



Hochschule Osnabrück  
University of Applied Sciences

# Vergleich dreier Düngesysteme in Bezug auf ihre Wirtschaftlichkeit und Düngeneffizienz

Kathrin Böhlendorf, Hans-Werner Olf und Stefanie Bröring

# Inhaltsverzeichnis

---

|   |    |
|---|----|
| 1 Einleitung .....  | 1  |
| 1.1 Rahmenbedingungen .....                                   | 3  |
| 1.1.1 Düngesysteme .....                                      | 3  |
| 1.1.2 Regionen.....   | 8  |
| 1.1.3 Wertschöpfungsketten.....                               | 10 |
| 1.1.4 Transportmittel.....                                    | 11 |
| 1.1.5 Risiko .....  | 12 |
| 1.2 Zielsetzung .....   | 12 |
| 2 Logistik.....   | 15 |
| 2.1 Transportprozesse und Transportentfernung.....            | 15 |
| 2.1.1 Lager und Düngermischanlagen.....                       | 20 |
| 2.1.2 Logistikumgebung in der Region Nord-West.....           | 21 |
| 2.1.3 Logistikumgebung in der Region Nord-Ost.....            | 23 |
| 2.1.4 Logistikumgebung in der Region Süd-Ost.....             | 24 |
| 2.1.5 Logistikumgebung in der Region Süd-West.....            | 26 |
| 2.2 Sensitivitätsanalyse steigender Transportkosten .....     | 27 |
| 2.2.1 Steigende Transportkosten in der Region Nord-West.....  | 29 |
| 2.2.2 Steigende Transportkosten in der Region Nord-Ost .....  | 30 |
| 2.2.3 Steigende Transportkosten in der Region Süd .....       | 31 |
| 2.2.4 Steigende Transportkosten in der Region Süd-West.....   | 32 |
| 2.3 Diskussion .....  | 33 |
| 2.4 Zusammenfassung .....                                     | 34 |
| 3 Kostenzusammensetzung.....                                  | 35 |
| 3.1 Kosten- und Angebotsentwicklung einzelner Nährstoffe..... | 35 |
| 3.2 Kosten einzelner Düngesysteme.....                        | 39 |
| 3.3 Kosten auf einzelnen Wertschöpfungsstufen .....           | 41 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4 Risiko.....   | 43 |
| 3.5 Diskussion .....  | 45 |
| 3.6 Zusammenfassung .....   | 46 |
| 4 Streuversuche .....   | 48 |
| 4.1 Verwendete Düngemittel.....   | 48 |
| 4.2 Ergebnisse.....   | 50 |
| 4.3 Diskussion .....  | 53 |
| 4.4 Zusammenfassung .....   | 54 |
| 5 Life Cycle Assessment .....   | 55 |
| 5.1 Definition.....   | 55 |
| 5.2 Annahmen.....   | 58 |
| 5.2.1 Rahmenbedingungen.....  | 59 |
| 5.2.2 Systemgrenzen .....   | 60 |
| 5.4 Ergebnisse.....   | 62 |
| 5.4.1 LCA.....  | 62 |
| 5.4.2 Carbon Footprint .....  | 66 |
| 5.4.3 Praktische Argumente für Landwirte in unterschiedlichen Anbausystemen .....           | 68 |
| 5.4.4 Praktische Argumente für Landwirte aus der Sicht des<br>Lebensmitteleinzelhandel..... | 69 |
| 5.5 Diskussion .....  | 70 |
| 5.6 Zusammenfassung .....   | 71 |
| 6 Mittelfristige Perspektiven des deutschen Düngemittelmarktes .....                        | 72 |
| 6.1 Experteninterviews .....  | 72 |
| 6.2 Fragebogengestaltung.....   | 74 |
| 6.3 Stichprobe.....   | 74 |
| 6.4 Ergebnisse.....   | 75 |
| 6.4.1 Qualitative Auswertung.....   | 76 |
| 6.4.2 Mischdünger.....  | 77 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.4.3 Großhandel .....  | 81  |
| 6.4.4 Klimawandel .....   | 84  |
| 6.4.5 Precision Farming .....   | 87  |
| 6.4.6 Neue Technologien .....   | 90  |
| 6.4.7 Abgrenzung von NPK-Dünger, Mischdünger und Einzelnährstoffdünger..... | 95  |
| 6.5 Diskussion .....  | 96  |
| 6.6 Zusammenfassung .....   | 98  |
| Fazit .....   | 99  |
| Ausblick.....   | 103 |
| Danksagung .....  | 105 |
| Literaturverzeichnis .....  | 106 |

# Tabellenverzeichnis

---

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 1: Prozentualer Mehrnährstoffdünger- und NPK-Dünger-Einsatz auf Bundeslandebene für die drei Hauptnährstoffe N, P und K.....   | 4  |
| Tabelle 2: Komponenten für Einzelnährstoff-Düngestrategie und Mischungen von Einzelnährstoffdüngern, um einen NPK-Mischdünger mit dem Nährstoffverhältnis 17-5-13 herzustellen.....  | 7  |
| Tabelle 3: Komponenten für Einzelnährstoff-Düngestrategie und Mischungen von Einzelnährstoffdüngern, um einen NPK-Mischdünger mit dem Nährstoffverhältnis 15-15-15 herzustellen..... | 7  |
| Tabelle 4: Unterscheidung der für die Untersuchung ausgewählten Regionen .....   | 9  |
| Tabelle 5: Transportkosten der einzelnen Transportmittel für 200 tkm und 100 tkm .....   | 18 |
| Tabelle 6: Bewertung der verschiedenen Verkehrsträger .....  | 19 |
| Tabelle 7: Bewertung der Logistikumgebung in der Region Nord-West .....  | 23 |
| Tabelle 8: Bewertung der Logistikumgebung in der Region Nord-Ost .....   | 24 |
| Tabelle 9: Bewertung der Logistikumgebung in der Region Süd-Ost .....  | 26 |
| Tabelle 10: Bewertung der Logistikumgebung in der Region Süd-West .....  | 27 |
| Tabelle 11: Einzelkomponenten im Mischdünger auf KAS-Basis .....   | 49 |
| Tabelle 12: Einzelkomponenten im Mischdünger auf Urea-Basis.....   | 49 |
| Tabelle 13: Physikalisch-technische Eigenschaften der beiden Mischdünger.....  | 50 |
| Tabelle 14: Variationskoeffizient für den ausgebrachten Mischdünger auf KAS-Basis in der Strehalle bei den Amazone-Werken. Rot.....  | 51 |
| Tabelle 15: Variationskoeffizient für den ausgebrachten Mischdünger auf Urea- Basis in der Strehalle bei den Amazone-Werken. Rot.....  | 51 |
| Tabelle 16: Variationskoeffizient für die ausgebrachte Düngermenge. Rot .....  | 52 |
| Tabelle 17: Variationskoeffizient für die unterschiedlichen Nährstoffe. Rot .....  | 53 |
| Tabelle 18: Ergebnisse des LCA für eine Nährstoffzusammensetzung 17-5-13 für alle betrachteten Wirkungskategorien und Düngesysteme.....  | 62 |
| Tabelle 19: Ergebnisse des LCA für eine Nährstoffzusammensetzung 15-15-15 für alle betrachteten Wirkungskategorien und Düngesysteme.....   | 63 |
| Tabelle 20: Emissionen von CO <sub>2</sub> -Äquivalenten von einzelnen Verkehrsträgern .....   | 64 |
| Tabelle 21: Demografische Zusammensetzung der ersten und zweiten Befragungsrunde.....  | 75 |

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 22: Qualitative Auswertung der offenen Fragen .....                      | 77 |
| Tabelle 23: Bildungslevel innerhalb der Wertschöpfungskette für Düngemittel..... | 92 |
| Tabelle 24: Fragen zu neuen Technologien .....                                   | 92 |

# Abbildungsverzeichnis

---

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Drei Säulen der Nachhaltigkeit .....   | 2  |
| Abbildung 2: Landkreise in Deutschland mit mindestens einer Düngermischanlage (links)<br>bzw. Viehdichte auf Landkreisebene (rechts).....   | 6  |
| Abbildung 3: Für Untersuchungen ausgewählte Agrarregionen in Deutschland und<br>durchschnittliche Betriebsgrößen auf Landkreisebene. ....   | 10 |
| Abbildung 4: Wertschöpfungskette von Einzel- und Volldüngern (oben) im Gegensatz zur<br>Wertschöpfungskette von Mischdüngern (unten). ....  | 11 |
| Abbildung 5: Untersuchungen zum Thema Mischdünger im Kontext Nachhaltigkeit.....  | 13 |
| Abbildung 6: Außenbeitrag von Düngemitteln in die europäische Union.....  | 16 |
| Abbildung 7: Außenbeitrag von Düngemitteln nach Deutschland .....   | 16 |
| Abbildung 8: Transportweg von Volldüngern .....   | 17 |
| Abbildung 9: Transportweg von Einzel- und Mischdüngern.....   | 18 |
| Abbildung 10: Transportkosten für drei Verkehrsträger von 200 bis 1000 tkm mit Preisen und<br>Kosten aus dem Jahr 2009 .....  | 19 |
| Abbildung 11: Standortsuche für Düngermischanlagen (DMA); entweder gestreut an vielen<br>Regional Lagern (RL) oder zentral am Hauptlager .....  | 21 |
| Abbildung 12: Logistikumgebung in der Region Nord-West: Autobahnen, inklusive Häfen<br>(blaue Punkte) und Bahnumschlagstation (orange Punkte). ....   | 22 |
| Abbildung 13: Logistikumgebung in der Region Nord-Ost: Autobahnen, inklusive Häfen<br>(blaue Punkte) und Bahnumschlagstation (orange Punkte, dunkleres orange für<br>Umschlagstation mit einer Abnahme von <809 Tonnen). .... | 24 |
| Abbildung 14: Logistikumgebung in der Region Süd-Ost: Autobahnen, inklusive Häfen<br>(blaue Punkte) und Bahnumschlagstation (orange Punkte). ....   | 25 |
| Abbildung 15: Logistikumgebung in der Region Süd-West: Autobahnen, inklusive Häfen<br>(blaue Punkte) und Bahnumschlagstation (orange Punkte). ....  | 27 |
| Abbildung 16: Dieselpreisentwicklung seit 1970 in Euro, mit einer linearen Regression über<br>die Preisentwicklung 1970-2012 und von 2000-2012 bis zur erneuten Verdopplung<br>der Preise von 2009.....                       | 28 |

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 17: Mögliche Transportentfernung bei einer Dieselpreissteigerung um 100 % (von heute 0,037 €/tkm auf 0,112 €/tkm) und einer Kostensteigerung um 100 % (variable und fixe Kosten) in der Region Nord-West. .... | 30 |
| Abbildung 18: Mögliche Transportentfernung bei einer Dieselpreissteigerung um 100 % (von heute 0,037 €/tkm auf 0,112 €/tkm) und einer Kostensteigerung um 100 % (variable und fixe Kosten) in der Region Nord-Ost. ....  | 31 |
| Abbildung 19: Mögliche Transportentfernung bei einer Dieselpreissteigerung um 100 % (von heute 0,037 €/tkm auf 0,112 €/tkm) und einer Kostensteigerung um 100 % (variable und fixe Kosten) in der Region Süd. ....       | 32 |
| Abbildung 20: Mögliche Transportentfernung bei einer Dieselpreissteigerung um 100 % (von heute 0,037 €/tkm auf 0,112 €/tkm) und einer Kostensteigerung um 100 % (variable und fixe Kosten) in der Region Süd-West. ....  | 33 |
| Abbildung 21: Entwicklung des Strom- und Gaspreises für Industriekunden in den letzten 16 Jahren im Vergleich zum Henry Hub Preis .....  | 35 |
| Abbildung 22: Preis für die Hauptnährstoffe (N als Urea, P als DAP und K als Kaliumchlorid) und Weizen in den letzten sechs Jahren .....   | 37 |
| Abbildung 23: Düngemittelabsatz in Deutschland prognostiziert bis 2021/22 für N, P und K39   |    |
| Abbildung 24: Kostenzusammensetzung für Volldünger und Mischdünger mit der Nährstoffformel 17-5-13 .....   | 40 |
| Abbildung 25: Kostenzusammensetzung für Volldünger und Mischdünger mit der Nährstoffformel 15-15-15 .....  | 41 |
| Abbildung 26: Kosten und mögliche Margen für die einzelnen Wertschöpfungsstufen .....  | 42 |
| Abbildung 27: Risikoanalyse für Agrarhändler und Lösungsansätze .....  | 43 |
| Abbildung 28: Risikomatrix für relevante Risiken im Bereich des Düngemittelhandels .....   | 45 |
| Abbildung 29: Unterschiedliches Aussehen von Mischdünger auf KAS-Basis (links) und Mischdünger auf Urea-Basis (rechts); .....  | 48 |
| Abbildung 30: Genereller Ablauf einer LCA. ....  | 56 |
| Abbildung 31: Einteilung der Emission in die einzelnen Wirkungskategorien und anschließende Berechnung der Wirkungspotentiale .....  | 56 |
| Abbildung 32: Systemgrenze für die LCA Untersuchungen .....  | 61 |
| Abbildung 33: Ergebnisse des LCA für Dünger mit dem Nährstoffverhältnis 17-5-13 .....  | 65 |
| Abbildung 34: Ergebnisse des LCA für Dünger mit dem Nährstoffverhältnis 15-15-15 .....   | 66 |



---

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 35: Carbon Footprint der Nährstoffkombinationen 17-5-13 für den Volldünger und die drei verschiedenen Mischdüngervarianten.....  | 67 |
| Abbildung 36: Carbon Footprint der Nährstoffkombinationen 15-15-15 für den Volldünger und die drei verschiedenen Mischdüngervarianten.....   | 67 |
| Abbildung 37: Meinung zu Mischdüngern in Deutschland in der ersten Befragungsrunde. ...  | 78 |
| Abbildung 38: Meinung zu Mischdüngern in Deutschland in der zweiten Befragungsrunde.   | 80 |
| Abbildung 39: Meinung zum Großhandel und seinen Geschäftsfelder in der ersten Befragungsrunde. ....  | 82 |
| Abbildung 40: Meinung zum Großhandel und seinen Geschäftsfelder in der zweiten Befragungsrunde. ....   | 83 |
| Abbildung 41: Meinung zum Klimawandel in Deutschland in der ersten Befragungsrunde. .  | 85 |
| Abbildung 42: Meinung zum Klimawandel in Deutschland in der zweiten Befragungsrunde. ....  | 86 |
| Abbildung 43: Meinung zu Precision Farming in Deutschland in der ersten Befragungsrunde. ....  | 88 |
| Abbildung 44: Meinung zu Precision Farming in Deutschland in der zweiten Befragungsrunde. ....   | 89 |
| Abbildung 45: Bekanntheitsgrad von ausgewählten Technologien im Bereich Düngemittel und bei der Applikation von Düngemitteln.....  | 90 |
| Abbildung 46: Bekanntheit von neuen Technologien der Düngemittelapplikation oder des Düngemiteleinsatzes innerhalb der Wertschöpfungskette von Düngemitteln. ....                    | 91 |
| Abbildung 47: Durchschnittliche Dauer bis zum Erreichen der Marktdurchsetzung ausgewählten Technologien innerhalb der einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette von Düngemitteln..... | 94 |
| Abbildung 48: Imageprofil der einzelnen Düngersorten im Vergleich.....   | 95 |
| Abbildung 49: Die drei Säulen der Nachhaltigkeit mit Bezug zu Mischdüngern.....  | 99 |

# Abkürzungsverzeichnis

---

|                 |  |
|-----------------|--|
| 14-DCB          | 1,4-Dichlorbenzol  |
| Äq.             | Äquivalente  |
| BB              | Bulk blends (Mischdünger)  |
| BM-V            | Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung  |
| CF              | Carbon Footprint   |
| CH <sub>4</sub> | Methan   |
| CO <sub>2</sub> | Kohlenstoffdioxid  |
| DAP             | Diammoniumphosphat   |
| DB              | Deutsche Bahn  |
| EN              | Einzelnährstoffdünger  |
| EFMA            | Europäischer Verband der Düngerhersteller (European Fertilizer Manufactures Association)                                     |
| FAO             | Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (Food and Agriculture Organization of the United Nations) |
| CFC-11          | Trichlorfluormethan  |
| IEA             | Internationale Energie Agentur (International Energy Agency)   |
| IFA             | Internationale Düngemittel-Organisation (International Fertilizer Association)   |
| IPCC            | Zwischenstaatlicher Ausschuss über Klimaveränderung, auf Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change)            |
| ISO             | Internationale Organisation für Normung  |
| K               | Kalium   |
| KAS             | Kalkammonsalpeter  |
| kg              | Kilogramm  |
| km              | Kilometer  |
| LCA             | Lebenszyklusanalyse (Life cycle assessment)  |
| LKW             | Lastkraftwagen   |
| m <sup>2</sup>  | Quadratmeter   |
| m <sup>3</sup>  | Kubikmeter   |
| MOP             | Kaliumchlorid-Dünger (Muriate of Potassium)  |
| N               | Stickstoff   |

---

|                  |   |
|------------------|---|
| N <sub>2</sub> O | Lachgas (Distickstoff)  |
| NH <sub>3</sub>  | Ammoniak  |
| NO <sub>x</sub>  | Stickoxide  |
| OM               | Bezeichnung eines Streuscheibentypes von Amazone  |
| P                | Phosphor  |
| PM               | Feinstaub (particulate matter)  |
| ProBas           | Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (Datenbank)  |
| ReCiPe           | Methode zur Berechnung von LCAs (aus den Initialen der Entwickler: RIVM [Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; eine für Öffentliche Gesundheit und Umweltschutz zuständige niederländische Behörde] und Radboud Universität, Universität Leiden [CML: Institut für Umweltwissenschaften] und PRé Beratern) |
| SO <sub>2</sub>  | Schwefeldioxid  |
| ssA              | schwefelsaures Ammoniak   |
| TSP              | Tripelsuperphosphat   |
| U <sup>235</sup> | Uran-Isotope  |

# 1 Einleitung

---

Durch eine stetig wachsende Weltbevölkerung und einen steigenden Bedarf an regenerativen Energiequellen gewinnt der Anbau von Pflanzen mit hoher Energieeffizienz und Qualität immer mehr an Bedeutung (Spitz und Evert, 2009). Gerade mineralische Düngemittel werden in diesem Zusammenhang zunehmend kritisch betrachtet. Dabei können diese eine große Rolle für eine nachhaltigere Landwirtschaft spielen. Bekanntermaßen sind sie eines der Betriebsmittel, welche den Ertrag besonders deutlich beeinflussen können (Smil, 2001). Produktion, Transport und Applikation von Dünger zählen andererseits zu den Hauptquellen von Treibhausgasen ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{CH}_4$ ) in der Landwirtschaft (Ahlgren et al., 2008; Brentrup et al., 2004). Besonders die energieaufwendige Produktion stickstoffhaltiger Düngemittel und die bei deren Applikation entstehenden  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen sind hervorzuheben (Davis und Haglund, 1999). Durch strengere Umweltauflagen, gestiegenen Kostendruck und den Wunsch nach nachhaltiger Entwicklung ist es immer bedeutsamer, Dünger möglichst effizient einzusetzen (Nachhaltigkeitsstrategie für Deutschland, 2008). Die weltweite Düngemittelproduktion beträgt ca. 400 Mio. Tonnen pro Jahr (IFA, 2013). Hierfür werden ca. 1,2% der jährlich weltweit produzierten Energiemenge genutzt. Richtig eingesetzt, können Düngemittel aber ein Mehrfaches dieser Energie wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückbringen (Davis und Haglund, 1999; Kongshaug, 1998).

Der Begriff Nachhaltigkeit ist in den letzten Jahren immer mehr zur Pflichtvokale von Unternehmen und Politikern geworden (Edeka-Gruppe, 2013; P&G, 2013; Unilever, 2013; Yara, 2013 usw.). Daran ist auch die recht unspezifische Definition des Begriffes schuld. Häufig wird Nachhaltigkeit ausschließlich oder größtenteils auf ihre ökologische Bedeutung beschränkt (Bhaskaran et al., 2006; Pretty, 2008). Doch Nachhaltigkeit ist mehr als das. Man spricht hier von einem Drei-Säulen-Konzept, welches nicht nur eine Betrachtung von Umwelteinflüssen umfasst, sondern auch ökonomische und soziale bzw. gesellschaftliche Aspekte mit berücksichtigt (Brundtland, 1987, Tillmann et al., 2002; Abbildung 1).

Für eine zukünftige Bewertung des Mischdüngers und des Mischdüngemarktes spielt die Beachtung aller drei Säulen der Nachhaltigkeit eine große Rolle. Denn globale, scheinbar sehr weit entfernt Megatrends (wie Bevölkerungswachstum und weltweiter Wandel der Ernährung hin zu mehr tierischen Eiweißen), werden sich auch auf den deutschen Düngemittelmarkt

auswirken. Erfahrungsgemäß lassen sich auf einem globaleren Markt zukünftig noch wirtschaftlich rentable Geschäftsstrategien im Bereich des Düngemittelmarktes kreieren, wenn auch globale Entwicklungen mit beachtet werden (Belz und Pobisch, 2005; Bhaskaran et al., 2006; FAO, 2013; Wirsenius et al., 2010). Zudem werden auch gesetzliche Auflagen und Pflichten werden in Europa nicht reduziert werden und weltweit immer mehr an Bedeutung gewinnen (siehe zum Beispiel Düngemittelverordnung aus dem Jahr 2012).

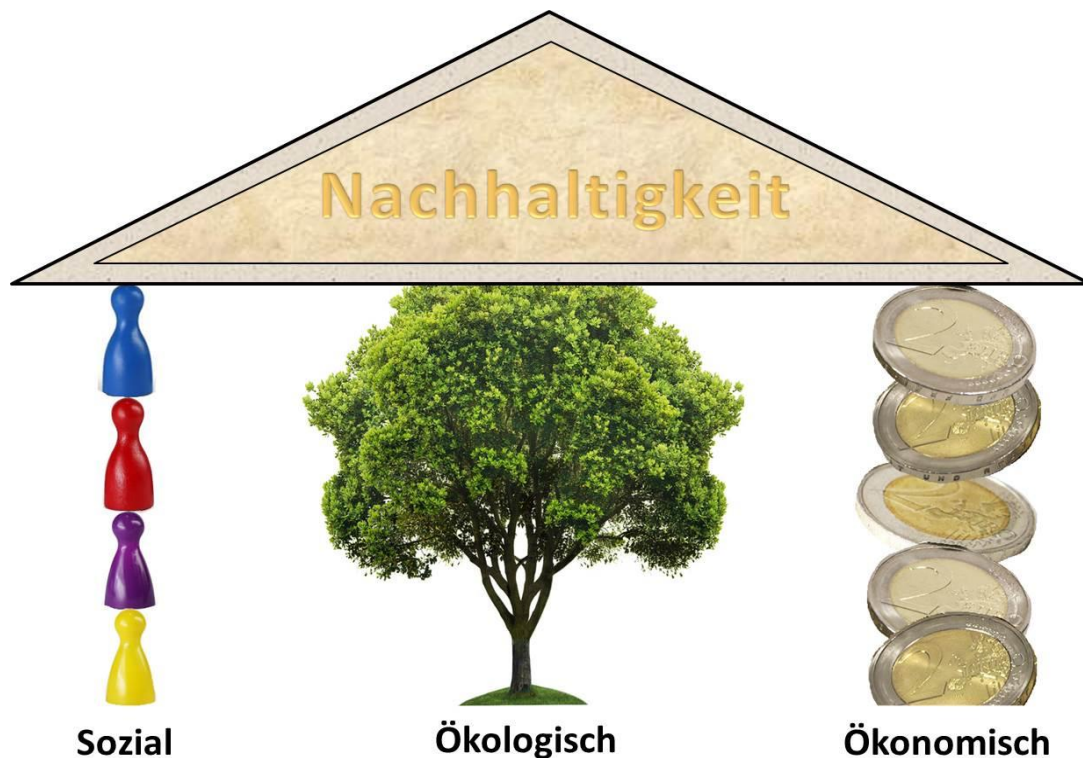


Abbildung 1: Drei Säulen der Nachhaltigkeit

Zielsetzung dieser Arbeit ist es die Geschäftsfelder für Mischdünger, in der Betrachtung von ökonomischen, ökologischen und im weitesten Sinne sozialen Aspekten zu durchleuchten, ihre Chancen und Risiken zu bewerten und ihre zukünftigen Entwicklung abzuschätzen. So sollen Perspektiven für eine nachhaltigere Landwirtschaft in Deutschland entwickelt werden. Zudem soll analysiert werden, wann und in welchen Regionen ein weiterer Ausbau von Mischdüngerkapazitäten wirtschaftlich ist.

## 1.1 Rahmenbedingungen

Für alle weiteren Kapitel werden Annahmen getroffen, die hier näher erläutert werden sollen. Im Folgenden werden einzelne Düngesysteme, Regionen, Wertschöpfungsketten, Transportmittel und das Risiko definiert, die besonders für die Betrachtung der Infrastrukturen, der Kosten und der Umweltwirkungen von Düngemitteln von Bedeutung sind.

### 1.1.1 Düngesysteme

#### **Volldünger**

Unter dem Begriff Volldünger werden im Folgenden alle Dünger zusammengefasst, die alle drei Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium (N, P und K) enthalten und bereits in der Produktion miteinander vermengt werden. Beim Herstellungsprozess werden einzelne Komponenten miteinander gemischt und es kommt zu chemischen Reaktionen, so dass nach der Granulierung in allen Partikeln die nahezu gleiche Nährstoffkonzentration vorliegt. Für alle Untersuchungen wurden zwei verschiedene Volldüngervarianten, die zu den Gegebenheiten innerhalb der Untersuchungsregionen passen, ausgewählt. Bei der ersten Variante wurde ein Nährstoffverhältnis von 17-5-13 gewählt, dass vor allem in Regionen mit hoher Viehdichte eingesetzt wird. Bei der zweiten Variante handelt es sich um ein Nährstoffverhältnis von 15-15-15 für Regionen mit einem höheren Anteil an Ackerbau (siehe Tabelle 4). Für beide Volldünger wird jeweils eine Ausbringungsmenge von 300 Kilogramm Produkt pro Hektar angesetzt.

#### **Einzelnährstoffdünger**

Einzelnährstoffdünger sind Dünger, die nur einen oder maximal zwei Hauptnährstoffe (N, P oder K) enthalten und bei denen somit mehr als eine Applikation nötig ist, um eine Grundversorgung zu gewährleisten. Sowohl bei den Einzelnährstoffdüngern als auch bei den Mischdüngern wurden die gleichen Nährstoffmengen ausgebracht wie bei den beiden Volldüngern. Folgende Dünger wurden die Berechnung als Ausgangsmaterial eingesetzt: Kalkammonsalpeter (KAS, 26,5 % N), Harnstoff (Urea 46 % N), Kornkali (KK 40 %  $K_2O$ ), Triple Superphosphat (TSP, 45 %  $P_2O_5$ ) und Diammoniumphosphat (DAP, 18 % N, 46 %  $P_2O_5$ ). Aus diesen Ausgangsmaterialien wurden insgesamt drei verschiedene Varianten für jede Nährstoffkombination gebildet (siehe Tabelle 2 und 3).

