



*Dipl.-Ing. Jan Lampke
HAVER ENGINEERING GmbH
Meißen/Deutschland
www.haverengineering.de*

Jan Lampke (1984) studierte an der TU Bergakademie Freiberg Maschinenbau in den Vertiefungen Spezialtiefbau-, Gewinnungs- und Aufbereitungsmaschinen. Von 2008 bis 2012 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Aufbereitungsmaschinen der TU Bergakademie Freiberg. Seit 2012 ist er Entwicklungsingenieur bei der HAVER ENGINEERING GmbH und verantwortet den Geschäftsbereich Agglomeration.

*M.Sc. Cornelia Messerschmidt
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen
Freiberg/Deutschland
www.tu-freiberg.de/fakult4/iam*

Cornelia Messerschmidt (1989) studierte an der TU Bergakademie Freiberg Verfahrenstechnik mit der Vertiefung Aufbereitungstechnik. Seit 2013 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Aufbereitungsmaschinen der TU Bergakademie Freiberg.

*Dr.-Ing. Thomas Folgner, Beratungsingenieur
Freiberg/Deutschland
HAVER ENGINEERING GmbH*

*Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth, Institutsdirektor
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen
Freiberg/Deutschland*

Runde Sache • Well-rounded

Granulierung mineralischer Düngemittel

Zusammenfassung: HAVER ENGINEERING GmbH (HEM) ist ein unabhängiges Ingenieurbüro sowie Teil der international tätigen Unternehmensgruppe HAVER & BOECKER. Zudem ist HEM ein An-Institut der TU Bergakademie Freiberg. Die Kernkompetenz des Unternehmens liegt in der Entwicklung kundenspezifischer Lösungen und Maschinen im Bereich der Agglomerations- und Reinigungstechnik. Machbarkeitsstudien gehören ebenso zum Portfolio wie Anlagenauditierungen und Mitarbeiterschulungen. Der Beitrag stellt anhand eines Beispiels neue Ansätze zur Granulierung mineralischer Düngemittel vor.

Granulation of mineral fertilisers

Summary: HAVER ENGINEERING GmbH (HEM) is an independent engineering consultancy, and is also part of the international HAVER & BOECKER group. HEM is, in addition, an Associated Institute of TU Bergakademie Freiberg. The company's core capabilities are in the development of customised solutions and machinery for agglomeration and cleaning. Feasibility studies are an important part of the company's portfolio, as well as plant and system audits and staff training activities. This article examines an example in order to discuss new approaches to the granulation of mineral fertilisers.



Aufgabematerial (links) und Düngemittelgranulat (rechts) • Feed material (left) and fertiliser granulate (right)

Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts wurde durch den Agrarwissenschaftler Carl Sprengel und den Chemiker Justus von Liebig das Gesetz vom Minimum entwickelt. Die Erkenntnis, dass der Ertrag einer Pflanze durch denjenigen Nährstoff bestimmt wird, der in der geringsten Menge zur Verfügung steht, stellt eine wichtige Grundlage für die Düngung dar. Dabei wird unter Düngung die Zufuhr von Stoffen zum Boden bzw. zur Pflanze mit dem Ziel der Begünstigung von Pflanzenwachstum und Erntequalität, einhergehend mit einer Ertragssteigerung, verstanden.

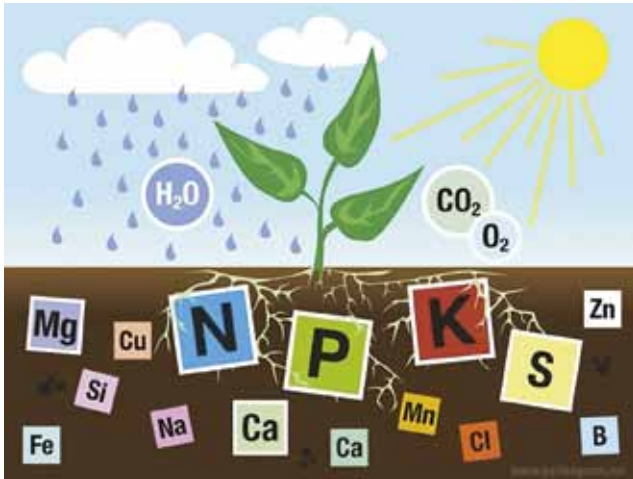
Da mit der Ernte Nährstoffe „von der Scholle“ gefahren werden, müssen diese zum Erhalt gleichbleibender Erträge nachfolgend wiederum dem Boden zugeführt werden. Relevant für das Pflanzenwachstum sind neben Licht, Kohlendioxid, Wasser und Sauerstoff die Makronährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Schwefel sowie die Mikronährstoffe Eisen, Zink, Kupfer, Bor, Mangan, Silicium, Molybdän, Natrium, Cobalt und Chlor (**Bild 1**) [1]. Die Bodenversorgung mit essentiellen Nährstoffen könnte auch durch organische Düngung gewährleistet werden. Gleichbleibend hohe Erträge unter Vermeidung von Überdüngung bei bestimmten Nährstoffen können jedoch nur durch eine gezielte Nährstoffversorgung mit den jeweils benötigten mineralischen Düngemitteln sichergestellt werden.

