

# Ist Ihr Dünger so gut wie Ihr Streuer?

## **KONTROLLIERT STREUEN, KOSTEN SPAREN**

Moderne Zentrifugalstreuer versprechen Arbeitsbreiten von 24, 36 oder 48 Metern oder sogar mehr. Um große Arbeitsbreiten mit präzisiertem Streuen zu vereinbaren, werden jedoch höchste mechanische Anforderungen an den verwendeten Dünger gestellt. Die Verwendung minderwertiger Dünger kann die Leistung Ihres Streuers erheblich beeinträchtigen. Dieser Aspekt wird häufig übersehen und ist daher Gegenstand der vorliegenden Information.



# Gleichmäßiges Streuen - warum verdient das Ihre Aufmerksamkeit?

Zweischeiben-Zentrifugalstreuer haben unterschiedliche Streubilder. Sie variieren abhängig von Konstruktionsprinzip und einstellbaren Größen wie Position, Länge, Neigung und Drehzahl der Schaufel. In der Praxis wird die Qualität des Gesamt-Streubildes mit dem Variationskoeffizienten angegeben, der sich aus dem Überlappen mehrerer Streubilder ergibt, während der Traktor auf dem Feld hin und zurück fährt.

Wie kann man ein gutes Ergebnis sicherstellen?

## STREUBILDER NÄHER BETRACHTET

Die Streubilder moderner Hochleistungsstreuer werden auf Prüfständen mit Computertechnologie gemessen und optimiert. Die exakte Verteilung des Düngers entlang der Fahrspur und senkrecht dazu kann für unterschiedliche Parameter gemessen und simuliert werden. Abbildung 1 zeigt die Momentaufnahme eines typischen Streubilds. Der rote Pfeil gibt die Bewegung des Traktors an. Der Dünger wird in einem charakteristischen sichelförmigen Muster gestreut. Die ausgebrachte Düngermenge variiert zwischen niedrig (blau) und hoch (rot).

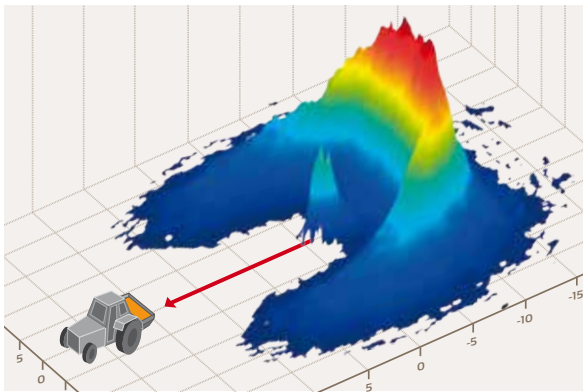


Abbildung 1: Ein typisches Streubild eines modernen Zentrifugalstreuers [1] [2].

## VARIATIONSKOEFFIZIENTEN BESTIMMEN

Der Variationskoeffizient (VK) kann durch Testen auf dem Acker bestimmt werden. Moderne Prüfstände ermöglichen jedoch wesentlich genauere Computersimulationen von Streuprofilen und Variationskoeffizienten. Ist das Streubild einer gegebenen Düngemittel-/Streuerkonfiguration einmal erfasst, lässt der Computer diese Bilder überlappen, während der (virtuelle) Traktor sich vorwärts bewegt (Abbildung 1). Die Profile aufeinanderfolgender Fahrspuren werden dann kombiniert, um das Gesamt-Streubild sowie den zugehörigen Variationskoeffizienten zu bestimmen (Abbildung 2).

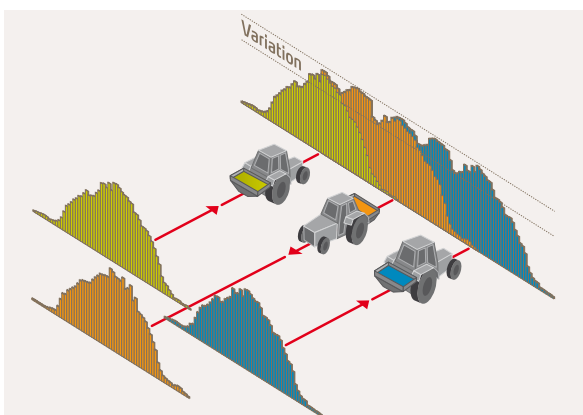


Abbildung 2: Das Überlappen einzelner Streubilder führt zu einer mehr oder weniger gleichmäßigen Verteilung des Düngers im Feld. Der Variationskoeffizient ist das Maß für die Variabilität der ermittelten Ausbringungsmengen [3].

