

NETZSCH

Proven Excellence.



Neuer nachhaltiger mechanischer Verfahrensprozess
zur Vermahlung von grobkörnigem Schwefel für
agrochemische Anwendungen

Business Unit
GRINDING & DISPERSING

NEUER NACHHALTIGER MECHANISCHER VERFAHRENSPROZESS ZUR VERMAHLUNG

Hans-Georg Kißwetter | NETZSCH-Feinmahltechnik GmbH, Selb | Deutschland

1. EINLEITUNG

Schon seit Beginn des Pflanzenbaus sucht der Mensch nach Methoden, das Pflanzenwachstum zu verbessern und das Saatgut und die Ernte vor Schädigungen zu bewahren mit dem Ziel, die Ausbeute und Qualität der Ernte zu steigern und die Ernährung der Bevölkerung sicherzustellen. Bereits in der Antike begann der Mensch sich chemischer Methoden, vor allem der Düngung, zu bedienen. [I]

Neben der ausreichenden Pflanzenernährung ist die Vernichtung der Ernte durch Insekten und Pilzbefall ein ernstes Problem. Gängige Lehrmeinung ist, dass ohne agrochemische Produkte wie Dünger und Pflanzenschutzmittel die Produktion von Feldfrüchten und Getreide bei wachsender Weltbevölkerung, geringer werdender Anbauflächen und erhöhter Nachfrage nach Biokraftstoffen die weltweite Nachfrage nicht befriedigen kann. [I]

Schwefel ist ein seit langem vom Menschen genutztes Element. Chinesen und Ägypter nutzten um etwa 5000 v. Chr. Schwefel zum Bleichen von Textilien, als Arzneimittel und zur Desinfektion. Schwefel wird sowohl in der chemischen Industrie als auch in der pharmazeutischen Industrie genutzt, unter anderem zur Produktion von Schwefelsäure, Farbstoffen, Pestiziden und Kunstdüngern. [II]

Im Altertum setzten Bauern bereits in Öl suspendierten Schwefel sowie Arsen als Insektizid ein. In der Frühzeit nutzte man Schwefel, Asche, Kalk oder Urin, um die Pflanzen vor Pilzbefall zu schützen. [I]

Zu den Makronährstoffen gehören Stickstoff, Kalium, Phosphor, Magnesium, Schwefel und Calcium. Von diesen benötigen die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen im Laufe ihrer Entwicklung je nach Nährstoff etwa 20 kg - 350 kg pro Hektar. [III]

Mit der Düngung wird die Ernährung der Pflanze verbessert, das Pflanzenwachstum gefördert, der Ertrag erhöht, die Qualität der Ernteprodukte verbessert und letztlich durch Schwefel z.B. die Bodenfruchtbarkeit erhalten und gefördert. [III]

seine Wirkung beim Einsatz in den Nutzflächen als Fungizid und auch als Düngemittel. Durch den sehr feinen Aufschluss (große spezifische Oberfläche der Partikel) wird eine hohe Reaktivität des Schwefels erzeugt, was folgenden Nutzen für Endanwender hat:

- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch Reduzierung der Produktmenge
- Hohe, an die Bedürfnisse des Endanwenders angepasste, Produktqualität und Produkteigenschaften:
 - Vor der Ausbringung auf die Pflanze muss das Pulver in Wasser dispergiert werden. Die Suspension ist umso stabiler je feiner die Partikel sind. So kommt es während des Betriebs nicht zu einer Sedimentation.
 - Die Ausbringung auf die Pflanzen erfolgt durch ein Sprühsystem mit einer Reihe von Düsen. Eine Verstopfung der Düsen durch übergroße Partikel führt zu Störungen beim Ausbringen der Pestizide (erlaubt kein regelmäßiges Sprühen und kann es sogar unmöglich machen).
- Geringere Belastung der Umwelt nach der Behandlung
- Nachhaltigere Bewirtschaftung seiner Nutzflächen bzgl. Umwelt, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit

Je feiner der Schwefel ist, umso effizienter ist

UNG VON GROBKÖRNIEM SCHWEFEL FÜR AGROCHEMISCHE ANWENDUNGEN

2. SCHWEFELVERMAHLUNG (MIKRONISIERUNG)

Durch die ideale Vermahlung in unterschiedlich große Schwefelpartikel wird zum einen nach Ausbringung auf die Felder eine schnelle Umwandlung zu Beginn der Vegetationszeit (bei kleinen Partikeln) und zum anderen eine langsamere Umwandlung über die gesamte Vegetationszeit hinweg (bei großen Partikeln) erreicht. [IV]

Schwefel ist ein reaktionsfreudiges Element und reagiert bei erhöhter Temperatur mit vielen Metallen. An Luft entzündet sich Schwefel ab einer Temperatur von etwa 250 °C. Schwefel stellt also ein Staubexplosionsrisiko dar. Die Charakterisierung erfolgt durch ein zertifiziertes Labor, welches die anwendbaren Werte für Staubexplosion festlegt. Dies betrifft vor allem die Mindestzündenergie, die Zündtemperatur und den KSt-Wert (eine staub- und prüfverfahrensspezifische Kenngröße, die zusammen mit dem maximalen Explosionsüberdruck das Reaktionsverhalten eines Staubes charakterisiert). [IV]

Die Trocken-Vermahlung von Brockenschwefel zu Mahlschwefel mit Endfeinheit von kleiner 44 µm oder Netzschwefel mit Feinheit kleiner 5 µm ist hochproblematisch, da sich Schwefelstaub spontan entzündet und Explosionen auslösen kann, sowie stark wärmeempfindlich und elektrostatisch aufladbar ist. [IV]

Schwefel ist in der Staubexplosionsklasse „St 2“ eingestuft. Allerdings liegt die Mindestzündenergie im Bereich von < 1 mJ und die Sauerstoffkonzentration i.d.R. bei 9 Vol.-%. Problematisch ist der Anteil < 100 µm. Bei der Feinmahlung liegt dieser Anteil in der Korngrößenverteilung in der Regel mit ca. 8 - 12 % vor. Dieser Staub hat einen Medianwert von ca. 20 µm, wofür vorgenannte Zahlenwerte gelten.

In Abhängigkeit dieser Daten und bei Überschreitung der Grenzwerte muss die Mahlanlage mit einem angemessenen Explosionsschutz ausgestattet werden. Eine Lösung mit Druckstoßauslegung der Anlage einschließlich spezifischer Elemente wie Explosionsventile und Berstscheiben hat den Vorteil, dass sie die Produktionskosten begrenzt und den Betrieb einfach hält. Eine zweite

Lösung ist das Mahlen unter Inertgas mit Kontrolle des Sauerstoffgehalts in der Anlage. Ein Explosionsunterdrückungssystem mit Feuerlöschpulver, das bei Bedarf in die Anlage gesprüht wird, ist die dritte Möglichkeit. [IV]

2.1 Der herkömmlicher „Roh-Schwefel-Zerkleinerungsprozess“

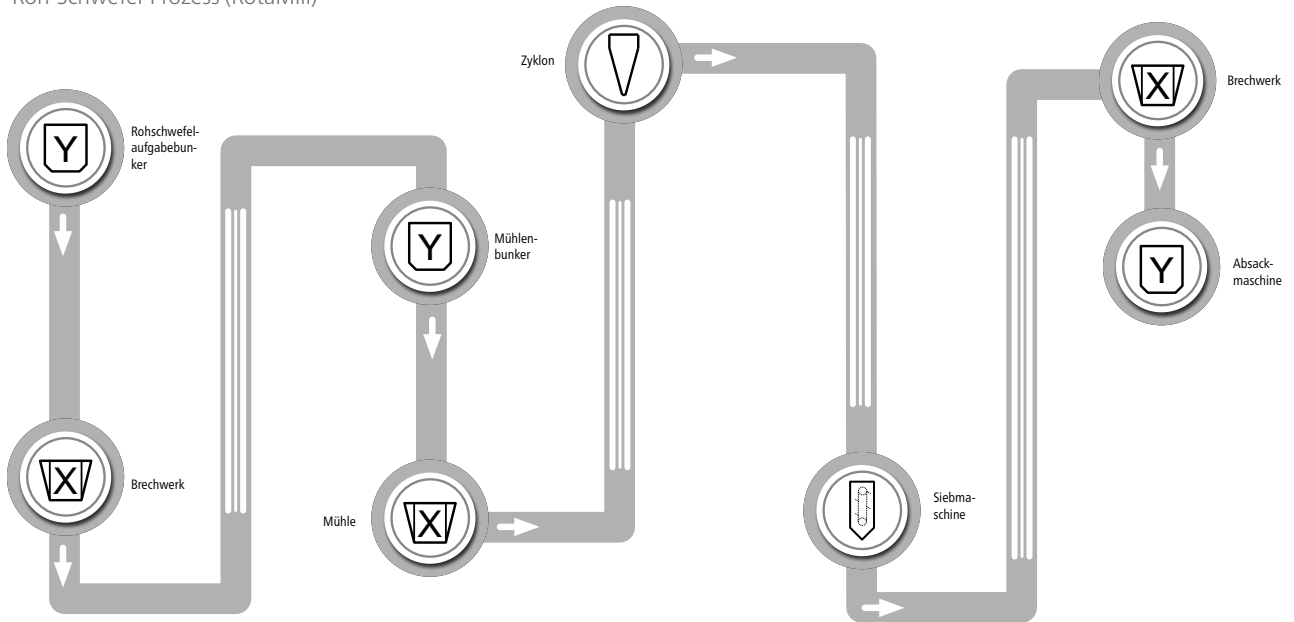
Für die Vermahlung von Rohschwefel (i.d.R. als große Brocken, z.B. aus Schwefelminen, vorliegend, siehe Abb. 1) wird die komplette Mahlanlage (bestehend aus Aufgabe, Vorbrecher, Fördersystem, Mühle mit integriertem dynamischen Sichter, Zyklon, Absackung und Verpackung) standardmäßig komplett mit Schutzgas inertisiert und auf O₂-Gehalt überwacht (siehe Abb. 2) Die Systeme sind in der Regel doppelwandig ausgeführt, so dass eine zusätzlich integrierte Kaltwasserkühlung als weitere Sicherheitsfunktion genutzt werden kann. Auch das schwierige Fließverhalten des Schwefels sowie dessen elektrostatische Aufladung und die damit verbundene Zündenergiethematik ist stets zu berücksichtigen, damit keine ungewollten Reaktionen / Ereignisse stattfinden, welche die Anlage beschädigen und Bediener verletzen können. [IV]