## Mischdünger

Unter Mischdünger wird in dieser Arbeit die trockene, physikalische Mischung mehrerer Einzel Nährstoffdünger verstanden. Es handelt sich als um Mehrnährstoffdünger, der dann en bloc ausgebracht werden. Bei der Produktion findet keinerlei chemischen Reaktionen statt. Bei den Mischdüngern wurden dieselben Dünger als Grundlage gewählt wie bei den Einzel Nährstoffdüngesystemen (siehe Tabelle 2 und 3).

## Marktanteile

Einzel Nährstoffdünger machen in den Absatzzahlen den weitaus größten Teil des Düngemittelabsatzes in Deutschland aus. Mit einem Marktanteil von weniger als 10 % stellen Volldünger derzeit eher ein Nischenprodukt dar, die aber regional von Bedeutung sein können (Statistisches Bundesamt, 2013, Tabelle 1).

Tabelle 1: Prozentualer Mehrnährstoffdünger- und NPK-Dünger-Einsatz auf Bundeslandebene für die drei Hauptnährstoffe N, P und K

| Bundesland <sup>1</sup>    | N: %<br>NPK<br>und NK | P: %<br>NPK | K: %<br>NPK<br>und NK | Gesamtanteil<br>Mehrnährstoffdünger |
|----------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Baden-Württemberg          | 9,6                   | 34,6        | 41,4                  | 28,5                                |
| Bayern                     | 8,1                   | 28,0        | 26,0                  | 20,7                                |
| Brandenburg                | 2,3                   | 21,0        | 16,0                  | 13,1                                |
| Bremen                     | 0,4                   | 93,3        | 17,4                  | 37,0                                |
| Hamburg                    | 0,02                  | 1,3         | 0,3                   | 0,5                                 |
| Hessen                     | 8,6                   | 56,0        | 20,4                  | 28,3                                |
| Mecklenburg-<br>Vorpommern | 1,6                   | 11,1        | 11,4                  | 8,0                                 |
| Niedersachsen              | 2,0                   | 8,8         | 7,3                   | 6,0                                 |
| Nordrhein-Westfalen        | 2,4                   | 12,7        | 9,9                   | 8,3                                 |
| Rheinland-Pfalz            | 12,0                  | 62,0        | 47,3                  | 40,4                                |
| Sachsen                    | 3,1                   | 11,2        | 16,8                  | 10,4                                |
| Sachsen-Anhalt             | 1,5                   | 26,0        | 16,6                  | 14,7                                |
| Schleswig-Holstein         | 2,8                   | 7,6         | 13,2                  | 7,9                                 |
| Thüringen                  | 0,7                   | 10,0        | 10,0                  | 6,9                                 |
| Gesamt                     | 4,0                   | 27,4        | 18,1                  | 16,5                                |

<sup>1</sup>für Berlin und das Saarland gibt es keine Daten über den Einsatz von Volldünger; Daten: Statistisches Bundesamt; Bezugsjahr: 2011/2012

Auch bezüglich der einzelnen Nährstoffe unterscheidet sich der Einsatz von Volldünger sehr deutlich. Während Stickstoff vor allem als Einzelnährstoffdünger ausgebracht wird, hier sind vor allem die mehrfachen Stickstoffgaben für verantwortlich, werden Phosphor oder Kalium deutlich öfter als Volldünger appliziert. Auch in einzelnen Regionen finden sich deutliche Unterschiede. In Bundesländern mit einem hohen Anteil an Gemüsebau oder Sonderkulturen, die deutlich hochpreisiger sind, können Volldünger durchaus nennenswerte Marktanteile erreichen (zum Beispiel Baden-Württemberg oder Rheinlandpfalz; Fertilizer Europe, 2013;

Tabelle 1). Mischdünger haben deutschlandweit ein ungefähres Marktvolumen von 600.000 Tonnen Düngemitteln, wobei hier auch schwefelhaltige Düngemittel, Mikronährstoffe und teilweise auch Kalke mit in die Mischungen eingehen und deswegen eine genaue Zahl der reinen Hauptnährstoffe schwierig zu berechnen ist. Ergänzend finden sich regional sehr deutliche Unterschiede, was auch durch die Zahl der Mischdüngerproduzenten in den einzelnen Regionen zu erklären ist. In Niedersachsen und Bayern finden sich eine hohe Anzahl an Düngermischanlagen (114 bzw. 58) und damit auch ein hoher Marktanteil an Mischdüngern. Besonders in den Landkreisen Grafschaft Bentheim, Emsland und Landshut finden sich überdurchschnittlich viele Düngermischanlagen. In ackerbaulich geprägten Regionen wie Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen oder Mecklenburg-Vorpommern ist die Anzahl der Düngermischanlagen eher gering und damit auch die Marktdurchsetzung von Mischdüngern (Bundesverband der Düngermischer e.V., 2013; Abbildung 2).

Drei Faktoren bestimmen, ob Mischanlagen in bestimmten Regionen installiert oder ausgebaut werden, besonders deutlich. Das ist zum einen die oben schon umrissene Konkurrenzsituation einzelner Landhändler. Beginnen ein oder mehrere Landhändler in einer bestimmten Region, Düngermischanlagen zu installieren und diese zu propagieren, kommt es zu einem Wettbewerb um die Landwirte und damit zu einer verstärkten Konzentration von Düngermischanlagen.

Die anderen beiden Faktoren kommen eher aus der landwirtschaftlichen Umgebung. Sehr heterogene Bodenbedingungen in einzelnen Regionen können dafür sorgen, dass spezifisch angepasste Dünger zu höheren Erträgen führen können. Zudem kann bei sehr unterschiedlichen strukturellen Bedingungen die Düngung noch besser an die Gegebenheiten angepasst werden. Zum Beispiel haben die nordwestdeutschen Gebiete etwas klein strukturierte Bo-



denverhältnisse, während in Süddeutschland eine höhere Anzahl an unterschiedlichen Bodentypen vorkommt (Bundesumweltamt, 2010).

Des Weiteren sorgen die ackerbaulichen Leitkulturen und die Anzahl von viehhaltenden Betrieben für eine mögliche Verdichtung von Düngermischanlagen, um optimale Ergänzungsdüngungen besser gewährleisten und Überdüngungen besser vermeiden zu können (Abbildung 2).

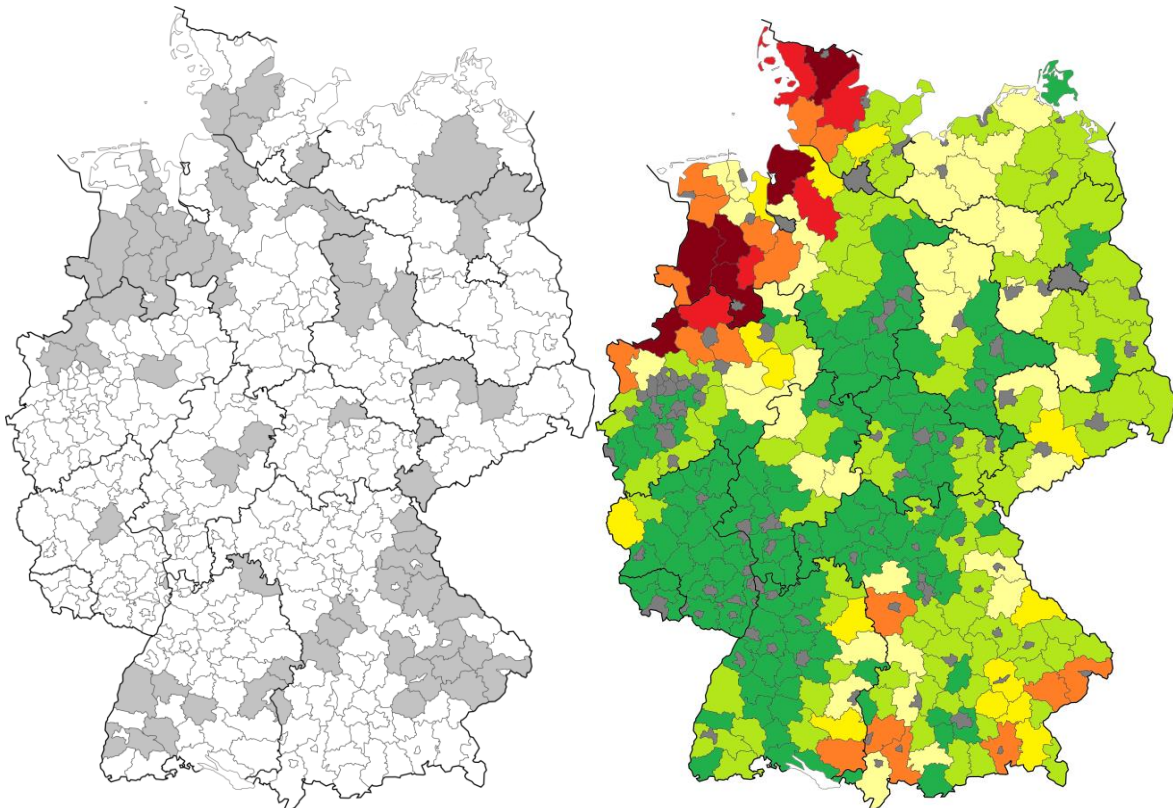


Abbildung 2: Landkreise in Deutschland mit mindestens einer Düngermischanlage (links) bzw. Viehdichte auf Landkreisebene (rechts). Landkreise mit mindestens einer Düngermischanlage sind grau dargestellt, die Viehdichte geht von dunkelrot (sehr hoch) bis dunkelgrün (sehr niedrig); grau sind hier Städte oder Landkreis ohne Statistiken

### Untersuchte Systeme

Für die weiteren Untersuchungen wurden zunächst drei Einzel Nährstoff-Düngestrategien mit verschiedenen Komponenten definiert, mit denen alle weiteren Untersuchungen (wie zum Beispiel Kostenanalysen und LCA) durchgeführt werden. Die unten genannten Auswahl an Systemen wurden aufgrund ihrer Praxisrelevanz getroffen (Hauber et al., 1998). Diese sind:

1. KAS, DAP, KK
2. Urea, TSP, KK
3. KAS, TSP, KK

Tabelle 2: Komponenten für Einzelnährstoff-Düngestrategie und Mischungen von Einzelnährstoffdüngern, um einen NPK-Mischdünger mit dem Nährstoffverhältnis 17-5-13 herzustellen

|          | Komponenten  | Anteil (kg) | Gesamtgewicht (kg) | Kosten (€/ha <sup>5</sup> ) |
|----------|--|-------------|--------------------|-----------------------------|
| Mischung | KAS <sup>1</sup> (26,5% N)                                   | 175         | 298                | 87                          |
| DAP      | KK <sup>2</sup> (40% K <sub>2</sub> O)                       | 97          |                    |                             |
|          | DAP <sup>3</sup> (18% N, 46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 26          |                    |                             |
| Mischung | Urea (46% N)   | 111         | 237                | 80                          |
| Urea     | KK (40% K <sub>2</sub> O)                                    | 97          |                    |                             |
|          | TSP <sup>4</sup> (45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )        | 27          |                    |                             |
| Mischung | KAS (26,5% N)  | 192         | 315                | 90                          |
| TSP      | KK (40% K <sub>2</sub> O)                                    | 97          |                    |                             |
|          | TSP (45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )                     | 27          |                    |                             |

Kostengrundlage: Daten aus November 2011

<sup>1</sup>Kalkammonsalpeter

<sup>2</sup>Kornkali

<sup>3</sup>Diammoniumphosphat

<sup>4</sup>Triplesuperphosphat

<sup>5</sup>Inklusive aller Vorleistungen, Transportwege und Margen der Zwischenhandelsstufen

Tabelle 3: Komponenten für Einzelnährstoff-Düngestrategie und Mischungen von Einzelnährstoffdüngern, um einen NPK-Mischdünger mit dem Nährstoffverhältnis 15-15-15 herzustellen

|          | Komponenten  | Anteil (kg) | Gesamtgewicht (kg) | Kosten (€/ha <sup>5</sup> ) |
|----------|--|-------------|--------------------|-----------------------------|
| Mischung | KAS <sup>1</sup> (26,5% N)                                   | 102         | 313                | 105                         |
| DAP      | KK <sup>2</sup> (40% K <sub>2</sub> O)                       | 113         |                    |                             |
|          | DAP <sup>3</sup> (18% N, 46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 98          |                    |                             |
| Mischung | Urea (46% N)   | 98          | 310                | 109                         |
| Urea     | KK (40% K <sub>2</sub> O)                                    | 113         |                    |                             |
|          | TSP <sup>4</sup> (45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )        | 100         |                    |                             |
| Mischung | KAS (26,5% N)  | 167         | 379                | 116                         |
| TSP      | KK (40% K <sub>2</sub> O)                                    | 113         |                    |                             |
|          | TSP (45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )                     | 100         |                    |                             |

Kostengrundlage: Daten aus November 2011

<sup>1</sup>Kalkammonsalpeter

<sup>2</sup>Kornkali

<sup>3</sup>Diammoniumphosphat

<sup>4</sup>Triplesuperphosphat

<sup>5</sup>Inklusive aller Vorleistungen, Transportwege und Margen der Zwischenhandelsstufen

Hierbei wurde Wert darauf gelegt, weltweite Trends mit einzubeziehen. Deswegen wurden als Stickstoffdüngemittel sowohl KAS als auch Urea gewählt, denn 60% der gesamten Stickstoffdünger (109 Millionen Tonnen), die weltweit ausgebracht werden, sind Urea oder andere harnstoffhaltige Verbindungen (IFA, 2013). Diese können auch Bestandteil eines Mischdüngers sein, wenn sie als granuliert Ware gemischt und sofort nach dem Mischen ausgebracht werden (vergleiche Kapitel 4).

Für Kalium konnten im Vergleich zu den anderen Düngemitteln nur Emissionswerte aus einer Datenbank gefunden werden. Um einen Einfluss der Datenbanken, und damit unterschiedliche Datenqualitäten, ausschließen zu können, wurden die Kalium-Komponenten in allen Strategien nur mit KK gebildet. Zudem ist die Umweltwirkung von Kalium als deutlich geringer einzuschätzen als von den beiden anderen Hauptnährstoffen N (Sutton et al., 2013; Snyder et al., 2009) und P (Oenema und Roest, 1998). Die Düngestrategien wurden so gewählt, dass das Nährstoffverhältnis identisch mit den beiden ausgewählten Volldüngern ist. Die Düngermenge in den Transportprozessen musste dementsprechend angepasst werden (siehe Tabelle 2 und 3). Für die beiden Volldünger wurden Kosten von 120 €/ha (17-5-13) und 126 €/ha (15-15-15) angenommen (Daten aus November 2011).

### 1.1.2 Regionen

Bei der Auswahl der Regionen wurde ein besonderer Fokus auf die unterschiedlichen Agrar- und Logistikumgebungen in Deutschland gelegt. Ziel war es, mit den Untersuchungsregionen und Modellen möglichst eine Vielzahl von deutschen und darüber hinaus auch europäischen Agrarregionen abzudecken.

Es wurden vier Regionen in Deutschland definiert. Grundlagen der Auswahl waren, dass eine bestimmte Anzahl an Düngermischern in den jeweiligen Regionen vorhanden ist und diese sich maßgeblich von anderen Regionen in den Punkten Agrar- und Infrastrukturen unterscheiden. Folgende Regionen wurden ausgewählt (siehe Abbildung 3 und Tabelle 4):

#### **Nord-West:**

Hier dominiert eine Kombination aus hohem Viehbesatz und einer sehr differenzierten Infrastruktur das Bild der Region. Die Betriebsstruktur ist eher klein und es findet sich eine hohe Anzahl an Agrarhändlern und Düngermischern.

**Nord-Ost:**

Im Nord-Osten findet man eine eher ackerbaulich geprägte Agrarstruktur. Begründet durch die historischen Entwicklungen ist die Betriebsstruktur, durch das Zusammenlegen von Betriebs- und Ackerflächen, sehr groß, die Infrastruktur aber schlechter ausgebaut. Zusätzlich finden sich hier nur wenige Agrarhändler und Düngermischer.

**Süd-Ost:**

Auch hier dominieren eher die viehhaltenden Betriebe vor den reinen Ackerbaubetrieben bei insgesamt kleineren Betriebsstrukturen. Somit findet man auch hier eine hohe Anzahl an Agrarhändlern und Düngermischern. Die Infrastruktur ist gut, allerdings nicht so gut ausgeprägt wie in der Region Nord-West. Eine Besonderheit ist die hohe Anzahl an Nebenerwerbslandwirten.

**Süd-West:**

Diese Region ist geprägt von sehr kleinen Agrarstrukturen und einer hohen Bedeutung von Sonderkulturen. Die Infrastruktur ist ähnlich wie im Süd-Osten, allerdings findet man hier nur eine überschaubare Zahl an Düngermischern, aber eine höhere Anzahl von Agrarhändlern.

Tabelle 4: Unterscheidung der für die Untersuchung ausgewählten Regionen

|   | Nord-West | Nord-Ost | Süd-Ost | Süd-West |
|---|-----------|----------|---------|----------|
| Durchschnittliche Betriebsgröße in ha             | 45        | 261      | 31      | 37       |
| Großvieheinheiten pro ha                          | ≥1,0      | <0,5     | 0,9-1,0 | 0,8-0,9  |
| Sonderkulturen                                    | +         | ○        | +       | +++      |
| Nebenerwerbsbetriebe                              | -         | -        | +       | +        |
| Alle Transportmöglichkeiten ausreichend vorhanden | +++       | ○        | ++      | ○        |
| Düngermischer                                     | +++       | +        | +++     | ○        |
| Vorherrschender Nährstoffvariante                 | 17-5-13   | 15-15-15 | 17-5-13 | 15-15-15 |

Wertung gehen von +++ (= hohe) über ○ (= indifferent) bis – (= keine Merkmalsausprägung)

Daten: Statistisches Bundesamt, 2013

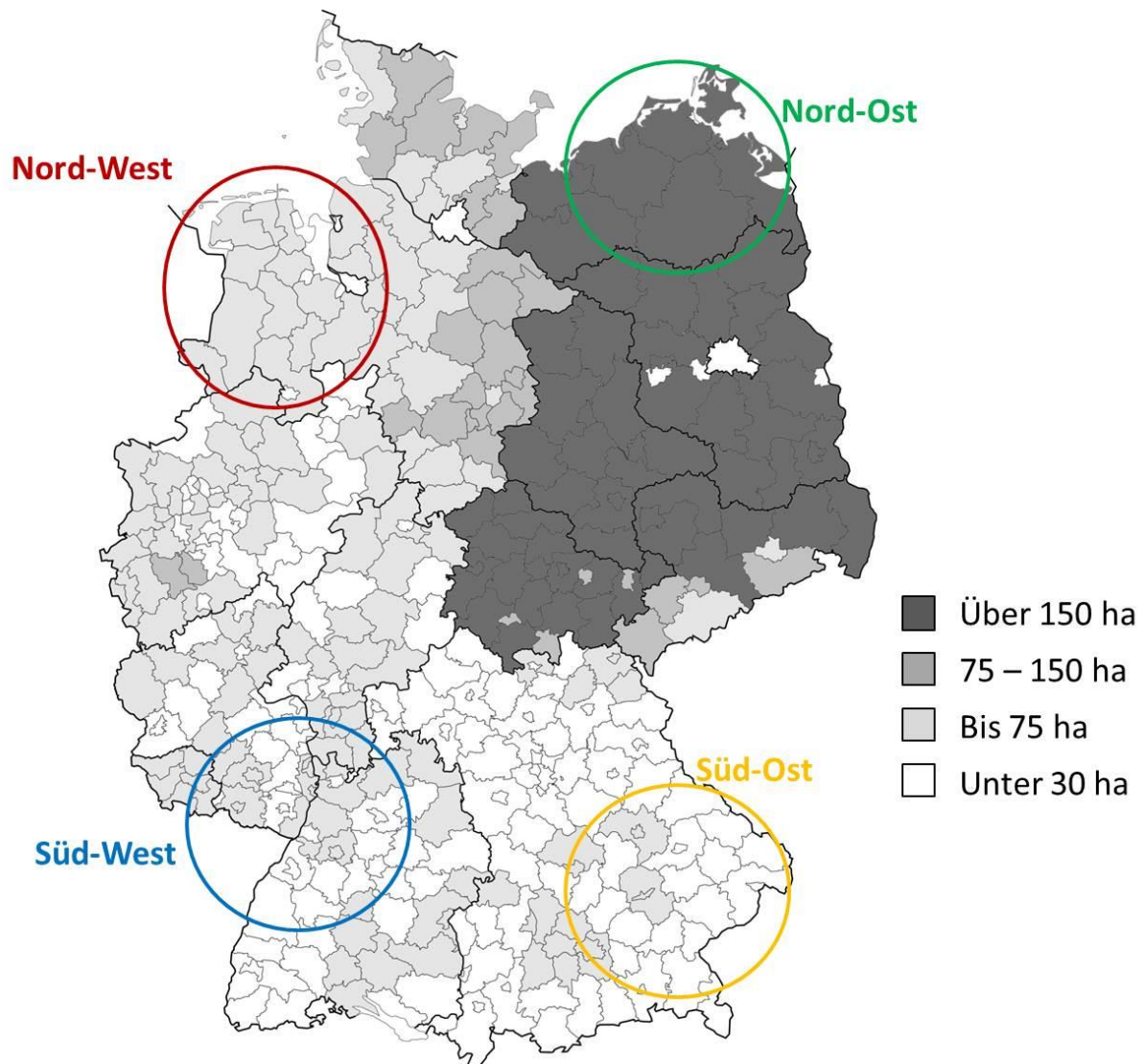


Abbildung 3: Für Untersuchungen ausgewählte Agrarregionen in Deutschland und durchschnittliche Betriebsgrößen auf Landkreisebene.

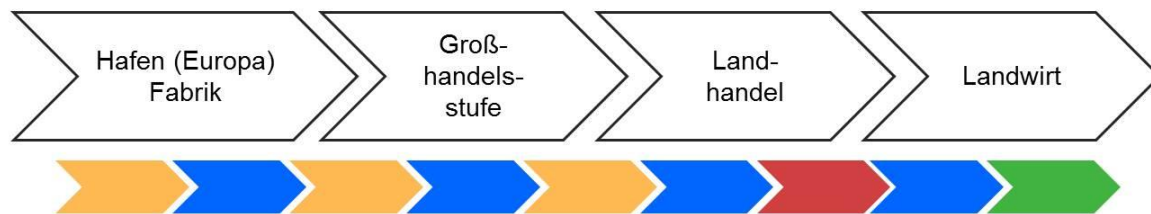
### 1.1.3 Wertschöpfungsketten

Hinsichtlich der Wertschöpfungsketten wurde festgelegt, dass alle Wertschöpfungen innerhalb Europas näher betrachtet werden sollen (Abbildung 4). Transport- und Produktionsprozesse außerhalb Europas wurden zwar für die Lebenszyklusanalyse (LCA) berücksichtigt, aber der besondere Fokus lag immer auf den sehr energieintensiven, emissionsreichen und kostenintensiven Kurzstreckentransporten.

Zusätzlich wurde ein besonderes Augenmerk auf die Serviceleistung gelegt. Jeder Landhändler bietet seinen Kunden einen gewissen Service an, aber ein Landhändler, der auch noch

schlagspezifische Mischdünger produzieren kann, hat auf der Serviceseite ein viel größeres Argumentationsgewicht.

#### Einzelnährstoff- und Volldünger:



#### Mischdünger:



Abbildung 4: Wertschöpfungskette von Einzel- und Volldüngern (oben) im Gegensatz zur Wertschöpfungskette von Mischdüngern (unten).

### 1.1.4 Transportmittel

Generell können beim Transport von Düngemitteln drei Transportmittel unterschieden werden:

1. See- und Binnenschiffe
2. Schienengüterverkehr
3. LKW bzw. Schlepper

Die ersten beiden Transportmittel werden vor allem für längere Transportwege eingesetzt, letztere für Mittel- und Kurzstrecken. Emissionsdaten für diese Transportmitteln kommen aus der ProBase-Datenbank (Probase Datenbank, 2012), Daten über Kosten aus dem Gemis-Datensatz (Gemis, 2009) gewonnen werden. Beide Datenbanken werden vom deutschen Ökoinstitut und dem Bundesumweltamt mit dem Ziel zur Verfügung gestellt, einen kostenfreien Datensatz zur Berechnung von Lebenszyklen und Kosten zu liefern.

### 1.1.5 Risiko

Das ökonomische Risiko von privaten Landhändlern hat in den letzten Jahren aus verschiedenen Gründen stark zugenommen (Deter, 2013; Frentrup et al., 2011). Besonders die Verschiebung der marktbestimmenden Faktoren, wie Preisgestaltung und Zusammensetzung und Konkurrenz von anderen Handelsstufen, führen immer mehr zu höheren geschäftlichen Risiken und erhöhen die Gefahr von Fehleinschätzungen. Nicht mehr Angebot und Nachfrage bestimmen das Handelsgeschehen, sondern Spekulationen und die Globalisierung der Märkte. Dadurch ist es besonders im Düngemittelbereich zu einer zunehmenden Volatilität der Preise gekommen. Somit ist auch das Risiko einer Fehleinschätzung des Marktgeschehens größer geworden. Auch Kalkulationen, die die Düngemittelmärkte betreffen, sind schwieriger zu erarbeiten und unterliegen damit einem höheren Risiko. Zudem verlangt der vor- und nachgelagerte Bereich, insbesondere die Lebensmittelbranche, transparentere Prozesse mit zusätzlichen Einschränkungen des gesamten Betriebsmitteleinsatzes. Zukünftig könnten neue und angepasste Kommunikationsstrategien und Kooperationen zwischen den einzelnen Stufen innerhalb der Wertschöpfungskette notwendig werden, um diesen neuen Forderungen gerecht zu werden.

Bei der Betrachtung der Regionen fiel auf, dass innerhalb der einzelnen Regionen in der Vermarktung und im Umgang mit Dünger ein großer Unterschied besteht, der sich nicht nur auf die landwirtschaftliche Struktur zurückführen lässt. Weiterhin wurde festgestellt, dass innerhalb der Regionen deutlichere Unterschiede bestehen als zwischen diesen. Deswegen konnte bei der Auswertung der Umweltwirkungen auf den Faktor Regionen verzichtet werden. Außerdem konnten verschiedene Risikomanagementsysteme unterschieden werden (siehe Kapitel 3.4). Insgesamt wurde der Faktor Risiko mit in die Kostenbetrachtung aufgenommen und weiter betrachtet. Ziel dabei war es, Risikoeinschätzungen zu treffen, die dann von jedem Händler selbst für die eigene Umgebung angepasst werden können, um für jeden individuellen Fall die relevanten Risikofaktoren zu bestimmen.