## STREUBARKEIT DES DÜNGERS

Unterschiedliche Düngerqualitäten führen zu unterschiedlichen Streubildern. Unter optimalen Bedingungen kann eine gleichmäßige Streuung sowohl mit dreieckigen als auch mit trapezförmigen Streuprofilen erreicht werden. Allerdings sind sie nicht in gleicher Weise unempfindlich gegen Störungen wie Spurbabweichungen oder Wind. Abbildung 3 zeigt ein dreieckiges und ein trapezförmiges Streuprofil sowie die zugehörigen Variationskoeffizienten (VK) als Funktion der Arbeitsbreite.

- Im Fall des Dreiecksprofils wurden die Streuparameter für eine Arbeitsbreite von 32 Metern gewählt. Bei dieser Breite erreicht der Variationskoeffizient ein Minimum. Sogar bei Abweichungen von der aktuellen Arbeitsbreite von +/- 3 Metern ist die Variation nicht größer als 5 %.
- Im Fall der Trapezkurve wurde die Arbeitsbreite ebenfalls auf 32 Meter eingestellt. Allerdings führt dieselbe Spurbabweichung zu einer wesentlich höheren Variation von mehr als 10 %.

Eine hohe Wurfweite alleine reicht nicht aus, um gute Ergebnisse sicherzustellen. Das Streubild hat wesentliche Auswirkungen auf die Ergebnisse. Es hängt von der Einstellung des Streuers und von den mechanischen Eigenschaften des Düngemittels ab. Bei identischen Arbeitsbreiten tendieren Dünger mit geringer Dichte zu trapezförmigen Streuprofilen, während Dünger mit hoher Dichte Dreiecksprofile begünstigen. Dünger mit hoher Dichte führen im Ergebnis daher zu weniger Streufehlern und damit zu einem besseren Streubild.

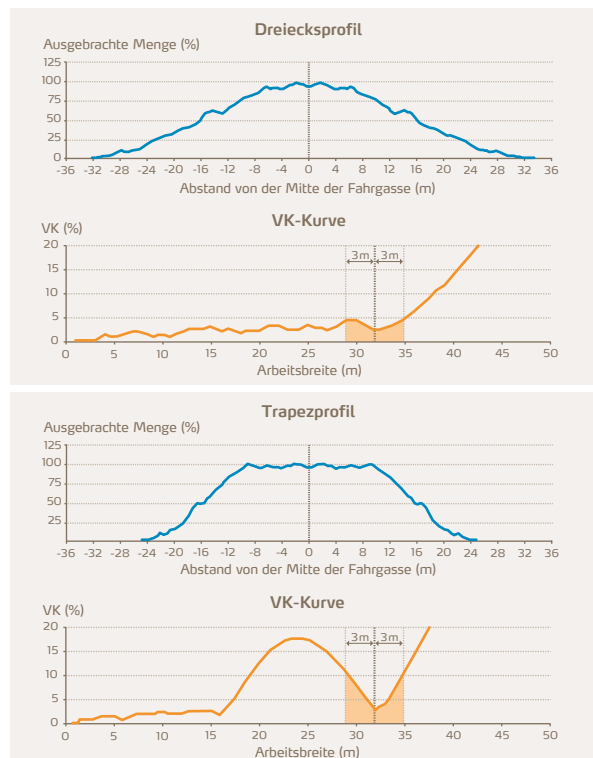


Abbildung 3: Vergleich von Streuprofilen bei identischer Arbeitsbreite von 32 Metern. Das Dreiecksprofil ist wesentlich unanfälliger gegen Störungen als das Trapezprofil [4].





## Präzises Streuen, Vorteil pur

In den meisten Fällen sind die Auswirkungen ungleichmäßigen Streuens mit bloßem Auge nicht zu erkennen. Nur sehr starke Variationen werden als dunkle und helle Streifen sichtbar. Verluste beginnen jedoch lange, bevor Streufehler wahrgenommen werden. Die Kosten ungleichmäßigen Streuens werden hauptsächlich durch Ertrags- und Qualitätsverluste verursacht. Aber auch die daraus resultierende Umweltbelastung und die zusätzlichen Düngerkosten sollten nicht vernachlässigt werden.