Abbildung 1
Schwefelfabrik



Abbildung 2

Roh-Schwefel-Prozess (RotaMill)



2.2 Die „Schwefel-Trocken-Feinvermahlung“

Um aus dem vorzerkleinerten Schwefel (aus dem Roh-Schwefel-Zerkleinerungsprozess, siehe Abb. 2) oder aus Schwefel-Granulaten /-Lentils aus den modernen Entschwefelungsprozessen (siehe Abb. 3 und 4) den gewünschten mikronisierten Schwefel (siehe Abb. 5) zu erhalten, wird eine „Schwefel-Trocken-Feinvermahlung“ (siehe Abb. 6 und 7) durchgeführt. Bei diesem Feinmahlprozess wird der vorzerkleinerte Rohschwefel mittels Gebläse oder Druckluftkompressor von der Rohstoffaufgabeeinheit bzw. vom Rohstoff-Dosier- und Mischsystem der Trocken-Feinmühle (Prall-, Sieb- oder Strahlmühle) zugegeben und darin unter Ausnutzung von Prall- und Stoßkräften feinvermahlen. In der nachfolgenden Filterstation (z.B. Zyklonabscheider) wird der auf die geforderte Qualität vermahlene Schwefel im Fertigmateriabunker gesammelt.

Abbildung 3

Rohschwefel in Form von Schwefel-Lentils ca. 2 mm - 8 mm Größe



Abbildung 4

Rohschwefel in Form von Schwefel-Granulate ca. 2 mm - 8 mm Größe



Abbildung 5

mikronisierter (Netz-) Schwefel

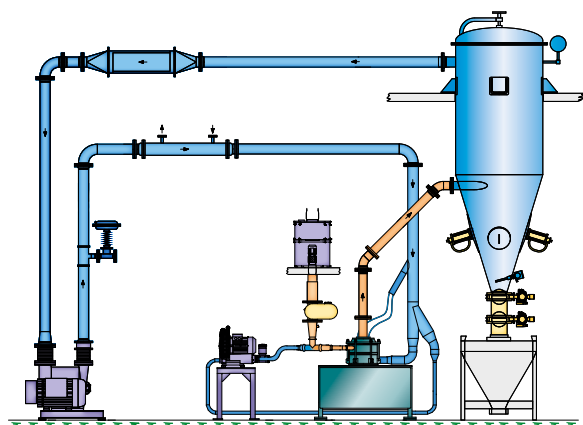


2.2.1 Trockenfeinmahanlage mit Inertisierung

Findet dieser Prozess im geschlossenen Kreisgas-System (siehe Abb. 6) statt, wird das Prozessgas (z.B. Stickstoff) in einen geschlossenen Kreislauf (Closed-Loop) mittels Gebläse zirkuliert und auf O_2 -Gehalt überwacht wird.

Abbildung 6

Prozessdarstellung für trockene Schwefel-Fein-Vermahlung im geschlossenen System (Closed Loop System)



2.2.2 Trockenfeinmahanlage in druckstoßfester Ausführung

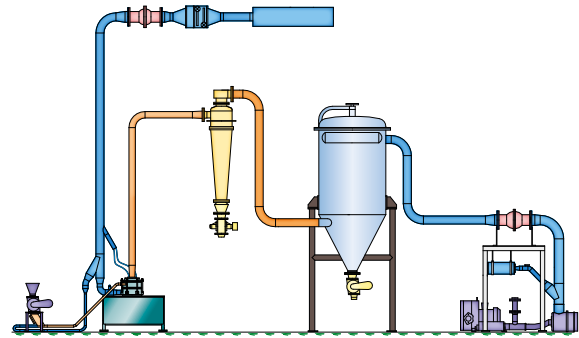
Findet hingegen der Prozess unter Atmosphärenbedingungen statt, so treten in nahezu allen Produktionsprozessen sowohl Überdruck- und Vakuumzustände auf. Über- oder unterschreitet der Druck die definierten Grenzen, können schwere Beschädigungen an den betroffenen Anlagenteilen entstehen. Die Folge sind Produktionsstillstände und damit ein hoher wirtschaftlicher Schaden. Deshalb ist für den Fall, dass der Druck nicht mehr innerhalb der zulässigen Betriebswerte liegt, eine zuverlässige und schnell reagierende Entlastungseinrichtung erforderlich. [V]

Folgende technischen Lösungen kommen hierbei zum Einsatz:

- druckstoßfeste Ausführung (siehe Abb. 7) als explosionsdruck- oder explosionsdruckstoßfeste Bauweise, die dem Explosionsdruck standhalten (konstruktiver Explosionsschutz mittels z.B. Berstscheiben, etc.) [VI]

Abbildung 7

Prozessdarstellung für trockene Schwefel-Fein-Vermahlung in druckstoßfester Ausführung



- Explosionsunterdrückungssysteme (z. B. automatische Schaumlöscheinrichtungen, siehe Abb. 8,) ausgelöst durch geeignete IR-Detektoren oder Drucksensoren mit Auswertegeräten. Mit diesen Systemen wird eine explosive Reaktion erkannt und unterdrückt (gelöscht), bevor größerer Schaden durch unzulässigen Druckanstieg entsteht. Der Einsatz wird meistens mit anderen Explosionsschutzmaßnahmen kombiniert, beispielsweise Schnellschlusseinrichtungen oder dynamische Flammensperren, um die Explosion räumlich zu begrenzen. [VI]

Abbildung 8

Explosionsunterdrückung



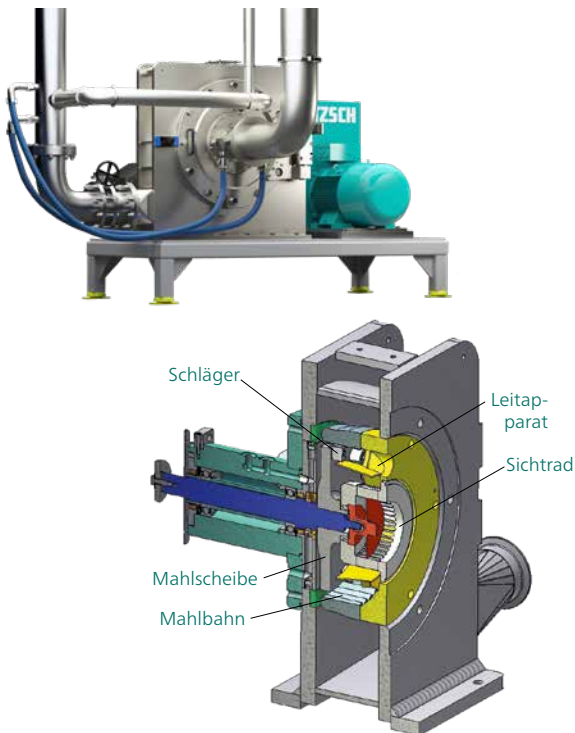
2.3 Trockenmahltechnologie von NETZSCH für Feinvermahlung von Schwefel [VII]

2.3.1 Mechanische Prallmühle CONDUX® CP

Prallmühlen werden zur Feinvermahlung von weichen und mittelharten Materialien eingesetzt. Der typische Feinheitsbereich für die mittlere Korngröße liegt zwischen 20 µm und 500 µm. Mit diesem Mühlentyp werden Umfangsgeschwindigkeiten zwischen 25 m/s und 150 m/s erreicht.

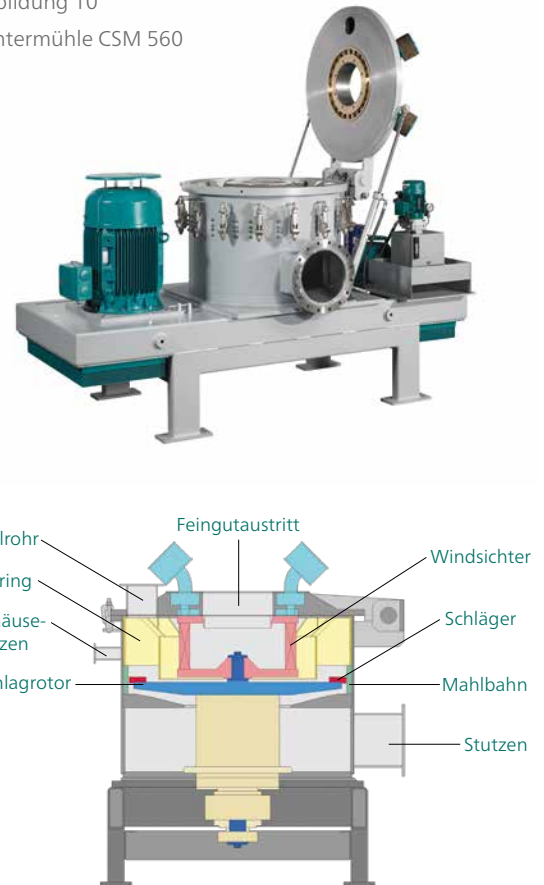
Universalprallmühlen können mit verschiedenen Mahlwerkzeugen ausgestattet werden. Dadurch können sie bei der Herstellung von Pflanzenschutzmitteln zum einen für eine Vorvermahlung oder zur Herstellung von Standardfeinheiten eingesetzt werden. Für die Agrarchemie ist die CONDUX® CP-Mühle, mit Mahlscheibe und integriertem dynamischen Windsichter, die passende Ausführung zur Herstellung von Partikelgrößen $d_{50} < 30 \mu\text{m}$. Der Aufbau der Maschine mit nur einem Antrieb für Mahlscheibe und Sichertad ist sehr einfach. Der Oberschnitt wird durch die Höhenverstellung des Sichertades definiert, und die leichte Zugänglichkeit zum Mahlraum ermöglicht eine schnelle Reinigung bei Produktwechseln.

