit der Einzugslösung.

Reinigung

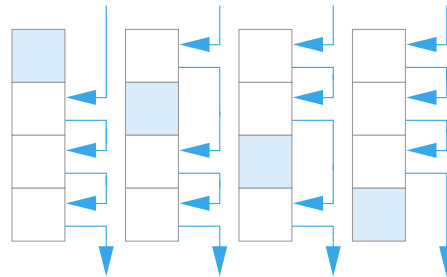
Eine Forderung an einen kontinuierlich arbeitenden Verdampfungskristallisator ist, dass er über die gesamte Kampagne ohne Stillstand der gesamten Anlage verfügbar ist. Es ist bekannt, dass Inkrustationen insbesondere bei Magmen mit einer höheren Reinheit niemals vollständig zu vermeiden sind.



Viele konstruktive Vorkehrungen zur Vermeidung von Inkrustationen wurden entwickelt wie z.B. die Auskleidung der magmaberührten Wände mit Membranen aus dünnen Edelstahlblechen bei den Apparaten für Produkte mit höherer Reinheit. Die Membrane vibrieren leicht und stoßen so entstehende Inkrustationen selbsttätig ab. Für die Reinigung der Kristallisationskammern ist ein System erforderlich, welches eine Reinigung ohne Unterbrechung des Kristallisationsprozesses erlaubt.

Mit der Turmbauweise des VKTs ist diese Forderung ideal verwirklicht worden. Durch die Möglichkeit der Umgehung einer Kammer kann diese zur Reinigung aus dem Prozess herausgenommen werden, während die übrigen weiter in Betrieb bleiben.

Der VKT ist somit über die gesamte Kampagne, gerade auch bei Produkten mit einer Magmareinheit von mehr als 94%, verfügbar. Die Reisezeit eines VKTs, d.h. der kontinuierliche 4-Kammer-Betrieb eines VKTs bis zur Notwendigkeit einer Reinigung, beträgt für Weißzuckerapparate 15 bis 20, für Rohzucker 20 bis 30 und für Nachprodukt 45 bis 60 Tage.



*Reinigungsprozess
in schematischer
Darstellung*

*VKT für
Nachprodukt*



Vorteile und Merkmale:

- Eignung für alle Kristallisationsstufen in Rüben- und Rohrzuckerfabriken und in Zuckerraffinerien
- Optimale Magmaumwälzung durch mechanische Rührwerke in vertikalen zylindrischen Rührkesseln auf Grundlage der bewährten diskontinuierlichen Verdampfungskristallisatoren
- Gleichmäßiger Betrieb durch kontinuierliche Zu- und Abführung der Massenströme
- Optimale Anpassung der einzelnen Kristallisationskammern und der Rührwerke an die Prozesszustände
- Problemloser Betrieb und einfache Prozessüberwachung durch Festwertregelung
- Hoher Kristallgehalt und somit hohe Ausbeute
- Geringe Inkrustationsneigung durch spezielles Know-how bei der Konstruktion und Fertigung der Kristallisationskammern, lange Reisezeiten auch bei Produkten hoher Reinheit
- Ständige Verfügbarkeit des VKTs während der gesamten Kampagne durch besonderes Reinigungsverfahren

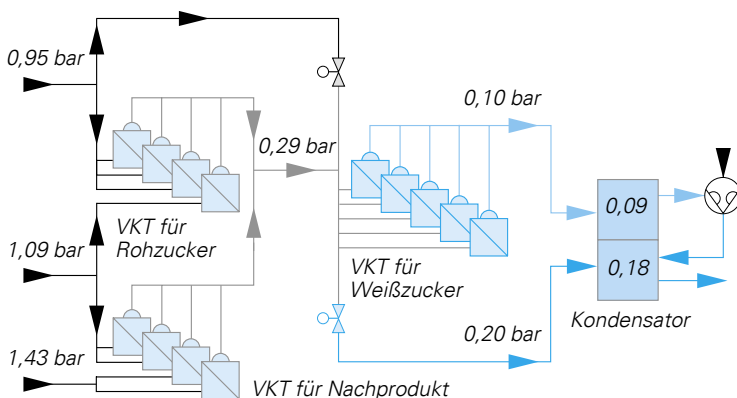
Standard-Baugrößen der kontinuierlichen Verdampfungskristallisatoren (VKT)