Welchen Preis hat ungleichmäßiges Streuen?

### STREUPROFIL UND ERTRAGSPROFIL

Abbildung 4 zeigt ein typisches kumulatives Streuprofil, das sich mit einer trapezförmigen Konfiguration nach dreimaliger Düngung ergab. Die gewünschte Düngermenge von 200 kg/ha wurde im Durchschnitt erreicht, jedoch mit einem Variationskoeffizienten von 27 %. Der mittlere Ertrag ist 79,9 dt/ha, während der potenzielle Ertrag 83,7 dt/ha beträgt. Der Ertragsverlust beträgt also 3,8 dt/ha, was einen entgangenen Gewinn von 76 €/ha bedeutet (bei einem Weizenpreis von 200 €/t).

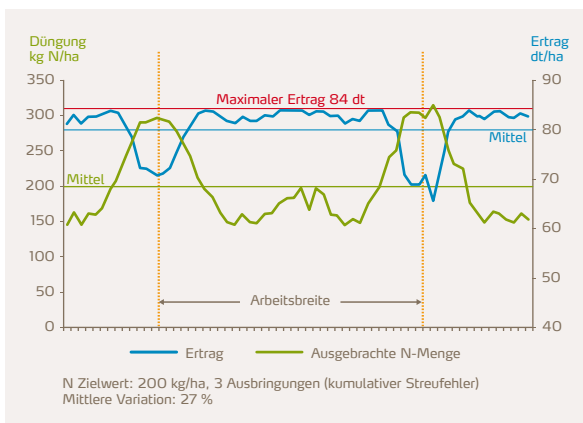


Abbildung 4: Kumulatives Streuprofil nach dreimaliger Düngung mit Harnstoff und zugehöriger Ertrag. Der mittlere Ertrag verringert sich wegen des hohen Variationskoeffizienten von 27 % und dem Auftreten von Lager [5].



Abbildung 5: Deutliche Farbunterschiede treten erst bei einer Streuvariabilität von mehr als 30 % auf, wodurch der Ertrag erheblich reduziert wird und das Risiko von Lagergetreide steigt [5].

### BERECHNUNG VON ERTRAGSVERLUSTEN

Die Ertragsverluste aufgrund von Streufehlern können anhand von Ertragskurven berechnet werden. Abbildung 6 zeigt eine für Weizen typische Ertragskurve. Tabelle 1 zeigt den Ertragsverlust für verschiedene Variationskoeffizienten bei Düngung auf maximalen Ertrag. Bei einer Düngermenge entsprechend dem wirtschaftlichen Optimum hat der Variationskoeffizient eine noch höhere Auswirkung auf den Ertrag.

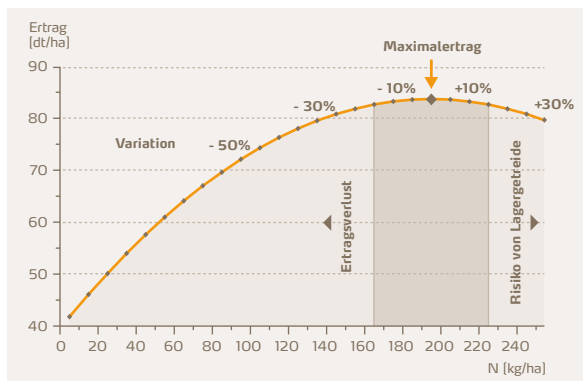


Abbildung 6: Die obige Ertragskurve für Winterweizen basiert auf 28 Feldversuchen in Deutschland [6].

Variationskoeffizient [%]	Ertrag [dt/ha]	Ertragsverlust [dt/ha]	Ertragsverlust [%]	Entgangener Gewinn [€/ha]
0	83,7			
10	83,3	-0,4	-0,5	- 8
20	82,0	-1,7	-2,0	- 34
30	79,9	-3,8	-4,5	- 76

Tabelle 1: Die obige Tabelle gibt Ertrag, Ertragsverluste und den entgangenen Gewinn bei verschiedenen Variationskoeffizienten an. Der entgangene Gewinn wird für einen Weizenpreis von 200 €/t berechnet [6].