Abbildung 9
Mechanische Prallmühlen CONDUX® CP



2.3.2 Sichertadmühle CSM

Abbildung 10
Sichertadmühle CSM 560

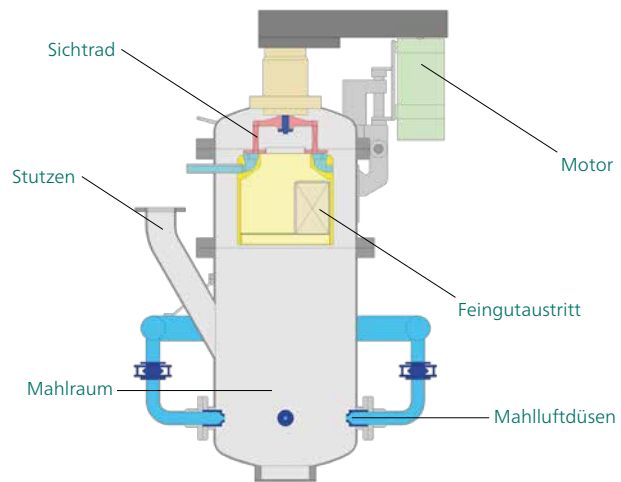


Die Sichertadmühle CSM ist eine Kombination aus Feinprallmühle und dynamischem Windsichter und vereint die Schritte Mahlen und Sichten in einem System. Mit zwei unabhängigen Antrieben, einem für die Mahlscheibe und einem weiteren für das Sichertad, ist die CSM genau einstellbar und ergibt einen großen Feinheitsbereich des Endproduktes, von $d_{97} = 9 \mu\text{m}$ bis 200 µm. Die Geometrie des Sichertades sowie der Spülluftspalt zwischen rotierendem Sichertad und stationärem Mühlendeckel ergeben eine hochpräzise Oberkornbegrenzung des Mahlguts.

2.3.3 Fließbettgegenstrahlmühle CGS

Abbildung 11

Fließbettgegenstrahlmühle CGS 50



Diese Luftstrahlmühle wird zur Feinstvermahlung von weichen bis extrem harten Materialien in einem Fließbett eingesetzt. Dabei erfolgt die Mahlung werkzeuglos im Luftstrahl und ein integrierter, dynamischer Windsichter begrenzt die maximale Korngröße. Die Feinvermahlung der Partikel wird durch hohe Geschwindigkeiten (500 m/s bis 600 m/s) der Luftstrahlen am Austritt der Düsen innerhalb der Mahlkammer erreicht. Die hohe verfügbare Energie und die Geschwindigkeit des Aufpralls zwischen den Partikeln im Fließbett ermöglichen es, d_{50} -Feinheiten von 1 μm bis 5 μm zu erreichen.

Ein sehr willkommener Effekt für Anwendungen im agrochemischen Sektor ist, dass die Energie, die das Produkt zum Brechen der Partikel erhält, keine Wärme erzeugt. Die Ausdehnung der Luft führt physikalisch zu einer Verringerung ihrer Temperatur. Trotz der Wärmeerzeugung beim Aufeinanderprallen und Zerschlagen der Partikel gleichen sich die beiden Phänomene aus, und die Temperatur bleibt konstant. Auf diese Weise werden die eingesetzten Stoffsysteme thermisch nicht beschädigt.

Die Klassierung findet im oberen Teil der CGS-Mühle statt, in einer ruhigen Zone, die von der Mahlzone gut getrennt ist. Eine spezifische Konstruktion des Siehterrades ermöglicht es, einen scharfen oberen Schnitt auch bei einigen

Mikrometern zu erreichen. Die einfache Steuerung der Rotationsgeschwindigkeit durch einen Frequenzumrichter verleiht der Mühle vom Typ CGS eine große Bandbreite an möglichen Feinheiten.

3. GRANULIERUNG DES MIKRONISIERTEN TROCKEN-SCHWEFELS ZU NETZSCHWEFEL

Die Anforderung der Endanwender (Landwirt, Gärtner, ...) bestimmt nun die weitere Vorgehensweise bei der Verarbeitung des im Trockenfeinmahl-Herstellungsprozesses mikronisierten Schwefels. Der trocken-mikronisierte Schwefel wird nun abschließend mittels Schwefelgranulierung zur finalen Netzschwefel (Siehe Abb. 12) in Form von wasserdispergierbaren Granulaten (WDG oder WG) verarbeitet.

Abbildung 12

Beispiel eines Netzschwefels



In wasserdispergierbaren Granulatformulierungen wird der feste Wirkstoff zu feinen Partikeln gemahlen und getrocknet oder zu Granulaten extrudiert. Die trockene Formulierung sollte nicht zu spröde sein, um Staubbildung zu vermeiden. Wenn das WDG mit Wasser gemischt wird, um die Sprühmischung zu erzeugen, muss es sich spontan ohne übermäßige Schaumbildung verteilen. Diese Anforderungen werden durch Zugabe geeigneter Hilfsstoffe während des WDG-Vorbereitungsprozesses erreicht. [VIII]

Kommt der Schwefel aus der Trocken-Feinmahl-Stufe (bestehend aus Sieb- oder Strahlmühlen, eingebunden in einen sehr sicherheitstechnischen und kostenintensiven Prozess in staubexplosionsgeschütztem Design, siehe Abb. 6 und 7) bereits mit einer sehr hohen Qualität, mit einer Einzel-Korngröße von ca. $d_{50} = 1 \mu\text{m} - 5 \mu\text{m}$ (siehe Abb. 13), dann folgt sehr oft die Schwefelgranulierung, bestehend aus einer Granulier-Stufe mit Trocknungseinheit (siehe Abb. 15), als abschließender Prozessschritt. Unter Zugabe von Binde-/Benetzungsmittel sowie Füll- bzw. Trägerstoffen werden mit vorgenannten Technologien die Granulate (Netzschwefel) in den gewünschten Korngrößen hergestellt.

Diese werden dann i.d.R. in Säcke, Tüten verpackt oder auch als Schüttgut verbracht und transportiert. Beim Endanwender (Landwirt, Gärtner, etc.) wird dieser Netzschwefel dann mit Wasser vermischt

und dispergiert und anschließend mit speziellen Sprühgeräten auf die Felder ausgebracht.

Der große Vorteil dieser Granulate (siehe Abb. 14) ist, dass eine staubfreie Handhabung gewährleistet ist und es als ein ressourcen-schonendes Produkt vorliegt. Weder wird im Herstellungsprozess noch beim Transport der Granulate kostbares Wasser verbraucht. Erst beim Endanwender wird das Granulat mit der erforderlichen Wassermenge vermischt und dann auf die Felder ausgebracht.

Abbildung 13

Typische Partikelgrößenverteilung mit Oberkornbegrenzung aus der NETZSCH-Fliebbettstrahlmühle Typ CGS

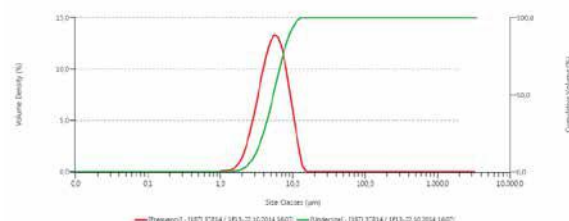


Abbildung 14

Granulierungsschritte

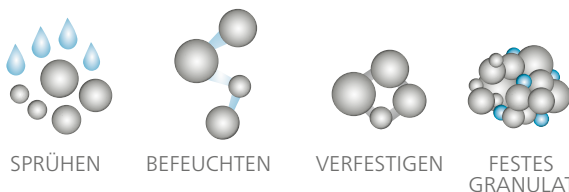
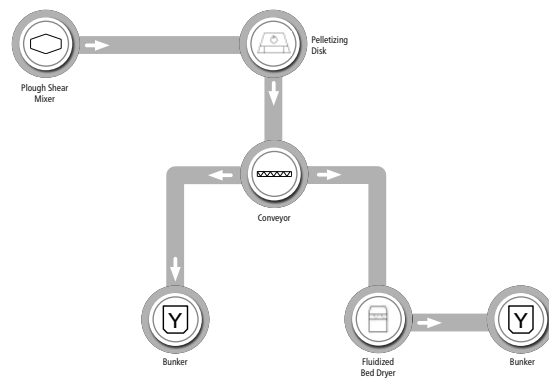


Abbildung 15

Beispielschema eines Granulierprozesses



4. ENTSCHEIDUNGSKRITERIEN ZWISCHEN TROCKEN- ODER NASS-FEINVERMAHLUNG VON SCHWEFEL

Da Schwefel in Form von feindispersen Pulver ein äußerst reaktionsfreudiges Element ist und dementsprechend bei Trocken-Fein-Mahlprozessen ein sehr hohes Staubexplosionsrisiko darstellt, müssen sehr hohe Sicherheitsstandards zur Gewährung der Prozess- und Betreibersicherheit geschaffen werden.

Elementar für weitere Prozessgestaltungen zur Schwefel-Feinvermahlung ist also die Fragestellung, ob das Mahlgut trocken oder nass zerkleinert werden soll bzw. kann.

Nass-Feinmahlprozesse, bestehend aus Rohstoffaufgabestation und Mischbehälter zur Herstellung der Produktsuspension sowie in einem parallelen Schritt des Verdickungsmittels, Mahlstufe in Form einer Rührwerkskugelmühle sowie diversen Produktbehälter etc. (siehe Abb. 16) bieten gegenüber Trocken-Feinmahlprozessen den entscheidenden Vorteil, dass sie nicht dieses sehr aufwändige durchgehende Prozessdesign hinsichtlich Staubexplosionsschutz benötigen. Lediglich der kleine überschaubare Bereich der anfänglichen Feststoffaufgabe beim Mischsystem muss hinsichtlich möglichem Staubexplosionsschutz betrachtet werden. Jedoch minimieren hier bereits schon einfache und kostengünstige Vorkehrungen, wie intensive Belüftung, Staubabsaugung oder einfache technische Explosionsschutzvorrichtungen das Risiko der Staubexplosion erheblich. Sobald die Formulierung nach der Mischung von Feststoff mit Flüssigkomponente (i.d.R. Wasser oder Pflanzenöl) als Suspensionskonzentrat (SC-Formulierung) als

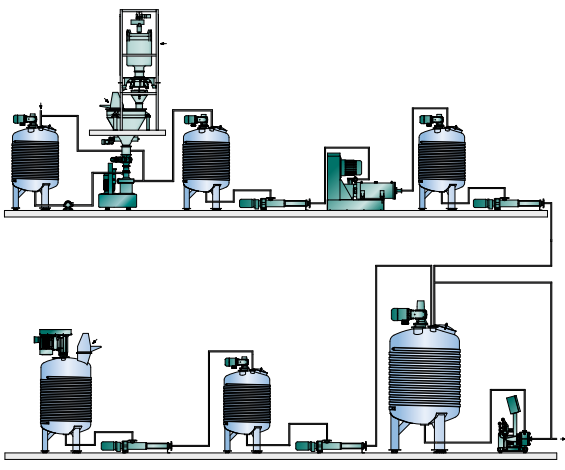
vorliegt, ist keine weitere Betrachtung der folgenden Prozessschritte hinsichtlich Explosionsschutz mehr erforderlich.