### 1.2 Zielsetzung

Ziel der Untersuchung war es, verschiedene Düngersysteme zu prüfen und Bewertungen für diese Systeme abzugeben. Mit diesen Bewertungen können dann Schlussfolgerungen bezüg-

lich der Optimierung von Geschäftsfeldern oder neue Argumentationsketten für die Landwirte gefunden werden. Dabei wurden folgende Methoden angewendet (siehe Abbildung 5):

1. Analyse von Wertschöpfungsketten, um die Logistikwege aufzuzeigen und um dann anhand des Szenarios „steigende Kosten“ (zum Beispiel Diesel, Lohnkosten, Lohnnebenkosten, usw.) mögliche Transportprozesse abzuleiten (Kapitel 2).
2. Aufstellung der verschiedenen Kosten für die einzelnen Düngesysteme, um Einsparmaßnahmen nachzuvollziehen und potentielle Kostensteigerungen vorhersagen zu können (vor allem am Beispiel der Energiekosten; Kapitel 3).
3. Eine Bilanzierung aller in der Wertschöpfungskette für Düngemittel entstehenden Emissionen, um den Einfluss auf die Umwelt zu quantifizieren (Kapitel 5).
4. Eine Befragung, um aktuelle und zukünftige Entwicklungen im Düngemittelmarkt aufzudecken (Kapitel 6).

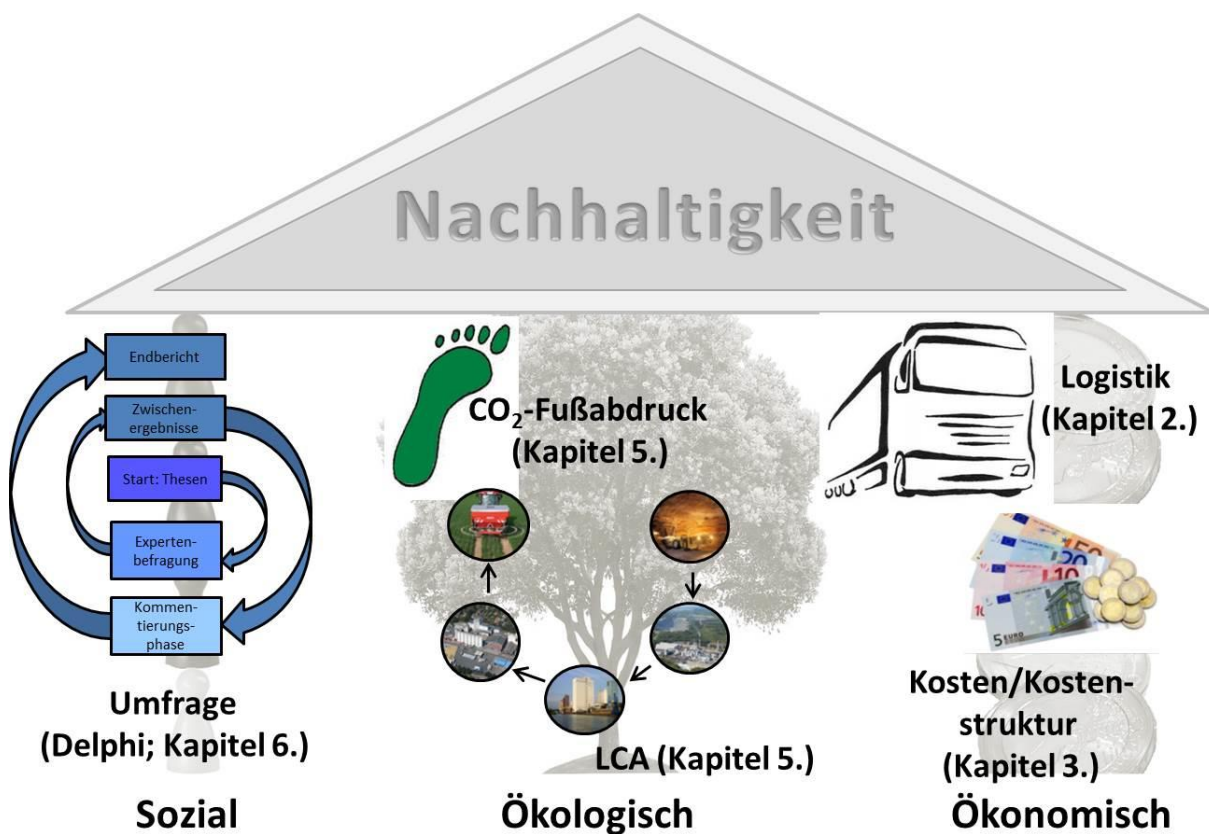


Abbildung 5: Untersuchungen zum Thema Mischdünger im Kontext Nachhaltigkeit



Ferner wurde ein Streuversuch mit verschiedenen Mischdüngern durchgeführt, um die Nährstoffverteilung auf dem Feld einzuschätzen und die Angaben der guten fachlichen Praxis aus dem Handbuch für Düngemischer validieren zu können (Kapital 4).

Auf die sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit wurde zusätzlich argumentativ eingegangen. Schlagworte sind hier vor allem Arbeitsplatzsicherung und Arbeitsplatzschaffung, gerade in strukturschwachen Regionen, die über den Einsatz verschiedener Düngesysteme beleuchtet werden sollen. Zudem sollte hier noch der Bereich der Arbeitserleichterung mit betrachtet werden. Diese Argumente finden sich am Ende von Kapitel 6.

## 2 Logistik

---

In diesem Kapitel werden die Transportprozesse von Düngemitteln in Deutschland nachvollzogen um damit Chancen und Risiken aufzuzeigen. Zusätzlich werden die einzelnen Verkehrsträger bewertet und es wird versucht, die Standortsuche von Düngermischanlagen zu charakterisieren. Ferner wird beleuchtet, wie die Logistikumgebungen in den einzelnen Regionen aussehen. Für jede Region wird außerdem die Infrastruktur bewertet. Abschließend werden Szenarien erstellt, in welchen Gebieten es zukünftig mit den heutigen Margen nicht mehr möglich sein könnte, Düngemittel anzuliefern.

### 2.1 Transportprozesse und Transportentfernung

Bezüglich der Handelsbilanz hat die Europäische Union bei Düngemitteln einen negativen Außenbeitrag, das heißt, dass mehr Düngemittel importiert als exportiert werden (Abbildung 6). Besonders stark ist dieser negative Außenbeitrag bei den stickstoff- und phosphathaltigen Düngemitteln ausgeprägt. Der deutsche Außenbeitrag ist bei diesen beiden Nährstoffen geringer als in der gesamten europäischen Union, nichtsdestotrotz werden auch in Deutschland mehr N- und P-Düngemittel benötigt als produziert (Abbildung 7). Stickstoffhaltige Düngemittel werden vor allem über die Häfen in den Benelux-Staaten (hier vor allem Amsterdam, Rotterdam, Antwerpen, Gent und Sluiskil), über Norwegen oder über weitere Produktionsstätten aus Russland oder den baltischen Staaten in die deutschen Seehäfen transportiert. Der Weitertransport erfolgt dann via Binnenschiff oder Zug bzw. in die Anrainerregionen (rund um die Seehäfen oder Produktionsstätten) bei sehr geringen Transportwegen oder -umfängen auch via LKW. Phosphathaltige Düngemittel gelangen vorrangig via Schiff nach Deutschland. Das Rohmaterial und die Produktionsstätten befinden sich hierbei primär in Nordafrika, dem Nahen Osten oder Russland (siehe Anhang 1).

Gestiegene Energiekosten und der allgemeine Kostendruck sorgen dafür, dass zunehmend auch Fertigware aus Russland und den baltischen Staaten nach Deutschland gelangt, hier sollte aber ein besonderes Augenmerk auf die Qualität dieser Ware gelegt werden. Durch den

allgemeinen Kostendruck kommt es immer mehr dazu, dass Ware die Donau hinauf nach Süddeutschland oder mit längeren Bahntransporten nach Norddeutschland verbreitet wird (siehe Anhang 1).

Kalihaltige Düngemittel kommen, zumindest in Deutschland, zumeist aus den deutschen Produktionsstätten, was auch am deutschen Außenbeitrag für den Nährstoff Kalium gesehen werden kann (Abbildung 7). Die Kalium-Rohsalze werden am Produktionsort aufbereitet und via Zug in die einzelnen deutschen Agrarregionen transportiert. Hier spielen die Transportwege kaum eine Rolle, da für fast alle Regionen die gleichen Transportentfernungen anfallen (K+S, 2011).

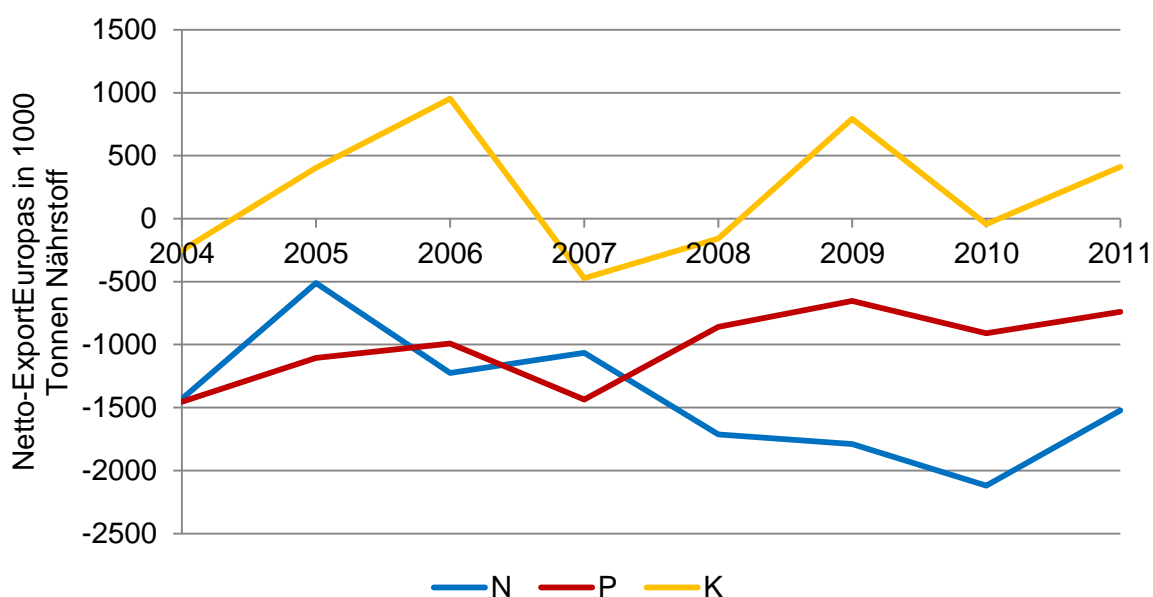


Abbildung 6: Außenbeitrag von Düngemitteln in die europäische Union

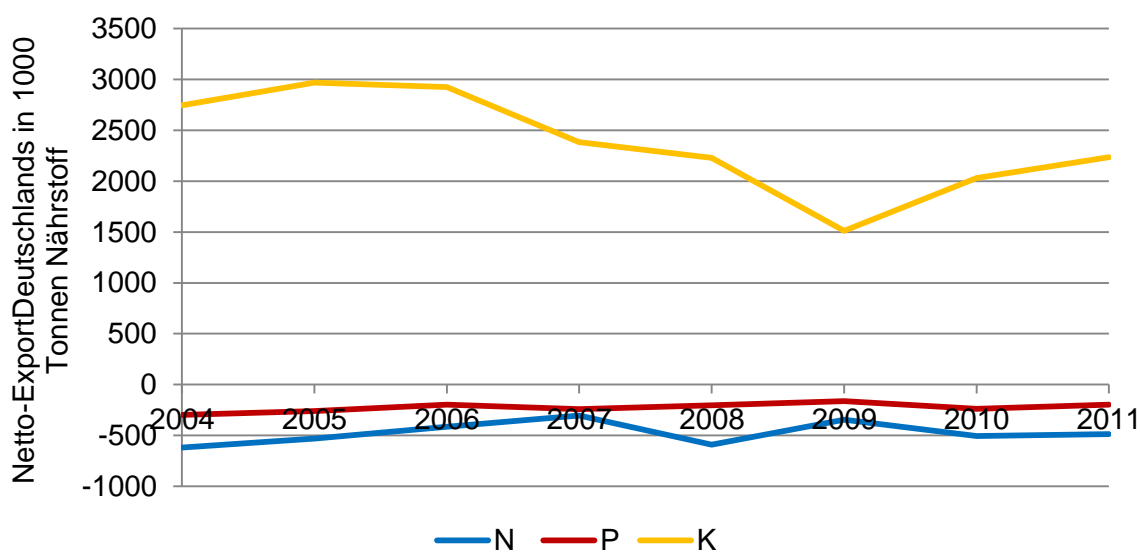


Abbildung 7: Außenbeitrag von Düngemitteln nach Deutschland

Süddeutschland hat einen eindeutigen Nachteil aufgrund der Entfernung zum Meer. Lediglich Stickstoff kann aus einem nahen Werk in Linz bezogen werden, der Rest muss aus den Meer-anrainerländern angeliefert oder aus dem Donau-Raum importiert werden. Dadurch können die Preise für N und P im Süden etwas höher sein als im Norden oder die Qualität geringer. Hierbei spielt die Binnenschifffahrt über die Achse Rhein, Main, Main-Donau-Kanal und Donau eine wichtige Rolle (siehe Anhang 1).

Generell lässt sich sagen, dass schon bei heutigen Preisen und Transportkosten versucht wird, jedwede Umwege zu vermeiden, egal welches Düngesystem am Ende vom Landwirt eingesetzt wird. Der Transportweg von Misch- und Einzelnährstoffdüngern ist nur in Ansätzen anders als der von Volldüngern. Bei Volldünger werden zunächst die Rohstoffe zur Produktion gebracht und dann das fertige Produkt verteilt, bei Misch und Einzelnährstoffdüngern werden die Rohstoffe zu verschiedenen Produktionsstätten transportiert und die fertigen Produkte dann verschieden abgesetzt (siehe Abbildung 8 und Abbildung 9).

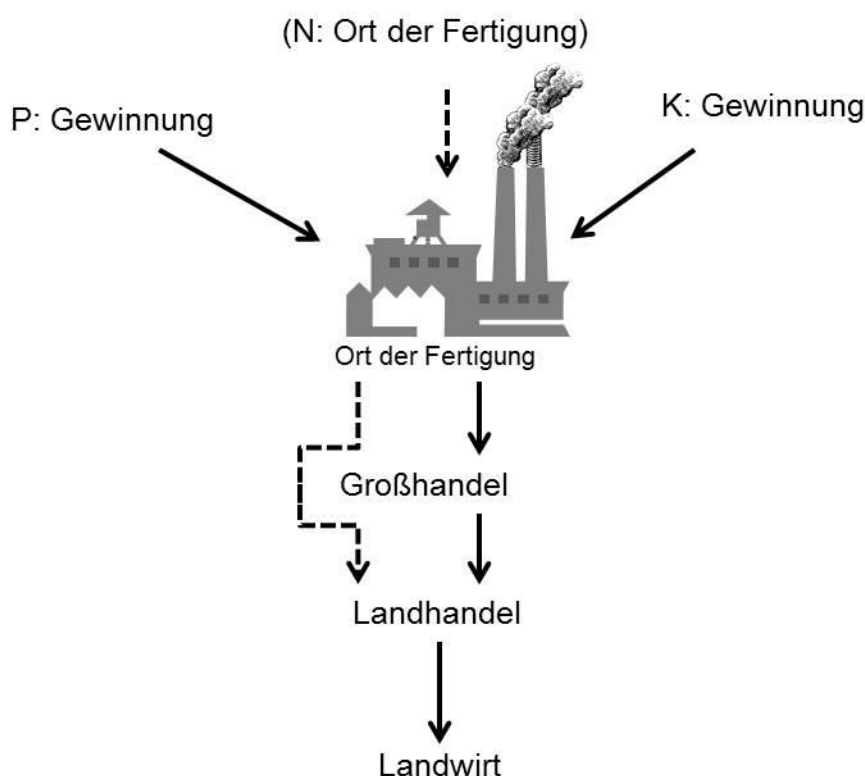


Abbildung 8: Transportweg von Volldüngern (gestrichelte Linien stehen für seltenere Transportprozesse; Heege, 2001)

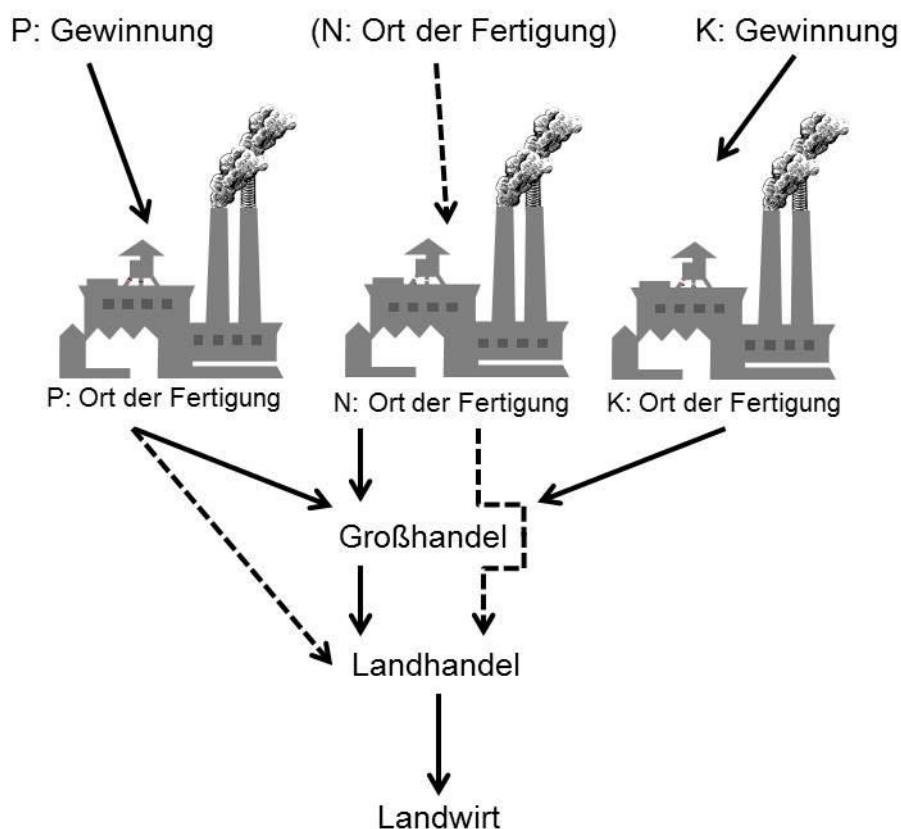


Abbildung 9: Transportweg von Einzel- und Mischdüngern (gestrichelte Linien stehen für seltenere Transportprozesse; Heege, 2001)

Bei der gesamten Diskussion um bessere oder die beste Düngevariante gilt weiterhin, dass der Transport via Schiff (ob Binnen- oder Seeschiffe) immer dem via LKW vorzuziehen ist (siehe auch Abbildung 10 und Tabelle 5). Bei größeren Entfernungen, die man dann aufgrund der besseren Auslastung in größeren Transportmitteln durchführen kann, sind immer größere Transportmittel (Schiff oder Bahn) dem reinen Straßentransport via LKW vorzuziehen. Zurückzuführen ist dies auf ökologische und ökonomische Gründe (Guenther und Farkavcova, 2007). Hierbei ist zu prüfen, ob Synergien in den einzelnen Regionen sinnvoll genutzt werden können und Lieferung von verschiedenen Händlern vielleicht zusammengefasst werden können.

Tabelle 5: Transportkosten der einzelnen Transportmittel für 200 tkm und 100 tkm

|   | Schiff | LKW   | Zug   |
|---|--------|-------|-------|
| Durchschnittliche Transportkosten in €/tkm bis 200 km | 0,0195 | 0,143 | 0,161 |
| Durchschnittliche Transportkosten in €/tkm ab 1000 km | 0,0265 | 0,088 | 0,074 |

Quelle: PLANCO Consulting GmbH und Bundesanstalt für Gewässerkunde (2007) eigene Berechnung

Wie in Tabelle 5 zu sehen ist, ist der LKW Transport bei geringeren Transportstrecken und Mengen noch mit dem Schienentransport wettbewerbsfähig. Die Binnenschifffahrt ist immer vorteilhafter bezüglich der Kosten. Betrachtet man längere Transportwege und deren Transportkosten, kippt das Bild des LKW-Transportes. Abbildung 10 zeigt, dass bei einer Transportstrecke von ca. 450 tkm die Bahn dem LKW-Transport vorzuziehen ist.

Bei der Entwicklung der Transportkosten handelt es sich um eine so genannte degressive Kostenfunktion. Das heißt die Transportkosten aller drei Verkehrsträger sinken aufgrund der je Transportvorgang weitergehenden fixen Kosten (zum Beispiel Bereitstellung, sowie Beladung und Entladung der Fahrzeuge) bis auf das mögliche Minimum (Abbildung 10). Ab ca. 1.000 tkm sind kaum noch Änderungen in den Kosten je tkm zu erwarten.

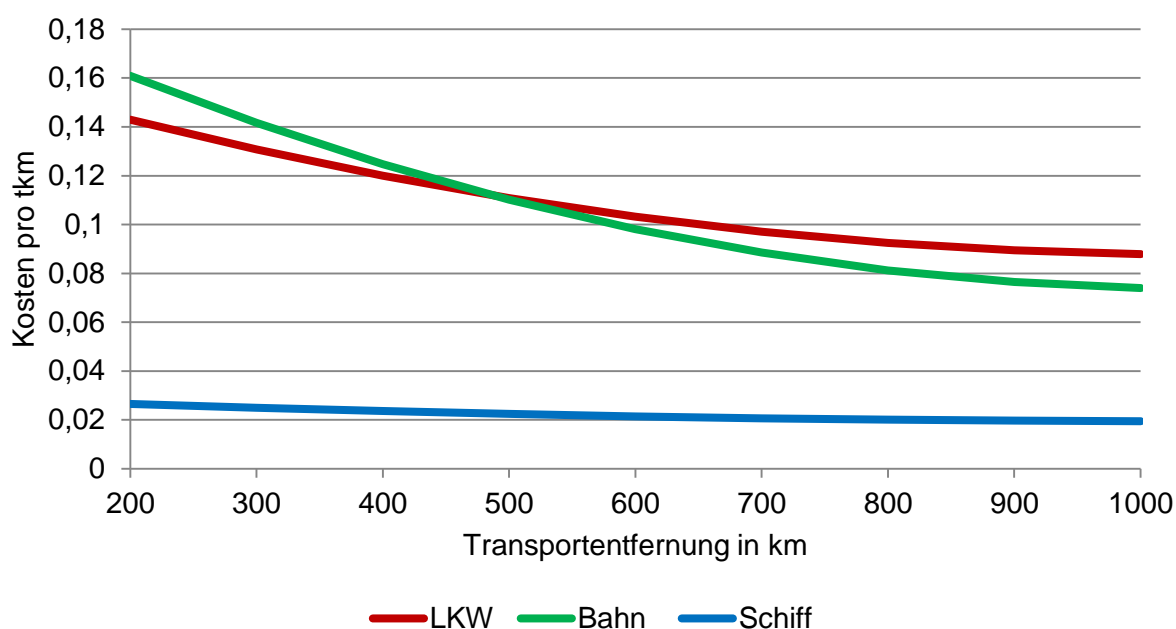


Abbildung 10: Transportkosten für drei Verkehrsträger von 200 bis 1000 tkm mit Preisen und Kosten aus dem Jahr 2009 (PLANCO Consulting GmbH und Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2007, eigene Berechnung).

Tabelle 6: Bewertung der verschiedenen Verkehrsträger

| Kriterien                | Straßengüterverkehr | Schienengüterverkehr | Binnenschifffahrt |
|--------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| Flexibilität             | ++                  | ○                    | -                 |
| Schnelligkeit            | +                   | ○                    | -                 |
| Massenleistungsfähigkeit | -                   | ++                   | ++                |
| Energieverbrauch         | ○                   | +                    | +                 |
| Unfallhäufigkeit         | -○                  | +○                   | ++                |

Nach: Schell LKW-Studie, 2010

### 2.1.1 Lager und Düngermischanlagen

Unabhängig von Transportsystemen stellt sich die Frage, wo es sinnvoll ist, Düngermischanlagen zu installieren. Hier spielen vor allem Probleme und Überlegungen eine Rolle, die mit der Routenplanung oder der „Traveling Salesman Problematik“ zu tun haben. Letztere besagt, dass es vergleichsweise leicht ist, eine gute Lösung innerhalb der Logistik zu finden, es aber nahezu unmöglich ist, die optimale Lösung zu finden (David et al., 2007). Somit muss jeder Händler in jeder Region von Fall zu Fall eigenständig entscheiden, ob ein Kapazitätenausbau mit der bestehenden Infrastruktur möglich und sinnvoll ist. Jedoch sollte beachtet werden, die Kapazitäten nicht zu groß zu wählen, um in möglichst vielen Gebieten innerhalb der Handelsregionen noch angepasste Dünger anbieten zu können. Werden die Mischanlagen zu groß gewählt, führt das eher dazu, dass bestimmte Nährstoffkombination in den großen Anlagen vorgemischt werden und in der Regionallagern dann als kulturspezifische (und nicht als schlagspezifische) Mischungen angeboten werden müssen. Hiermit entfernt man sich dann aber von der zentralen Idee des Mischens und macht sich angreifbar durch die Volldüngerhersteller, die ebensolche Dünger herstellen kann. Zusätzlich ist zu überprüfen, ob nicht bestehende Anlagen innerhalb einer Region von mehreren Händlern genutzt werden können, oder ob die Möglichkeit besteht, dass mehrere Händler in eine Mischanlage investieren, um allzu große Überkapazitäten zu vermeiden. Eventuell lassen sich auch Lagerkapazitäten an Verkehrsknotenpunkten zusammenfassen. Für all diese Vorschläge ist allerdings ein vertrauensvolles Verhältnis zwischen den Handelspartner notwendig. Es sollte allerdings beachtet werden, dass im Agribusiness sich der Wettbewerb nur nicht zwischen den Unternehmen einer Wertschöpfungsstufe ausprägt, sondern auch zwischen den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette (Gerlach et al., 2004). Somit kann eine gute Zusammenarbeit eine solide Basis für ein Überleben im Wettbewerb sein. Zusätzlich sollten Aspekte wie Arbeitskraftverfügbarkeit und die damit verbundenen Lebensqualität eines Standortes berücksichtigt werden (Günther und Tempelmeier, 2012).