Ertragsverluste werden durch das Auftreten von Lagergetreide noch höher. Tabelle 2 enthält zu erwartende Verluste für unterschiedliche Kulturen und Variationskoeffizienten mit und ohne Lagergetreide.



Kulturpflanze	Ertragsverluste bei einem Variationskoeffizienten von		
	15 %	30 %	
		Kein Lagergetreide	Lagergetreide
Wintergerste	-0,6 %	-2,2 %	- 8,6 %
Sommergerste	-0,7 %	-2,9 %	- 10,8 %
Winterroggen	-0,7 %	-2,7 %	- 18,2 %
Winterraps	-0,9 %	-3,6 %	

Tabelle 2: Verluste bei verschiedenen Kulturen und unterschiedlichen Variationskoeffizienten [6].

## FOLGEN UNGLEICHMÄSSIGEN STREUENS

In den meisten Fällen bleiben Streufehler unentdeckt. Variationskoeffizienten unter 25 % sind für das bloße Auge kaum sichtbar, während der Ertrag bereits erheblich zurückgeht. Sobald deutliche Farbunterschiede auftreten, beträgt der Variationskoeffizient bereits mehr als 30 %.

Abgesehen von verminderten Erträgen und dem Risiko von Lagergetreide hat ungleichmäßiges Streuen noch andere Folgen für die Kulturen:

- Geringere, ungleichmäßige Qualität (Protein- und Ölgehalt)
- Erhöhte Umweltbelastung (teilweises Überdüngen)
- Höheres Infektionsrisiko
- Geringere Druschleistung
- Höhere Trocknungskosten

## KALKAMMONSALPETER ODER HARNSTOFF?

Die präzise Ausbringung von Stickstoffdünger erhöht den Gewinn und verringert die Umweltbelastung. Die Verwendung von Düngemitteln hoher Qualität gewährleistet einwandfreie Streubarkeit und gleichmäßige Nährstoffversorgung. Freilich sind die Düngersorten hinsichtlich der Streubarkeit nicht alle gleich.

Kalkammonsalpeter bietet dank höherer Schüttdichte und geringerer Stickstoffkonzentration homogenere Streueigenschaften als Harnstoff. Darüber hinaus kann die Streuhomogenität

durch Wind weiter herabgesetzt werden, was zu lokaler Über- oder Unterdüngung führt.

In einer in Deutschland durchgeführten Untersuchung wurde der Streuverlust von Harnstoff und Kalkammonsalpeter (KAS) verglichen. Die Ergebnisse werden in den nachstehenden Diagrammen gezeigt. Selbst bei einer Streubreite von nur 21 Metern führte bei Harnstoff bereits eine leichte Brise von 4 m/s zu einer Variation von 26 % der Aufbringungsrate. Bei KAS betrug die Variation dagegen nur 6 %! Ein Streufehler von 26 % geht bei Winterweizen normalerweise mit Ertragsverlusten von über 2 % einher.