Der wirtschaftliche Aspekt einer Produktionsanlage spielt eine entscheidende Rolle. Die Investitionskosten für eine komplette Trockenmahlanlage, inklusive erforderlichem Kompressor, Entstaubungstechnik, Explosionsschutzvorrichtungen, etc. sind deutlich höher, als für eine Nass-Mahlanlage. Dies resultiert im Wesentlichen daraus, dass bei dem Nass-Feinmahl-Prozess mit wasser- oder ölbasierenden Formulierungen gearbeitet wird, wodurch keine explosionsgefährdenden Stoffgemische mehr vorliegen. Der Prozessaufbau gestaltet sich somit wesentlich einfacher und kostengünstiger. Neben den sehr hohen Investitionskosten sind auch die Betriebskosten einer Trocken-Feinmahlanlage gegenüber der Nass-Feinmahlanlage deutlich höher, da ein wesentlich schlechterer Wirkungsgrad vorliegt und mit einem sehr hohen Energieverbrauch verbunden ist.

Zudem ändert sich auch das Verbraucherverhalten der Endanwender (Landwirte, Gärtner, ...), die sich zunehmend für am Markt verfügbare flüssige Stoffsysteme (Suspensionskonzentrate) entscheiden, weil sie unter anderem folgende Vorteile bieten:

- **Bessere Verteilung:** Suspensionskonzentrate können aufgrund ihrer flüssigen Form gleichmäßiger auf der Pflanzenoberfläche verteilt werden als Trockenstoffe, die oft zu Klumpen oder ungleichmäßigen Verteilungen neigen.
- **Höhere Wirksamkeit:** Da Suspensionskonzentrate besser haften und gleichmäßiger verteilt werden können, ist ihre Wirksamkeit oft höher als bei Trockenstoffen. Die Wirkstoffe können so besser in die Pflanzenzellen eindringen und ihre Wirkung entfalten.
- **Einfachere Handhabung:** Suspensionskonzentrate lassen sich einfacher handhaben und anwenden als Trockenstoffe. Sie können leichter in Wasser aufgelöst werden und erfordern keine speziellen Vorkehrungen bei der Lagerung oder Handhabung.
- **Weniger Staubentwicklung:** Trockenstoffe können beim Ausbringen Staub entwickeln, der sowohl für den Anwender als auch für die Umwelt schädlich sein kann. Suspensionskonzentrate sind hingegen staubfrei und reduzieren somit das Risiko von Inhalationen

Abbildung 16
Standardprozessdesign für Schwefel SC-Formulierung



5. DIE „SCHWEFEL-NASS-FEINVERMAHLUNG“ MITTELS NEUER NETZSCH-VERFAHRENSTEC

Bei der Nass-Feinvermahlung sind die im Formulierungsprozess eingesetzten Rührwerkskugelmühlen die entscheidenden Prozesstechnologien. Die Rührwerkskugelmühlen setzen eine definierte Rohstoffqualität voraus, damit die gewünschte Produktendqualität (in der Regel bezogen auf die Partikelgröße/-feinheit der Feststoffe) erreicht werden kann.

Für den herkömmlichen Nass-Feinmahlprozess kommt das Schwefelpulver aus dem Schwefel-Trockenmahlprozess i.d.R. in einer Pulverqualität von $d_{90} = 100\ \mu\text{m} - 300\ \mu\text{m}$ an. In dieser Form bzw. Qualität wird der Schwefel üblicherweise als „mikronisierter Schwefel“ bezeichnet. Im nun folgenden Prozessschritt der Nass-Feinvermahlung wird ein Schwefel-Suspensionskonzentrat (SC- oder OD-Formulierung), unter Zugabe von Verdickungs- und/oder Konservierungsmittel, in einer Produktqualität von $d_{50} = 1\ \mu\text{m} - 5\ \mu\text{m}$ hergestellt. Diese konzentrierten Schwefelsuspensionen werden dann, in entsprechenden Gebinden (Kanister, Flaschen, ...) abgefüllt, an den Endanwender (Landwirte, Gärtner, etc.) geschickt. Dort werden die Flüssigkonzentrate mit Wasser vermischt und schließlich mit speziellen Sprüngeräten auf die Felder ausgebracht.

5.1 Das neue NETZSCH-Schwefel-Nasszerkleinerungsverfahren

Betrachtet man die vorbeschriebenen umfangreichen Verfahrensabschnitte zur Herstellung von Schwefelsuspensionen, beginnend mit der „herkömmlichen“ Roh-Schwefel-Zerkleinerungsprozess“ (siehe Punkt 2.1) über die „Schwefel-Trocken-Feinvermahlung“ (siehe Punkt 2.2) und der abschließenden „Schwefel-Nass-Feinvermahlung“ (siehe Punkt 4), so besteht in der gesamten Prozesskette erhebliches Einsparpotential unter Berücksichtigung von Aspekten wie z.B. Explosionsschutz, Gesundheitsschutz, Umweltschutz, Energieverbrauch, Ressourcenverbrauch, Platzbedarf, etc.

An Stelle der aufwändigen, gefährlichen und kostenintensiven „Schwefel-Trocken-Feinvermahlung“ werden beim neuen „NETZSCH Schwefel-Nasszerkleinerungsverfahren“ die relativ grobkörnigen Schwefel-Lentils bzw. Granulate (ca. 7 mm - 10 mm) bereits in die Flüssigkomponente mittels spezieller NETZSCH Misch- und Dispergiertechnologie eingemischt und dispergiert. Nach diesem Prozessschritt

liegen die Partikelgrößen in der erzeugten Grob-Suspension dann bei ca. 1 mm - 2 mm. Mittels einer am Mischprozess angekoppelten im By-Pass betriebenen Vormahlstufe (spezielle Ausführung einer Rührwerkskugelmühle) wird diese „Grob-Suspension“ dann auf eine Produktfeinheit von $d_{50} = 30\ \mu\text{m} - 45\ \mu\text{m}$ vorgemahlen. Im anschließenden Nass-Feinmahlprozessschritt kommt dann nur noch eine einzige, im Gegensatz zum herkömmlichen Prozess mit i.d.R. zwei Mühlen in Reihe, NETZSCH-Rührwerkskugelmühlen zum Einsatz, welche die Schwefelsuspension auf die gewünschte Endfeinheit von $d_{50} = 2,5\ \mu\text{m}$ zerkleinert (siehe Abb. 17 und 18).

Abbildung 17

Qualitäts-Schritte beim NETZSCH-Schwefel-Nasszerkleinerungsverfahren

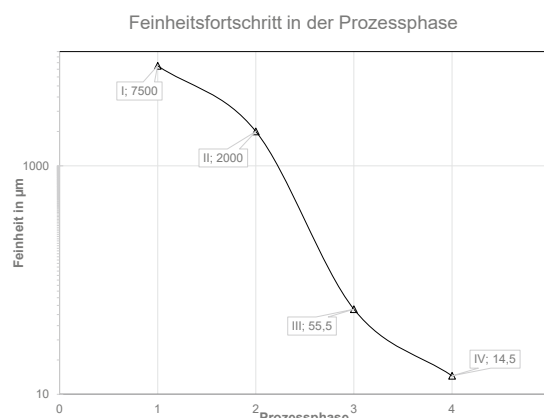
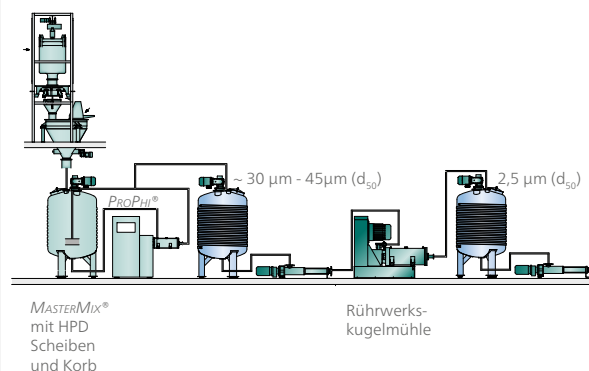


Abbildung 18

Schema des NETZSCH-Schwefel-Nasszerkleinerungsverfahrens



5.1.1 Der Schwefel-Misch-Dispergier-Prozess mit NETZSCH Mischtechnologie

Hierbei besteht die Möglichkeit das Einmischen des Schwefels in die Flüssigkeit mittels der speziellen NETZSCH-Dissolver-Technologie im Batch-betrieb (*MASTERMIX*[®] mit speziellem Misch- und Dispergierwerkzeug „Impact“ oder den NETZSCH-Inline-Mischern (Ψ -*MIX*[®] bzw. *EPSILON*) für Inline-Prozesslösungen zu bewerkstelligen. Beim Einmischen und Dispergieren wird jeweils der vorliegende grobe Schwefel auf eine Teilchengröße max. 2 mm vorzerkleinert.

NETZSCH Dissolver *MASTERMIX*[®] (siehe Abb. 19)

Dissolver sind die in der Industrie am häufigsten eingesetzten und flexibel verwendeten Maschinen zum Mischen und Dispergieren von Feststoffen in Flüssigkeiten. Die Drehzahl der Welle mit dem speziell ausgebildeten Misch- und Dispergierwerkzeug „Impact“ ist über ein weites Spektrum produkt- und anwendungsspezifisch einstellbar auf Misch-, Rühr-, und Dispergieraufgaben.