Da Pflanzen diese Nährstoffe jedoch nur in gelöster Form als Bestandteil der Bodenlösung aufnehmen können, müssen die festen mineralischen Rohstoffe meist aufbereitet, d.h. häufig in eine feinere Partikelgröße überführt werden. Dieses feindisperse Material kann jedoch kaum maschinell ausgebracht

The “Law of the Minimum” was formulated by the agronomist Carl Sprengel and the chemist Justus von Liebig as long ago as the mid-19th century. The discovery that the yield of a plant is determined by that nutrient of which the smallest amount is available is an important basis for the use of fertilisers. The term “use of fertilisers” signifies here the addition of substances to the soil and/or to the crop plant, with the aim of promoting plant growth and crop quality, which can be equated with increasing yield.

Since nutrients are removed “from the farmstead” with the harvested crop, they must subsequently be put back into the soil in order to maintain constant yields. Alongside light, carbon dioxide, water and oxygen, the “macro-nutrients” nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulphur, and the “micro-nutrients” iron, zinc, copper, boron, manganese, silicon, molybdenum, sodium, cobalt and chlorine are of relevance for plant growth (**Fig. 1**) [1]. The supply of essential nutrients to the soil could also be assured by means of organic fertilisers. Constantly high yields avoiding overfertilising with specific nutrients can be assured only by means of systematic supply of nutrients via the mineral fertilisers required in each specific case, however.

Since plants are able to absorb these nutrients only in dissolved form, as a constituent of the soil solution, it is generally necessary to prepare the solid mineral input materials, i.e., to transform them, in many cases, to a finer particle size. Such finely dispersed material can scarcely be spread mechanically, however, for which reason agglomeration is an only rarely dispensable procedure. The granulated products possess here the advantage



1 Bedarf an Pflanzennährstoffen [2] • The need for plant nutrients [2]

werden, weshalb eine Agglomeration selten vermieden werden kann. Die granulierten Produkte weisen dabei den Vorteil einer engen Korngrößenverteilung auf [3]. Daraus resultieren verbesserte Lagerungs-, Dosier-, Transport- und Ausbringeigenschaften. Ebenso wird die Gefahr der Nährstoffauswaschung bei Starkregen durch einen gewissen Depoteffekt minimiert [4].

Des Weiteren müssen die Düngemittelgranulate hohen Anforderungen an die Partikelgröße, deren Verteilung sowie Festigkeit und Abrieb gerecht werden. Charakteristisch für Düngemittel ist eine Korngrößenverteilung von 1 bis 5 mm, wobei nur 1 % des Produktes kleiner als 1 mm und maximal 2 % größer als 5 mm sein darf [5]. Nähere Angaben zur materialspezifischen Granulometrie der festen mineralischen Düngemittel gibt die Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln [6].

Bei der Vergrößerung mineralischer Düngemittel werden Pressagglomerations- und Aufbauagglomerationsverfahren eingesetzt, im Speziellen die Kompaktierung mit anschließender Schülpenzerkleinerung (z.B. 60er Kornkali) sowie Granulier- bzw. Pelletierteller und Granulier- bzw. Pelletiertrommeln.

Eine wissenschaftliche Unterscheidung der Bezeichnungen „Pellet“ und „Granulat“, demgemäß Pelletier- und Granulierteller bzw. Pelletier- und Granuliertrommel kann nicht getroffen werden. Der Artikel passt sich terminologisch der industriellen Praxis an, sodass der Begriff „Pellet“ für Aufbauagglomerate mit einem mittleren Agglomeratdurchmesser im Austragsgut $d \geq 7$ mm verwendet wird. Der Terminus „Granulat“ wird demgemäß für Aufbauagglomerate eines mittleren Durchmessers im Austragsgut von $d < 7$ mm genutzt und findet daher im Bereich der Düngemittelagglomeration Verwendung.

Der Vergleich unterschiedlicher Ausrüstungen der Aufbauagglomeration wird anhand eines Beispiels eines Spurennährstoff-Mischdüngers für den australischen Markt durchgeführt. Daher weichen die Angaben der Zielkorngröße von den in der DüMV genannten granulometrischen Erfordernissen ab. Die im nachfolgenden Beispiel diskutierte Wertgranulatfraktion beträgt 1 bis 7 mm.

of a narrow particle size distribution [3], with improved storage, dosing, transportation and spreading properties. The risk of the washing out of nutrients under heavy precipitation is also minimised by a certain “sustained-release” effect [4].