Bei der Umfrage zum Entwicklung des Düngemittelmarktes (Kapitel 6.) wurde festgestellt, dass Landwirte bereit sind ca. 50 km für passende Dünger zu fahren. Diese Information sollte auch für die Standortsuche berücksichtigt werden. Generell ist ein Zusammenlegen von Lagerkapazitäten und Düngermischanlagen sinnvoll. Hier sollten alle Infrastrukturellen Gegebenheiten innerhalb einer bestimmten Region ausgenutzt werden.

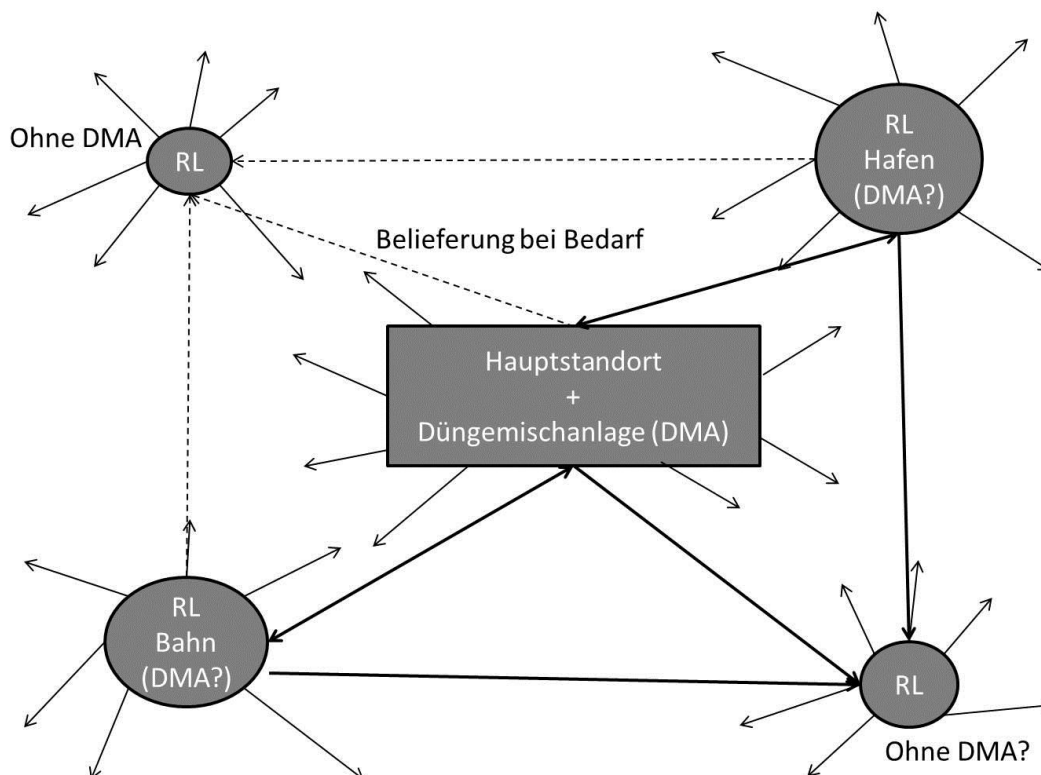


Abbildung 11: Standortuche für Düngermischanlagen (DMA); entweder gestreut an vielen Regional Lagern (RL) oder zentral am Hauptlager (Günther und Tempelmeier, 2012; Gleißner und Femerling, 2008)

### 2.1.2 Logistikumgebung in der Region Nord-West

Durch die große Nähe zum Meer spielt in dieser Region die Seeschifffahrt zusätzlich zur Binnenschifffahrt eine große Rolle. Dementsprechend lassen sich alle Gebiete in Meeresnähe durch eine Vielzahl von kleineren und mittleren Häfen gut erreichen. Wichtige Seehäfen in der Region sind (BM-V, 2013; Elfrich, 2012): Brake, Bremen/Bremerhaven, Emden, Leer und Wilhelmshaven. Zudem finden sich in dieser Region noch die Ems, die Weser, der Mittelland-Kanal, der Dortmund-Ems-Kanal und der Küstenkanal, die jeweils eine große Zahl von Binnenhäfen besitzen: Dörpen, Haren, Oldenburg, Osnabrück, Papenburg und Spelle (BM-V, 2013, Binnenschifffahrt Niedersachsen, 2013; Elfrich, 2012).

Beim Schienengüterverkehr finden sich vier wichtige Korridore (DB, 2013): Bremen-Osnabrück, Hannover-Löhne-Osnabrück-Rheine, Norddeich-Emden-Oldenburg-Bremen und Norddeich-Emden-Papenburg-Meppen-Lingen-Rheine. Wichtige Umschlagstationen sind (K+S, 2011; Elfrich, 2012): Cloppenburg, Harpstedt, Haselünne, Lönigen, Oldenburg, Pa-



penburg. Allerdings ist in dieser Region aufgrund der guten Wasserwege-Infrastruktur der Schienenverkehr deutlich unterrepräsentiert.

Wichtige Autobahnen in der Region Nord-West sind (siehe Abbildung 12; BM-V, 2013):

- A1: aus Hamburg und Schleswig-Holstein kommend weiter über Bremen und Osnabrück nach Nordrhein-Westfalen (220 km)
- A28: beginnend in Leer über Oldenburg, weiter zur A1 (Dreieck Stuhr; 95 km)
- A29: beginnend in Wilhelmshafen, über Oldenburg bis zur A1 (Dreieck Ahlhorner Heide (93 km)
- A30: aus den Niederlanden kommend über Rheine, Osnabrück, bis zur A2 (Bad Oeynhau- sen; 130 km)
- A31: in Emden beginnend über Leer, Lingen, weiter nach Nordrhein-Westfalen (155 km)



Abbildung 12: Logistikumgebung in der Region Nord-West: Autobahnen, inklusive Häfen (blaue Punkte) und Bahnumschlagstation (orange Punkte). (Stepmaps, 2013; BM-V, 2013)

Alles in allem ergibt sich für die Region Nord-West folgende Logistik Bewertung:

Tabelle 7: Bewertung der Logistikumgebung in der Region Nord-West

| Kriterien           | Straßengüterverkehr | Schienengüterverkehr | Binnenschifffahrt |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| Verfügbarkeit       | ++                  | +                    | +                 |
| Infrastrukturdichte | +                   | +                    | ++                |
| Umschlagpunkte      | +                   | +                    | +                 |

### 2.1.3 Logistikumgebung in der Region Nord-Ost

Auch diese Region zeichnet sich durch ihre große Nähe zum Meer aus. Allerdings finden sich hier nur zwei bedeutende Seehäfen (Rostock und Stettin) und keine weitere Möglichkeit in der Binnenschifffahrt (BM-V, 2013).

Beim Schienengüterverkehr finden sich drei wichtige Korridore: Hamburg-Schwerin-Rostock-Stralsund, Berlin-Neustrelitz-Rostock und Berlin-Pasewalk-Greifswald-Stralsund. Die beiden Strecken Berlin-Rostock und Berlin-Stralsund werden derzeit noch weiter ausgebaut und modernisiert (DB, 2013). Wichtige Umschlagstationen sind: Lalendorf, Neubrandenburg und Rostock. Außerdem stehen für Ganzzüge noch folgende Umschlagstationen zur Verfügung: Anklam, Bützow, Grimmen, Malchow (Mecklenburg), Stralsund und Wismar (K+S, 2011). Wichtige Autobahnen in der Region Nord-West (siehe Abbildung 13, BM-V, 2013):

A19: in Rostock beginnend, über Wittstock/Dosse auf die A24 (122 km)

A20: aus Schleswig-Holstein kommend, über Wismar, Rostock, Grimmen, Greifswald, Neubrandenburg auf die A11 (301 km)

A24: aus Hamburg kommend, über Schwerin, Wittstock/Dosse weiter nach Berlin (168 km)

A14: in Wismar beginnend, weiter nach Schwerin, Neustadt-Glewe auf die A24 (66km)



Abbildung 13: Logistikumgebung in der Region Nord-Ost: Autobahnen, inklusive Häfen (blaue Punkte) und Bahnumschlagstation (orange Punkte, dunkleres orange für Umschlagstation mit einer Abnahme von <809 Tonnen). (Stepmaps, 2013; BM-V, 2013)

Tabelle 8: Bewertung der Logistikumgebung in der Region Nord-Ost

| Kriterien           | Straßengüterverkehr | Schienengüterverkehr | Binnenschifffahrt |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| Verfügbarkeit       | +                   | ○                    | --                |
| Infrastrukturdichte | ○                   | ○                    | -                 |
| Umschlagpunkte      | +                   | +                    | -                 |

#### 2.1.4 Logistikumgebung in der Region Süd-Ost

Die Region Süd-Ost ist bei der Schifffahrt vollständig auf Transporte auf künstlichen Wasserstraßen angewiesen. Große Wasserstraßen sind der Main, die Donau und der Main-Donau-Kanal (BM-V, 2013). Wichtige Binnenhäfen hier sind Deggendorf, Kelheim, Nürnberg, Regensburg und Straubing. Beim Schienengüterverkehr finden sich drei wichtige Korridore: Gemünden-Nürnberg-Regensburg-Passau, Würzburg/Nürnberg-Ingolstadt-München und Würzburg/Nürnberg-München-Rosenheim-Kufstein-Brenner bzw. Salzburg (DB, 2013). Wichtige Umschlagstationen sind: Frontenhausen-Marklkofen, Gunzenhausen, Ingolstadt, Nördlingen, Nürnberg, Offingen, Passau, Plattling und Regensburg (K+S, 2011). Wichtige Autobahnen in der Region sind (siehe Abbildung 14, (BM-V, 2013):

- A3: aus Hessen und Baden-Württemberg kommend, weiter über Würzburg, Nürnberg, Regensburg, nach Österreich (417 km)
- A6: aus Baden-Württemberg kommend, über Nürnberg, weiter nach Tschechien (202 km)
- A7: aus Hessen kommend, weiter über Würzburg, Ulm und Memmingen nach Österreich (287 km)
- A8: aus Baden-Württemberg kommend, über Augsburg, München und Salzburg, weiter nach Österreich (241 km)
- A9: aus Thüringen kommend, weiter über Nürnberg nach München (285 km)

Zudem gibt es noch eine Reihe weiterer Zubringer und kürzerer Streckenabschnitte, besonders im Raum München und Nürnberg und eine Vielzahl Bundesstraßen, sodass nahezu jedes Gebiet gut per LKW erreicht werden kann.



Abbildung 14: Logistikumgebung in der Region Süd-Ost: Autobahnen, inklusive Häfen (blaue Punkte) und Bahnumschlagstation (orange Punkte). (Stepmaps, 2013; BM-V, 2013)

Tabelle 9: Bewertung der Logistikumgebung in der Region Süd-Ost

| Kriterien           | Straßengüterverkehr | Schienengüterverkehr | Binnenschifffahrt |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| Verfügbarkeit       | ++                  | +                    | ○                 |
| Infrastrukturdichte | ++                  | +                    | -                 |
| Umschlagpunkte      | ++                  | +                    | ○                 |

### 2.1.5 Logistikumgebung in der Region Süd-West

Auch die Region Süd-West ist bei der Schifffahrt auf die Schiffbarkeit der künstlichen Wasserstraßen angewiesen. Wichtige Wasserwege in dieser Region sind der Rhein und der Neckar. An diesen beiden Flüssen finden sich auch sämtliche wichtigen Umschlagplätze: Breisach, Germsheim, Heilbronn, Kehl, Ludwigshafen, Mannheim, Neuss, Plochingen, Stuttgart und Wertheim ((BM-V, 2013). Beim Schienengüterverkehr ist diese Region trotz der weit vom Meer entfernten Lage deutlich unterrepräsentiert. Es findet sich nur eine wichtige Bahnumschlagstation in Schwetzingen, obwohl ein gut ausgebautes Schienennetz vorhanden ist (K+S, 2011). Wichtige Autobahnen in der Region Süd-West (siehe Abbildung 15; BM-V, 2013):

- A5: aus Hessen kommend, über Heidelberg, Karlsruhe, Freiburg weiter nach Basel (262 km)
- A6: aus Hessen und Rheinland-Pfalz kommend, über Mannheim und Heilbronn nach Bayern (149 km)
- A8: in Karlsruhe beginnend, über Stuttgart und Ulm weiter Richtung Bayern (151 km)
- A81: aus Bayern kommend, über Heilbronn, Stuttgart, Rottweil und Singen weiter in die Schweiz (272 km)



Abbildung 15: Logistikumgebung in der Region Süd-West: Autobahnen, inklusive Häfen (blaue Punkte) und Bahnumschlagstation (orange Punkte). (Stepmaps, 2013; BM-V, 2013)

Tabelle 10: Bewertung der Logistikumgebung in der Region Süd-West

| Kriterien           | Straßengüterverkehr | Schienengüterverkehr | Binnenschifffahrt |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| Verfügbarkeit       | +                   | ○                    | ○                 |
| Infrastrukturdichte | +                   | -                    | ○                 |
| Umschlagpunkte      | +                   | ○                    | ○                 |

## 2.2 Sensitivitätsanalyse steigender Transportkosten

Die Preise für Rohöl und damit auch für Diesel sind in den letzten 40 Jahren massiv angestiegen. So haben sich die Preise für Diesel als der bedeutendste Energiestoff im Transportwesen seit 1970 mehr als vervierfacht. In den letzten 15 Jahren hat diese Entwicklung eine noch stärkere Dynamik angenommen. Von 2000 bis heute haben sich die Preise nahezu verdoppelt (Statistisches Bundesamt, 2013; eigene Berechnung). Mit aufwendigeren neuen Methoden (wie die Nutzung von Schiefergas durch Fracking; Cramer und Reinicke, 2010), die bei die-

sen Preisen kostendeckend sind, könnten wieder günstigere Energieträger gewonnen werden. Doch mit einem langfristigen Rückgang der Preise ist wohl nicht zu rechnen. Die International Energy Agency (IEA)-Chefökonom Fatih Birol (aus: Handelsblatt, 2013) rechnet damit, dass der Boom für Schiefergas und Ölsande nicht über das Jahr 2020 hinaus andauern wird. Pessimistischere Stimmen sprechen sogar schon von einer "Fracking-Blase" (Gärtner, 2013). Allein durch die weltweiten Makroentwicklungen, wie das Fortschreiten des Bevölkerungswachstums und der weltweiten Ernährungsumstellung hin zu einer von tierischem Eiweiß dominierte Nahrung, wird es zu keiner weiteren Entspannung auf dem Markt von Erzeuger-, Energie- und Rohstoffpreisen kommen (Spiertz und Ewert, 2009; Chen et al., 2010). Trotz der positiven Entwicklungen sagte die IEA für das Jahr 2035 einen Ölpreis von 128 US-Dollar je Barrel voraus, nachdem sie im vergangenen Jahr inflationsbereinigt noch von 125 US-Dollar ausgegangen war (Handelsblatt, 2013). Langfristig wird der Ölpreis also weiter kräftig steigen, auch wenn gerade eine gewisse Entspannung eingesetzt hat.

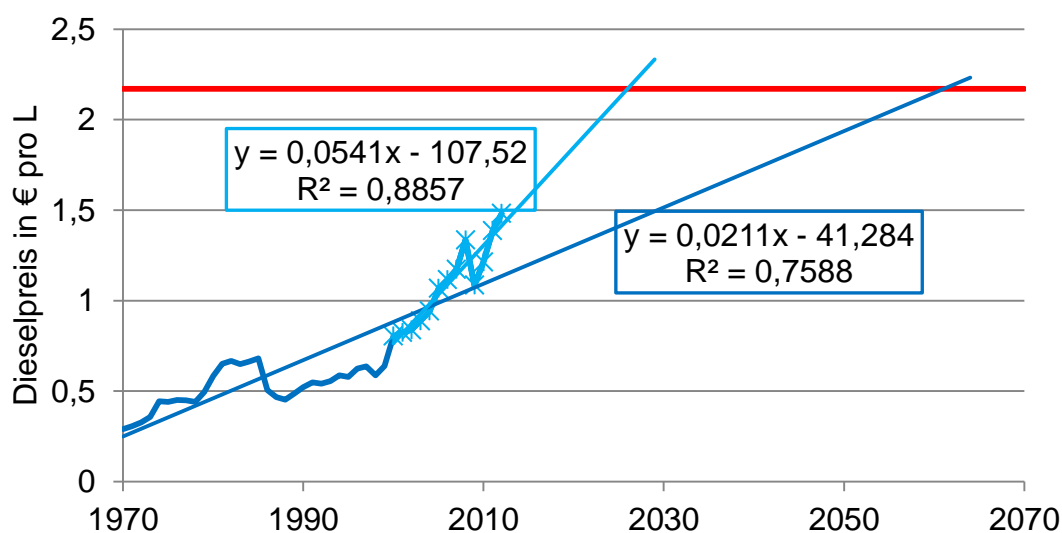


Abbildung 16: Dieselpreisentwicklung seit 1970 in Euro, mit einer linearen Regression über die Preisentwicklung 1970-2012 und von 2000-2012 bis zur erneuten Verdopplung der Preise von 2009 (rote Linie).

In den folgenden Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass bei steigenden Preisen in Zukunft weiterhin nur eine Marge von ca. 25€ pro Tonne Dünger erwirtschaftet werden kann. Diese kann sich natürlich erhöhen, wenn der Getreidepreis entsprechend höher ist und die Landwirte mehr Geld für Düngemittel zur Verfügung haben. Allerdings sind die Annahmen, die hier zur Diesel-Kostensteigerung getroffen wurden noch relativ moderat. Diese liegen unter den von der IEA (2013) prognostizierten 128 US-Dollar je Barrel im Jahr 2035.

Bei einer heute üblichen Marge, die mit Düngemitteln erzielt werden kann, ist bei einer erneuten Verdopplung der Dieselpreise nur noch eine Transportstrecke von circa 170 km gewährleistet. Als Basis für diese Berechnung sind Preise von 2009 zugrunde gelegt worden (ProBase Datenbank, 2012). Führt man die Entwicklung seit dieser Zeit weiter, könnte dieses Szenario, im extremsten Fall im Jahr 2025 eintreten (Abbildung 16). Führt man die Preissteigerung vom Diesel von 1970 bis heute weiter, werden diese Kosten erst im Jahr 2060 erreicht. Allerdings prophezeien führende Wirtschaftler eher einen schnellen Anstieg der Rohöl bzw. Dieselpreise (World Energy Outlook, 2012). Zählt man noch die Kostensteigerung der variablen und fixen Kosten (Löhne, Reparaturkosten, Energiekosten usw.) mit hinzu und geht auch hier von einer linearen Weiterentwicklung aus, können mit der heutigen Marge sogar nur noch LKW-Transportwege von ca. 80 km gewährleistet werden. Diese 80 km wurden als Kreise um die jeweiligen Umschlagplätze gezogen, um zu visualisieren, in welchen Gebieten in den einzelnen Regionen es zu Engpässen kommen könnte. Diese Gebiete werden in den folgenden Abbildungen als weiße Fläche dargestellt, gebiete die keine Probleme mit der Düngemittelversorgung haben sollten sind grau dargestellt, Flächen, die im Ausland oder außerhalb der Untersuchungsregion liegen dunkelgrau.

### 2.2.1 Steigende Transportkosten in der Region Nord-West

Die Region Nord-West hat als großen Vorteil die logistische Nähe zum Wasser, ob in Form von Meeren, oder Kanälen und Flüssen. Selbst beim Wegfallen von diversen Bahnumschlagstationen ist eine flächendeckende Düngemittelversorgung immer noch gewährleistet. Die Agrarstruktur in dieser Region ist sehr feingliedrig und relativ kleinstrukturiert, bei hohen Intensitäten und einer hohen Anzahl an verschiedenen Landhändlern. Somit ist hier davon auszugehen, dass es nur wenige Probleme in der Versorgung mit Düngemitteln geben wird. Lediglich an der Nordseeküste und auf den Ostfriesischen Inseln könnte es zu Engpässen kommen (Abbildung 17).





Abbildung 17: Mögliche Transportentfernung bei einer Dieselpreissteigerung um 100 % (von heute 0,037 €/tkm auf 0,112 €/tkm) und einer Kostensteigerung um 100 % (variable und fixe Kosten) in der Region Nord-West. (Stepmaps, 2013; BM-V, 2013)

### 2.2.2 Steigende Transportkosten in der Region Nord-Ost

Die Region Nord-Ost ist eine von großen Betrieben geprägte Region. Hier kommt es heutzutage schon zu vereinzelt Direktgeschäften zwischen Produzenten und Landwirten. Dieses wird sich in Zukunft noch weiter fokussieren, da hier dann zum Beispiel Margen von Groß- oder Landhändlern wegfallen und so größere Transportentfernungen realisiert werden können. Generell sollte es zu keinen massiven Problemen in der Düngemittelversorgung kommen, allein aufgrund der dortigen Betriebsgrößen. Die Regionen rund um die Elbe müssten dann von Niedersachsen aus beliefert werden, die südlichen Regionen von Brandenburg (Abbildung 18).

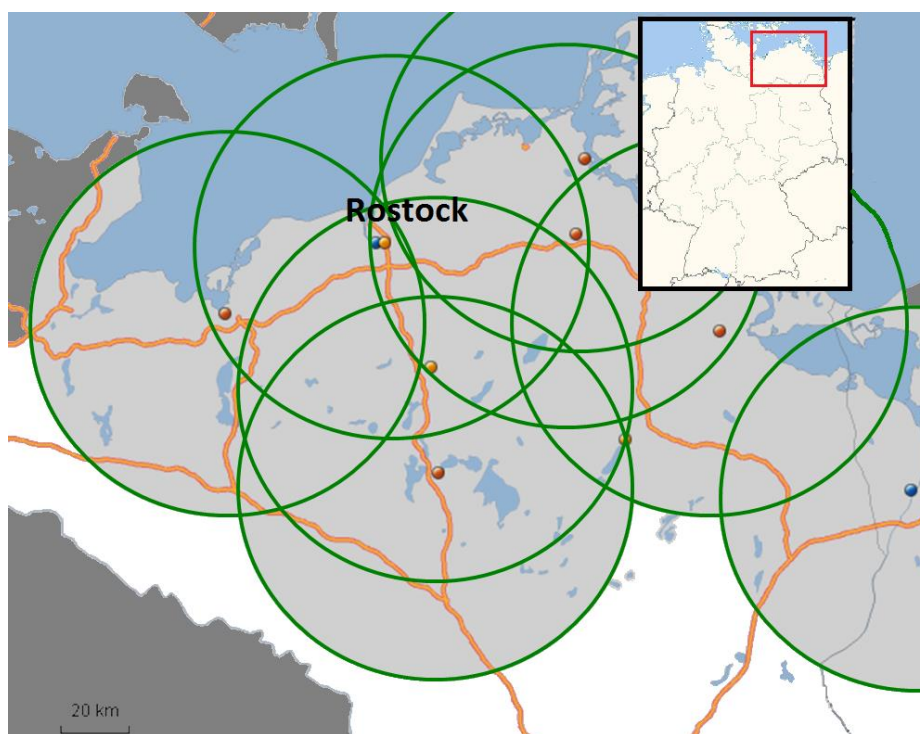


Abbildung 18: Mögliche Transportentfernung bei einer Dieselpreissteigerung um 100 % (von heute 0,037 €/tkm auf 0,112 €/tkm) und einer Kostensteigerung um 100 % (variable und fixe Kosten) in der Region Nord-Ost. (Stepmaps, 2013; BM-V, 2013)

### 2.2.3 Steigende Transportkosten in der Region Süd-Ost

Bei steigenden Transportkosten wird der Transport auf dem Wasser verhältnismäßig immer vorzüglicher. Somit ist die Region Süd immer mehr von Main, Donau und Main-Donaukanal abhängig. Zudem finden sich die meisten Bahnumschlagstationen rund um diese Flüsse und Kanäle. Damit ergeben sich besonders für Teile Oberbayerns, Schwabens und Teile der Oberpfalz potentielle Probleme bei der Düngemittelversorgung (Abbildung 19). Hier könnte es dazu kommen, dass diese Gebiete vermehrt aus dem Ausland, zum Beispiel aus Tschechien oder Österreich, mit Düngemitteln versorgt werden.

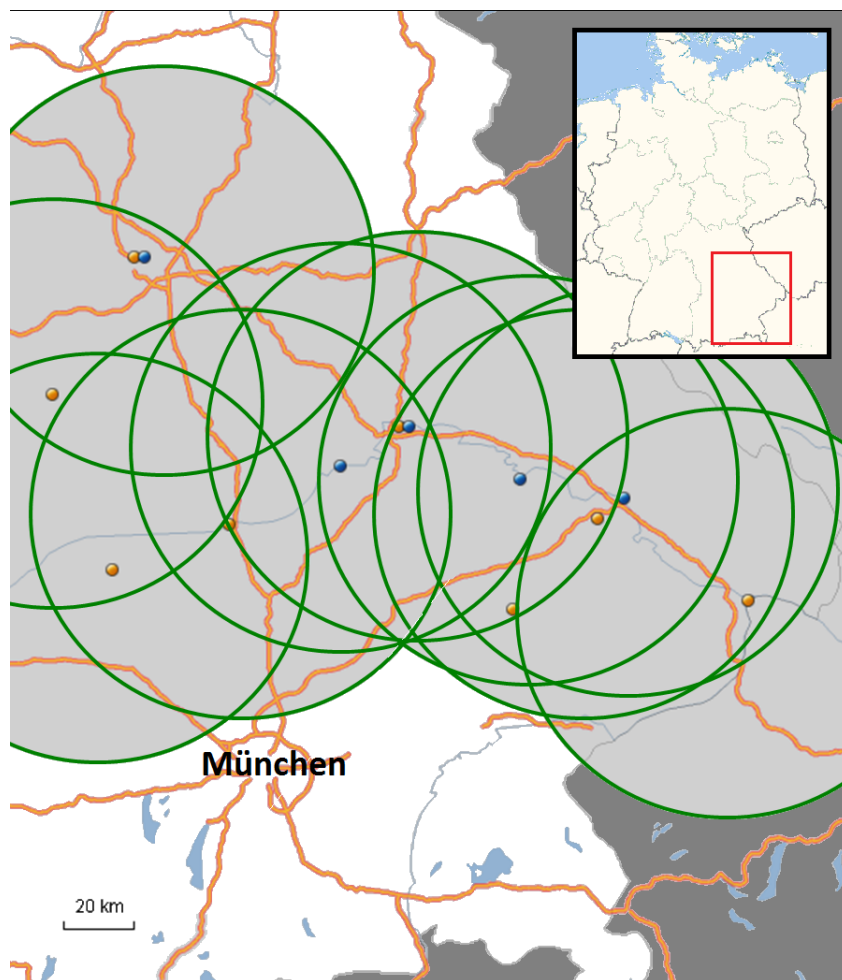


Abbildung 19: Mögliche Transportentfernung bei einer Dieselpreissteigerung um 100 % (von heute 0,037 €/tkm auf 0,112 €/tkm) und einer Kostensteigerung um 100 % (variable und fixe Kosten) in der Region Süd. (Stepmaps, 2013; BM-V, 2013)

#### 2.2.4 Steigende Transportkosten in der Region Süd-West

In der Region Süd-West würden sich bei einer deutlichen Kostensteigerung in der Logistik die größten Probleme in der Düngemittelversorgung ergeben. Hier ist das Logistiknetzwerk vor allem an wirtschaftlich interessanten Hot-Spots (wie die Region Stuttgart oder Ludwigshafen-Mannheim) gut ausgebaut, in den ländlichen Regionen fehlt es aber häufig an Umschlagplätzen für größere Transportmittel. Besonders in den Bereichen des Pfälzer Waldes, des nördlichen Schwarzwaldes und der schwäbischen Alb bis hin zum Bodensee, kann es zu Problemen bei der Versorgung mit preisgünstigen Düngemitteln kommen (Abbildung 20).