Abbildung 19

NETZSCH *MASTERMIX*[®] mit speziellem Misch- und Dispergierwerkzeug „Impact“



NETZSCH Inline-Dispergierer Ψ -*MIX*[®] (siehe Abb. 20)

Mit dem NETZSCH Inline-Dispergierer Ψ -*MIX*[®] wird eine optimale Benetzung feinzerstäubter Feststoffe in Flüssigkomponenten erreicht. Die Dispergierung erfolgt dabei nach dem Mechano-Venturi-Prinzip. Im emissionsfreien Inline-Betrieb ist die Maschine sowohl für niedrig- als auch für hochviskose Suspensionen einsetzbar. Auch temperaturempfindliche Produkte oder solche mit dilatanten Eigenschaften können problemlos verarbeitet werden.

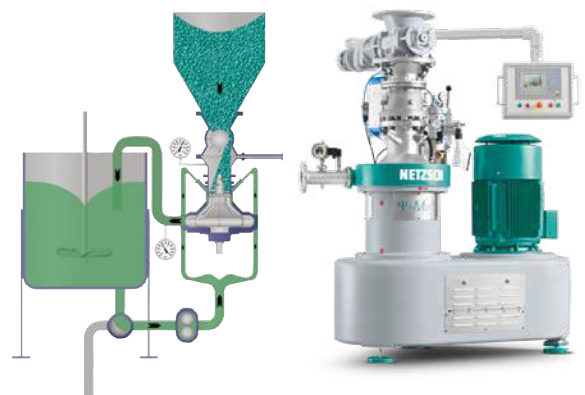
Der Ψ -*MIX*[®] zeigt seine wahre Stärke bei Produkten

- mit hohem Feststoffanteil
- mit geringem Feststoffanteil in großen Flüssigkeitsansätzen
- mit schwer benetzbaren Feststoffen
- mit extrem feinen Feststoffen

Der NETZSCH Inline-Dispergierer Ψ -*MIX*[®] – die Lösung auch für Ihre spezielle Anwendung!

Abbildung 20

NETZSCH Inline-Dispergierer Ψ -*MIX*[®] mit Funktionsprinzip



NETZSCH Inline-Dispergierer *EPSILON* (siehe Abb. 21)

Ähnlich wie beim Ψ -Mix® erfolgt die Dispergierung beim *EPSILON* ebenso nach dem Mechano-Venturi-Prinzip.

Dabei wird kein konventionelles Rotor-Stator Prinzip genutzt, bei dem hohe Scherkräfte und ein hoher Energieeintrag zum Dispergieren von Pulver in Flüssigkeit vorliegen.

Zur bestmöglichen Benetzung und Dispergierung der pulverförmigen Feststoffe in Flüssigkeit werden die Druckunterschiede, die durch die Pump- und Zentrifugalwirkung des Rotors entstehen, genutzt. Im Pulver enthaltene Luft expandiert im Unterdruck des Saugbereiches und das Pulver gelangt in die Flüssigkeit, die im Überdruckbereich des Rotors bis in den Kern der Pulverstruktur gepresst wird.

Abbildung 21

NETZSCH Inline-Dispergierer *EPSILON* und Funktionsprinzip

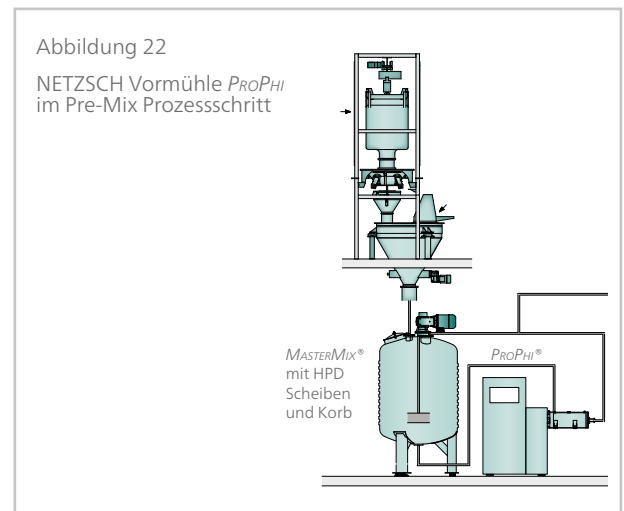


5.1.2. Die Schwefel-Vormahlung mit der neu entwickelten Vormühle NETZSCH *PROPHI*

Da dieser vorzerkleinerte Schwefel aus dem vorangegangenen Mischprozess auf Grund der groben Partikel (1 mm - 2 mm) nach wie vor sehr zum Sedimentieren neigt, wird unmittelbar an den Mischer-Ansatz-Behälter im By-Pass die Hochleistungsmühle vom Typ *PROPHI* (siehe Abb. 22) installiert, welche sehr hoher Durchsatzraten bzw. Zirkulationsraten mit dem Ansatz-Behälter realisiert. Am Ende der Vormahlung wird schließlich eine Produktfeinheit von ca. 55 μm (d_{90}) in Form einer, absolut stabilen und homogenen Schwefelsuspension rheologisch betrachtet.

Abbildung 22

NETZSCH Vormühle *PROPHI* im Pre-Mix Prozessschritt



Die entscheidende Komponente in diesem Verfahrensabschnitt der Vordispergierung/Vormahlung ist der Einsatz der Vormühle vom Typ NETZSCH *PROPHI* (siehe Abb. 23)

Diese neue Technologie verbessert den Dispergierprozess, so dass alle nachfolgenden Produktionsschritte davon profitieren. Mit der *PROPHI* wird Gesamt-Vordispergierzeit um bis zu 50% sowie der Reinigungsaufwand bei großen Chargen deutlich reduziert. Die zur Sedimentation neigenden Materialien und schwankende Rohstoffqualitäten können damit problemlos, bei Gewährleistung höchster Prozesssicherheit, verarbeitet werden.

Abbildung 23

NETZSCH Vormühle *PROPHI*

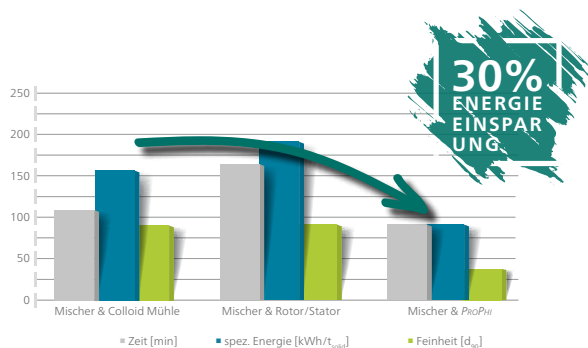


Umfassende Vergleiche (siehe Abb. 24) mit denkbar möglichen konventionellen Dispergier-Aggregaten wie z.B. Rotor-Stator-System oder Kolloidmühle haben ergeben, dass eine Vorzerkleinerung in einer Rührwerkskugelmühle um ein Vielfaches effizienter und effektiver ist, als eine Vordispergierung mit einem Highspeed Dissolver, einem Rotor-Stator-System oder einer Kolloidmühle. Als Ergebnis werden mit gleichem Zeitaufwand und bei vergleichbarem Energieeintrag Partikeln erzeugt, die um den Faktor 10-15 reduzierte Partikelgrößen aufweisen.

Mit dem neuen revolutionären Vormahlaggregat *PROPHI* können extrem hohe Suspensionsdurchsätze für die Produktzirkulation realisiert werden, sodass ein Einsatz in einer Fahrweise im Bypass beim Feststoffeintrag und der Suspendierung erfolgen kann.

Abbildung 24

Vergleich Prozessparameter verschiedener Aggregate zur Vordispergierung



5.2 Die Schwefel-Feinvermahlung mit NETZSCH Rührwerkskugelmöhlen

Eine für die Feinvermahlung ideale Dispersion erhält man, wenn Pulver fein dispers in eine Flüssigkeitsschicht mit großer Oberfläche eintaucht und wenn für die vollständige Benetzung der Feststoffoberfläche nur geringste Scherbeanspruchungen erforderlich sind. Mittels der vorbeschriebenen NETZSCH Misch- und Dispergiersysteme in Verbindung mit der Schwefel-Vormahlung durch die Vormühle NETZSCH *PROPHI* wird die Schwefelsuspension bereits in einer derartig hohen Qualität vorbereitet, dass anschließend eine absolut effiziente Schwefel-Feinvermahlung mittels z.B. der NETZSCH Rührwerkskugelmöhlen (siehe Abb. 25) realisiert werden kann.

Abbildung 25

NETZSCH Rührwerkskugelmühle Typ *ALPHA*®, *ZETA*® und *DISCUS*



Rührwerkskugelmühle
ALPHA® 22



Zirkulationsmühle System *ZETA*® 400



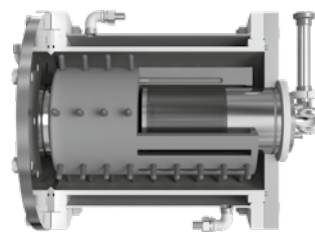
Horizontale Rührwerkskugelmühle mit
Scheibenrührwerk *DISCUS* 500

5.2.1 Mahlsystem *NEOS*®

Die Rührwerkskugelmühle mit dem neu entwickelten Mahlsystem *NEOS*® steht für höchste Leistungsfähigkeit, Produktqualität und Effizienz. Bei gleichzeitigem betriebssicherem Einsatz kleinster Mahlkörper kann die geforderte Qualität Ihrer Produkte mit hoher Produktionsleistung und geringerem spezifischen Energiebedarf realisiert werden. Bei der Konzeption wurde auf maximale Kühleffizienz geachtet. Somit ist es möglich, auch bei hohen Leistungseinträgen die notwendigen Temperaturgrenzen einzuhalten. Die optimale Mahlkörperabtrennung und maximale Spaltrohrfläche bewirken, dass der Mahlprozess auch bei Einsatz von Kleinstmahlkörpern (0,1 mm bis 0,8 mm) prozesssicher ist.