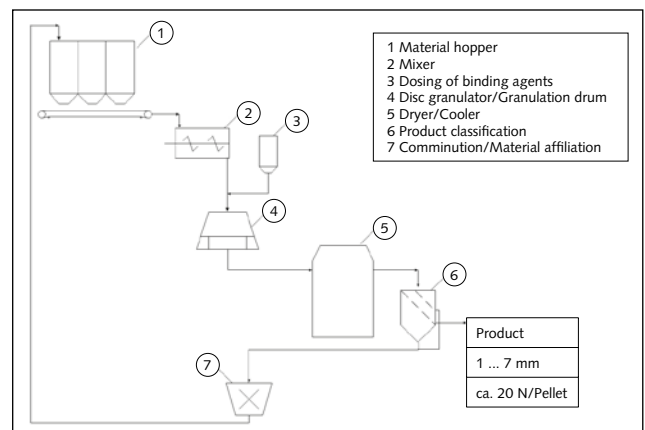
The fertiliser granulates must also meet high demands for particle size and particle size distribution, mechanical strength and abrasion. A particle size distribution of 1 to 5 mm is characteristic of fertilisers; only 1 % of the product may be smaller than 1 mm, and a maximum of 2 % larger than 5 mm [5]. The “Ordinance on the application of fertilisers, soil ameliorants, growing media and plant aids” provides more detailed information on the material-specific granulometry of solid mineral fertilisers [6].

Compression agglomeration and growth agglomeration methods, in particular compaction followed by flake comminution (e.g. 60-grade corn potash), and also disc granulators, pelletizing discs, granulation drums and pelletizing drums, are used for the agglomeration of mineral fertilisers.

Scientific differentiation of the terms “pellet” and “granulate”, and therefore of pelletizing discs, disc granulators, pelletizing drums and granulation drums, is not possible. This article adopts the terminology used in industrial practice, with the result that the term “pellet” is used for growth agglomerates with an average agglomerate diameter in the product material of $d \geq 7$ mm. The term “granulate” is correspondingly applied to growth agglomerates with an average diameter in the product material of $d < 7$ mm, and is therefore employed in the field of fertiliser agglomeration.

The comparative assessment of various growth agglomeration equipment systems is performed via examination of an example of a trace-nutrient mixed fertiliser for the Australian market. Data on target particle size therefore diverges from the granulometric requirements specified in the “DüMV” (Federal German Fertiliser Ordinance). The product granulate fraction discussed in the following example is 1 to 7 mm.

Australian Mineral Fertilisers produces biologically active silicate-based trace-nutrient mixed fertilisers. In Western Australia, these products are also blended with macro-nutrient fertilisers. The mixture of ingredients for the bio-mineral fertiliser is ho-



2 Fließbild der Granulierung mineralischer Düngemittel • Flow sheet for granulation of mineral fertilisers



3 Rohmateriallager/Materialvorbereitung • Feed-material storage/Material preparation

Australian Mineral Fertilisers produziert biologisch aktiven Spurennährstoff-Mischdünger auf Silikatbasis. In West-Australien wird dieser Dünger ebenso mit Makronährstoffdüngern vermischt. Das Stoffgemisch für den Bio-Mineraldünger wird vor der Agglomeration im dispersen Zustand homogenisiert. Somit ist gewährleistet, dass jedes Granulat alle Mineralkomponenten enthält. Die Granulate können mit herkömmlichen Aussaatmaschinen und Düngerstreuern ausgebracht werden.

Die Granulieranlage umfasst im Wesentlichen die in **Bild 2** dargestellten Komponenten. Das feindisperse Aufgabematerial (1), bestehend aus unterschiedlichen mineralischen Komponenten, wie Kalkstein, Basalt und Bentonit (**Bild 3**), wird in einer Mischtrommel (2) homogenisiert und mit einem festen organischen Bindemittel versetzt. Anschließend wird das Material in ein Aufbauagglomerationsaggregat (4) aufgegeben. Darin wird das Gemisch unter Zugabe von Wasser und flüssigem Bindemittel (3) zu Granulaten geformt. Die feuchten Granulate werden daraufhin einem Drehrohrofen mit anschließender Abkühlung zugeführt (5). Erst durch dieses thermische Härten können ausreichend stabile Festkörperbrücken zwischen den Partikeln generiert werden. Zur Garantie der Produktqualität werden die Granulate abschließend klassiert (6), wobei die Unter- und Überkornanteile zerkleinert (7) in den Prozess zurückgeführt werden.

Bereits 2011 wurden erste Überlegungen zur Verbesserung der Produktivität der Anlage angestellt.

mogenised in dispersion prior to agglomeration. It is thus assured that every granulate contains all the mineral components. The granulates can be spread using conventional mechanical seed drills and fertiliser spreaders.