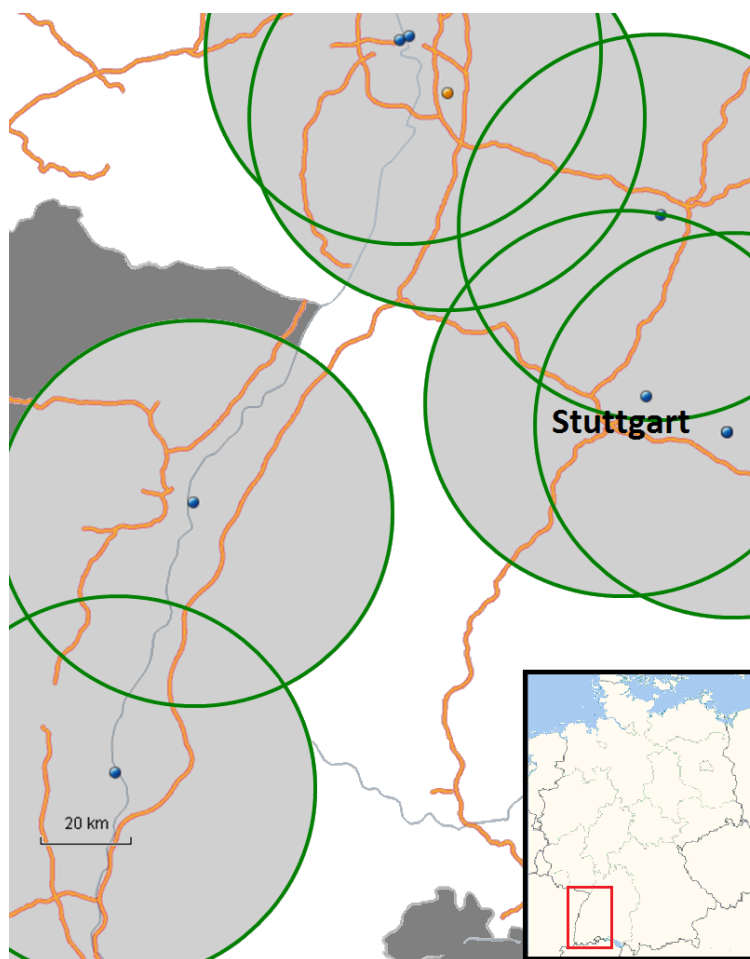


Abbildung 20: Mögliche Transportentfernung bei einer Dieselpreissteigerung um 100 % (von heute 0,037 €/tkm auf 0,112 €/tkm) und einer Kostensteigerung um 100 % (variable und fixe Kosten) in der Region Süd-West. (Stepmaps, 2013; BM-V, 2013)

### 2.3 Diskussion

Trotz des „Fracking-Booms“, wird Öl voraussichtlich in den nächsten Jahren nicht billiger werden. Transportprozesse sind stark vom Ölpreis abhängig. Zusätzlich werden auch die weiteren Kosten, die mit Transportprozessen verbunden sind, wie Lohnkosten, Beladungs- und Entladungskosten usw. steigen. Somit wird es unwahrscheinlich, dass Transportprozesse billiger werden können. Hier sollte versucht werden, Möglichkeiten zur Zusammenarbeiten auszuloten und dies gegebenenfalls vertraglich abzusichern. Das Gleiche gilt auch für die gemeinsame Nutzung von Mischanlagen oder Lagerkapazitäten. Hier sollten vorhandene Potentiale noch besser ausgenutzt werden, sodass die Investitionen rentabel sind.

Ob sich die Investition in neue Düngermischanlagen rentiert, hängt auch von der jeweiligen Agrarregion ab. Wenn eine neue Anlage installiert werden sollte, ist es sinnvoll, auch eine Beratung für den Landwirt anzubieten (siehe auch Kapitel 6), da die Akzeptanz von Mischdünger umso höher ist, je besser Landwirte über die Chancen und Risiken informiert werden. Um geeignetes Personal zu finden, was die Beratung rund um die Mischdünger übernehmen kann und über möglichst ein hohes Wissen und Bildungslevel verfügt, sollte man mögliche Standorte auch auf die Attraktivität als Wohn- und Arbeitsort hin prüfen.

## 2.4 Zusammenfassung

Europa ist von Düngemittel-Importen abhängig, gleiches gilt auch für Deutschland. Somit sind Transportwege von Düngemitteln immer relativ lang. Sind die Düngemittel erst mal in Deutschland angekommen, sollten heutzutage schon Umwege vermieden und möglichst große Transportmittel gewählt werden. Zusätzlich werden die Kosten zukünftig weiterhin steigen und somit die Probleme innerhalb des Düngemitteltransportes noch forcieren.

Die Infrastruktur ist innerhalb von Deutschland sehr unterschiedlich und macht damit eine regionale Betrachtung und Bewertung notwendig. Besonders wichtig scheint es, Alternativen zum LKW-Transport zu finden, da dieser heute schon bereits nach 450 tkm nicht mehr mit anderen Transportmitteln (zum Beispiel Zug) konkurrieren kann. Ein Schifftransport ist immer vorzuziehen.

Problem mit der Düngemittelversorgung wird es vor allem im Süden und weniger jedoch im Norden geben. Hier sollten rechtzeitig entsprechende Maßnahmen getroffen werden, um zu verhindern, dass zu viele Düngemittelgeschäfte von ausländischen Händlern in Grenzgebieten (durch zum Beispiel tschechische oder polnische Händler) übernommen werden.

# 3 Kostenzusammensetzung

## 3.1 Kosten- und Angebotsentwicklung einzelner Nährstoffe

Das Produzieren von Düngemitteln aber auch der Abbau von Rohstoffen als Vorleistung für die Düngemittelherstellung ist sehr energieintensiv. Pro Kilogramm Dünger werden im Schnitt ca. 40.000 kJ Energie gebraucht (Kongshoug, 2001). Hier kann teilweise Strom, Kohle, aber im wesentlichen Erdgas als Prozessgas und Energiequelle genutzt werden. Sieht man sich die Preise dieser beiden Energieträger in den letzten Jahren an, so fällt auf, dass besonders die Strompreise drastisch gestiegen sind (Eurostat, 2013). Doch besonders in der Stickstoffdüngemittelproduktion ist Erdgas viel entscheidender als Strom oder andere Energieträger (siehe Anhang 1). In Deutschland ist der Gaspreis für Industriekunden in den letzten Jahren relativ stabil geblieben, aber mit einem marginalen, stetigen Aufwärtstrend (siehe Abbildung 21).

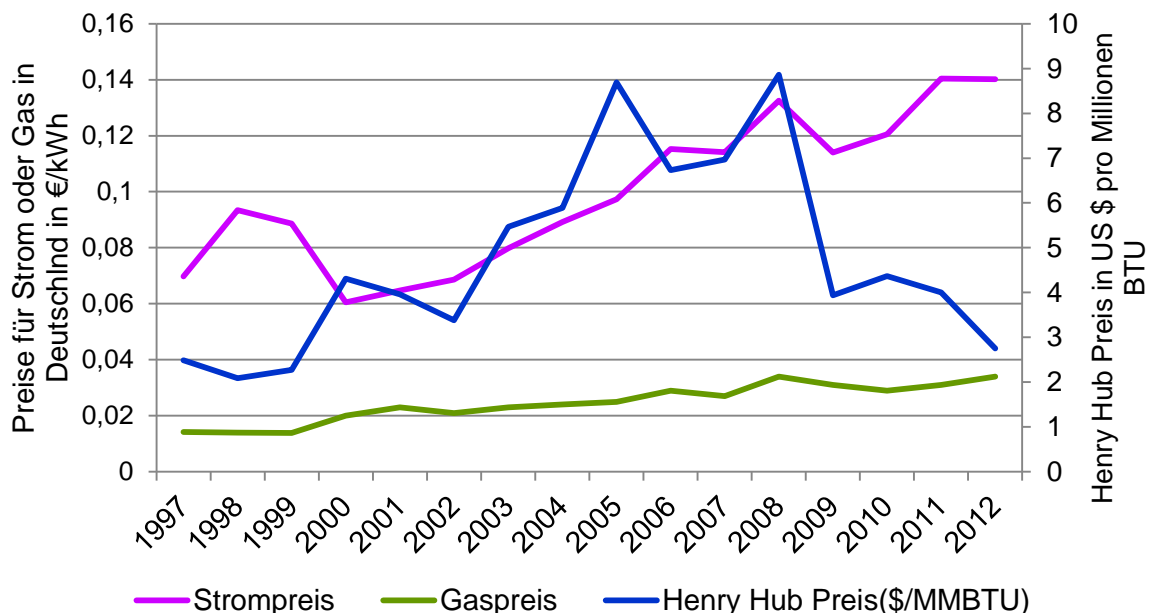


Abbildung 21: Entwicklung des Strom- und Gaspreises für Industriekunden in den letzten 16 Jahren im Vergleich zum Henry Hub Preis (Energie Agentur NRW, 2013; EIA, 2013; Eurostat, 2013)

Für die Beurteilung der globalen Düngemittelproduktionen ist es jedoch besser weltweite Gaspreisindizes heranzuziehen. Einer der wichtigsten hierbei ist der so genannte Henry Hub Preis (Sabine Pipe Line LLC, 2013). Dieser zeigt deutliche Schwankungen und es ist unverkennbar zu sehen, dass dieser offensichtlich sehr viel stärker auf globale Entwicklungen reagiert. Der starke Abfall des Henry Hub Preises in den letzten drei Jahren ist vor allem auf die schnell expandierende Nutzung von Schiefergas (Nutzung über das Fracking) in den USA zurückzuführen. Somit sollten Düngemittelpreise am besten über den Henry Hub Preis abgeleitet werden und weniger über die deutschen Energiepreise.

Weltweite Entwicklungen auf dem Düngemittelmarkt werden immer wichtiger als europäische Einflüsse. Zwar wird die gemeinsame europäische Agrarpolitik (GAP) und die europäische Energiepolitik (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2013) einen Einfluss auf den Düngemittelmarkt haben, allerdings wird dieser deutlich geringer ausfallen als die globalen Megatrends. Hier spielen vor allem das kontinuierliche Wachstum der Weltbevölkerung, die Spekulationen um Nahrungsmittel und die Entwicklungen im weltweiten Energiesektor eine entscheidende Rolle (Spiertz und Ewert, 2009).

Die Düngemittelpreise entwickeln sich aber vor allem aus der globalen Angebot- und Nachfrage-Interaktion. Durch den stetigen Ausbau der landwirtschaftlichen Produktion in Ländern wie China, Indien oder Brasilien ist die weltweite Nachfrage nach Düngemitteln weiter gestiegen. Die Preise werden immer mehr über die Nachfrageseite und immer weniger über die Angebotsseite bestimmt, was langfristig zu einem weiter steigenden Preisniveau führen kann (siehe Anhang 1). Allerdings werden im Moment die Düngemittelproduktionskapazitäten generell, auch in den Hauptabnehmer-Ländern, kräftig ausgebaut (siehe Anhang 1). Durch diesen Kapazitätenausbau werden die Preise von Düngemitteln nicht so intensiv steigen, wie es zum Beispiel 2008 der Fall war. Aber die Kapazitätenerweiterungen laufen im Moment langsamer (mit einem Verzug zwischen 6-18 Monate) als gedacht (IFA, 2013). Somit könnte es, zumindest in naher Zukunft, vielleicht weltweit noch zu Engpässen in der Düngemittelversorgung kommen. Generell wird es aber bei den Hauptnährstoffen eher zu einer Überproduktion kommen, was kurzfristig zu niedrigeren Preisen führen sollte.

Alles in allem wird die Düngemittelproduktion im Bereich der stickstoffhaltigen Düngemittel um ca. 9% steigen. Besonders China als größter Konsument im Bereich von Düngemitteln baut gerade seine Kapazitäten für Harnstoff aus und wird in den nächsten Jahren damit weniger aktiv als Nachfrager am Markt sein (IFA, 2013). Langfristig wird es auf dem Stickstoffmarkt eher zu Überkapazitäten kommen, was sich dann in Preisreduktionen zeigen sollte.

Phosphate sind indes schwieriger zu bewerten. Durch die Neubewertung der Ressourcen und Reserven ist es in den letzten Jahren zu einer Entspannung am Phosphatmarkt gekommen (BGR, 2010). Allerdings spielen hier auch die Qualitäten der unterschiedlichen Rohphosphate eine Rolle. Für Europa müssen hier zunächst neue Grenzwerte für Cadmium und ähnliche Schwermetalle abgewartet werden, bevor neue Einschätzungen zur Preisentwicklung gemacht werden können. Tendenziell geht man davon aus, dass die weltweiten Kapazitäten der Phosphatdüngemittelproduktion um 10% ausgeweitet werden (IFA, 2013). Damit würde es weltweit zu einer Überproduktion kommen.

Die Kalium-Kapazitäten werden im Moment weltweit sehr stark ausgebaut. Hier werden Steigerungen von 25% der jetzigen Fördermenge angenommen. Damit könnte es im Bereich der Kaliumdüngemittel zu einer deutlichen Überversorgung kommen.

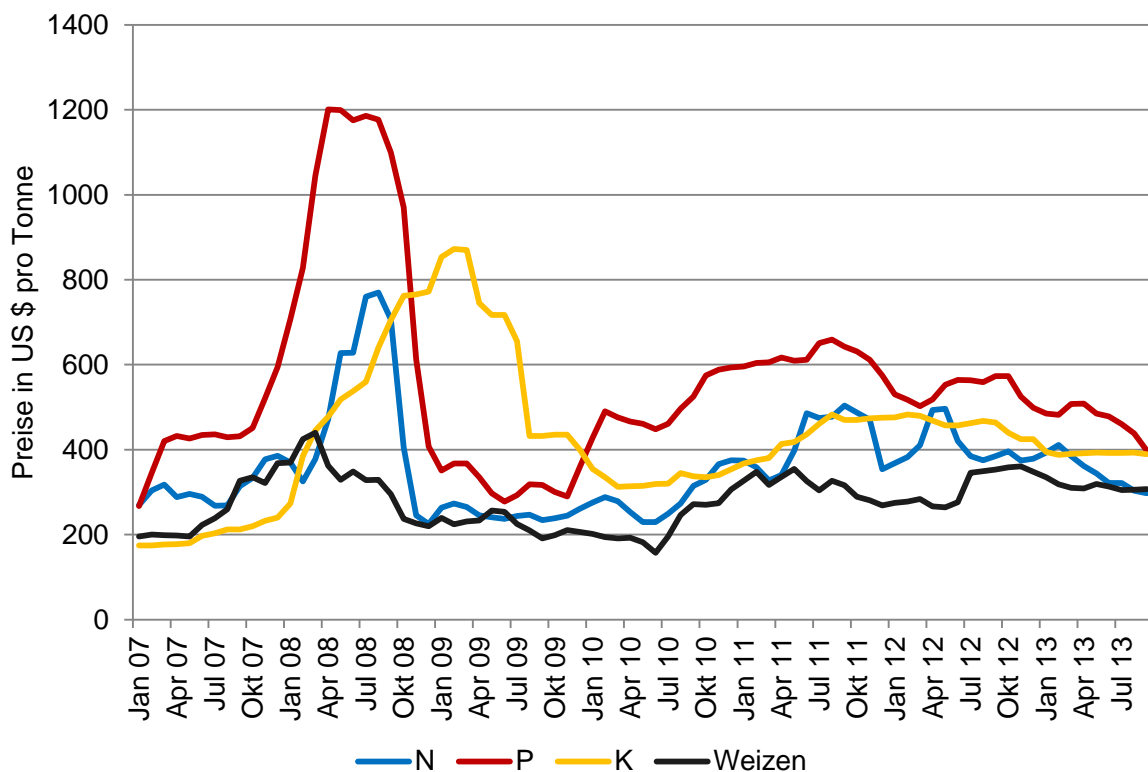


Abbildung 22: Preis für die Hauptnährstoffe (N als Urea, P als DAP und K als Kaliumchlorid) und Weizen in den letzten sechs Jahren (Index Mundi, 2013; Faosta, 2013)

Durch die massiven Kapazitätenerweiterungen kommt es momentan zu dem Paradox, dass immer mehr Dünger weltweit gebraucht und eingesetzt werden, die Preise aber trotzdem fallen. Die Düngemittelindustrie wird versuchen, diesen Prozess in den nächsten Jahren durch die Senkung ihrer Produktionsmenge wieder auszugleichen.



Unabhängig von Produktengpässen hat in den letzten Jahren die Gefahr von unvorhersehbaren Preisschwankungen massiv zugenommen. Besonders deutlich war diese bei den vom Gaspreis abhängigen Stickstoffpreisen im Jahr 2008 und in der zweiten Jahreshälfte 2011 zu sehen (Fertilizer Europe, 2012; Abbildung 22). Insgesamt wird es immer schwieriger, die Preisentwicklung abzuschätzen und Prognosen für die Zukunft zu treffen.

Sieht man sich die Handelsströme von Düngemitteln einmal genau an, dann gibt es augenscheinlich Regionen die vom Import abhängig sind und Regionen die mit Düngemitteln ihren Export ankurbeln. Hauptexporteure sind derzeit Russland, die Ukraine, der Mittlere Osten und der Iran. Auf der Importseite stehen vor allem Europa, die USA und Südafrika. Besonders Europa ist in den weltweiten Düngemittelmarkt stark eingebunden und bezieht 20 - 30 % seines Stickstoffdüngers aus Importen. Deutschland bezog beispielsweise 24% seiner Stickstoffdünger im Düngjahr 2011/12 aus Osteuropäischen Ländern (IVA, 2012). Das kann nicht nur zu Problemen in der Düngemittelversorgung führen, sondern verlängert Transportprozesse und sorgt eher dafür, dass Düngemittel aus Ländern mit geringeren Umweltstandards importiert werden, da diese meist preiswerter produziert werden können als bei den hohen Umweltstandards in Europa. Hier wird in Kapitel 5 auch noch einmal näher darauf eingegangen.

Generell sinken die Düngemittelabsätze in Europa in den letzten Jahren. Grund hierfür sind insbesondere der leichte Rückgang der Anbauflächen (-0,6%) und höhere Auflagen zur verlustfreien Ausbringung von Düngemitteln (Fertilizer Europe, 2012; Laegreid et al., 1999). Im Durchschnitt der letzten drei Wachstumsperioden wurden jährlich ca. 10,5 Millionen Tonnen N, 2,4 Millionen Tonnen  $P_2O_5$  und 2,7 Millionen Tonnen  $K_2O$  ausgebracht. Bis 2021/22 sollen diese Zahlen sich kaum verändern und bei 10,8 Millionen Tonnen N, 2,6 Millionen Tonnen  $P_2O_5$  und 3,2 Millionen Tonnen  $K_2O$  liegen (Fertilizer Europe, 2012). Somit scheint der europäische Düngemittelmarkt in seiner jetzigen Form gesättigt zu sein. Dieselben Aussagen können für den deutschen Düngemittelmarkt getroffen werden. Auch hier sollte es in den nächsten Jahren zu keinen drastischen Veränderungen der Absatzmenge kommen (Abbildung 23).

Doch gerade bei phosphat- und kaliumhaltigen Düngemitteln scheinen die ausgebrachten Mengen nicht ausreichend zu sein, um den Bedarf der Pflanzen langfristig zu decken (IFA, 2013). Bei Phosphaten könnte besonders die Zunahme von Tierhaltung in Deutschland eine Rolle spielen (Statistisches Bundesamt, 2011). Damit fallen mehr phosphathaltige organische Dünger an und der Absatz von mineralischen Düngemitteln könnte dadurch verringert werden. Bei Kalium geht man davon aus, dass sich die Düngemittelabsätze langsam steigern

(Fertilizer Europe, 2012). Allerdings wurde diese Prognose vor den Unruhen auf dem Kalimarkt um Uralkali und Belaruskali erstellt. Hier muss abgewartet werden, wie sich die Bewegungen auf dem Kalimarkt entwickeln und ob der Kalipreis sich in Zukunft von dem drastischen Verlust erholen wird (Tietze, 2013).

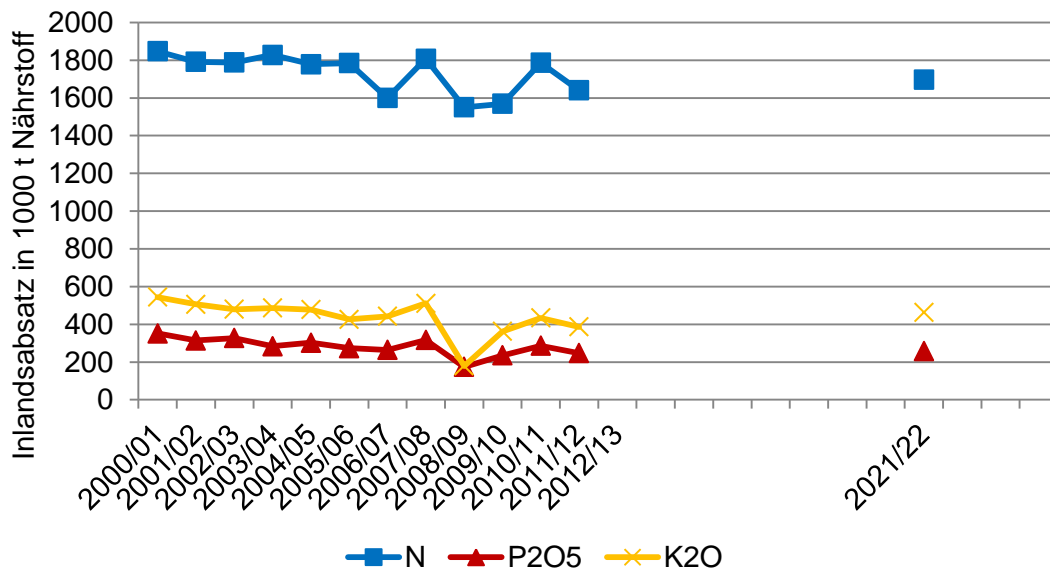


Abbildung 23: Düngemittelabsatz in Deutschland prognostiziert bis 2021/22 für N, P und K

### 3.2 Kosten einzelner Düngesysteme

Betrachtet man die Kosten der einzelnen Nährstoffe und Düngesysteme fällt auf, dass besonders die Herstellung von phosphat- und stickstoffhaltigen Düngemitteln hohe Kosten verursacht. Die Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln ist wesentlich energieintensiver und damit teurer als die Herstellung anderer Düngemittel (EFMA, 2000a; b; c; d; e; f). Somit sind hohe Kosten mit der Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln verbunden. Aber auch die Produktion von phosphathaltigen Düngemitteln ist in der Regel kostenintensiv (EFMA, 2000f; Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2013). Kaliumhaltige Düngemittel haben hingegen geringere Kosten, als die beiden anderen Nährstoffe. Der Volldünger hat den Nachteil, dass die Produktion energieaufwendiger ist als die von Einzelnährstoffdüngern (EFMA, 2000a; b; c; d). Landwirte neigen eher dazu, immer preisgetrieben zu kaufen. Sie werden also die Düngemittelvariante oder -kombination wählen, die für sie am besten mit gegebenen Mittel auszubringen und zu handhaben ist.

Betrachtet man nur die Transportprozesse, dann verursacht die Applikation die höchsten Kosten innerhalb der Wertschöpfungskette für Dünger. Dadurch ist das Einzelnährstoff-Düngesystem im Nachteil, weil häufiger Applikationen anfallen. Transport- und Lagerprozesse sind im Vergleich zu den Kosten für Düngemittel und Applikation so gering, dass diese gleich zu dem jeweiligen Nährstoff hinzugerechnet wurden. Bei der Herstellung von Mischdüngern fallen noch die Mischkosten an, die bei größeren Landhändlern nur marginal sind, bei kleineren Landhändlern auf jeden Fall immer beachtet werden sollten.

Damit ergibt sich für die beiden betrachteten Nährstoffkombination, dass bei einem Dünger mit der Zusammensetzung 17-5-13 alle Misch- und Einzelnährstoffdünger-Varianten preiswerter sind als der industrielle Volldünger (Abbildung 24). Bei dieser Nährstoffkombination rentiert es sich also für den Landwirt immer, auf Volldünger zu verzichten. Bei dem 15-15-15 sind nur der Mischdünger DAP und der Mischdünger Urea preiswerter als der Volldünger (Abbildung 25). Hier ist es also sehr abhängig vom Preis der Einzelprodukte, welchen Dünger der Landwirt eher wählen wird.