Durchmesser	mm	3.200	3.600	4.000	4.400	4.800	5.200	5.600	6.000
Nutzvolumen (ca.)	m ³	62,1	79,7	101	124	150	178	208	243
Heizfläche	m ²	772	988	1.276	1.540	1.872	2.184	2.544	2.980

- Verwendung von Heizdampf mit niedrigem Druck
- Möglichkeit spezieller energiesparender Schaltungen wie die Doppeleffekt-Verdampfung und die Brüdenkompression innerhalb der Kristallisation
- Problemlose In- und Außerbetriebnahme
- Schnelle und problemlose Anpassung der Verarbeitungsleistung an veränderte Betriebsverhältnisse der Fabrik
- Auch bei längerem Stillstand selbst bei hohen Reinheiten kein Ablassen des Magmas aus den Kammern notwendig
- Einfache Kapazitätserweiterung durch Nachrüsten einer zusätzlichen Kristallisationskammer
- Platzsparende Innen- und Außenaufstellung
- Einfache Fundamente ohne Stahlkonstruktion

Moderne Energiekonzepte mit VKT

Durch die besondere Konstruktion der VKT-Kristallisationskammern, einem niedrigen Magmaniveau oberhalb der Heizkammer und dem Einsatz von mechanischen Rührwerken jeder Kristallisationskammer kann der VKT mit sehr kleiner Temperaturdifferenz zwischen Heizdampf und Magma und Heizdampfdrücken weit unter 1 bar einwandfrei betrieben werden. Damit eröffnen sich zahlreiche Möglichkeiten, durch optimalen Einsatz der VKTs energiesparende Schaltungen zu verwirklichen. Eine dieser Möglichkeiten ist die Doppeleffekt-Verdampfung in der Kristallisation, durch die der Dampfbedarf im Zuckerhaus und damit der gesamten Fabrik um 3 bis 4% a.R. gesenkt werden kann. Das Prinzip der Doppeleffekt-Verdampfung besteht darin, einen Teil der Kristallisationsbrüden zur Beheizung eines VKTs z.B. für Weißzucker zu verwenden und damit den sonst erforderlichen Heizdampf der Verdampfstation einzusparen. Durch optimale Anpassung der Kondensation bleibt noch genügend Wärme zur Rohsaftanwärmung, die üblicherweise mit einem Teil des Kristallisationsbrüdens erfolgt.



Kristallisation mit Doppeleffekt-Verdampfung

Doppeleffekt-Verdampfung:

Ein modernes
Energiekonzept

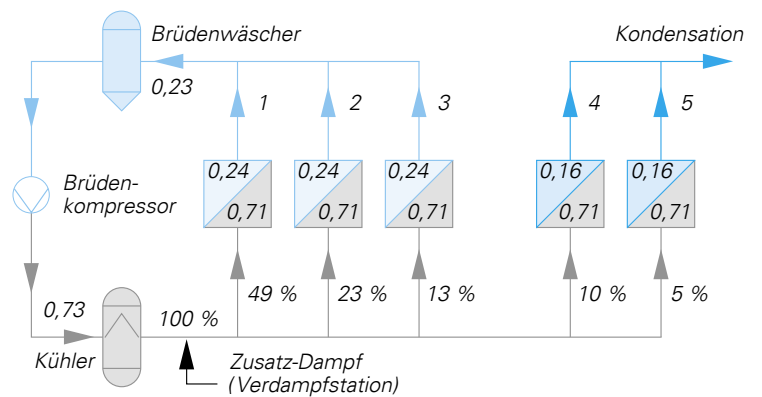


Auch der wirtschaftliche Einsatz von mechanischen Brüdenverdichtern für die Kompression der Kristallisationsbrüden wird bei der Arbeit mit VKT und niedrig gespanntem Heizdampf möglich. Bei der Kristallisation mit herkömmlichen diskontinuierlichen Verdampfungskristallisatoren, die einen hohen Heizdampfdruck benötigen, wird ein Brüdenkompressor mit einem Verdichtungsverhältnis von 6:1 und entsprechend hohem Strombedarf benötigt. Dagegen kommt man bei der Arbeit mit VKT bei Heizdampf- bzw. Brüdenrücken von 0,71 bzw. 0,24 bar mit einem Kompressionsverhältnis von 3:1 bis 2,5:1 und einem entsprechend preiswerten Kompressor aus.

Speziell in Raffinerien bietet sich die Möglichkeit der thermischen Brüdenverdichtung an. Der Kristallisationsbrüden der diskontinuierlichen Verdampfungskristallisatoren wird mittels Thermokompressor von 0,2 auf ca. 0,3 bar verdichtet.

Als Treibdampf kann Turbinenabdampf mit 3,0 bar verwendet werden. Der verdichtete Brüden dient als Heizdampf für einen BMA-VKT für Raffinade, der mit einem Brüdenrücken von 0,1 bar betrieben wird.

Verbundbetrieb von VKT und diskontinuierlichen Verdampfungskristallisatoren mit Brüdenkompression



- 1 Weißzucker-VKT
- 2 Rohzucker-VKT
- 3 Kristallfuß-Verdampfungskristallisator
- 4 Nachprodukt-VKT
- 5 Kristallfuß-Verdampfungskristallisator für Rohzucker und Nachprodukt



Vertikaler Kühlungskristallisator mit oszillierenden Kühlrohrbündeln

Die Kristallisation und damit die Entzuckerung des Muttersirups bei Nachprodukt erfolgt in zwei aufeinanderfolgenden Schritten.

Erster Schritt ist die Verdampfungskristallisation, in der ein Reinheitsabbau des Muttersirups von ca. 15 Punkten erreicht wird und ca. 85 % der Nachproduktzucker-kristallmasse erzeugt wird. Im Anschluss daran wird das Nachproduktmagma bei Einhaltung eines weitgehend konstanten Nichtzucker/Wasser-Verhältnisses gekühlt.

Das Ziel besteht darin, dem Muttersirup so viel Saccharose wie möglich durch Weiterkristallisieren der bereits vorhandenen Kristalle zu entziehen. Da es sich hierbei um die letzte Entzuckerungsstufe im Prozess der Zuckerherstellung handelt und Fehler in der Prozessführung irreversible Auswirkungen auf die Zuckerverluste in der Melasse haben, kommt der Kühlungskristallisation eine große Bedeutung zu.

Der Prozess der Kühlungskristallisation muss hinsichtlich der gewählten Parameter optimiert werden. Die Kristallisationsgeschwindigkeit, mit der die Saccharose aus dem Muttersirup auskristallisiert werden kann, wird im Wesentlichen von der Übersättigung und der Temperatur des Muttersirups bestimmt. Die je Zeiteinheit auskristallisierte Saccharosemasse ergibt

sich jedoch aus dem Produkt von Kristalloberfläche und Kristallwachstumsgeschwindigkeit. Die Kristalloberfläche wird durch den Kristallgehalt und die Kristallgröße festgelegt.

Der Kristallgehalt ist begrenzt durch die maximal mögliche Viskosität; die Kristallgröße hat wesentlichen Einfluß auf die Zentrifugenarbeit. Die absolut bei gleicher Endtemperatur erreichbare Entzuckerung hängt von den spezifischen Sättigungsbedingungen ab. Sie steigt mit höherem Nichtzucker/Wasser-Verhältnis und sinkender Restübersättigung. In der Praxis muss jedoch bei höheren Nichtzucker/Wasser-Verhältnissen eher mit steigenden Restübersättigungen gerechnet werden, wenn nicht gleichzeitig die Aufenthaltszeit verlängert wird.