4 Granuliertrommel • Granulation drum



5 Granulierteller HAVER SCARABAEUS SC4200 während der Inbetriebnahme • HAVER SCARABAEUS SC4200 disc granulator during the commissioning

Als Schwachstelle innerhalb der Produktion wurde die Granuliertrommel identifiziert (Bild 4). Diese ist maßgeblich limitierend für den Gesamtanlagendurchsatz von maximal 7,7 t/h bei einem Ausbringen von 60 M.-% Wertgranulat im Bereich von 1 bis 7 mm. Daraufhin wurden im Folgejahr Untersuchungen zur Aufbauagglomeration des mineralischen Düngemittels im Granulierteller durchgeführt. Im Ergebnis dessen, wird seit 2013 bei Australian Mineral Fertilisers ein Granulierteller der Baureihe HAVER SCARABAEUS 4200, welcher in Münster gefertigt und durch die HAVER NIAGARA GmbH vertrie-

The granulation system essentially comprises the components shown in Fig. 2. The finely dispersed feed material (1), consisting of various mineral components, such as limestone, basalt and bentonite (Fig. 3) is homogenised and mixed with a solid organic binder in a drum mixer (2). The material is then fed into a growth agglomeration machine (4). Here, water and liquid binder (3) are added to the mixture, which is formed into granules. The wet granules are routed to a rotary kiln, and then into a cooling system (5). Only this thermal hardening process permits the generation of solids bridges of adequate strength



ben wurde, anstelle der bisher verwendeten Granuliertrommel eingesetzt (Bild 5).

Ausschlaggebend für die Bildung von Granulaten aus feindispersen Aufgabematerial in Granulierteller und Granuliertrommel sind Haftmechanismen zwischen den Partikeln. Durch Partikelkollisionen können so, die zumeist kapillaren, Bindungskräfte wirksam werden. Die dafür notwendigen Relativbewegungen im Materialbett werden durch die Rotation des Prozessraumes generiert. Während der Prozessraum eines Granuliertellers flach-

between the individual particles. To assure product quality, the granules are then classified (6), the undersize and oversize fractions being returned comminuted (7) to the process.

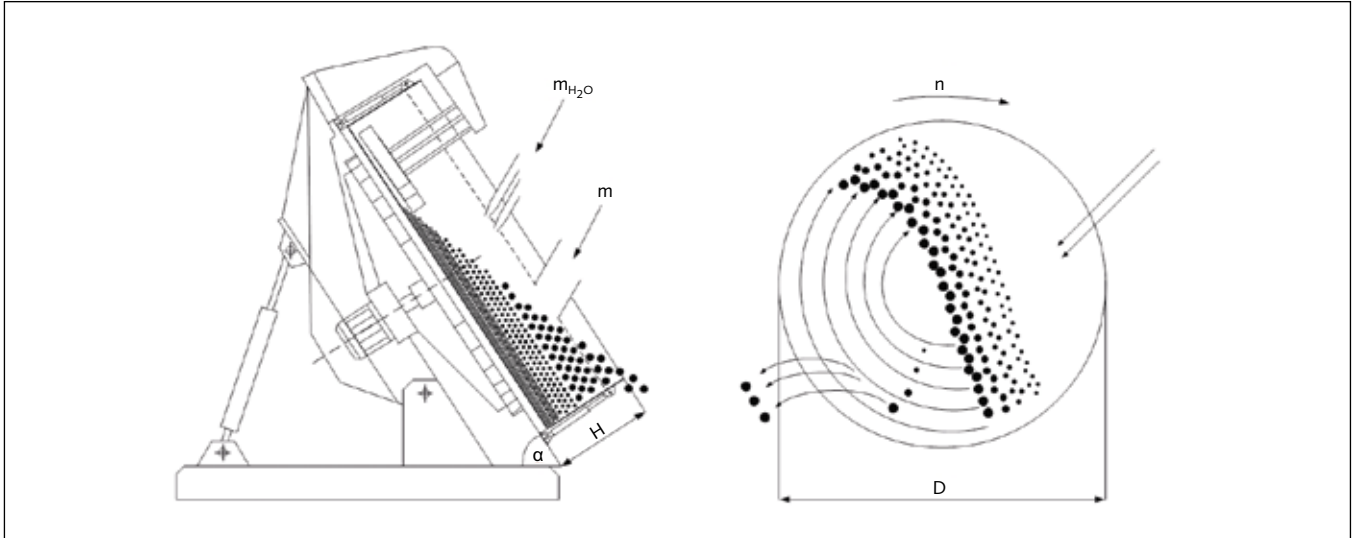
Improvement of the productivity of this system was initially considered as early as 2011.

The granulation drum (Fig. 4) was identified as a weak point within the production chain, since it imposes definitive limits on total system throughput of a maximum of 7.7 t/h for a yield of 60 % by mass of product granulate in the 1 to 7 mm particle size range. Tests investigating growth agglomeration of the mineral fertiliser using a disc granulator were performed the following year. As a result, a HAVER SCARABAEUS 4200 series disc granulator, manufactured in Münster and sold by HAVER NIAGARA GmbH has been in use at Australian Mineral Fertilisers, replacing the granulation drum previously used, since 2013 (Fig. 5).

