

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt die Produkt- und Verfahrensentwicklung von mineralischen Düngemitteln anhand eines konkreten Beispiels aus dem industriellen Umfeld der Kaliindustrie dar. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Prüfung der technischen Machbarkeit zur Herstellung eines streufähigen Kaligranulats, welches aus einem Nährstoffkomplex aus den Komponenten Kalium, Magnesium und Schwefel besteht. Für die Entwicklung dieses Produkts werden zunächst geeignete Prozessschritte zur Prüfung (u.a. mechanische Granulatqualität, Nährstoffverteilung, Lagerstabilität) und konkrete Rahmenbedingungen definiert (u.a. Herstellung mittels Pressgranulation, ausreichende Produktqualität, großtechnisch machbare Produktion).

Im Labormaßstab werden verschiedene Rohstoffzusammensetzungen getestet und mittels Walzenpressen und anschließender Zerkleinerung zu Bruchgranulaten verarbeitet. Eine erste Machbarkeit ist gegeben, jedoch sorgt die Zugabe von elementarem Schwefel in fester Form, aufgrund seiner Brennbarkeit und Staubexplosionsfähigkeit, für sicherheitstechnische Hürden, die eine großtechnische Machbarkeit kritisch erscheinen lassen.

Der daher vollzogene Wechsel des Aggregatzustands des Schwefels durch Aufschmelzen ermöglicht völlig neue Möglichkeiten der Verarbeitung. Zumal der Schwefel nun als thermoplastisches Bindemittel fungiert und deutlich bessere Granulatqualitäten ermöglicht. Nebenbei wird durch Zugabe von flüssigem Schwefel vor dem Kompaktiervorgang jeglicher Staub gebunden, wodurch sich ein sicherheitstechnischer Mehrwert ergibt. Im Rahmen der Untersuchungen wird zudem ersichtlich, dass neben der Presskraft nun auch die Temperatur, mit der die Mischung kompaktiert wird, einen sehr entscheidenden Einfluss hat. Es kann nachgewiesen werden, dass der Schwefel im Salzgefüge eine gewisse Mobilität besitzt und bei ungünstigen Temperatur- und Druckverhältnissen aus dem Kaliumchlorid-Schwefel-Gefüge herausgepresst werden kann. Dadurch kann ein Optimum definiert werden, das im Vergleich zur Kompaktierung mit festem Schwefel bis zu 60 % weniger Presskraft benötigt.

Diese Erkenntnisse ermöglichen die Prüfung eines Wechsels des Herstellungsverfahrens von dem Kompaktier-Zerkleinerungs-Verfahren zur Brikettierung, wodurch sich wiederum mehrere Vorteile ergeben. Die Bindewirkung des Flüssigschwefels und die Formbarkeit bei geringeren Presskräften sorgen für sehr hohe Produktausbeuten. Weiterhin benötigen die Briketts nach der Walzenpresse lediglich eine Separierung, auf eine großtechnische Aufmahlung und große Kreislaufrufen kann verzichtet werden, wodurch aus sicherheitstechnischer Betrachtung dieses Verfahren für die Herstellung schwefelhaltiger Kaligranulate zu favorisieren ist. Aus agronomischer Sicht sorgt zudem die rundere Kornform und ein engeres Kornband für bessere Streu- und Mischbarkeit. Die Korngröße der hergestellten Briketts liegt oberhalb der üblichen Korngröße von streufähigen Düngemitteln, warum im weiteren Verlauf ein Prototyp Minibrikettierer auf seine Eignung getestet wird. Da es sich von der Dimensionierung her um eine Produktionsanlage handelt, werden zunächst gewisse Einstellungen und Bedienabläufe standardisiert, damit eine Reproduzierbarkeit der Prozessergebnisse gegeben ist. Die erhaltenen Ergebnisse bestätigen eine sehr gute Granulatqualität und bekräftigen den vorherigen Trend.

Abschließend werden zwei Wirtschaftlichkeitsaspekte, der spezifische Energiebedarf und die spezifischen Investitionskosten der Kompaktierpresse gegenüber dem Minibrikettierer, beleuchtet. Dabei ergibt sich, dass die Technologie der Minibrikettierung für den vorliegenden Anwendungsfall eine interessante Alternative zum klassischen Kompaktier-Zerkleinerungs-Verfahren darstellt. Um jedoch einen kompletten Minibrikettierungsprozess bewerten zu können, muss dieser weiter erforscht werden.

Abstract

This work presents the product and process development of mineral fertilizers using a specific example from the industrial environment of the potash industry. The focus of this work is a feasibility study of producing a spreadable potash granulate consisting of a nutrient complex of the following components: potassium, magnesium and sulfur. For the development of this product, suitable process steps for testing (including mechanical granulate quality, nutrient distribution, storage stability) and specific framework conditions are defined (including production by compaction, sufficient product quality, industrially feasible production).

Various raw material compositions are being tested on a laboratory scale and processed into granules using roller presses and subsequent crushing. Initial feasibility has been established, but the addition of elemental sulfur in a solid state, creates safety-related challenges, due to its flammability and dust explosion properties, that make industrial-scale feasibility doubtful.

Changing the aggregate state of the sulfur into the liquid state allows completely new processing possibilities. Thereby the sulfur acts as a thermoplastic binder and enables significantly better granule qualities. The addition of sulfur in liquid form prior to the compacting process also binds any dust, which provides added value in terms of process safety. The investigations also show that, in addition to the pressing force, the temperature at which the mixture is compacted has a very decisive influence. It can be demonstrated that the sulfur in the salt structure has a certain mobility and can be pressed out of the potassium and sulfur structure under unfavorable temperature and pressure conditions. As a result, an optimum can be defined that requires up to 60 % less pressing force compared to compacting with solid sulfur.

These knowledge enables the testing of a change in the production process from the compacting-crushing process to briquetting, which in turn results in several advantages. The binding effect of the liquid sulfur and the formability with lower pressing forces ensure very high product yields. Furthermore, the briquettes only need to be separated after the briquetting press and there is no need for large-scale grinding and large circulation quantities, which means that this process is favorable for the production of sulfur-containing potash granulates from a safety point of view. From an agronomic point of view, the rounder particle shape and narrower particle range also ensure better spreading and blending properties. The particle size of the produced briquettes is above the usual particle size of spreadable fertilizers, which is why a prototype of a mini-briquetting unit was tested for its suitability. As this is a production plant in size, certain settings and operating procedures first must be standardized so that the process results could be reproduced. These results confirm a very good granulate quality and reflect the previous trend.

In conclusion two economic aspects, the specific energy requirement and specific investment costs of the compactor compared to the mini-briquetting unit, are examined. Thereby the mini-briquetting technology represents an interesting alternative to the conventional compaction-crushing process for the application considered here. Nonetheless further research is required to evaluate a complete mini-briquetting process.