Erfahrungen an modernen Nachproduktstationen und Untersuchungen am Lehrstuhl für Technologie der Kohlenhydrate am Institut für Technische Chemie an der TU Braunschweig (Zuckerinstitut) haben gezeigt, dass bei der Rübenverarbeitung der optimale Prozessbereich bei einem Nichtzucker/Wasser-Verhältnis von 3,8 bis 4,0 liegt. Die Viskositäten steigen bei diesen Bedingungen jedoch schon so stark an, dass eine Überprüfung aller Ausrüstungen der Station sinnvoll ist.

Temperaturverlauf, Aufenthaltszeit und Verweilzeitspektrum sind konstruktiv beeinflussbare Parameter. Die Temperaturabsenkung des Magmas darf nur so schnell erfolgen, wie es die Kristallwachstumsgeschwindigkeit zulässt. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Übersättigung des Muttersirups zu stark ansteigt und Feinkornbildung auftritt. In der Praxis kennzeichnet ein Wert für die Abkühlgeschwindigkeit von ca. 1K/h eine gute Auslegung.

Bauarten

BMA hat bei der Entwicklung der Kühlungskristallisatoren für Nachproduktmagmen den zuvor beschriebenen theoretischen Grundlagen große Beachtung geschenkt und Kristallisatoren entwickelt, mit denen hochviskose Magmen selbst bei einem Nichtzucker/Wasser-Verhältnis ≥ 4 problemlos bis auf eine Endtemperatur von 40°C abgekühlt werden können. BMA-Kühlungskristallisatoren werden sowohl in der Rüben- als auch in der Rohrzuckerindustrie mit Erfolg eingesetzt. BMA-Kühlungskristallisatoren werden heute ausschließlich in vertikaler Bauweise ausgeführt.



Die Bildabfolge zeigt
die senkrechte Bewegung



der Kühlwasserrohre
an der Magmaoberfläche
vor dem Kühlen



(Niveau abgesenkt)

*Kühlungs-
kristallisator
mit einem
Nettovolumen
von 600 m³*





Standard-Baugrößen Kühlungskristallisatoren mit oszillierenden Kühlrohren

Nutzvolumen	m ³	220	300	340	400	467	533	600	667
Zylindr. Höhe	m	15,5	19,5	21,5	24,7	27,5	30,1	33,5	36,4
Kühlfläche min.	m ²	406	406	580	580	638	754	870	870
Kühlfläche max.	m ²	406	580	638	754	870	986	1.102	1.218

Der Erfolg dieses Kühlungskristallisators beruht auf folgendem Konstruktionsprinzip: Das Kühlsystem besteht aus standardisierten Kühlblockelementen, in denen das Kühlwasser zwangsgeführt im Gegenstrom zum Magma fließt. Das gesamte Kühlsystem oszilliert 1 m in vertikaler Richtung. Hierdurch und durch die symmetrische Anordnung der Kühlrohre ist eine optimale Verweilzeitverteilung und Abkühlung des Magmas gewährleistet. Die Hubgeschwindigkeit des Kühlsystems kann in zwei Stufen variiert werden. Der Antrieb erfolgt über sechs auf dem Deckel des Kühlungskristallisators symmetrisch angeordnete hydraulische Zylinder.