Abbildung 26

Prozessraum
NETZSCH *NEOS*®

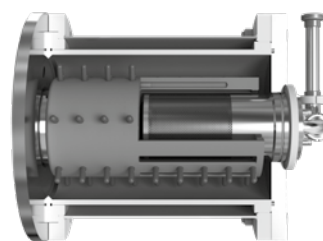


5.2.2 Mahlsystem *ZETA*®

Für jede Viskosität und nahezu sämtliche Produkte geeignet erzielen Sie mit dieser Technologie bei Einsatz von unterschiedlichsten Mahlkörpern ab 0,2 mm bis 3 mm Durchmesser höchste Produktqualitäten und Feinheiten bis in den Nanometerbereich. Die geschlossene horizontale Rührwerkskugelmühle ist für höchste Produktdurchsatzleistungen ausgelegt und verfügt über ein Stiftmahlsystem höchster Mahlintensität.

Abbildung 27

Prozessraum
NETZSCH *ZETA*®

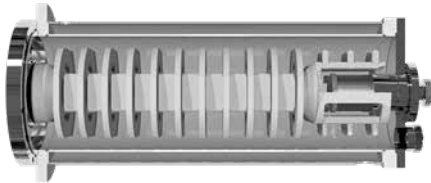


5.2.3 Mahlsystem *DISCUS INTENSIVE* ICC®

Das Mahlsystem *DISCUS INTENSIVE* ist der Quantensprung in der Nassmahltechnik mit Scheibenrührwerkskugelmøhlen. Höchste Durchsatzleistungen mit wesentlich engerer Verweilzeitverteilung und damit intensiverer Mahlung mit gleichmäßiger Beanspruchungsintensität gewährleistet Ihnen das weiter optimierte Scheibenrührwerk *Discus* in Kombination mit dem NETZSCH ICC® Trennsystem.

Abbildung 28

Prozessraum NETZSCH *Discus* ICC®



5.2.4 Einsatz von keramischen Werkstoffen – Eröffnung vielseitiger Potentiale

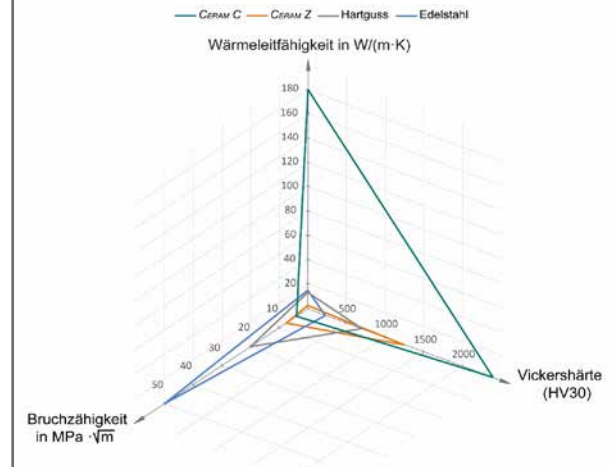
Bei der Herstellung unterschiedlichster Produkte, wie Farben- und Lacke, Lebensmittel, Pharmaka, Kosmetik, Keramik, Füllstoffe, sowie auch bei Agrochemikalien, steht vor allem die Produktionsleistung einer bestehenden Anlage im Interesse der Industrie. Der begrenzende Faktor ist speziell bei nassen Feinstzerkleinerungs- und Dispergierprozessen die Temperaturgrenze des Produktes.

Durch den Einsatz des Werkstoffes NETZSCH-CERAM C als Standardmaterial für die Auskleidung des Mahlraums von Rührwerkskugelmøhlen können erhebliche Steigerungen der Produktionsleistung bei gleichzeitig verringerten Stillstandzeiten der Maschine realisiert werden.

Der Werkstoff NETZSCH-CERAM C zeichnet sich vor allem durch eine extrem hohe Wärmeleitfähigkeit und durch eine sehr hohe Härte aus. Nachteilig gegenüber anderen Werkstoffen ist lediglich seine geringe Bruchzähigkeit (siehe Abb. 29).

Abbildung 29

Eigenschaften verschiedener Konstruktionswerkstoffe

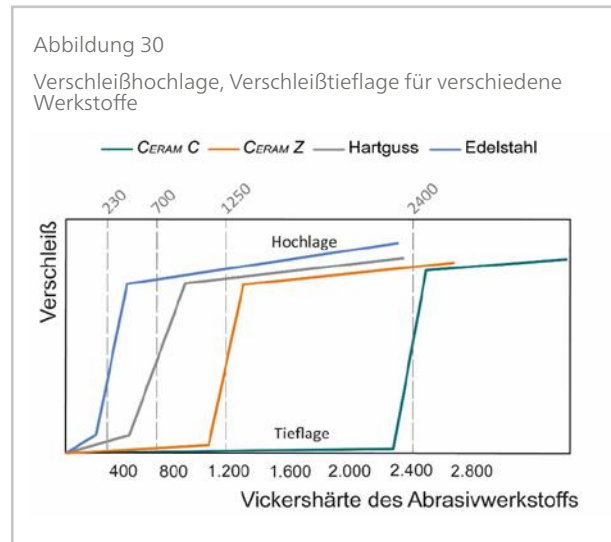


Eine niedrige Bruchzähigkeit bedeutet, der Werkstoff ist spröde und somit anfällig gegenüber Verkranten der Bauteile oder schlagartige mechanische Beanspruchungen. Operator, die mit Maschinen arbeiten, deren Innenbehälter aus NETZSCH-CERAM C bestehen, müssen daher darauf trainiert werden, sehr sauber und sorgfältig zu arbeiten. Bei Wartungs- und Montagearbeiten muss darauf geachtet werden, dass entsprechende Teile nicht herunterfallen oder anstoßen.

Dem steht eine Vickershärte gegenüber, die im Vergleich zu Stahl oder Hartguss bis zu 10mal höher ist. Dies bedeutet im Normalbetrieb ergeben sich extrem hohe Standzeiten der Bauteile und somit geringerer Wartungsaufwand oder Stillstandzeiten. Mahlaumauskleidungen aus NETZSCH-CERAM C mit mehr als 50.000 Betriebsstunden, trotz hoch abrasiver Anwendungen sind dabei keine Seltenheit. Für dieses Beispiel bedeutet dies, dass bei 24 Stunden Betrieb und 300 Tagen im Jahr, an denen die Maschine produziert, ein solcher Mahlbehälter mehr als 7 Jahre im Einsatz ist, bevor er zum ersten Mal ausgetauscht werden muss.

Erklären kann man diese Verschleißbeständigkeit mit dem Verhältnis der Härte von Abrasivpartikeln und Grundkörper. Ist der Grundkörper wesentlich härter als die Abrasivpartikeln, dringen sie kaum in die Oberfläche ein und der Verschleiß bleibt sehr gering (Tieflage). Mit zunehmender Härte der Abrasivpartikeln erhöht sich der Verschleiß (Hochlage). Als Abrasivpartikeln können hierbei die Mahlkörper, welche in den meisten Fällen aus stabilisiertem

Zirkonoxid bestehen, angesehen werden, der Grundkörper ist dabei die Mahlräumauskleidung aus NETZSCH-CERAM C (siehe Abb. 30).



Aber was bedeutet eine mehr als 10mal höhere Wärmeleitfähigkeit für den Zerkleinerungsprozess? Als wesentlicher Betriebsparameter für die Zerkleinerung einer bestimmten Substanz auf eine Zielfeinheit, kann materialabhängig, in Versuchen, ein notwendiger spezifischer Energiebedarf ermittelt werden.

Der spezifische Energiebedarf stellt dabei die Energie dar, die für die Produktion einer bestimmten Menge Produkt mit Zielqualität benötigt wird. Feinst-Zerkleinerungsprozesse sind durch einen sehr niedrigen energetischen Wirkungsgrad gekennzeichnet. Dies bedeutet, dass bei einem Feinst-Zerkleinerungsprozess zum Teil weit mehr als 90 %, der in den Mahlraum eingetragenen Energie, in Wärme umgewandelt und abgeführt werden muss. Hinzu kommt, dass mit immer größer werdenden Mühlen zwar das Volumen des Mahlraumes mit der dritten Potenz wächst, die vorhandene Kühlfläche jedoch nur quadratisch steigt.

Der Schlüssel zu hohen Produktionsleistungen ist aber ein möglichst hoher Leistungseintrag bzw. eine möglichst hohe Leistungsdichte im Mahlraum. Bei den meisten Zerkleinerungsprozessen ist daher die Temperaturgrenze des Produktes der begrenzende Faktor für die Steigerung der Produktionsleistung mit einer vorhandenen Maschine.

Mit dem Material NETZSCH-CERAM C kann wesentlich mehr Wärme aus dem Mahlraum abgeführt werden, sodass eine Steigerung der Produktionsleistung ohne Installation zusätzlicher Durchlaufkühler möglich ist.

Der Einsatz des Werkstoffs NETZSCH-CERAM C als Standardmaterial für die Behälterauskleidung von Rührwerkskugelmøhlen ermöglicht gesteigerte Produktionsleistungen bei extrem langen Standzeiten. Kalkulationen zur notwendigen höheren Investition gegenüber anderen Behälterwerkstoffen haben gezeigt, dass sich diese mit Bezug auf die hergestellte Produktmenge und die gesteigerte Produktionsleistung mehrfach amortisiert. [IX]

5.3 Das neue NETZSCH-Schwefel-Nasszerkleinerungsverfahren im Vergleich zum herkömmlichen Schwefel-Nass-Feinmahlprozess

Weiterführende Vergleiche zwischen dem gesamten „herkömmlichen Nass-Schwefelproduktionsprozess“ (siehe Abb. 31), bestehend aus dem konventionellen Dispergier-Aggregaten / Mischer i.V.m. Rotor-Stator-Systemen oder Kolloidmühlen und dem „neuen NETZSCH-Nass-Zerkleinerungsverfahren“ (siehe Abb. 32), bestehend aus z.B. NETZSCH Inline-Mischer Ψ -MIX® i.V.m. Vormühle NETZSCH *PROPHI* und abschließender Nassfeinvermahlung mittels NETZSCH Rührwerkskugelmühle Typ *DISCUS*, haben ergeben, dass bei einer vergleichbaren Produktendqualität (geforderte Partikelendfeinheit von $d_{90} = 7\mu\text{m}$) eine Ersparnis in punkto

- Prozesszeit um 30% und
- Spezifischer Energie um sogar 50% erreicht werden.