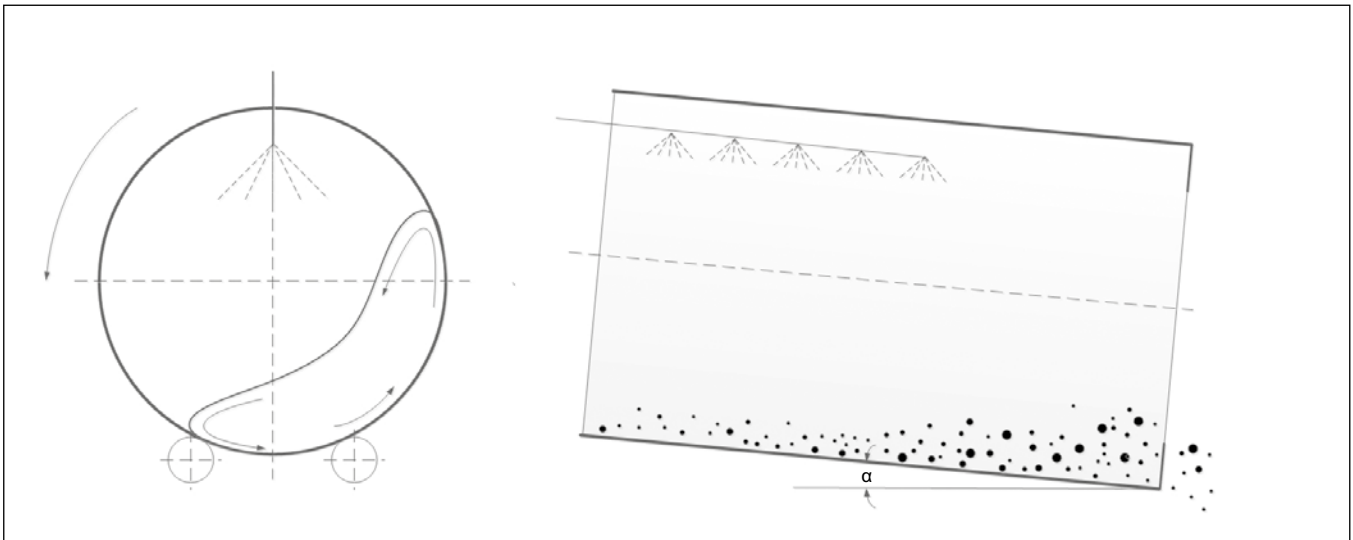
Adhesion mechanisms between the particles are essential for the formation of granulates from finely dispersed feed material in disc granulators and granulation drums. The – generally capillary – bonding forces can thus act as a result of particle collisions. The necessary relative motions in the material bed for this purpose are generated via rotation of the process chamber. The process chamber of a disc granulator has a flattened cylindrical form and is inclined at an angle of approx. 45 to 60 ° to the horizontal (Fig. 6), whereas the process chamber of a granulation drum generally takes the form of a rotating tube which is inclined by around 2 to 4° toward the outlet and has a ratio of length to diameter of $L / D = 3 / 1$ (Fig. 7). The specific energy consumption of these two machines differ only slightly, and can be stated at approx. 1.5 kWh/t. The only slight segregation effect occurring in the granulation drum, which is discussed below, results in a wide particle size distribution of the granulate from this machine (Fig. 8). This generates an undersize fraction which, for its part, is returned again to the granulation process. Specific installed power consumption referred to the product is thus greater than in the case of the disc granulator, in which an undersize fraction can largely be excluded. The advantages of the granulation drum can be found in its simple and robust design, and in its higher specific granulation factor. The use of a granulation drum may be rational if a narrow product particle size distribution is not necessary, and if no material diversities need to be anticipated.

A disc granulator should be used if a narrow particle size distribution is necessary in the product and differing feed materials need to be expected. The narrow particle size distribution produced in the disc granulator is achieved as a result of the well pronounced classifying effect within the kidney-shaped bed of material, also known as the “segregation effect” (Fig. 8). The large range of selectable parameters for the disc granulator makes optimisation of the process for the target product variables possible. This necessitates precise knowledge of the process and the materials, however.

In our particular case, fertiliser quality was to be improved, in addition to achieving higher throughputs of up to 15 t/h. One product-quality criterion here is the “circularity” (roundness) of the granulates. Samples of product were taken from the granulation drum and from the disc granulator during ongoing

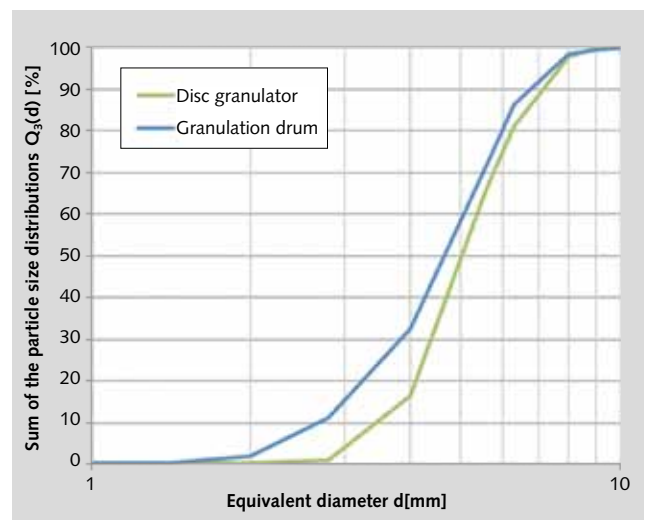


6 Schematische Darstellung eines Granuliertellers mit Klassiereffekt der Agglomerate [8] • Schematic view of a disc granulator incorporating a classifying effect on the agglomerates [8]