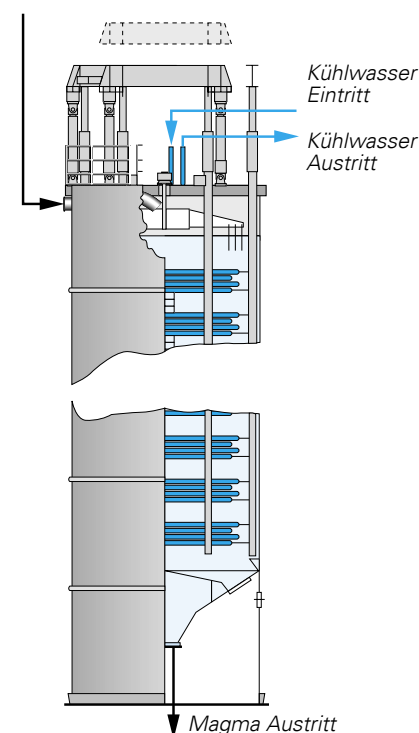
Die Kühlblöcke sind je zur Hälfte zu- und abschaltbar. Der Magmafluss ist bei dieser Bauart immer von oben nach unten. Die Verteilung des eintretenden Magmas erfolgt gleichmäßig über den gesamten Kristallisorquerschnitt durch einen langsam rotierenden Verteiler. Der gesamte Kühlungskristallisator besitzt magmaseitig weder Wälz- oder Gleitlager noch Stopfbuchsen. Das Kühlwasser kann in einer separat aufgestellten Kühleinrichtung rückgekühlt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass das Kühlwasser in einem Luftkühler, der auf das Hubsystem aufgebaut ist und dessen oszillierende Bewegungen ebenso ausführt, rückgekühlt wird. In diesem Fall entfällt der gesamte Sekundär-Kühlwasserkreislauf.

Vorteile und Merkmale:

- Hohe Ausbeute durch definiertes Verweilzeitverhalten
- Sehr guter Selbstreinigungseffekt an den oszillierenden Kühlflächen
- Problemloser Einsatz auch bei hochviskosen Magmen
- Größte Einheiten möglich, zur Zeit bis 1.000 t Nettoinhalt und 1.200 m² Kühlfläche ausgeführt

- Geringer Platzbedarf durch vertikale Aufstellung, auch im Freien, dadurch keine Gebäudekosten
- Guter Wärmeübergang zwischen Magma und Kühlmedium durch gleichmäßige Relativbewegung des Magmas an allen Kühlrohren
- Hohe spezifische Kühlfläche möglich
- Hydraulikzylinder als einfacher Antrieb des vertikal oszillierenden Kühlsystems
- Einsatz von sehr leisen, hydraulischen Innenzahnradpumpen mit hohem Wirkungsgrad und geringem Verschleiß
- Keine Überlastung der Anlage durch Absicherung über ein hydraulisches Druckbegrenzungsventil
- Geringe spezifische Antriebsleistung

Magma Eintritt



Magmapumpen

Die BMA-Magmapumpen sind bestens für die Förderung hochviskoser Füllmassen geeignet. Bei maximalen Drehzahlen bis 40 U/min können Förderdrücke bis 10 bar erreicht werden. Durch diese geringen Drehzahlen wird der Verschleiß an den Pumpen minimiert. BMA fertigt folgende Typen:

Typ	Fördermenge m³/h
F 150	1 - 10
F 350	5 - 25
F 500	25 - 40
F 800	30 - 65
F 1000	65 - 100

Vorteile und Merkmale:

- Hohe Betriebssicherheit
- Hohe Förderleistung bei niedriger Kolbendrehzahl
- Leckagefreie Gleitringdichtung
- Freiraum zwischen Dichtung und Wälzlagergehäuse verhindert Lagerschäden und ermöglicht leichte Kontrolle
- Wartungsfreundliche Bauweise
- Geringer Druckverlust durch großdimensionierte Stutzen
- Störungsfreie Förderung von Magmen hoher Viskosität
- Freie Zugänglichkeit zu den Bauelementen der Pumpen durch fliegende Lagerung des Drehkolbens
- Günstiges Preis-/Leistungsverhältnis

Kühlungskristallisor mit
oszillierenden
Kühlrohrbündeln



Magmapumpe

F 1000 F



© Braunschweigische
Maschinenbauanstalt GmbH
Postfach 32 25
38022 Braunschweig
Deutschland
Telefon +49 531 · 804-0
Telefax +49 531 · 804-216
www.bma-worldwide.com
sales-de@bma-worldwide.com