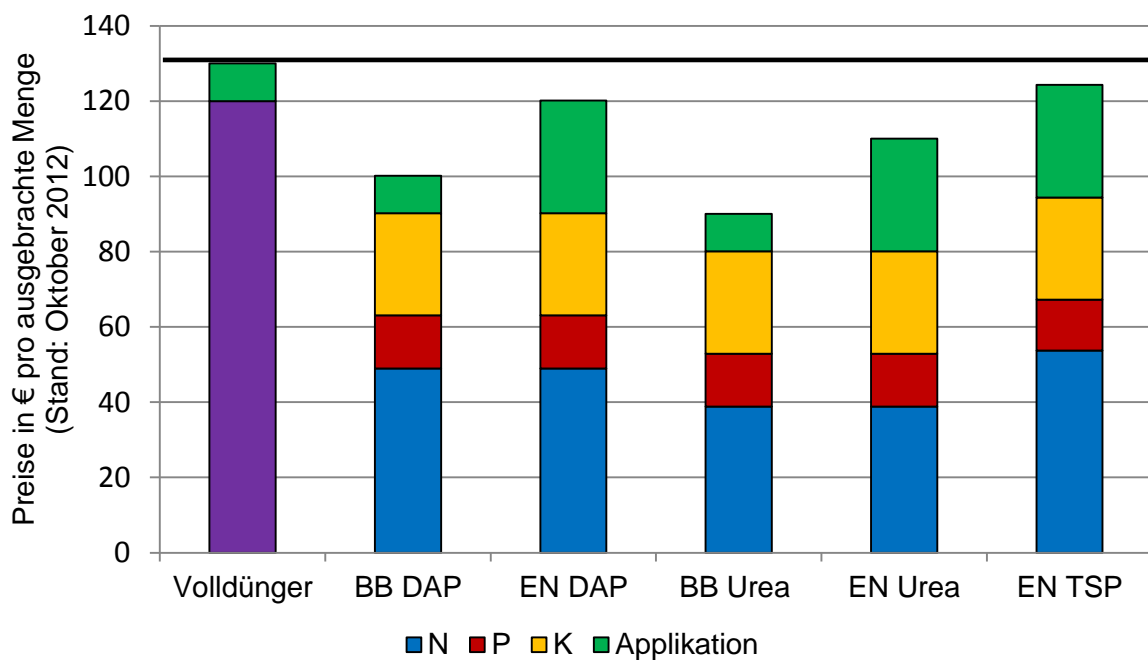


Abbildung 24: Kostenzusammensetzung für Volldünger und Mischdünger mit der Nährstoffformel 17-5-13 (Details siehe Tabelle 2 und 3; alle Transport- und Lagerkosten sind bei den jeweiligen Nährstoffen zusammengefasst)

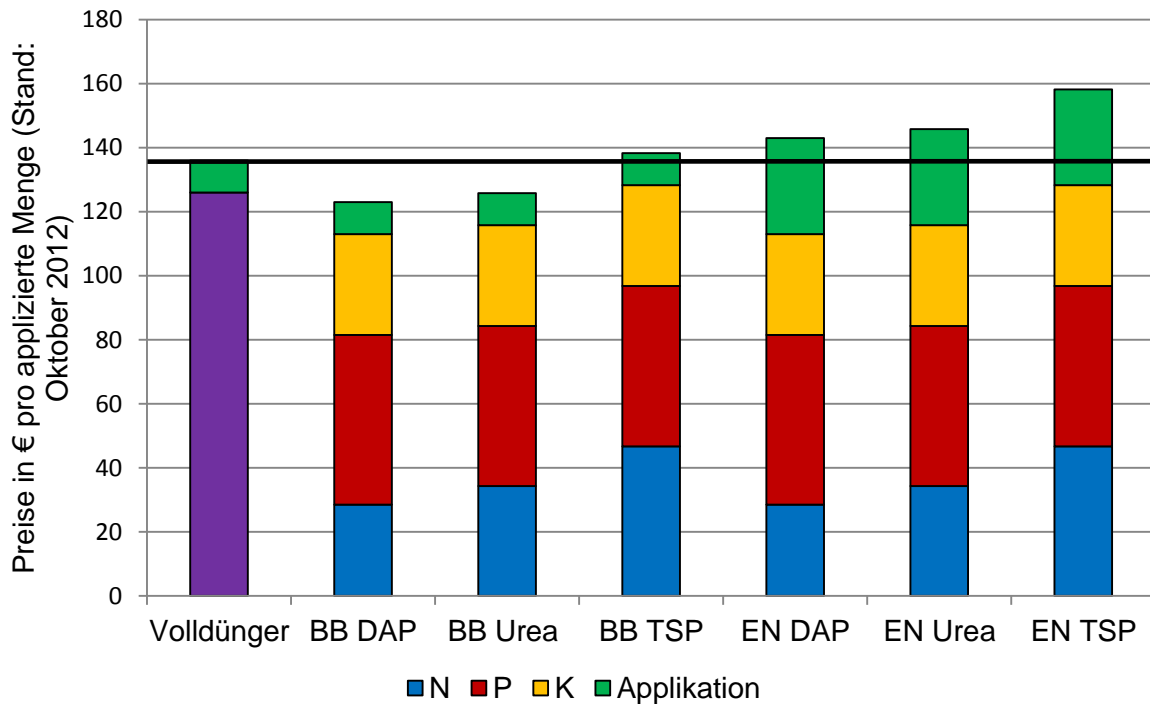


Abbildung 25: Kostenzusammensetzung für Volldünger und Mischdünger mit der Nährstoffformel 15-15-15 (Details siehe Tabelle 2 und 3; alle Transport- und Lagerkosten sind bei den jeweiligen Nährstoffen zusammengefasst)

### 3.3 Kosten auf einzelnen Wertschöpfungsstufen

In der Wertschöpfungskette für Düngemittel sind die Rohstoffkosten die absoluten Basiskosten, die immer aufgebracht werden müssen. Das gilt ebenso für die Kosten der eigentlichen Produktion der einzelnen Düngemittel. Das heißt, dass mehr als 50 % aller Kosten nicht weiter gesenkt werden können und von den Produzenten getragen werden. Diese Kosten werden in den nächsten Jahren, wie oben schon erwähnt, erst sinken und dann wieder ansteigen. Dies ist auf die Entwicklung der Energie- und Rohstoffpreise zurückzuführen. Bei den Energiepreisen sind es besonders die Strom- und Gaspreisentwicklung, die in den letzten Jahren allerdings immer schwierig abzuschätzen waren. Somit ist es nahezu unmöglich einzuschätzen, ab wann diese Preissteigerung einsetzen wird (Abbildung 21).

Jeder Akteur in der Wertschöpfungskette von Düngemitteln muss auch einen gewissen Teil der Kosten tragen (Abbildung 26). Hierbei fällt deutlich auf, dass jede Stufe eine viel größere Gewinnmarge erwirtschaften könnte, wenn sie direkt mit dem Landwirt handelt. Doch dann werden Aspekte wie Lagerhaltung, Abnahmemengen und Transportlogistik, mit der nicht jede

Stufe umgehen kann, außer Acht gelassen (siehe Anhang 1). Zudem sind geringe Mengen bei der Abnahme häufig sehr aufwendig und bringen durch die gesteigerten Transportkosten geringere Gewinne. Hier muss sowohl der Großhandel als auch der Landhandel entscheiden, welche Serviceleistungen übernommen werden können und wo Ressourcen zugekauft oder anderweitig gefunden werden müssen. Denn es gibt Anzeichen dafür, dass zumindest in bestimmten Regionen in Deutschland die Zweistufigkeit immer weiter auf gewichen und durch den einstufigen Handel ersetzt wird. Hierbei ist es allerdings schwer vorauszusehen, in welcher Regionen sich eher der Landhandel und in welchen Regionen sich eher der Großhandel durchsetzen wird. Den Versuch einer Prognose macht hier die Umfrage aus Kapitel 6.

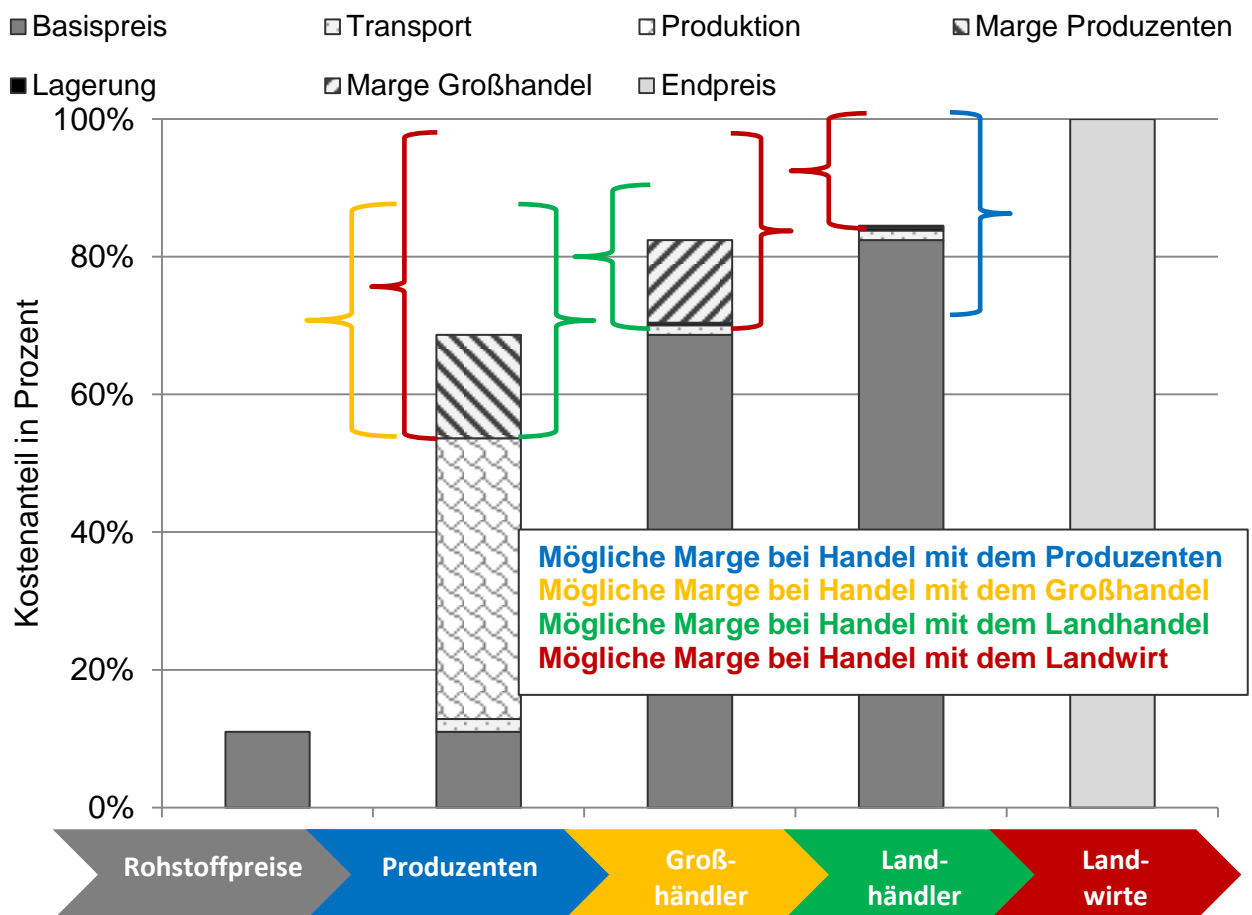


Abbildung 26: Kosten und mögliche Margen für die einzelnen Wertschöpfungsstufen (Index Mundi, 2013, Anhang 1)

### 3.4 Risiko

Durch die fortschreitende Globalisierung und die Öffnung der Agrarmärkte wird es eher zu einer Erhöhung des unternehmerischen Risikos kommen. Doch wie kann mit dem Risiko und den damit verbundenen Einkommensschwankungen, die in Zukunft noch verstärkter oder genauso stark auf den Markt für Agrarrohstoffe einwirken, umgangen werden?

Ein erster Schritt um das Risiko von Geschäftsfeldern zu bewerten ist die so genannten Risikoanalyse oder das Risikomanagement (siehe hierzu Abbildung 27). Hier ist es dann jedem Geschäftsführer selbst überlassen, wie bestimmte Risiken eingeschätzt und welche Risikostrategie für den jeweiligen Geschäftsbereich gewählt werden. Hier besteht die Wahl zwischen vier Alternativen (Frentrup et al., 2011). Das Risiko kann übernommen werden, wenn die Eintrittswahrscheinlichkeit und die mit dem Risiko verbundenen Kosten als niedrig eingeschätzt werden. Es kann versucht werden, das Risiko auf andere abzuwälzen (durch Versicherungen oder langfristige Kontrakte). Wenn allerdings die Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos groß ist und die damit verbundenen Kosten hoch, sollten diese Risikogruppen vermindert oder vermieden werden. Dies kann durch die Aufgabe ganzer Geschäftsfelder oder Handelszweige (vermeiden) oder durch ganz spezifische Diversifikation (vermindern) wie eine breite Angebotspalette oder einen Ausdehnung der Serviceleistung passieren (Schaper et al., 2008; Abbildung 27).

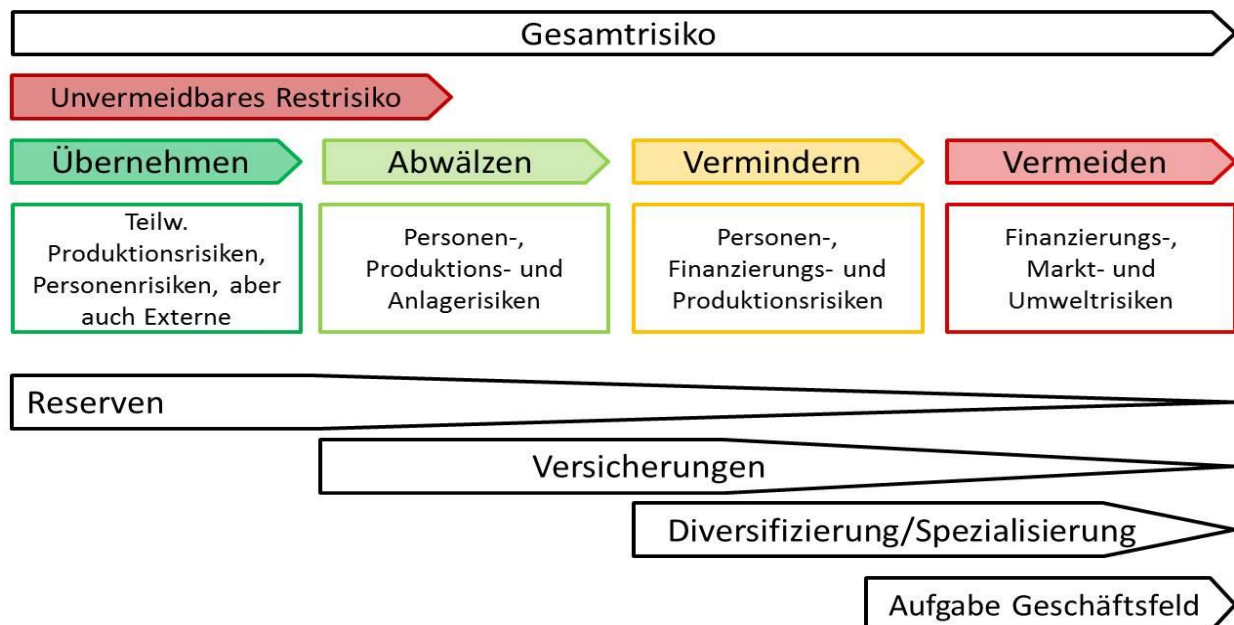


Abbildung 27: Risikoanalyse für Agrarhändler und Lösungsansätze (Schaffnit-Chatterjee, 2010; Schaper et al., 2008 und Söth und Rothe 2011)

Landhändler, die Düngermischanlagen betrieben, zeigen bereits eine Form von Risikostreuung. Denn durch die Entscheidung für das Mischen sind Risikofaktoren wie die Abhängigkeit von großen Düngemittelproduzenten schon maßgeblich reduziert. Allerdings muss, damit man diesen Weg der Risikominimierung wählen kann, am Anfang ein hoher Kapitalstamm vorliegen. Doch allein die Anschaffung einer Düngermischanlage stellt heutzutage, besonders in Gebieten mit extrem vielen Düngermischanlagen (wie das Emsland), keine Spezialisierung mehr da. Hier müssen zur Risikoverminderung noch weitere Spezialisierungsmaßnahmen gefunden werden (wie Serviceleistung, andere Dienstleistung oder Logistikleistung).

Zudem ist durch die volatilen Preise das Liquiditätsrisiko sehr viel größer geworden als in den letzten Jahren (Frentrup et al., 2011). Zusätzlich sollten bei einer Risikoanalyse auch die Risiken der gesamten Wertschöpfungskette beachtet werden, da hier langfristige Handelskontrakte und Liefergarantien zu beachten sind. Denn die Globalisierung der Agrarmärkte und der Agrarrohstoffmärkte wird auch in Zukunft weiter voranschreiten. Und durch den Abbau von Subventionen und die Öffnung der Märkte werden weltweite Preise und Entwicklungen viel deutlicher auf dem europäischen Agrarmarkt zu spüren sein. Außerdem wird es zu einer schrittweisen weiteren Forderung nach Transparenz und Rückverfolgbarkeit entlang der Wertschöpfungskette kommen und die konkrete Dokumentation für jeden einzelnen Agrarrohstoff gewinnt immer mehr an Bedeutung (Frentrup et al., 2011). Hierfür sind jüngste Lebensmittelskandale, aber auch zum Beispiel die EU-Nachhaltigkeitsstrategien (wie Klimawandel und erneuerbare Energien, nachhaltiger Verbrauch und Produktion oder die Ausnutzung natürlicher Ressourcen, Rat der europäischen Union, 2006) maßgebend verantwortlich. Somit wird es auch im Bereich des Düngemittleinsatzes und der -beschaffung noch zu weiteren Änderungen, politisch oder durch den Konsumenten induziert, kommen.

Des Weiteren ist es möglich, das selbst eingeschätzte Risiko anhand einer Risikomatrix aufzuzeichnen und dann selber zu bewerten. In Abbildung 28 ist dafür ein Beispiel gegeben. Hier werden für jedes Risiko die Eintrittswahrscheinlichkeit und der mögliche Schaden anhand einer Punkteskala bestimmt (1 bedeutet, dass kaum ein Schaden eintreffen wird, 10 dass der wirtschaftliche Schaden von großer Bedeutung ist). Jeder Geschäftsführer kann hier eigenständig Themen einsetzen und das Risiko für sein Geschäft einschätzen.

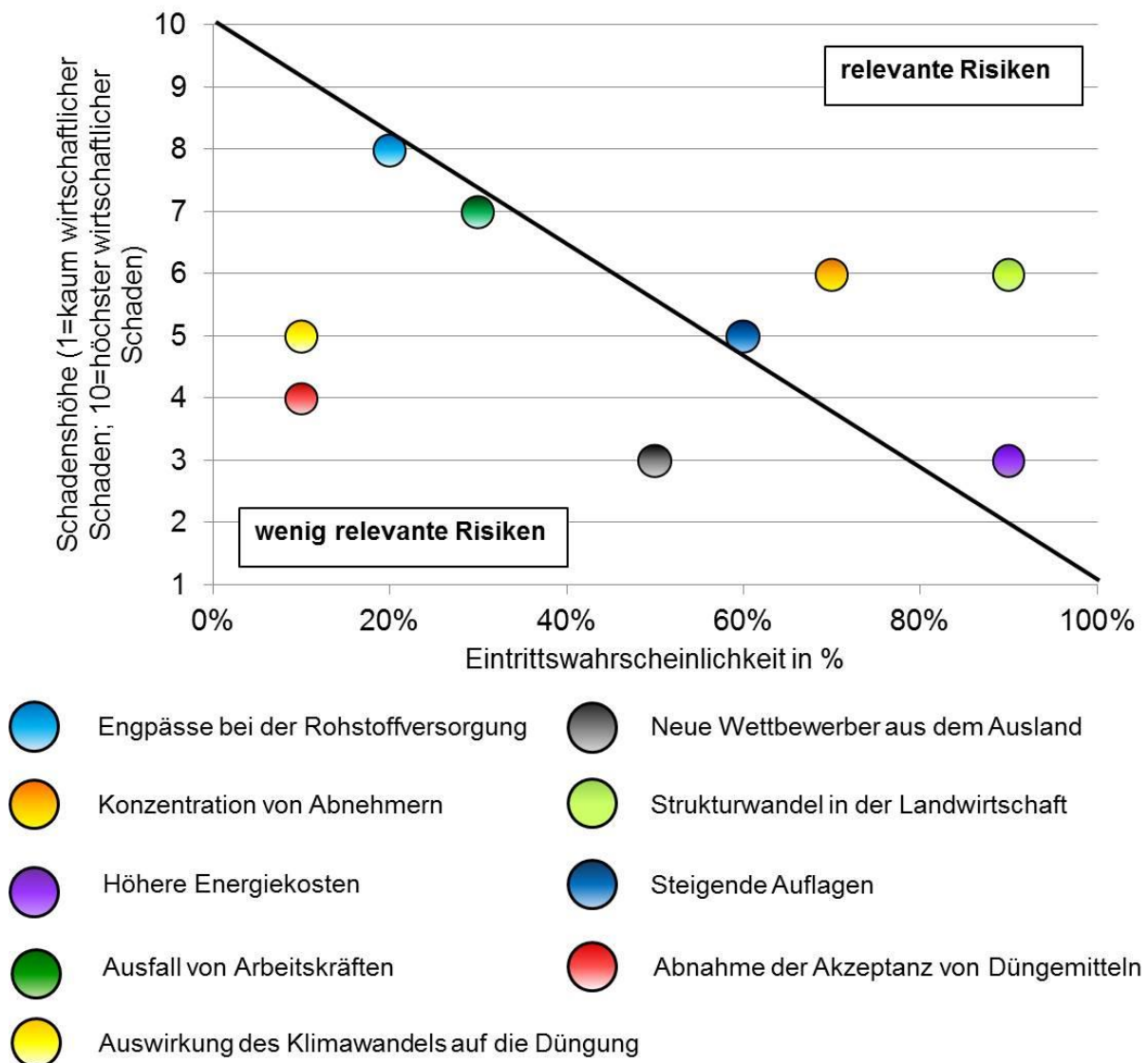


Abbildung 28: Risikomatrix für relevante Risiken im Bereich des Düngemittelhandels (Frentrup et al., 2011; Hotwagner, 2008; Daten: Ergebnisse aus der Umfrage der Düngemittelmarkt-Experten und eigene Berechnungen)

### 3.5 Diskussion

Düngemittel sind ein Betriebsmittel, welches hohe Kosten verursacht und Kapital über einen mittelfristigen Zeitraum bindet. Landwirte neigen dazu, monetäre Überlegungen ändern voran zu stellen. Somit werden sie meist das System wählen, welches für sie am wirtschaftlichsten ist.

Mischdünger bringen bei den Kosten einen Vorteil, da diese aus preiswerteren Düngemitteln gemischt werden können, wenn gerade bestimmte andere Düngemittel eine Hochpreisphase



haben. Allerdings hängen die Preise von Düngemitteln stark voneinander ab. Somit wird es wohl eher zu Käufen in Niedrigpreisphasen und zu Düngevermeidung in Hochpreisphasen kommen.

Des Weiteren sollten unbedingt Standardformulierungen vermieden werden. Hier könnte es sonst zu einer zu starken Abhängigkeit von der Düngemittelindustrie kommen, die dann mit Preiserhöhungen oder -senkungen das Marktgeschehen massiv beeinflussen kann.

Zudem sollte man in kaufmännischen Überlegungen auch zusätzlich die anderen beiden Dimensionen der Nachhaltigkeit berücksichtigen (namentlich die ökologischen (Kapitel 5) und die sozialen (Kapitel 6) Argumente). Denn nicht nur die Kosten sollten optimiert werden. Zusätzlich kann auch noch das Argument gebracht werden, dass der Landwirt bei geringeren Verlusten in die Umwelt selber geringere monetäre Verluste hat.

In der Wertschöpfungskette muss jede Stufe auch eine Aufgabe erfüllen, wenn sie weiter Bestand haben möchte. Hier kann es sinnvoll sein, Synergien in bestimmten Regionen zu nutzen oder die Zusammenarbeit, auch auf einer Stufe innerhalb der Wertschöpfungskette, weiter zu verdichten und auszuweiten. Denn am Ende wird es wahrscheinlich nur noch die Zwischenstufen geben, die es geschafft haben, sich von den anderen abzugrenzen. Ob das der Großhandel, der Landhandel oder Genossenschaften sein werden, wird in Kapitel 6 versucht zu prognostizieren.

### 3.6 Zusammenfassung

Die Kosten für Düngemittel werden in naher Zukunft nicht massiv ansteigen, unvorhersehbare Entwicklungen, wie beispielsweise die Preisentwicklung im Jahr 2008, einmal abgesehen. Die prognostizierten Kapazitätenerweiterungen und die damit verbundene Überproduktion, die Schiefergasförderung und die Streitigkeiten auf dem Kaliummarkt werden die Düngerepreise in den nächsten Jahren voraussichtlich relativ stabil halten. Langfristig wird es aber durch die Verknappung des Angebotes von Produktionsseite und die Verteuerung von Energie wieder steigende Düngemittelpreise geben.

In der Wertschöpfungskette für Düngemittel muss jede Stufe ihre Kosten tragen und versuchen, durch Fusion oder Synergien diese möglichst zu reduzieren. Allerdings behält auch der Großhandel seine Berechtigung, wenn er Serviceleistungen anbietet, die der Landhandel nicht leisten kann. Der Landwirt sollte immer dort und das Produkt kaufen, welches für ihn den größten wirtschaftlichen Nutzen hat.

Das Risiko seines Handels muss jeder selbst für sich einschätzen (nach seinem Risikotyp) und dann mögliche Maßnahmen treffen. Das größte Risiko im Agrarhandel liegt bei der Konzentration von Abnehmern und im generellen Strukturwandel.

## 4 Streuversuche

---

Dieser Streuversuch wurde mit dem Ziel durchgeführt, zwei Mischdünger mit unterschiedlichen Einzelnährstoffkomponenten zu vergleichen und abzuschätzen, ob diese unterschiedlichen Komponenten einen Einfluss auf die Qualität der gesamten Nährstoff-Querverteilung und die Querverteilungsgenauigkeit von N, P und K haben.

### 4.1 Verwendete Düngemittel

Verglichen wurden zwei Mischdünger mit unterschiedlicher Zusammensetzung, aber gleichem Nährstoffverhältnis (12-12-19). Mischdünger auf KAS-Basis (Tabelle 11) wurde nach guter fachlicher Praxis und aus weniger Einzelkomponenten gemischt (EFBA, 2007), bei Mischdünger auf Urea-Basis (Tabelle 12) wurden Harnstoff und schwefelsaures Ammoniak (ssA) mit in der Mischung verwendet (Abbildung 29). Unter guter fachlicher Praxis wird hier das Mischen anhand des Handbuches für Düngermischer verstanden (EFBA, 2007). Es sollte bewertet werden, ob man Mischdünger, die nach guter fachlicher Praxis hergestellt wurden und Mischdünger, die bezüglich des Herstellungsprozesses nicht der guten fachlichen Praxis entsprechen, aufgrund ihrer Streueigenschaften unterscheiden kann.