Dabei steht unter anderem eine gesamt installierte Motorleistung beim „herkömmlichen Nass-Schwefelproduktionsprozess“ von 300 kW dem „neuen NETZSCH-Nass-Zerkleinerungsverfahren“ mit einer Leistung von ca. 210 kW gegenüber.

Die entscheidende Prozessgröße bildet dabei die im Premix ergänzend eingesetzte Vormühle *PROPHI*, welche eine deutlich bessere, schnellere und energieeffizientere Vordispersierung der Schwefelsuspension ermöglicht (siehe Abb. 24 und Abb. 33).

Abbildung 31

Herkömmlicher Schwefel-Produktionsprozess (ca. 18 t/Tag), bestehend aus Mischer/Dissolver i.V.m. Rotor/Stator-Mischer und zwei Rührwerkskugelmühlen (Scheibenmühlen) zur Feinvermahlung

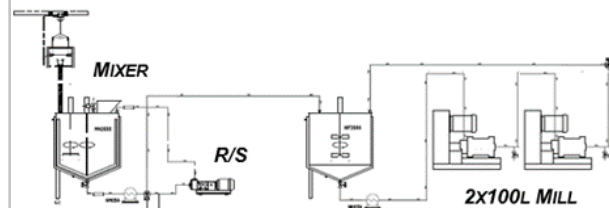


Abbildung 32

Neuer NETZSCH Schwefel-Produktionsprozess (ca. 18 t/Tag), bestehend aus NETZSCH Inline-Mischer Ψ -MIX® i.V.m. Vormühle NETZSCH *PROPHI* und NETZSCH Rührwerkskugelmühle *DISCUS* 150 zur Feinvermahlung

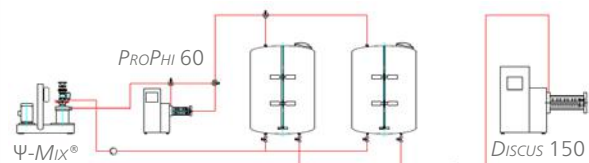


Abbildung 33

Gegenüberstellung „herkömmlichen Nass-Schwefelproduktionsprozess“ und „neues NETZSCH-Nass-Zerkleinerungsverfahren“

	herkömmlicher Prozess	NETZSCH Prozess	
Vormischen + Vorvermahlung [h]	12	8,5	
Feinvermahlung [h]	12	9	
Gesamtzeit [h]	24	17,5	~ 30 %
installierte Leistung [kW]	~ 300	~ 210	
spez. Energie kWh/t_{solid}]	~ 640	~ 330	~ 50 %

6. GESAMTBETRACHTUNG

Je feiner der Schwefel ist, umso effizienter ist seine Wirkung beim Einsatz in den Nutzflächen als Fungizid bzw. als Düngemittel. Durch den sehr feinen Aufschluss (große spezifische Oberfläche der Partikel) wird eine hohe Reaktivität des Schwefels erzeugt, was folgenden Nutzen für Endanwender hat:

- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch Reduzierung der Produktmenge
- Hohe, an die Bedürfnisse des Endanwenders angepasste, Produktqualität und Produkteigenschaften:
 - Vor der Ausbringung auf die Pflanze muss das Pulver in Wasser dispergiert werden. Die Suspension ist umso stabiler je feiner die Partikel sind. So kommt es während des Betriebs nicht zu einer Sedimentation.
 - Die Ausbringung auf die Pflanzen erfolgt durch ein Sprühsystem mit einer Reihe von Düsen. Eine Verstopfung der Düsen durch übergroße Partikel führt zu Störungen beim Ausbringen der Pestizide.
- Geringere Belastung der Umwelt nach der Behandlung
- Nachhaltigere Bewirtschaftung seiner Nutzflächen bzgl. Umwelt, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit.

Für den Produzenten von Schwefelprodukten für die Agrarchemie bietet das „neue NETZSCH-Nass-Zerkleinerungsverfahren“, bestehend aus NETZSCH-Mischaggregat mit im By-Pass operierender Vormühle NETZSCH *PROPHI* und anschließender Einpassagen-Feinmahlung mittels NETZSCH Rührwerkskugelmühle *DISCUS*, gegenüber den „herkömmlichen Nass-Schwefelproduktionsprozessen“ folgende Vorteile:

Bessere Qualität:

Durch die definiert stufenweise Anordnung der Vor-Mahlung im Misch-/Dispergierprozessschritt und anschließender Nassfeinvermahlung wird eine gleichmäßigere Partikelgröße erzielt, was zu einer höheren Qualität und Konsistenz des Endprodukts führt.

Geringerer Energieverbrauch:

Durch eine effektivere Prozessgestaltung mit reduzierten Prozessequipment und durch den Einsatz von deutlich effizienterem Prozessequipment wird wesentlich weniger Energie für die Produktion von Schwefelsuspensionen verbraucht.

Geringere Staubemissionen:

Beim „herkömmlichen Nass-Schwefelproduktionsprozess“ ist in der Regel eine vorgeschaltete Trockenmahlstufe erforderlich, so dass die Nass-Feinmahlung generell mehr oder weniger gut erfolgen kann. Ein großes Problem bei dieser Verfahrensweise ist, dass bei der Trockenmahlung erhebliche Staubemissionen auftreten können, die zu Gesundheitsproblemen für die Mitarbeiter und Umweltbelastungen führen können. Ein reines Nass-Verfahren minimiert hingegen die Staubemissionen, da das Material im flüssigen Medium zerkleinert wird und lediglich in der Rohstoffaufgabe bei der Einmischung der Feststoffe in die Flüssigkomponente entsprechender Vorkehrungen in deutlich geringerem Umfang bedarf.

Höhere Produktionskapazität:

Durch das effizienter gestaltete „neue NETZSCH-Nass-Zerkleinerungsverfahren“, werden deutlich höhere Produktionskapazitäten bei geringerem Prozessumfang erreicht. Eingesetzte Materialien können schneller und effizienter verarbeitet werden.

Vielseitigkeit:

Das „neue NETZSCH-Nass-Zerkleinerungsverfahren“ ermöglicht eine deutlich breitere Bandbreite an Verarbeitung von Materialien von groben Granulaten bis feindispersen Pulvern, so dass die Flexibilität in den Produktionsprozessen für Schwefelanwendungen deutlich zunimmt.

Reduzierung von Reinigungsaufwand und -mengen:

Die Reinigung von Anlagen mit Stäuben ist in der Regel schwieriger als die Reinigung von Anlagen mit Flüssigkeiten. Feinstaubpartikel können sich leicht in Ecken und Spalten ablagern, was es schwierig macht, sie vollständig zu entfernen. Im Gegensatz dazu fließt Flüssigkeit in der Regel durch die Anlage und kann Verunreinigungen leichter lösen und mitnehmen. Zudem können sich Stäube elektrostatisch aufladen und an Oberflächen haften bleiben. Dies erschwert ihre Entfernung und erfordert möglicherweise spezielle Reinigungsmethoden. Stäube können gesundheitsgefährdend sein, insbesondere wenn sie giftige oder krebserregende Bestandteile enthalten. Bei der Reinigung von Anlagen mit Stäuben müssen daher besondere Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um die Sicherheit der Reinigungskräfte zu gewährleisten.

Staubablagerungen können auch dazu führen, dass die Anlage schlechter funktioniert, indem sie beispielsweise die Luftströmung oder den Wärmeaustausch behindern.

Generell gilt, dass durch eine Reduzierung des Prozessumfangs sowie durch den Einsatz von prozessoptimierten Technologien in punkto eingesetzter Materialien in Prozessräumen, energetisch optimierten Funktionsprinzipien sowie optimiertem Design der Reinigungsaufwand deutlich reduziert wird. Weniger Reinigung bedeutet Verbrauch von weniger Reinigungsmittel und letztendlich weniger Reinigungsabfall, der teuer entsorgt werden muss. Anlagen zur Nass-Feinvermahlung können in der Regel leichter und gründlicher gereinigt werden, da die Reinigungsflüssigkeiten Verunreinigungen leicht lösen und mitnehmen, auch in schwerer zugänglichen Bereichen. Nicht zuletzt besteht bei der Reinigung von Anlagen mit Flüssigkeiten in der Regel ein wesentlich geringeres Gesundheitsrisiko, wie bei der Reinigung von Anlagen mit Stäuben.

Reduzierung des Instandhaltungs-Aufwandes:

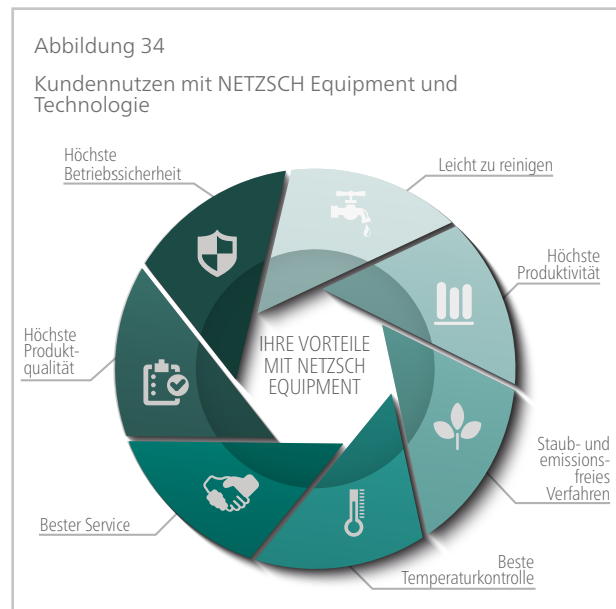
Nach neuestem Stand der Technologie ausgeführte Prozesseinheiten, unter Verwendung neuester verschleiß- und temperaturoptimierter Werkstoffe, reduzieren die Störanfälligkeit und den Verschleiß der eingesetzten Technologien. Dadurch werden der Aufwand und Umfang der Instandhaltungsmaßnahmen deutlich reduziert und schließlich nicht unwesentliche Kosten gespart.