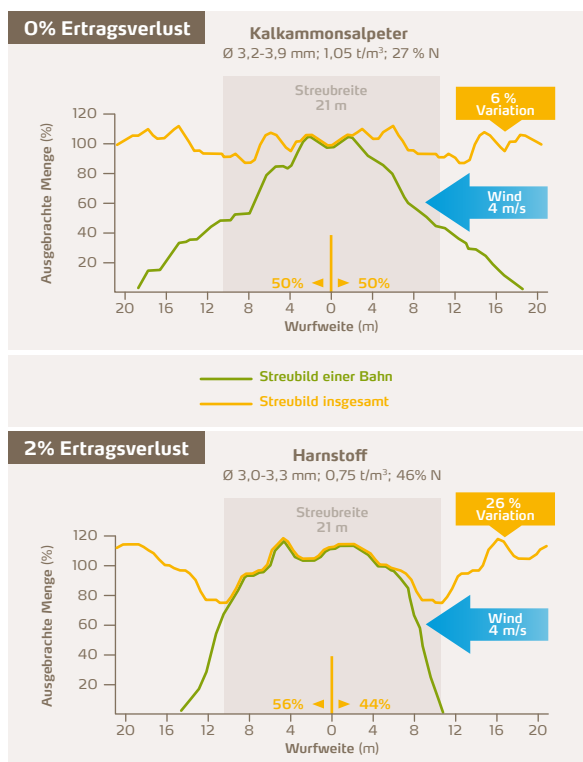


Abbildung 7: Streufehler und die damit verbundenen Verluste sind bei Harnstoff wesentlich höher als bei KAS. Selbst bei einer Streubreite von nur 21 m führte eine leichte Brise von 4 m/s zu einem signifikanten Streufehler von 26 % bei Harnstoff [7].

# Qualität der Düngemittel - welche Eigenschaften sind wirklich wichtig?

Zentrifugalstreuer bringen Düngergranulat in weniger als einer Zehntelsekunde auf Geschwindigkeiten, die über 150 km/h liegen können. Derartig hohe Beschleunigungen bedeuten für das Granulat starke mechanische Belastungen. Düngemittel, die den extremen Bedingungen von Zentrifugalstreuern nicht standhalten, beeinträchtigen Ertrag und Qualität der Kulturen. Allgemein gesagt, sind die physikalischen Eigenschaften von Düngemitteln von entscheidendem Einfluss auf Streuleistung und -präzision.

Welche physikalischen Eigenschaften beeinflussen das Streuen?

## NEUN ENTSCHEIDENDE MERKMALE FÜR OPTIMALE STREUBARKEIT

Konstanter Fluss durch den Streuer, große Streubreite, gute Querverteilung und verlässliche Ergebnisse unter allen Umständen – die Streuleistung hängt von einer Reihe von Qualitäts-Parametern ab, die von den Düngerherstellern präzise kontrolliert werden müssen [8].

### Dichte

Bei gleichem Durchmesser werden dichtere Partikel über eine größere Strecke geschleudert. Die Dichte hat daher Einfluss auf die Ausbringungsrate und die Arbeitsbreite. Die Dichte eines Düngemittels muss bekannt sein und darf nicht variieren. Dichte wird üblicherweise als Schüttdichte angegeben. Sie gibt die Masse eines in einem gegebenen Volumen enthaltenen Produkts einschließlich der enthaltenen Luft an. Je höher die Dichte, desto besser die Streuqualität.

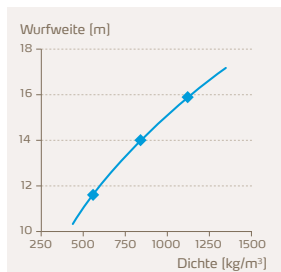


Abbildung 8: Je höher die Dichte, desto höher die Masse und daher die Wurfweite (Durchmesser = 3,5 mm;  $C_x = 0,44$ ) bei identischen Einstellungen des Streuers [4] [9].

### Größe

Größe wird durch zwei Parameter definiert:

- Die mittlere Größe sollte etwa 3,2 mm betragen. Bei gleicher Dichte werden größere Partikel weiter geschleudert, da sie schwerer sind.
- Die Größenverteilung (Korngrößenspektrum) gibt die Variationen des Durchmessers zwischen den kleinsten und größten Körnern an. Ist die Variation zu groß oder zu klein, ist die Bandbreite der Verteilung nicht optimal. Empfohlen wird eine Variation von 0,8 mm.

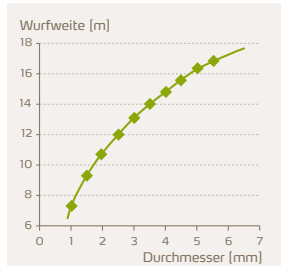


Abbildung 9: Je größer die Körnung, desto höher die Masse und daher die Wurfweite (Dichte = 830 kg/m³;  $C_x = 0,44$ ) bei identischen Einstellungen des Streuers [4] [9].

### Form

Je runder und glatter die Körner sind, desto besser sind Aerodynamik und Streuverlauf. Der aerodynamische Widerstand wird als  $C_x$ -Wert gemessen. Je geringer der  $C_x$ -Wert, desto besser die Streuqualität.