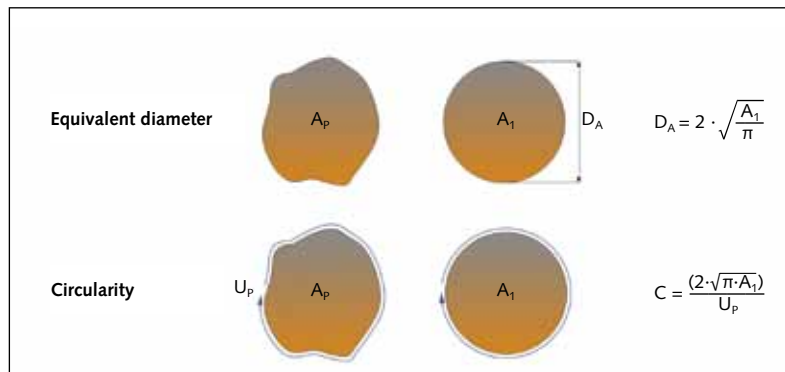
7 Schematische Darstellung einer Granuliertrommel – ohne Klassiereffekt • Schematic view of a granulation drum – without classifying effect

zylindrisch ausgebildet ist und in einem Winkel zur Horizontalen von ca. 45 bis 60 ° geneigt ist (Bild 6), wird der Prozessraum einer Granuliertrommel im Allgemeinen durch ein rotierendes Rohr, welches um ca. 2 bis 4 ° zum Austrag hin geneigt ist und ein Längen-Durchmesser-Verhältnis von $L / D = 3 / 1$ aufweist, gebildet (Bild 7). Der spezifische Arbeitsbedarf beider Aggregate unterscheidet sich nur geringfügig und kann mit ca. 1,5 kWh/t angegeben werden. Aufgrund des gering ausgeprägten Segregationseffekts, welcher nachfolgend erläutert wird, ergibt sich eine breite Korngrößenverteilung des Granulates aus der Granuliertrommel (Bild 8). Dies führt zu einem Anteil an Unterkorn, welcher wiederum in den Granulationsprozess zurückgeführt wird. Dadurch ist die spezifische installierte Antriebsleistung, bezogen auf das Produkt, größer als bei einem Granulierteller, bei dem Unterkorn weitgehend ausgeschlossen werden kann. Der Vorteil der Granuliertrommel ist die einfache und robuste Konstruktion und ein höherer spezifischer Granulierungsfaktor. Ist keine enge Partikelgrößenverteilung des Produktes notwendig und sind keine Materialdiversitäten zu erwarten, kann der Einsatz einer Granuliertrommel sinnvoll sein.



8 Vergleich der Korngrößenverteilungen (jeweils nach Klassierung) • Comparison of particle size distributions (after classifying in each case)

Wird eine enge Partikelgrößenverteilung des Produktes gefordert und ist mit unterschiedlichen Aufgabematerialien zu rechnen, sollte ein Granulierteller eingesetzt werden. Die enge Partikelgrößenverteilung im Granulierteller wird durch den gut ausgeprägten Klassiereffekt innerhalb der Materialniere, auch als Segregationseffekt bezeichnet, erreicht (Bild 8). Durch die Vielzahl der Einstellparameter des Granuliertellers ist eine Prozessoptimierung auf die Zielgrößen des Produktes möglich. Dies erfordert jedoch genaue Prozess- und Materialkenntnisse.



9 Definition des Äquivalentdurchmessers (oben) und der Zirkularität (unten)
 Definition of equivalent diameter (top) and circularity (bottom)

Neben einer höheren Durchsatzleistung von bis zu 15 t/h sollte beim vorliegenden Einsatzfall die Düngerqualität verbessert werden. Ein Kriterium der Produktqualität stellt dabei die Zirkularität (Maß für Rundheit) der Granulate dar. Zur Analyse der Granulometrie der Granulate wurden Produktproben der Granuliertrommel und des Granuliertellers während des Produktionsbetriebes entnommen. Die Probenahme erfolgte jeweils im Produktstrom nach der Klassierung. Zur Bestimmung der Granulometrie der Granulate wurde ein HAVER CPA (Computerized Particle Analyser) verwendet. Der HAVER CPA analysiert mittels dynamischer Bildanalyse Partikelgrößen und Partikelformen berührungslos und in Echtzeit. Das Gerät besteht im Wesentlichen aus einer Zeilenkamera als Sensor, einer LED-Lichtquelle, einer elektromagnetischen Materialzuführung sowie einer Software-Schnittstelle zur Steuerung und Auswertung. Von dem rieselfähigen Schüttgut können im freien Fall zweidimensionale Echtzeitmessungen im Gegenlichtverfahren durchgeführt werden. Die räumliche Orientierung der Granulate im freien Fall ist statistisch verteilt, sodass alle Abbildungslagen erfasst werden [7].