Die Firma NETZSCH verfügt über umfangreiche Erfahrungen bei der sicheren und nachhaltigen Verarbeitung von Schwefelprodukten für die Agrochemie. In Abhängigkeit von den jeweiligen Produkteigenschaften stehen verschiedenen Misch-, Dispergier- und Vormahlaggregaten sowie Rührwerkskugelmöhlen zur Nass-Fein-Vermahlung stehen immer die am hochentwickeltsten und effizientesten, am Markt existierenden Technologien, zur Verfügung. Damit werden bei maximaler Produktionssicherheit nachhaltig höchste Produktionsleistungen und beste Produktqualität bei exzellenter Kontrolle der Betriebsparameter der Produktionsanlage erreicht. Darüber hinaus steht gezielt auch die Sicherheit für Operator und die Umwelt an oberster Stelle.

Weiterhin garantiert die Firma NETZSCH, mit Erfahrungen aus vielen Jahrzehnten und einem weltweiten Netz aus Service-, Vertriebs- und

Produktionsstandorten in 35 Ländern, immer den besten Service.

Mit NETZSCH-Technologie und Serviceleistungen erhalten unsere Kunden, unter dem Aspekt Kundennutzenanalyse in punkto Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit, Produktions- und Qualitätsanforderungen sowie nicht zuletzt auch Betriebs- und Personalsicherheit, umfangreiche und individuell auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittene System- und Prozesslösungen (siehe Abb. 34).



7. MODULARE PRODUKTIONSANLAGEN – EINE REVOLUTIONÄRE LÖSUNG

Die bewährte modulare Bauweise für NETZSCH Turn-Key-Produktionsanlagen für Agrochemikalien ist ein professionelles Konzept, komplette und komplexe Prozesse zu bündeln und zu strukturieren. Für den jeweiligen Prozessabschnitt wird das dafür benötigte Equipment in einer Funktionseinheit auf einem dafür speziell definierten und konstruktiv vorgesehenen Anlagen-Segment (Modul) installiert. Entsprechend der Prozessgestaltung werden dann die Module mit den zueinander gehörenden Prozessabschnitten so angeordnet, dass die jeweils fix definierten Schnittstellen für den Medientransport zueinander passen. Auf diese Weise entsteht eine Turn-Key-Produktionsanlage in kompakter Bauweise. Durch die Verwendung gestalterischer Kernmerkmale aus der Containerbauweise kann problemlos auf existierende und bewährte Logistikkonzepte zurückgegriffen werden.

Bei modularen Anlagen wird die komplette Produktionsanlage in funktionale Einheiten zerlegt, die auf Modulen mit einer Standard-Containergröße aufgebaut und installiert werden.

In unseren Fertigungsstätten werden die jeweiligen Prozessmodule komplett mit dem festgelegten Equipment vormontiert. Danach werden diese vormontierten Funktionsmodule zu einer kompletten modularen Turn-Key-Anlagen in Realgröße (Maßstab 1:1) zusammengefügt. Anschließend prüfen wir zusammen mit unseren Kunden alle Funktionen der Anlage (FAT). Im Anschluss daran werden die jeweiligen Module mit samt installiertem Equipment voneinander getrennt

und einzeln mit Standardtransportern zu unseren Kunden geschickt. Dort erfolgt dann die zügige Einbringung in die Produktionshallen, wo der Aufbau der modularen Turn-Key-Anlage unter NETZSCH Aufsicht erfolgt.

Nach einer einfachen und schnellen Installation und Inbetriebnahme erfolgt der Beginn der Produktion durch einen einfachen „Start“.

Der modulare Aufbau von kompletten Produktionsanlagen ermöglicht eine deutlich schnellere Umsetzung großer Engineering-Projekte. Nachträgliche Änderungen können auch während der Umsetzung des Projektes einfacher erfolgen. Schon während der Bauarbeiten am späteren Produktionsstandort kann mit dem Aufbau und der kompletten Installation der Anlage begonnen werden.

Ein weiterer Vorteil solcher modularer Produktionsanlagen ist, dass kompletten schlüsselfertigen Anlagen „mobil“ sind. Die Verlegung eines Produktionsstandortes und die Umsetzung der kompletten Produktionsanlage ist möglich.

In der Abb. 35 sind zwei Module dargestellt. Links ein Modul für die Feststoffzugabe mit Inline-Mischsystem Ψ -Mix® und einer BigBag Aufgabestation. Die komplette Pulverzugabe kann zusätzlich eingehaust und mit einer Feinstaub-Absaugung versehen werden. In der rechten Abbildung wird eine Mahleinheit, bestehend aus einer Rührwerkskugelmühle ZETA®, einem Ansatzbehälter und einer Pumpe gezeigt.

Abbildung 35

3D-Planung von Modulen in Standard-Containergröße





Komplett vormontierte modulare Anlage in NETZSCH Fertigung:

In der Produktion der NETZSCH-Feinmahltechnik GmbH wird die komplette Anlage aufgebaut verrohrt und installiert.

Nach Fertigstellung der kompletten Anlage erfolgt der Factory Acceptance Test (FAT) durch den Kunden.



Transport einzelner Module:

Nachdem die Anlage vom Kunden inspiziert und abgenommen wurde, werden die einzelnen Module voneinander getrennt und in Containern verpackt.



Einbringung eines Moduls in ein Gebäude per Kran:

Nach dem Versand der einzelnen Module, werden diese als komplette Module vor Ort in die Produktionsräume eingebracht.

Dabei ist es unerheblich, in welchem Stockwerk eines Gebäudes die Produktionsanlage aufgebaut werden soll.



Schrittweiser Aufbau der modularen Anlage beim Kunden:

Nachdem die einzelnen Module am Produktionsstandort angekommen sind, werden diese miteinander verbunden.

Anschließend erfolgt die Inbetriebnahme.



Fertig installierte modulare Anlage beim Kunden:

Die Inbetriebnahme sowie die Schulung des Bedienpersonals werden von den Serviceingenieuren der Firma NETZSCH weltweit unterstützt.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem neuen NETZSCH-Nassmahl-Zerkleinerungsverfahren zur Schwefelaufbereitung für agrarchemische Produkte ergeben sich im Vergleich zu den bekannten Herstellverfahren signifikante Vorteile hinsichtlich Prozess- und Anlagensicherheit, Energieeffizienz, Produktqualität, Produktionskapazität, Investitionsvolumen sowie Reinigung, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Für die Herstellung agrarchemischer Produkte bietet NETZSCH ausgereifte Maschinen und Verfahren an, die dem neuesten Stand der Technik entsprechen. Unsere Auslegung und Auswahl der für den Produktionsprozess geeigneten NETZSCH-Technologie erfolgt unter den Aspekt höchster Effektivität und Effizienz.

Durch den Einsatz modularer Komplettanlagen wurde das Engineering revolutioniert. Große Projekte, bei denen Komplettanlagen installiert werden müssen, können wesentlich schneller umgesetzt werden.

NETZSCH entwickelt gemeinsam mit seinen Kunden individuelle Lösungen und setzt diese mit Service und verfahrenstechnischer Beratung systematisch um. Zahlreiche Referenzen von Labor- über Produktionsmaschinen, bis hin zu kompletten schlüsselfertigen Anlagen sind der Beweis für das Vertrauen vieler internationaler Kunden in NETZSCH.

QUELLENANGABEN

- [I] <https://de.wikipedia.org/wiki/Agrochemie>
- [II] <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefel>
- [III] <https://de.wikipedia.org/wiki/Dünger>
- [IV] <https://www.rotamill.de>
- [V] <https://www.rembe.de/produkte/prozesssicherheit/grundlagen-der-prozesssicherheit>
- [VI] <https://de.wikipedia.org/wiki/Explosionsschutz>
- [VII] Michel Hamelin, NETZSCH Trockenmahltechnik GmbH
www.netzsch.com/gd Trockenfeinmahlung von Pflanzenschutzmitteln
- [VIII] <https://agro-solutions.levaco.com/products/wp-and-wdg-additives.html>
- [IX] Herstellung von Pflanzenschutzmitteln mit modularen Produktionsanlagen, Stefan Mende, Hans-Georg Kißwetter, NETZSCH-Feinmahltechnik GmbH

APPLICATION MANAGER AGRARCHEMIE

HANS KISSWETTER

NETZSCH
Feinmahltechnik GmbH
Sedanstraße 70
95100 Selb | Deutschland

Tel.: +49 9287 797 203
Fax: +49 9287 797 149
Mobil: +49 172 881 2060
hans.kisswetter@netzsch.com
www.netzsch.com





Die NETZSCH-Gruppe ist ein inhabergeführtes, international tätiges Technologieunternehmen mit Hauptsitz in Deutschland. Die Geschäftsbereiche Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme stehen für individuelle Lösungen auf höchstem Niveau. Mehr als 4000 Mitarbeiter in 36 Ländern und ein weltweites Vertriebs- und Servicenetz gewährleisten Kundennähe und kompetenten Service.

Dabei ist unser Leistungsanspruch hoch. Wir versprechen unseren Kunden Proven Excellence – herausragende Leistungen in allen Bereichen. Dass wir das können, beweisen wir immer wieder seit 1873.

Proven Excellence. ■

Geschäftsbereich Mahlen & Dispergieren – weltweit führende Mahltechnologie

NETZSCH-Feinmahltechnik | Deutschland
NETZSCH Trockenmahltechnik | Deutschland
NETZSCH Vakumix | Deutschland
NETZSCH Lohnmahltechnik | Deutschland
NETZSCH Mastermix | Großbritannien
NETZSCH FRÈRES | Frankreich
NETZSCH España | Spanien
ECUTEC | Spanien

NETZSCH Machinery and Instruments | China
NETZSCH India Grinding & Dispersing | Indien
NETZSCH Tula | Russland
NETZSCH Makine Sanayi ve Ticaret | Türkei
NETZSCH Korea | Korea
NETZSCH Premier Technologies | USA
NETZSCH Equipamentos de Moagem | Brasilien

NETZSCH-Feinmahltechnik GmbH
Sedanstraße 70
95100 Selb
Deutschland
Tel.: +49 9287 797 0
Fax: +49 9287 797 149
info.nft@netzsch.com

NETZSCH®

www.netzsch.com