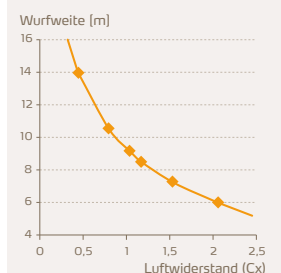


Abbildung 10: Je geringer der Luftwiderstand (niedriger  $C_x$ -Wert), desto größer die Wurfweite (Dichte = 830 kg/m³; Durchmesser = 3,5 mm) bei identischen Einstellungen des Streuers [4] [9].

### Härte

Je härter die Düngerkörner, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie bei der Handhabung und beim Zusammenstoß mit den Streuscheiben zerbrechen. Zerbrochene Granulate erzeugen unerwünschten Staub und verschlechtern die Korngrößenverteilung. Das Streubild wird dann unvorhersehbar. Die Härte wird als die Kraft definiert, die für ein Zerbrechen der Granulate erforderlich ist. Die Härte sollte größer als 3 kg (30 N) sein.

### Fließfähigkeit

Die Fließfähigkeit gibt an, wie leicht die Granulate sich unter dem Einfluss der Schwerkraft bewegen, zum Beispiel aus dem Behälter des Streuers zu den Scheiben. Düngemittel guter Qualität haben eine relativ glatte Oberfläche und eine hohe Fließfähigkeit. Die Fließfähigkeit wird als die Zeit gemessen, die eine Düngerprobe zum Fließen durch einen standardisierten Trichter benötigt (EN 13299). Standardwerte liegen im Bereich von 4 bis 8 kg pro Minute.

### Staubgehalt

Düngemittelstaub beeinträchtigt die Streubarkeit, erhöht die Umweltbelastung und verschlechtert die Arbeitsbedingungen in Schüttgutlagern. Staub führt zur Überdüngung entlang der Fahrspur. Staub erhöht auch das Risiko der Klumpenbildung. Der Staubgehalt von Düngemitteln wird durch die Trennung von Staub und normalen Partikeln im Luftstrom gemessen. Staub sollte weniger als 0,1 % des Gewichts ausmachen.

### Abriebbeständigkeit

Reibung und Stöße können während der Handhabung zum Körnerabrieb führen. Die mechanische Beständigkeit hängt von der Oberflächenbeschaffenheit und der Stärke der Partikel ab. Fragmente von weniger als 1,6 mm als Ergebnis von Abrieb sollten weniger als 5 % des Gewichts ausmachen.

### Klumpenbildung

Unter dem Einfluss von Feuchtigkeit, Temperatur und fortgesetzten chemischen Reaktionen während der Handhabung und Lagerung können die Düngerkörner zusammenkleben (Klumpenbildung). Klumpen behindern gleichmäßiges Fließen und Streuen. Die Oberflächenbehandlung von Düngerkörnern, niedriger Staubgehalt und niedrige Feuchtigkeit reduzieren das Risiko der Klumpenbildung.

### Zusammensetzung

Mischdünger sind Mischungen verschiedener Einzeldünger, so dass in jedem Korn meist nur ein Nährstoff vorhanden ist. Düngemittelmischungen haben die Tendenz, sich bei der Lagerung und im Magazin des Streuers zu trennen. Außerdem wird jedes Korn entsprechend seinen spezifischen mechanischen Eigenschaften ausgeworfen. Ein präzises, gleichmäßiges Streuen kann mit Düngemittelmischungen daher nicht erreicht werden. Düngemittel, bei denen alle Nährstoffe in einem einzigen Korn verbunden sind, sind stets zu bevorzugen.



Abbildung 11: KAS-Granulate bieten höheres Gewicht und höhere Dichte als Harnstoff und gewährleisten optimale Streubarkeit.



# Leistung und Qualität von Yara

Yara (vormals Norsk Hydro) war das erste Unternehmen, das ab 1905 industriell Stickstoffdünger herstellte. Seither haben wir ein umfangreiches Wissen über Produktion und Anwendung von Nährstoffen gesammelt. Heute treten wir für sichere, nachhaltige Praktiken in der gesamten Düngemittelindustrie ein. Unsere Werke zählen zu den effizientesten der Welt. Von Yara entwickelte Technologien für die Präzisionslandwirtschaft reduzieren die Ausbringung von Düngemitteln und erhöhen die Einkünfte der Landwirte.

Düngemittel von Yara sind stets eine sichere Wahl.