Für die Ermittlung der Korngrößenverteilung stehen dabei verschiedene Größendefinitionen zur Verfügung, welche dem jeweiligen Anwendungsfall entsprechend ausgewählt werden können. Zur Analyse der Düngemittelgranulate wird der Äquivalentdurchmesser gewählt. Dies ist der Durchmesser eines Kreises, dessen Fläche gleich der Projektionsfläche des Realpartikels ist (Bild 9).

Zur Auswertung der Partikelform stehen ebenfalls verschiedene Formenkennwerte zur Verfügung. Als Kriterium für die Formbewertung der Düngemittelgranulate wird die Zirkularität verwendet. Die Zirkularität ist als Umfang eines projektionsflächengleichen Kreises bezogen auf den Umfang der tatsächlichen Projektionsfläche definiert (Bild 9). Da der Umfang der Realpartikel U_p in jedem Fall größer als der Umfang des projektionsflächengleichen Kreises ist, nimmt die Zirkularität C Werte zwischen 0 und 1 an, wobei $C = 1$ einem idealen Kreis entspricht.

Die Gegenüberstellung der Zirkularitätsverteilung im Wertkornbereich von 1 bis 7 mm zeigt, dass die Granulate, welche im

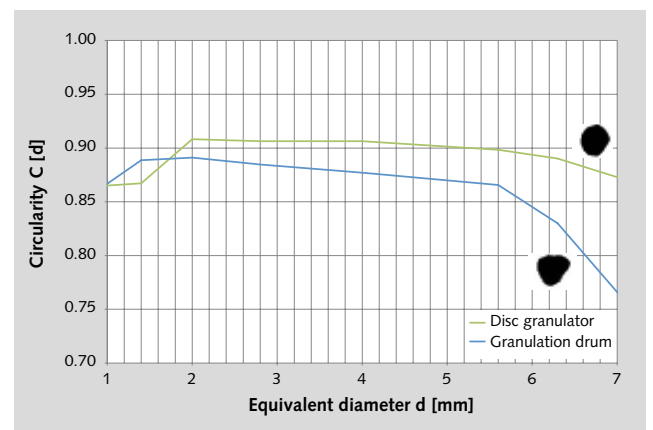
production in order to permit analysis of the granulometry of the granulates. Sampling was in each case performed from the product flow after the classifier. A HAVER CPA (computerised particle analyser) was used for determination of the granulometry of the granulates. The HAVER CPA performs non-contact real-time analysis of particle sizes and particle geometries by means of dynamic image analysis. The instrument consists essentially of a line-scanning camera, as the sensor, an LED light source, an electromagnetic material feed system and a software interface for the purpose of control and evaluation. Two-dimensional real-time measurements of the pourable bulk product during free fall can be performed using the against-the-light technique. The spatial orientation of the granulates in free fall is statistically distributed, with the result that all image orientations are registered [7].

Various size definitions, which can be selected for the particular application, are available for determination of particle size distribution. Equivalent diameter is selected for the analysis of these fertiliser granulates. This is the diameter of a circle, the surface area of which is identical to the projected surface area of the actual particle (Fig. 9).

Various shape characteristics are also available for evaluation of particle geometry. Circularity is used as the criterion for evaluation of the shape of the fertiliser granules. Circularity is defined here as the circumference of a circle identical to the projected surface referred to the circumference of the actual projection surface (Fig. 9). Since the circumference of the actual particle U_p is in all cases greater than the circumference of the circle of identical projected area, circularity C has values of between 0 and 1, with $C = 1$ equating to an ideal circle.

Various size definitions, which can be selected for the particular application, are available for determination of particle size distribution. Equivalent diameter is selected for the analysis of these fertiliser granulates. This is the diameter of a circle, the surface area of which is identical to the projected surface area of the actual particle (Fig. 9).

Various shape characteristics are also available for evaluation of particle geometry. Circularity is used as the criterion for evaluation of the shape of the fertiliser granules. Circularity is defined here as the circumference of a circle identical to the projected surface referred to the circumference of the actual projection surface (Fig. 9). Since the circumference of the actual particle U_p is in all cases greater than the circumference of the circle of identical projected area, circularity C has values of between 0 and 1, with $C = 1$ equating to an ideal circle.



10 Darstellung der Zirkularität der Granulate aus Granulierteller und -trommel (jeweils nach Klassierung) • Circularity of granulates from the disc granulator and from the granulation drum (after classifying in each case)

Tabelle 1 Vergleich der Produktionsdaten

	Granuliertrommel	Granulierteller
Wertfraktion	1 ... 7 mm	1 ... 7 mm
max. Wertkornausbringen	60 M.-%	80 M.-%
max. Gesamtdurchsatz	7,7 t/h	15 t/h
max. Produktdurchsatz	4,6 t/h	12,0 t/h

Granulierteller erzeugt wurden, deutlich runder sind als die Granulate, welche in der Granuliertrommel erzeugt wurden (**Bild 10**). Dies ist im speziellen Fall durch die Gummiauskleidung der Granuliertrommel zu erklären. Während die Granulate im Granulierteller auf einer homogenen Materialschicht bzw. auf Granulaten abrollen können, werden die Granulate der Granuliertrommel durch das Abrollen auf der Gummiauskleidung deformiert.