Abbildung 29: Unterschiedliches Aussehen von Mischdünger auf KAS-Basis (links) und Mischdünger auf Urea-Basis (rechts; Foto: Oest et al., 2012)

Tabelle 11: Einzelkomponenten im Mischdünger auf KAS-Basis

| Anteil in Prozent | Düngemittel      | Nährstoffzusammensetzung der Düngemittel |
|-------------------|------------------|--|
| 25,7%             | DAP <sup>1</sup> | 18 N / 46 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  |
| 26,7%             | KAS <sup>2</sup> | 27 N / 4 MgO                             |
| 47,6%             | KK <sup>3</sup>  | 40 K <sub>2</sub> O / 6 MgO              |

<sup>1</sup>Diammoniumphosphat<sup>2</sup>Kalkammonsalpeter<sup>3</sup>Kornkali

Tabelle 12: Einzelkomponenten im Mischdünger auf Urea-Basis

| Anteil in Prozent | Düngemittel      | Nährstoffzusammensetzung der Düngemittel |
|-------------------|------------------|--|
| 27,2%             | DAP <sup>1</sup> | 18 N / 46 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  |
| 9,7%              | Urea             | 46 N                                     |
| 48,1%             | KK <sup>2</sup>  | 40 K <sub>2</sub> O / 6 MgO              |
| 15,0%             | ssA <sup>3</sup> | 21 N / 24 S                              |

<sup>1</sup>Diammoniumphosphat<sup>2</sup>Kornkali<sup>3</sup>Ammoniumsulfat

Zusätzlich sollte die Frage der Entmischung entlang der Wertschöpfungskette geklärt und bewertet werden. Hierfür wurden bei der Firma Amazone und auf dem Landwirtschaftlichen Versuchsbetrieb der Hochschule Osnabrück jeweils Streuversuche zur Ermittlung der Querverteilung dieser Mischdünger durchgeführt und diese Dünger in Streuschalen aufgefangen. Anschließend wurden in einem Laborversuch die genauen Nährstoffgehalte der Düngemittel untersucht, um die Nährstoffverteilung innerhalb der Arbeitsbreite beurteilen zu können. Abweichungen von der Nährstoffverteilung werden durch den so genannten Variationskoeffizienten beschreiben. Zur Prüfung der Querverteilung und der folgenden Berechnung des Variationskoeffizienten wird in die ausgebrachte Düngermenge in genormten Auffangkästen im Abstand von 0,5 aufgefangen und ausgewogen (ISO 1985). Die Verteilung von Düngemitteln über die Arbeitsbreite bei überlappender Streuweise sollte 100% betragen. Je geringer die Abweichungen, also der Variationskoeffizient ist, desto besser ist die Querverteilung des jeweiligen Düngemittels. Ab einem Variationskoeffizienten von 15% kann es zu Mindererträgen kommen (Eberseder 2012). Ziel bei den Streuversuchen in der Strehalle der Firma Amazone war es, solche Streueinstellung zu finden, dass der Variationskoeffizient unter 7 %

liegt. Des Weiteren wurden die Arbeitsbreite auf 24 Meter und die Fahrgeschwindigkeit auf 12 km/h fixiert. Als Streuscheiben wurden OM 18/24 und OM 24/36 festgelegt.

## 4.2 Ergebnisse

Für beide Mischdünger wurden zunächst ihre physikalischen Eigenschaften bestimmt (Tabelle 13). Die EFBA (2007) bestimmt vor allem die Kategorien mittlerer Korndurchmesser und Schüttdichte. Der mittlere Korndurchmesser sollten in einen Bereich von 3,25 mm liegen, die Schüttdichte zwischen 900-1000 kg/m<sup>3</sup>. Abweichungen sind aber in geringen Maßen zulässig. Der Korndurchmesser darf um  $\pm 0,25$  mm abweichen, bei der Schüttdichte sind auch extreme Bandbreiten von 700-1350 kg/m<sup>3</sup> zulässig, diese kommen aber nur extrem selten vor (EFBA, 2007). Somit befinden sich beide Dünger innerhalb der vorgegebenen Bereiche. Bei der Kornfestigkeit konnte bislang aufgrund der unterschiedlichen Messmethoden kein optimaler Wert für Mischdünger festgelegt werden. Größere Partikel weisen aber eine höhere Festigkeit auf. Deswegen besitzt der Dünger mit dem größeren Korndurchmesser (der Mischdünger auf KAS-Basis) eine deutlich höhere Kornfestigkeit. Die Fließdichte ist abhängig von der Korngröße, der Schüttdichte, der Kornform (eckigere Dünger verlangsamen die Fließdichte) und dem Wassergehalt. Trotz der unterschiedlichen Komponenten haben beide Dünger ein ähnliches Fließverhalten. Der Abwurfwinkel wird durch viele Eigenschaften des Düngers beeinflusst, wie zum Beispiel die Oberflächenbeschaffenheit der Körner (stumpf oder glatt). Zusätzlich können Fahrtwind und Fahrdistanz einen Einfluss haben. Der Abwurfwinkel wurde bei Amazone mittels „Karussell“ bestimmt (Fölster und Baye, 2006) und befindet sich für beide Dünger in einem ähnlichen Wertebereich.

Tabelle 13: Physikalisch-technische Eigenschaften der beiden Mischdünger

|                 | Maßeinheit        | Dünger KAS | Dünger Urea |
|-----------------|-------------------|------------|-------------|
| Korndurchmesser | mm                | 3,65       | 3,25        |
| Schüttdichte    | kg/m <sup>3</sup> | 1080       | 1050        |
| Kornfestigkeit  | N                 | 82,2       | 48,7        |
| Fließverhalten  | kg/min            | 5,72       | 5,64        |
| Abwurfwinkel    | °                 | 220,85     | 225,14      |

Anschließend wurde in Versuchen in der Strehalle von Amazone probiert, die Einstellung der Streuschaufeln so anzupassen, dass der Variationskoeffizient bei um die 7% liegt (Tabelle

14 und Tabelle 15). Eberseder (2012) geht davon aus, dass ab Variationskoeffizienten von 15% mit Mindererträgen zu rechnen sein kann.

Tabelle 14: Variationskoeffizient für den ausgebrachten Mischdünger auf KAS-Basis in der Strehalle bei den Amazone-Werken. Rot gekennzeichnete Werte können zu Mindererträgen führen (Eberseder 2012).

| Durchgang | Streuscheibe | Einstellung kurze Streuschaufel | Einstellung lange Streuschaufel | Variationskoeffizient |
|-----------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 1         | OM 18/24     | 17                              | 46                              | 16,1 %                |
| 2         | OM 18/24     | 19                              | 47                              | 6,8 %                 |
| 3         | OM 18/24     | 19                              | 46                              | 8,7 %                 |
| 4         | OM 24/36     | 13                              | 42                              | 8,7 %                 |
| 5         | OM 24/36     | 14                              | 42                              | 9,1 %                 |
| 6         | OM 24/36     | 12                              | 42                              | 10,0 %                |
| 7         | OM 24/36     | 14                              | 42                              | 10,9 %                |
| 8         | OM 24/36     | 13                              | 42                              | 11,1 %                |

Tabelle 15: Variationskoeffizient für den ausgebrachten Mischdünger auf Urea- Basis in der Strehalle bei den Amazone-Werken. Rot gekennzeichnete Werte können zu Mindererträgen führen (Eberseder 2012).

| Durchgang | Streuscheibe | Einstellung kurze Streuschaufel | Einstellung lange Streuschaufel | Variationskoeffizient |
|-----------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 1         | OM 18/24     | 17                              | 46                              | 6,0 %                 |
| 2         | OM 24/36     | 13                              | 42                              | 19,0 %                |
| 3         | OM 24/36     | 12                              | 41                              | 11,2 %                |
| 4         | OM 24/36     | 11                              | 40                              | 7,0 %                 |
| 5         | OM 24/36     | 11                              | 40                              | 8,0 %                 |

Anschließend wurden folgende Einstellungen für die Streuschaufel für die Feldversuche festgelegt auf dem Versuchsbetrieb der Hochschule Osnabrück:

- Mischdünger auf KAS-Basis mit Streuscheibe OM 18/24: kurze Streuschaufel: 17; lange Streuschaufel: 46
- Mischdünger auf KAS-Basis mit Streuscheibe OM: kurze Streuschaufel: 11; lange Streuschaufel: 40
- Mischdünger auf Urea-Basis mit Streuscheibe OM: kurze Streuschaufel: 19; lange Streuschaufel: 47
- Mischdünger auf Urea-Basis mit Streuscheibe OM: kurze Streuschaufel: 13; lange Streuschaufel: 42

Es wurden der Variationskoeffizient für die gesamte Düngermenge, aber auch für die einzelnen Nährstoffe (N, P und K) bestimmt.

Betrachtet man zunächst den Variationskoeffizienten für die Querverteilung, scheint der Mischdünger auf KAS-Basis mit der zweiten Streuscheibe OM 24/36 und Schaufeleinstellung am schlechtesten abzuscheiden. Bei der Verteilung des Gewichtes fällt auf, dass immer zu viel Dünger auf der Fläche ausgebracht wird. Besonders auffällig ist der Unterschied beim Mischdünger auf Urea-Basis, bei dem mit der Streuscheibe OM 18/24 eine Überdüngung von fast 158 kg/ha stattfindet. Ansonsten werden im Schnitt 85 kg/ha Dünger zu viel ausgebracht.

Tabelle 16: Variationskoeffizient für die ausgebrachte Düngermenge. Rot gekennzeichnete Werte können zu Mindererträgen führen (Eberseder 2012). Der Sollwert für die ausgebrachte Düngermenge ist 500 kg.

|                            | Streuscheibe | Variationskoeffizient | Ausgebrachter Dünger<br>(Mittelwert in kg/ha) |
|----------------------------|--------------|-----------------------|---|
| Mischdünger auf KAS-Basis  | 18/24        | 8 %                   | 597,6   |
| Mischdünger auf KAS-Basis  | 24/36        | 17,5 %                | 568,7   |
| Mischdünger auf Urea-Basis | 18/24        | 11,5 %                | 589,6   |
| Mischdünger auf Urea-Basis | 24/36        | 13 %                  | 657,4   |

Bei der Verteilung der Nährstoffe kann in keiner der Düngervarianten für alle Nährstoffe ein Variationskoeffizient von unter 15 % erreichen werden. Mischdünger auf KAS-Basis kann hier noch die besten Werte erzielen. Bei Stickstoff kommt es bei allen vier Varianten zu einer leichten Überdüngung der Fläche, besonders beim Mischdünger auf Urea-Basis in den Fahrgassen. Phosphat wird latent zu wenig gedüngt (ca. 11 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro Hektar). Beim Mischdünger auf Urea-Basis findet allerdings zwischen den Fahrgassen eine latente Überdüngung mit Phosphat statt. Kalium wird in allen Varianten zu viel ausgebracht, besonders deutlich bei dem Mischdünger auf KAS-Basis. Hier kommt es zu einer Überdüngung von ca. 36 kg K<sub>2</sub>O pro Hektar. Auffällig sind die Unterschiede der gesamten Nährstoffverteilung zwischen den beiden Mischdüngern. Während es beim Mischdünger auf Urea-Basis eher zu einer Überdüngung zwischen den Fahrgassen kommt (im Schnitt von ca. 48 kg), werden beim Mischdünger auf KAS-Basis vor allem die Fahrgassen überdüngt (im Schnitt mit ca. 55 kg). Das erklärt auch die relativ hohen Düngergewichte aus Tabelle 16.

Tabelle 17: Variationskoeffizient für die unterschiedlichen Nähstoffe. Rot gekennzeichnete Werte können zu Mindererträgen führen (Eberseder 2012).

|             | Streuscheibe | N      | P      | K      |
|-------------|--------------|--------|--------|--------|
| Dünger KAS  | 18/24        | 13,6 % | 8,6 %  | 16,7 % |
| Dünger KAS  | 24/36        | 12,3 % | 18,2 % | 21,8 % |
| Dünger Urea | 18/24        | 10,2 % | 21,7 % | 13,9 % |
| Dünger Urea | 24/36        | 20,5 % | 8,6 %  | 8,2 %  |

Bei Betrachtung der Variationskoeffizienten (Tabelle 17: Variationskoeffizient für die unterschiedlichen Nähstoffe.) fällt auf, dass in keinem der vier Fälle bei allen Nährstoffen ein Variationskoeffizient von unter 15% erreicht werden konnte.

### 4.3 Diskussion

Beide Mischdünger unterscheiden sich kaum in den gemessenen physikalisch-technischen Eigenschaften wie Korndurchmesser, Schüttdichte und Fließverhalten. Auffällig ist, dass der Mischdünger mit Urea, der nach guter fachlicher Praxis so nicht gemischt werden sollte, den geringsten Variationskoeffizienten beim Stickstoff in den Versuchen in der Strehalle aufweist. Das heißt, bei der richtigen Streuereinstellung und einer zügigen Ausbringung sind selbst solche Mischungen handelbar. Allerdings sollte in der Praxis darauf verzichtet werden, da es keine Gewährleistung der richtigen Handhabung seitens des Landwirtes gibt, denn nicht jeder Landwirt wird den Mischdünger vor der Ausbringung genau testen. Zudem kann nicht gewährleistet werden, dass der Dünger sofort nach der Mischung ausgebracht wird oder noch einmal gelagert wird. Gerade eine längere Lagerdauer kann bei harnstoffbasierten Mischdüngern zu massiven Problemen wie Entmischung und Verbackung von Düngerkörnern führen.

Die Streuversuche auf dem Feld zeigen alle ein schlechteres Streubild als die Versuche in der Strehalle. Hier könnte eine Rolle gespielt haben, dass die Mischdünger zusätzlich noch einmal transportiert, gelagert und umgeladen wurden. Zusätzlich spielen Umweltfaktoren wie Wind, Fahrgeschwindigkeit und der Düngerstreuer an sich eine Rolle bei der Dünger Querverteilung der Dünger. Letztendlich war aber kein Dünger so schlecht in seiner Querverteilung, dass es zu gravierenden Unterschieden im Pflanzenwachstum kommen sollte.

Ein Vergleich zu industriellen Volldüngern mit ähnlichem Nährstoffverhältnis wäre wünschenswert gewesen, um die Ergebnisse noch besser einordnen zu können. Beim Mischdünger auf Urea-Basis werden verhältnismäßig viel Stickstoff oder Phosphat ausgebracht, beim Mischdünger auf KAS-Basis ist es vor allem das Kalium das zu viel ausgebracht wird. Leitet



man dafür nun Empfehlungen für den Landwirt ab, kommt man zu dem Schluss, dass der Mischdünger auf KAS-Basis, dem Mischdünger auf Urea-Basis vorzuziehen ist. Zum einen haben phosphat- und stickstoffhaltige Düngemittel wesentlich höhere Kosten, zum anderen bestimmt gerade der Stickstoff maßgeblich die Umweltwirkung eines Düngers (siehe Kapitel 5).

#### **4.4 Zusammenfassung**

Mischdünger müssen immer vorsichtiger behandelt werden als Volldünger, weil die Gefahr der Entmischung nie hundertprozentig gebannt werden kann. Mit der richtigen Handhabung und den richtigen Streuereinstellungen sind die untersuchten Mischdünger aber nicht schlechter als industrielle Volldünger.

Harnstoff sollte in Mischungen nur verwendet werden, wenn sichergestellt werden kann, dass der Mischdünger sofort ausgebracht wird. Letztendlich können mit einem Mischdünger, der nach der guten fachlichen Praxis produziert wurde, geringere Variationskoeffizienten erzielt werden, die ausgebrachte Nährstoffmenge ist besser angepasst und besonders die kritischen Nährstoffe N und P werden angepasst zugeführt. Allerdings ist hier noch Spielraum für Verbesserungen, da Überdüngungen ausnahmslos vermieden werden sollten.

# 5 Life Cycle Assessment

---

## 5.1 Definition

Unter Life Cycle Assessment (LCA, in Deutsch Lebens-Zyklus-Analyse oder Ökobilanz) versteht man eine ganzheitliche Betrachtung aller Emissionen in allen Lebensstufen eines Produktes oder einer Dienstleistung. Diese durch zwei ISO-Normen (ISO, 2006 a; b) zertifizierte Methode ist mittlerweile weltweit als Instrument zur Berechnung von Emissionen und Schadwirkungen von Produkten anerkannt und wird immer häufiger als Informationsinstrument für Verbraucher genutzt (Baumann und Tillman, 2004; Guinée et al., 2002; Pé-International, 2013). Hierbei werden Aspekte wie beispielsweise Landnutzung, Ressourcenverbrauch, Ökotoxizität und alle Formen von Emissionen berücksichtigt und es wird nicht nur auf die klimaschädigende Wirkung bestimmter Produkte eingegangen. Typisch für ein LCA ist der vierstufige Aufbau:

1. Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen
2. Sachbilanzierung
3. Wirkungsanalyse
4. Gewichtung und Interpretation

Zunächst werden alle Ressourcen, die bei der Herstellung, Verwendung oder der Entsorgung eines Produktes benötigt werden, zusammengefasst. Das sind die so genannten Input-Größen eines LCA. Anschließend wird versucht, den Produktionsprozess und die Transportprozesse abzubilden und die daraus entstehenden Emissionen zu berechnen.

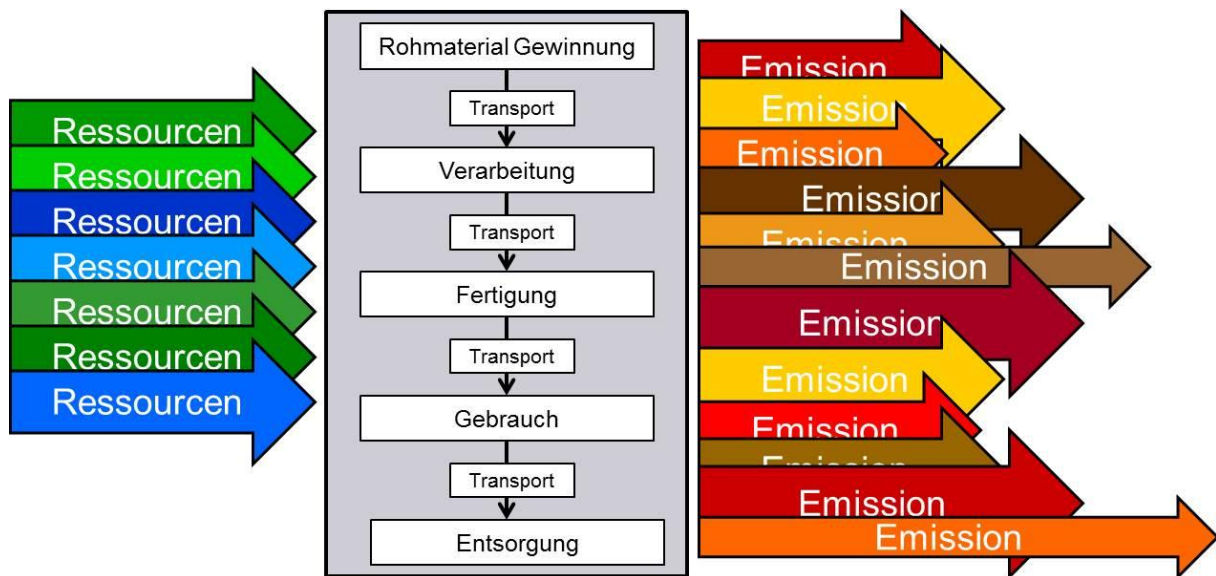


Abbildung 30: Genereller Ablauf einer LCA.

Das sind dann die so genannten Output-Größen (siehe Abbildung 30). Anschließend werden die Emission einer Wirkungskategorie zugeordnet, um anschließend in einer Zahl zu einem Wirkungspotential zusammengefasst zu werden (siehe Abbildung 31). Diese Zahl kann dann als Referenzwert für Vergleiche herangezogen werden.



Abbildung 31: Einteilung der Emission in die einzelnen Wirkungskategorien und anschließende Berechnung der Wirkungspotentiale (Guinée et al., 2006 und Goedkoop et al., 2009)

Generell werden mit einer LCA folgende 18 Wirkungspotentiale abgedeckt (Erläuterung zu den Abkürzungen finden sich im Abkürzungsverzeichnis): Abbau der Ozonschicht (kg CFC-11), Bodentoxizität (kg 14DCB in Boden), Entstehung von photochemischen Oxidanten (kg NMVOC), Feinstaubbildung (kg PM), Humantoxizität (kg 14DCB in Luft), ionisierte Strah-

lung (kg U<sup>235</sup>), Klimawandel (kg CO<sub>2</sub>), landwirtschaftliche Landnutzung (m<sup>2</sup> pro Jahr), Salzwasser Eutrophierung (kg N), Salzwassertoxizität (kg 14DCB in Salzwasser), städtische Landnutzung (m<sup>2</sup> pro Jahr), Süßwassereutrophierung (kg P), Süßwassertoxizität (kg 14DCB in Süßwasser), Umwandlung von natürlichen Flächen (m<sup>2</sup> pro Jahr), Verbrauch fossiler Brennstoffe (kg), Verbrauch mineralischer Ressourcen (kg), Versauerung (kg SO<sub>2</sub> in Luft) und Wasserverbrauch (m<sup>3</sup>). Von diesen 18 Kategorien sind nicht alle für die Betrachtung von Düngemitteln von Interesse. Alle Emission oder verbrauchten Ressourcen, die weniger als 0,5% zur Gesamtschadwirkung eines Produktes oder einer Dienstleistung beitragen können aus den Berechnungen ausgeschlossen werden (Bauman und Tillman, 2004).

Entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Düngemitteln entsteht nur eine sehr geringe Anzahl an Stoffen, die zum Abbau der Ozonschicht beitragen. Somit kann diese Kategorie ausgeklammert werden. Gleiches gilt für die Entstehung von photochemischen Oxidanten und ionisierter Strahlung. Alle in einer LCA betrachteten Toxizitäten sind, bei der Betrachtung von Düngemitteln, ebenfalls so gering, dass diese ohne weiteres ebenfalls vernachlässigt werden können (Bodentoxizität, Humantoxizität, Salzwasser- und Süßwassertoxizität). Feinstaub entsteht vor allem bei Transportprozessen. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Emission der Transportprozesse in diesem Fall 5% der Gesamtemissionen ausmachen. Außerdem war es unser Ziel, die Wirkung von Düngemitteln beurteilen zu können und nicht Transportprozesse zu bewerten. Somit wurde auch die Kategorie Feinstaub nicht weiter betrachtet. Der Wasserverbrauch spielt bei der Düngemittelproduktion auch nur eine untergeordnete Rolle, da das Prozesswasser nahezu vollständig recycelt wird.

Die Landnutzungskategorien sind für die Landwirtschaft eigentlich von besonderem Interesse, da sie einen großen Teil der Umweltwirkungen ausmachen können. Da Düngesysteme in Europa betrachtet werden, können auch Landnutzungsänderungen ausgenommen werden. Zudem wurden die weiteren Kulturmaßnahmen und die Anlagengüter, zum Beispiel die Fabriken zur Produktion von Düngemitteln, in den Modellen vernachlässigt. Deswegen werden die Kategorien Landnutzung und Landnutzungsänderung ebenfalls in dem hier durchgeführten LCA nicht weiter berücksichtigt.

Somit bleiben noch die Kategorien Klimawandel, Verbrauch mineralischer Ressourcen, Verbrauch fossiler Brennstoffe und Versauerung übrig, sowie die Salz- bzw. Süßwassereutrophierung, die zur Vereinfachung zu einer Kategorie zusammengefasst wurden. Für die Kategorien Ressourcenverbrauches und der Verbrauch fossilen Brennstoffe, ist die

Datenlage extrem unsicher. Deswegen wurden für diesen Bericht diese Kategorien zunächst einmal nicht weiter betrachtet.

Bei dem LCA handelt es sich um eine wissenschaftliche Berechnungsmethode. Jedoch nutzen viele Firmen aus dem Agrarbereich und der Lebensmittelproduktion diese Methode und haben ihren Nutzen bereits erkannt und setzten diese gezielt als Marketinginstrument zur Verkaufsförderung ein. Beispiele hierfür sind: Arla, BASF, Bayer, Dole, Edeka, Kraft-Foods, Unilever (Pé-Internationale, 2013) und Yara (Yara, 2013). Hierbei ist es den Akteuren besonders wichtig, nicht nur auf CO<sub>2</sub>-Bilanzen zu schauen, sondern die gesamte Schadwirkung, aber auch den Nutzen eines Produktes zu betrachten. Ziel ist es dabei, nicht nur die Schadwirkungen bestimmter Produkte aufzuzeigen, sondern auch Verbesserungsmöglichkeiten zu erkennen und Emissionen und Verbräuche durch gezielte Veränderung von Produktionsprozessen zu verringern. Genau das soll auch Ziel dieser Arbeit sein. Denn auch im Bereich der Düngemittel wird es in den nächsten Jahren noch strikere Grenzwerte geben, etwa im Rahmen von politischen Maßnahmen wie der Agenda 2020. Zudem werden im Nachhaltigkeitsbericht der Bundesregierung (Nachhaltigkeitsstrategien für Deutschland, 2008) auch Verbesserungen im Bereich der Düngemittelapplikation und des umweltschonenderen Einsatzes gefordert. Schlagworte sind hierbei vor allem der nachhaltigere Konsum und die umweltverträglichere Produktion in unseren Kulturlandschaften (Nachhaltigkeitsstrategien für Deutschland, 2008). In diesem Kapitel soll dargestellt werden, wie auch die mineralische Düngung noch optimiert werden kann, wenn die richtigen Ausgangsstoffe für die Düngung gewählt werden.

## 5.2 Annahmen

Für die Berechnung innerhalb des LCAs wurden die in der Einleitung erwähnten Rahmenbedingungen angesetzt. Es wurden also vergleichend drei Düngemitteltypen (Einzelnährstoff-, Misch- und Volldünger) in allen in Tabelle 2 und Tabelle 3 erwähnten Varianten verglichen. Ziel ist es, die umweltschonendste Düngervariante für die jeweilige Nährstoffkombination zu finden, um abschätzen zu können, wann ein Mischdünger unter Umweltaspekten vorteilhaft ist.

### 5.2.1 Rahmenbedingungen

Obwohl Harnstoff nach guter fachlicher Praxis (EFBA, 2007) in der Regel nicht Bestandteil eines Mischdüngers sein soll, wurde er aufgrund seiner weltweiten Bedeutung als Einzelnährstoffdünger mit in die Untersuchung aufgenommen. Von den weltweit eingesetzten 109 Millionen Tonnen stickstoffhaltiger Düngemittel macht Harnstoff etwa 60% aus (FAO 2012; Gilbert et al. 2006). Da in Europa aber ammoniumnitrathaltige Düngemittel wie zum Beispiel KAS dominiert (EFMA 2013; Fertilizer Europe 2012), wurde dieser als zweite stickstoffhaltige Komponente eingesetzt. Um des Weiteren den Einfluss von Phosphat auf die Umweltwirkung von Düngemitteln bestimmen zu können, wurden zwei phosphathaltige Düngemittel (TSP und DAP) gewählt. Da kaliumhaltige Düngemittel eher einen geringen Umwelteinfluss besitzen, wurde nur KornKali in die Betrachtung aufgenommen.

In die Berechnung wurden nur die in der Einleitung erwähnten Regionen (Tabelle 4 und Abbildung 3) mit einbezogen. Hierbei wurde versucht, die Transportprozesse möglichst in allen Regionen den tatsächlichen Gegebenheiten anzupassen. Die Düngermenge wurde einer Grunddüngung angepasst und beträgt entweder 300 kg Volldünger oder die Menge an Einzelnährstoffdünger und Mischungen aus Tabelle 2 und Tabelle 3.