## ÜBERLEGENE QUALITÄT

Wir wollen in den Bereichen Produktqualität, Umweltverträglichkeit sowie Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeiter zu den besten Unternehmen gehören. Alle unsere europäischen Werke sind gemäß international anerkannten Normen zertifiziert:

- ISO 9001 Qualitätsmanagementsystem
- ISO 14001 Umweltmanagementsystem
- OHSAS 18001 Arbeitsschutzmanagementsystem

Dementsprechend übernimmt Yara die von der International Fertilizer Association (IFA) und von Fertilizers Europe (FE, vormals EFMA) verabschiedeten Standards und Programme. Unsere Werke liefern Düngemittel höchster physikalischer und chemischer Qualität. Von Yara entwickelte Katalysatoren reduzieren Treibhausgasemissionen aus der Düngemittelproduktion drastisch, und unsere Werke setzen weltweit Standards in Sachen Energieeffizienz.

## PURE NUTRIENTS - REINE NÄHRSTOFFE

Düngemittel von Yara sind reine Nährstoffe für eine effiziente und nachhaltige Landwirtschaft. Reine Rohstoffe und modernste Produktionstechnik sorgen für präzise Dosierung und Streubarkeit, gleichbleibende Qualität, niedrige Umweltbelastungen und hohe landwirtschaftliche Rentabilität. Yara-Düngemittel werden von allen wichtigen Streuer-Herstellern in ihren Streutabellen geführt.



06/2013 bb&b

Weitere Informationen zu Nitratdüngern finden Sie in unserer ausführlichen Düngemittelbroschüre unter [www.yara.de](http://www.yara.de).

Multimediamaterial zur Landwirtschaft finden Sie auch auf unserem YouTube Kanal: [www.youtube.com/yarainternationalasa](http://www.youtube.com/yarainternationalasa)



## ÜBER YARA

Yara International ASA ist ein internationales Unternehmen mit Hauptsitz in Oslo, Norwegen. Als weltgrößter Anbieter von Mineraldüngern tragen wir seit über 100 Jahren dazu bei, Nahrungsmittel und erneuerbare Energien für die wachsende Weltbevölkerung bereitzustellen.

Die Yara GmbH & Co KG versorgt Landwirte in ganz Deutschland mit Qualitätsprodukten, Know-how und Beratung. Für ausführlichere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen Yara Ansprechpartner.

YARA GmbH & Co. KG | Hanninghof 35 | D-48249 Dülmen | Tel. 02594 798 0 | Fax. 02594 798 455 | [www.yara.de](http://www.yara.de)

## LITERATUR

- [1] IRSTEA (2012): Épandages des matériaux organiques et minéraux, Montoldre, Frankreich
- [2] E. Piron, D. Miclet, L. Leveillé et al (2010): Mineral spreader eco-design: method and real application examples, AgEng 2010, International Conference on Agricultural Engineering, Clermont-Ferrand, Frankreich
- [3] Yara, interne Kommunikation: From factory to field, properties and handling of Yara fertilizers
- [4] E. Piron, D. Miclet (2013): Recent technological developments in fertilizer spreading, Irstea, Clermont-Ferrand, Frankreich
- [5] Yara, interne Kommunikation (2013): Streubarkeit von NPK und anderen Düngern
- [6] Yara, interne Kommunikation (2013): Düngerstreuen - welche Faktoren beeinflussen die Streuqualität?
- [7] R. Stamm (2006): Streufehler bei Seitenwind, DLZ Agrarmagazin 10:2006
- [8] COMIFER (2009): Guide d'optimisation de l'épandage des engrais minéraux solides, La Défense, Frankreich
- [9] Nach: A. Colin (1997): Study of mineral fertilizer centrifugal spreading, Doktorarbeit, Université de Technologie de Compiègne, Frankreich

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen entsprechen unserem derzeitigen Kenntnisstand und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Eine Gewähr oder Haftung für das Zutreffen im Einzelfall ist ausgeschlossen, da die Standort- und Anbaubedingungen erheblichen Schwankungen unterliegen. Die zur Verfügung gestellten Informationen ersetzen keine individuelle Beratung. Sie sind unverbindlich und insbesondere nicht Gegenstand eines Beratungs- / Auskunftsvertrages.