Durch die höhere Zirkularität wird der Formschluss zwischen den Granulaten verringert und damit eine bessere Vereinzlung der Granulate erreicht. Dies führt zu einer verbesserten Lagerung und Dosierung sowie geringerem Abrieb. Außerdem ist mit einer geringeren Staubemission und verbesserten Depotwirkung der Granulate zu rechnen.

Wie der Vergleich der Produktionsdaten von Granuliertrommel und Granulierteller (**Tabelle 1**) veranschaulicht, konnte durch den Einsatz des Granuliertellers HAVER SCARABAEUS 4200 bei Australian Mineral Fertilisers die Produktion der Gesamtanlage deutlich gesteigert werden. Zudem wurde auch die Qualität der Granulate verbessert.

Unter Beachtung der in der DüMV [6] genannten Kriterien für mineralische Düngemittel und Düngekalke stellt die Granulierung eine einfache und kostengünstige Möglichkeit dar, aus feindispersen Reststoffen verkaufsfähige Düngemittel zu generieren. So können beispielsweise die Füllerfraktionen von Basalt-, Kalkstein- und Dolomitsteinbrüchen zur Deckung des pflanzlichen Nährstoffbedarfs beitragen.

Neben der Granulierung von Düngemitteln wird der Granulierteller unter anderem im Recycling von Hüttenwerksreststoffen, Baustoffen und Kraftwerksflugstäuben, der Rohstoffvorbereitung in der Glasindustrie sowie der Pelletierung von Eisenerzkonzentrat verwendet [9].

Table 1 Comparison of production data

	Granulation drum	Disc granulator
Product fraction	1 to 7 mm	1 to 7 mm
max. product-particle yield	60 wt.-%	80 wt.-%
max. total throughput	7.7 t/h	15 t/h
max. product throughput	4.6 t/h	12.0 t/h

Comparison of circularity distribution in the 1 to 7 mm product particle range indicates that the granulates produced in the disc granulator are significantly rounder than the granulates produced in the granulation drum (**Fig. 10**). In our special case, this can be explained by the rubber lining of the granulation drum. The granulates in the disc granulator are able to roll down on a homogenous layer of material or on granulates, whereas the granulates in the granulation drum are deformed by rolling on the rubber lining.

Thanks to the higher circularity, interlocking between the granulates is reduced, and improved “singling” (separation) of the granulates thus achieved. This results in improved storage and dosing, and also lower abrasion. Reduced dust emissions and an improved sustained release by the granulates can also be anticipated.

As comparison of the production data for the granulation drum and the disc granulator illustrates (**Table 1**), the use of the HAVER SCARABAEUS 4200 made it possible to increase the production of the overall plant at Australian Mineral Fertilisers significantly. Granulate quality was also improved.

Assessment against the criteria for mineral fertilisers and agricultural limes stated in the DüMV [6] indicates that granulation is a simple and rational-cost method of producing saleable fertilisers from finely dispersed by-products. The fines fractions occurring at basalt, limestone and dolomite quarries can, for example, be used to meet plant nutrient needs.

In addition to the granulation of fertilisers, the disc granulator is also used in the recycling of iron and steel plant by-products, building materials and power plant fly ash, in feed-material preparation in the glass industry, and in pelletizing of iron-ore concentrate [9].

Literatur • Literature

- [1] Schilling, G. (2000). Pflanzenernährung und Düngung. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.
- [2] <http://www.gartengnom.net/naehrstoffe-fuer-pflanzen/>. Retrieved on 26 November 2014
- [3] Wulffen, U. v. et al (2006). Hinweise zur Kalkdüngung. Frankfurt am Main: DLG e.V.
- [4] Lampke, J., Silge, S. (2008). Aufbauagglomeration mit Pelletiertellern - ein bedeutender Prozess in Zeiten weltweit steigender Eisenerznachfrage. AT Aufbereitungstechnik, 49 (8), pp. 4-15
- [5] Lance, G. (2007). Handbook of solid fertilizer blending - Code of good practice for quality. Parthenay, France: European Fertilizer Blenders Association
- [6] Federal German Fertiliser Ordinance dated 5 December 2012 (Federal German Legal Gazette I p. 2482). (2012). German title: Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung) German abbreviation: DüMV
- [7] Unland, G., Folgner, T. (May/June 1997). Automatische Kornformbestimmung durch photooptische Partikelanalyse. Die Natursteinindustrie, pp. 20-28
- [8] Lieberwirth, H., Lampke, J. (2013). New Opportunities in Handling Pelletized Materials. Bulk Ports, Terminals & Logistics 2013. Antwerp
- [9] Lampke, J. et al. (2011). Qualitätssteigerung von Roh- und Reststoffen durch Anwendung von Pelletierverfahren. AT MINERAL PROCESSING 52 (03), pp. 54-61