Bei den Berechnungen wurden die beiden oben erwähnten ISO-Normen (ISO 14040, 2006 a, b) konsequent angewendet. Die Modelle und Szenarien wurden mit dem Programm OpenLCA (GreenDelta, Berlin, Deutschland) mit der ReCiPe-Methode berechnet (Goedekoop et al., 2008). OpenLCA ist eine frei verfügbare Software, die alle Emissionen und Ressourcennutzung erfasst und in Wirkungskategorien zusammenfasst. Die ReCiPe-Methode berechnet zusätzliche Gewichtungsfaktoren, damit bestimmte Emissionen (wie Methan oder Lachgas) in der Berechnung, wie auch in der Wirklichkeit, eine größere klimaschädigende Wirkung haben, als CO<sub>2</sub>. Anschließend wird alles in einem Wirkungspotential zusammengefasst (siehe Abbildung 26).

Datengrundlage für die Berechnung war vor allem die ProBas Datenbank (2012) des Ökoinstitutes und Bundesumweltamtes. Diese Datenbank enthält Emissionsdaten von allen Transportprozessen und Verkehrsträgern, sowie Daten zur Düngemittelproduktion. Diese sind allerdings umfangreicher in der Publikation von Davis und Haglund (1999) dargestellt und ausgearbeitet, weswegen die Daten zu Emissionen während der Düngemittelproduktion aus dieser Quelle genommen wurden. Hier fehlen allerdings Daten zur Herstellung von kaliumhaltigen Düngemitteln. Dies ist ein weiterer Grund, warum nur Kornkali in die Berechnungen

mit einbezogen wird. Die direkt nach der Applikation entstehenden Emissionen von  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NH_3$ ,  $N_2$ ,  $NO_3$  und  $CO_2$  wurden nach den Modellen, die bei der IPCC (2000 und 2003), der FAO und dem IFA (2001) beschrieben werden, berechnet. Direkt nach der Feldapplikation wurde die Betrachtung der Emissionen gestoppt.

Im Folgenden soll kurz dargestellt werden, welche Emissionen in welchen Kategorien bei der Betrachtung von Düngemitteln maßgeblich entstehen. Emission, die der Kategorie Klimawandel zugeordnet wurden sind maßgeblich  $CO_2$  und  $N_2O$ . Wobei die  $CO_2$ -Emissionen vor allem bei der Verbrennung von Kraftstoffen bei allen Verkehrsträgern und Feldarbeiten (wie die Düngemittelapplikation) entstehen. Lachgasemissionen sind maßgeblich in der Produktion zu finden. Beim Harnstoff sollte beachtet werden, dass dieser in der Produktion weniger  $CO_2$  Emissionen erzeugt als andere stickstoffhaltige Dünger, da hier das  $CO_2$  mit dem  $NH_3$  reagiert, um das Harnstoffmolekül  $[CO(NH_2)_2]$  zu bilden (Brentrup et al. 2000; Davis und Haglund 1999; EFMA, 2000c). Dadurch sind allerdings die Emissionen von  $CO_2$  direkt nach der Applikation bei der Umsetzung von Harnstoff im Boden entsprechend höher.

Emissionen, die der Kategorie Eutrophierung zugeordnet werden entstehen vor allem in der Düngemittelproduktion und bei der Applikation. Hier werden alle Emissionen von Phosphat und Nitrat in Grund- und Oberflächengewässer zusammengefasst. Die Kategorie Versauerung ist am engsten mit den Emissionen von  $SO_2$  und  $NO_x$  verknüpft, wobei  $SO_2$ -Emissionen vor allem bei der Stromerzeugung und beim Verbrennen von Dieselmotoren auftreten,  $NO_x$ -Emissionen hingegen hauptsächlich bei letzterem.

Bei den Berechnungen wurde festgestellt, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Regionen, die definiert wurden, nur sehr marginal sind. Somit wurden diese in einem Ergebnis zusammengefasst und die Streuung nur noch in der statistischen Berechnung berücksichtigt. Alle statistischen Berechnungen wurden mit der Software R (R Development Core Team 2013) mit einem Signifikanzlevel von  $p \leq 0.05$  durchgeführt.

### 5.2.2 Systemgrenzen

Unter Systemgrenze versteht man die Abgrenzung der untersuchten Emissionen und Verbräuche. Die Systemgrenze des vorliegenden LCAs wurde so gewählt, dass alle die Produktion und den Transport betreffenden Prozesse mit eingerechnet wurden, die Betrachtung aber nach der Applikation der Düngemittel und den damit verbundenen Emissionen gestoppt wurde

(Abbildung 32). Somit wurden Pflanzenaufwüchse nicht mehr berücksichtigt, die Gewinnung von Rohstoffen und die Herstellungsprozesse der einzelnen Düngemittel aber schon.

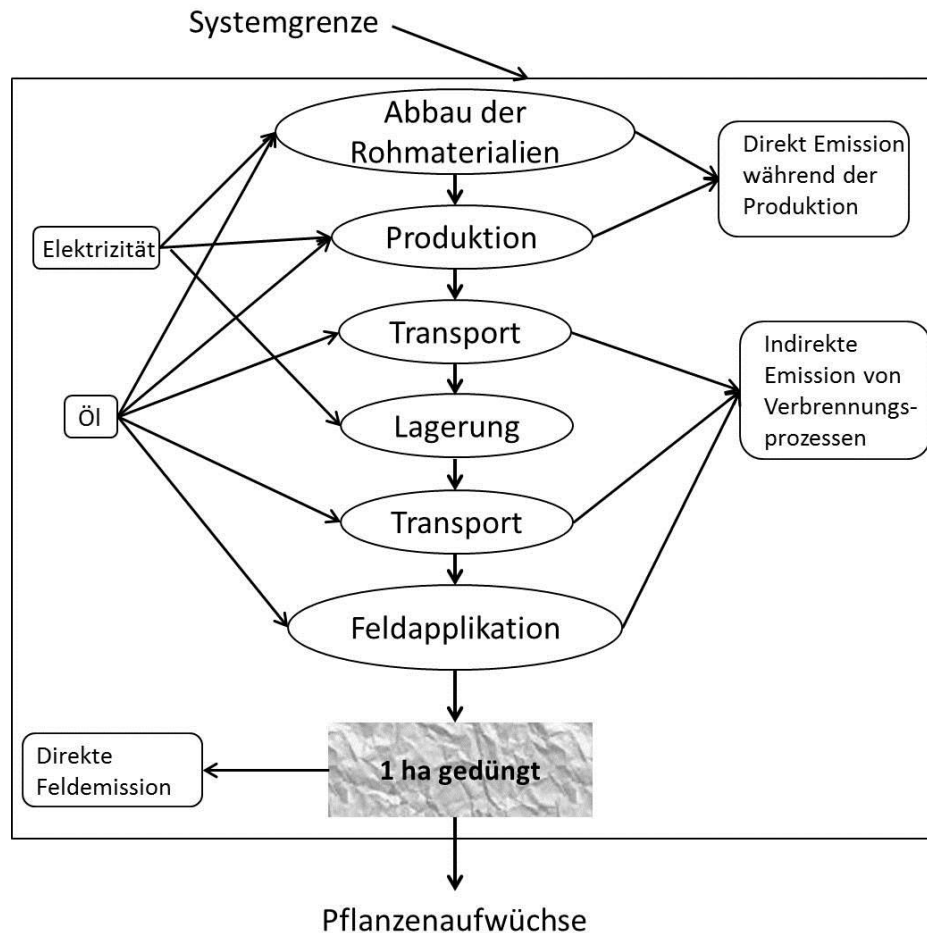


Abbildung 32: Systemgrenze für die LCA Untersuchungen

Informationen über die Logistikprozesse, die Transportwege und Düngemittelumsätze in den einzelnen Modellregionen wurden durch Interviews mit Experten aus allen Stufen der Wertschöpfungskette für Dünger gewonnen (siehe Anhang 1). Emissionen und der Verbrauch von Rohstoffen aus dem Bau von Anlagegüter und der Produktion von Maschinen aller Art wurden nicht in den Berechnungen berücksichtigt. Vorherige Studien haben gezeigt, dass diese nur einen sehr geringen Einfluss auf die Endergebnisse haben und deswegen für die Berechnung der Umweltwirkung keine Rolle spielen (Ahlgren et al., 2008; Baumann und Tillman, 2004). Ebenso wurde beim Schienengüterverkehr und bei der Binnenschifffahrt, sowie beim Straßengüterverkehr von über 50 Kilometern, keine Rückfahrt angenommen, da es wahrscheinlich ist, dass bei diesen Entfernungen andere Güter in der Rückfahrt transportiert werden.



## 5.4 Ergebnisse

### 5.4.1 LCA

Bei der reinen Betrachtung von Düngemitteln finden sich in der Kategorie Klimawandel die höchsten Emissionen. Die anderen betrachteten Kategorien (Versauerung und Eutrophierung) tragen in nur sehr geringem Umfang zur Umweltwirkung von Düngern bei. Das ist aber nur in diesem speziellen Fall richtig, da die Betrachtung der Emissionen direkt nach der Applikation gestoppt wird. Bei einer Betrachtung über die gesamte Kulturdauer wird ein nicht zu verachtender Teil der Nährstoffe N und P im Boden ausgewaschen. Dann muss die Kategorie Eutrophierung wieder neu beurteilt werden. Der direkte Vergleich der beiden Nährstoffzusammensetzungen zeigt, dass Stickstoffverbindungen besonders hohe Emissionen an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten nach sich ziehen. Der 17-5-13 enthält insgesamt nur 6 kg mehr Stickstoff, hat aber eine um 123 kg höhere Emission an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Somit muss besonders beim Umgang mit stickstoffhaltigen Düngemitteln immer beachtet werden, dass selbst kleinere Überdüngungen schnell zu massiven Verschlechterungen der Umweltbilanz im Ackerbau führen können.

Tabelle 18: Ergebnisse des LCA für eine Nährstoffzusammensetzung 17-5-13 für alle betrachteten Wirkungskategorien und Düngesysteme. Signifikante Unterschiede wurden mit unterschiedlichen Buchstaben dargestellt und mittels Tukey-Test berechnet ( $p \leq 0.05$ ).

| Düngesystem   | Impact-Kategorien                        |  |  |
|---|--|--|--|
|   | Klimawandel<br>(kg CO <sub>2</sub> -Äq.) | Versauerung<br>(kg SO <sub>2</sub> -Äq.) | Eutrophierung<br>(kg P- bzw. N- in Gewässer) |
|   | Mittelwert                               | Mittelwert                               | Mittelwert                                   |
| Volldünger  | 522,85 <sup>c</sup>                      | 1,92                                     | 1,60 <sup>c</sup>                            |
| KAS <sup>1</sup> + DAP <sup>2</sup> + KK <sup>3</sup> | 460,45 <sup>a</sup>                      | 1,87                                     | 1,57 <sup>b</sup>                            |
| KAS/DAP/KK  | 460,27 <sup>a</sup>                      | 1,63                                     | 1,57 <sup>b</sup>                            |
| Harnstoff + DAP + KK                                  | 501,06 <sup>b</sup>                      | 2,00                                     | 1,39 <sup>a</sup>                            |
| Harnstoff/DAP/KK                                      | 490,94 <sup>b</sup>                      | 1,78                                     | 1,39 <sup>a</sup>                            |
| KAS + TSP <sup>4</sup> + KK                           | 494,03 <sup>b</sup>                      | 1,99                                     | 1,61 <sup>d</sup>                            |
| KAS/TSP/KK  | 491,60 <sup>b</sup>                      | 1,73                                     | 1,61 <sup>d</sup>                            |

<sup>1</sup>Kalkammonsalpeter

<sup>2</sup>Kornkali

<sup>3</sup>Diammoniumphosphat

<sup>4</sup>Triple superphosphat

+++ Einzelnährstoffdünger

/// Mischdünger

Tabelle 19: Ergebnisse des LCA für eine Nährstoffzusammensetzung 15-15-15 für alle betrachteten Wirkungskategorien und Düngesysteme. Signifikante Unterschiede wurden mit unterschiedlichen Buchstaben dargestellt und mittels Tukey-Test berechnet ( $p \leq 0.05$ ).

| Düngesystem   | Impact-Kategorien                        |  |  |
|---|--|--|--|
|   | Klimawandel<br>(kg CO <sub>2</sub> -Äq.) | Versauerung<br>(kg SO <sub>2</sub> -Äq.) | Eutrophierung<br>(kg P- bzw. N- in Gewässer) |
|   | Mittelwert                               | Mittelwert                               | Mittelwert                                   |
| Volldünger  | 399,41 <sup>b</sup>                      | 1,98                                     | 1.68 <sup>b</sup>                            |
| KAS <sup>1</sup> + DAP <sup>2</sup> + KK <sup>3</sup> | 378,88 <sup>a</sup>                      | 2,42                                     | 1.73 <sup>d</sup>                            |
| KAS/DAP/KK  | 376,99 <sup>a</sup>                      | 2,18                                     | 1.74 <sup>c</sup>                            |
| Harnstoff + DAP + KK                                  | 396,45 <sup>c</sup>                      | 2,37                                     | 1.63 <sup>a</sup>                            |
| Harnstoff/DAP/KK                                      | 394,56 <sup>c</sup>                      | 2,15                                     | 1.63 <sup>a</sup>                            |
| KAS + TSP <sup>4</sup> + KK                           | 491,55 <sup>d</sup>                      | 2,50                                     | 1.82 <sup>e</sup>                            |
| KAS/TSP/KK  | 489,13 <sup>d</sup>                      | 2,24                                     | 1.82 <sup>e</sup>                            |

<sup>1</sup>Kalkammonsalpeter

<sup>2</sup>Kornkali

<sup>3</sup>Diammoniumphosphat

<sup>4</sup>Triple superphosphat

+++ Einzelnährstoffdünger

/// Mischdünger

In der Kategorie Versauerung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Düngesystemen gefunden werden. Dies lässt sich dadurch erklären, dass hier primär Transportprozesse die Emissionsverursacher sind, und dass für alle Systeme mindestens 10 verschiedene Transportwege in verschiedenen Transportträgern für die Berechnung angenommen wurden. Somit ist hier die Streuung der Daten am größten. Bei der Kategorie Eutrophierung kann man unverkennbar sehen, dass sowohl P, als auch N eine Rolle spielen, da hier der Dünger mit der Nährstoffzusammensetzung 15-15-15 immer höhere Werte annimmt als der 17-5-13. Hier ist die Kombination von N und P der entscheidende Faktor, da sich beide auf diese Kategorie auswirken. Um die Umweltwirkung von Düngemitteln besser einordnen zu können, dienen hier Emissions-Zahlen der einzelnen Verkehrsträger als Vergleich (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Emissionen von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von einzelnen Verkehrsträgern (Spielmann et al., 2010).

| Verkehrsträger | Emission von kg CO <sub>2</sub> -Äquivalenten pro tkm |
|----------------|---|
| Güterzug       | 0,022   |
| Binnenschiff   | 0,033   |
| LKW            | 0,063   |
| Flugzeug       | 1,337   |

Die Emissionen, die bei der Applikation von 300 kg Volldünger und entsprechenden Misch- und Einzelnährstoffdünger (Tabelle 2 und Tabelle 3) entstehen, sind also in etwa gleichzusetzen mit einer Güterleistung bei der Bahn von ca. 24.000 tkm, beim Binnenschiff von ca. 16.000 tkm, beim LKW von ca. 5.600 tkm und beim Flugzeug von ca. 390 tkm. Allerdings ist hier nicht berücksichtigt worden, dass die Düngung von Pflanzen deren Wachstum verstärkt und somit ein Teil der CO<sub>2</sub>-Äquivalente wieder in die Pflanzen eingebaut werden.

Bei der Versauerung sind kritische Mengen von 1-3 kg SO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Jahr und Hektar für empfindliche Ökosysteme zu nennen (Bundesumweltamt, 2013a). Diese werden in keinem Fall überschritten. Außerdem entstehen die Emissionen in diesen Berechnungen entlang der gesamten Transportkette für Düngemittel und gelten somit nicht lokal. Damit können diese Emissionen als unproblematisch eingeordnet werden. Allerdings sollte auch weiterhin darauf geachtet werden, bei weiten Strecken eher größere Transportträger (Schiff oder Schiene) mit geringeren Emissionen pro transportierte Tonne zu wählen.

Bei der Eutrophierung spricht man von geringen Überschreitungen wenn 0-10 kg P bzw. N pro Hektar in die Umwelt bzw. in Oberflächengewässer gelangen (Bundesumweltamt, 2013b). Auch in diesem Punkt zeigen die betrachteten Düngemittel und Nährstoffzusammensetzung wesentlich geringere Emissionen. Doch hier wurde nur die Grunddüngung mit N- und P pro Hektar angenommen und damit auch die unvermeidbaren Einträge in die Umwelt deutlich reduziert. Gerade in der Region Nord-West kommt es immer wieder durch massive Überdüngung zu deutlichen Überschreitungen der oben erwähnten kritischen Menge. Hier besteht noch weiterer Handlungsbedarf in der Optimierung der Düngung, sowohl in der Masse als auch beim Zeitpunkt der Düngemittelapplikation.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Ergebnisse der LCA zusätzlich prozentual zur Emission des Volldüngers dargestellt (Abbildung 33 und Abbildung 34). Die Einzelnährstoff- und Mischdünger bestehen wie bereits erläutert aus den in Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführten Komponenten. Hier zeigen sich deutlich die Unterschiede der beiden Nährstoffverhältnis-

se. Während bei der Variante 17-5-13 der Volldünger nahezu immer von mindestens einer Mischungskombination unterboten wird, also ganzheitlich betrachtet eher eine schlechtere Umweltwirkung hat, ist er, sind die Emissionswerte bei der Nährstoffkombination von 15-15-15 nicht schlechter, als die der Mischungen mit TSP, KAS und KornKali. Am besten scheint in beiden Varianten ein Dünger, der aus den Einzelkomponenten KAS, DAP und KornKali besteht, wie es in der Praxis auch schon vielfältig angewendet wird. Besonders in der Kategorie Klimawandel, die für die Betrachtung von Düngemitteln besonders wichtig ist, können hier bis zu 20% der Emissionen eingespart werden, wenn ein Dünger mit dieser Nährstoffkombination eingesetzt wird. Aber auch Mischungen mit Harnstoff sind, von der Umweltperspektive her, nicht viel schlechter. Hier sei aber wieder, wie auch schon bei den Streuversuchen, angemerkt, dass es bei diesem Dünger zu andern Problemen kommen kann und deswegen nicht zu einem Einsatz von Harnstoff in Mischdüngern geraten werden soll. Zudem sind hier die Möglichkeiten, die Emissionen während der Produktion zu reduzieren deutlich geringer, als zum Beispiel für KAS.

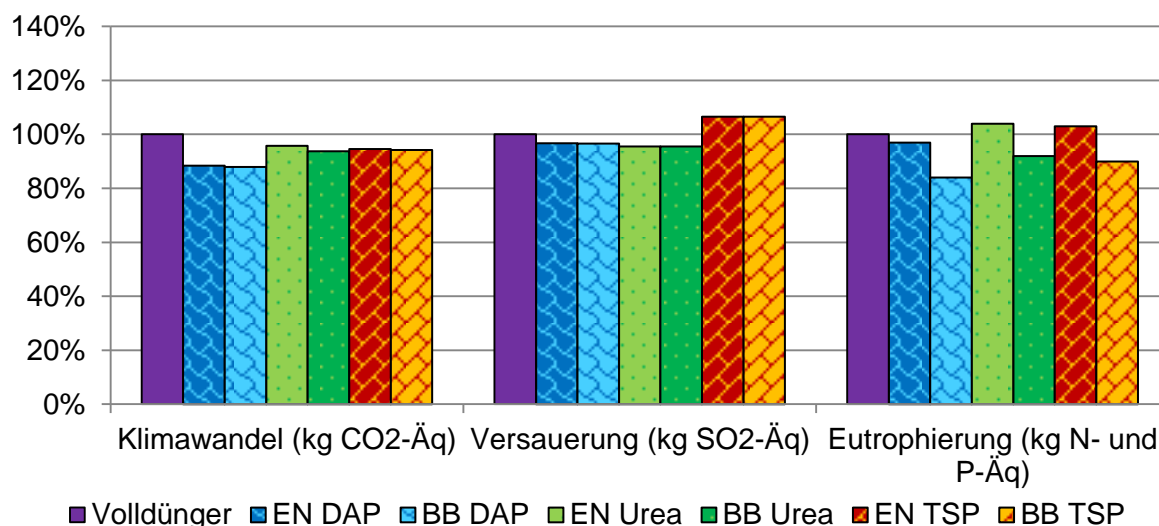


Abbildung 33: Ergebnisse des LCA für Dünger mit dem Nährstoffverhältnis 17-5-13 (EN= Einzelnährstoffdünger, BB= Mischdünger, DAP, Urea und TSP verwenden unterschiedliche Komponenten, für Details siehe Tabelle 2)

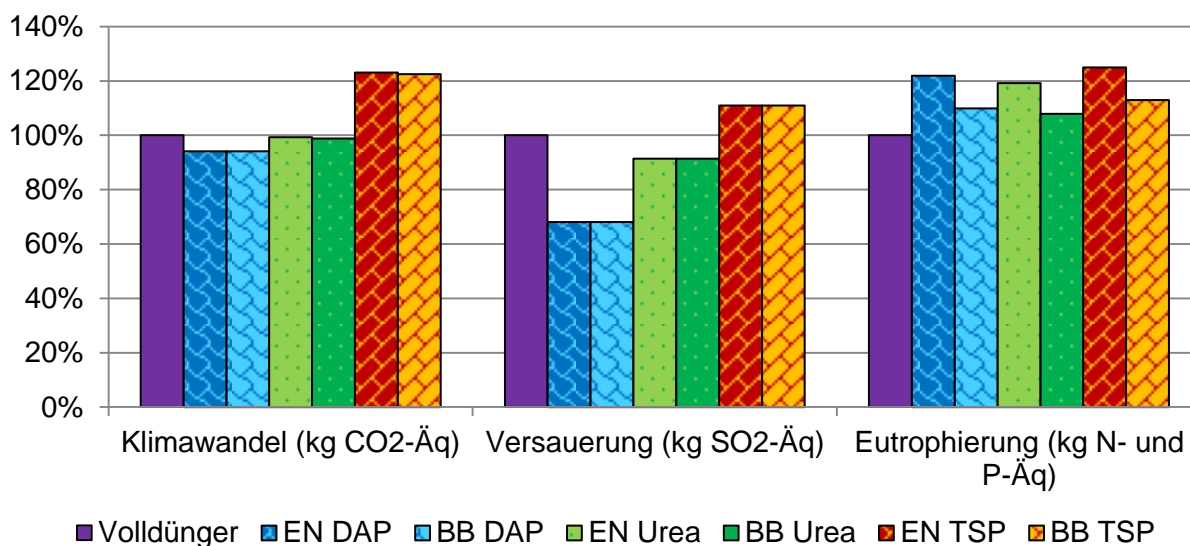


Abbildung 34: Ergebnisse des LCA für Dünger mit dem Nährstoffverhältnis 15-15-15 (E= Einzelnährstoffdünger, B= Mischdünger, DAP, Urea und TSP verwenden unterschiedliche Komponenten, für Details siehe Tabelle 3)

#### 5.4.2 Carbon Footprint

Der Carbon Footprint (Kohlenstoff-Fußabdruck; CF) ist ähnlich definiert wie ein LCA, nur dass bei dieser Berechnungsmethode die Emissionen von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Vordergrund stehen. Der CF berechnet sich aus der gesamten Menge an CO<sub>2</sub>-Emission, die direkt oder indirekt über den gesamten Lebenszyklus mit einem Produkt verbunden sind (Wiedmann und Minx, 2008). Normalerweise bezieht man den CF auf eine häufig verwendete Maßeinheit dieses Produktes. In der hier vorliegenden Berechnung wurde der CF von einem Kilogramm Dünger berechnet. Da zwischen den Einzelnährstoffdüngern und den Mischdüngern kaum ein Unterschied bestand, wurden die Einzelnährstoffdünger zur besseren Übersicht nicht weiter betrachtet.

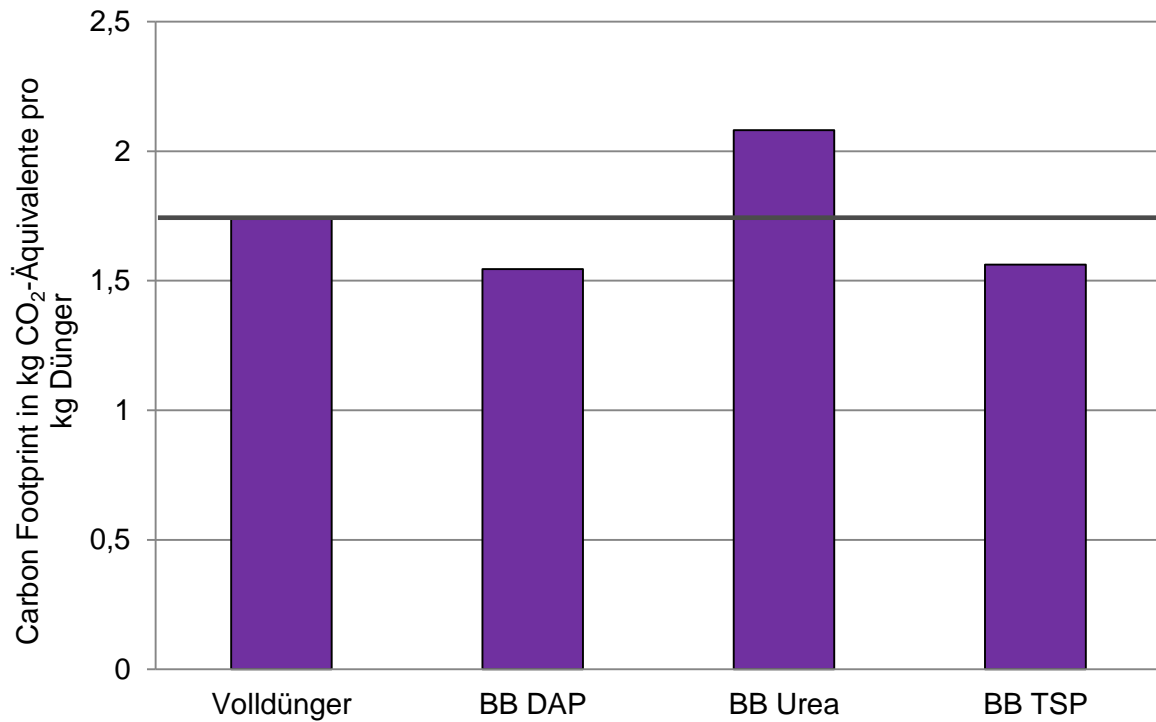


Abbildung 35: Carbon Footprint der Nährstoffkombinationen 17-5-13 für den Volldünger und die drei verschiedenen Mischdüngervarianten

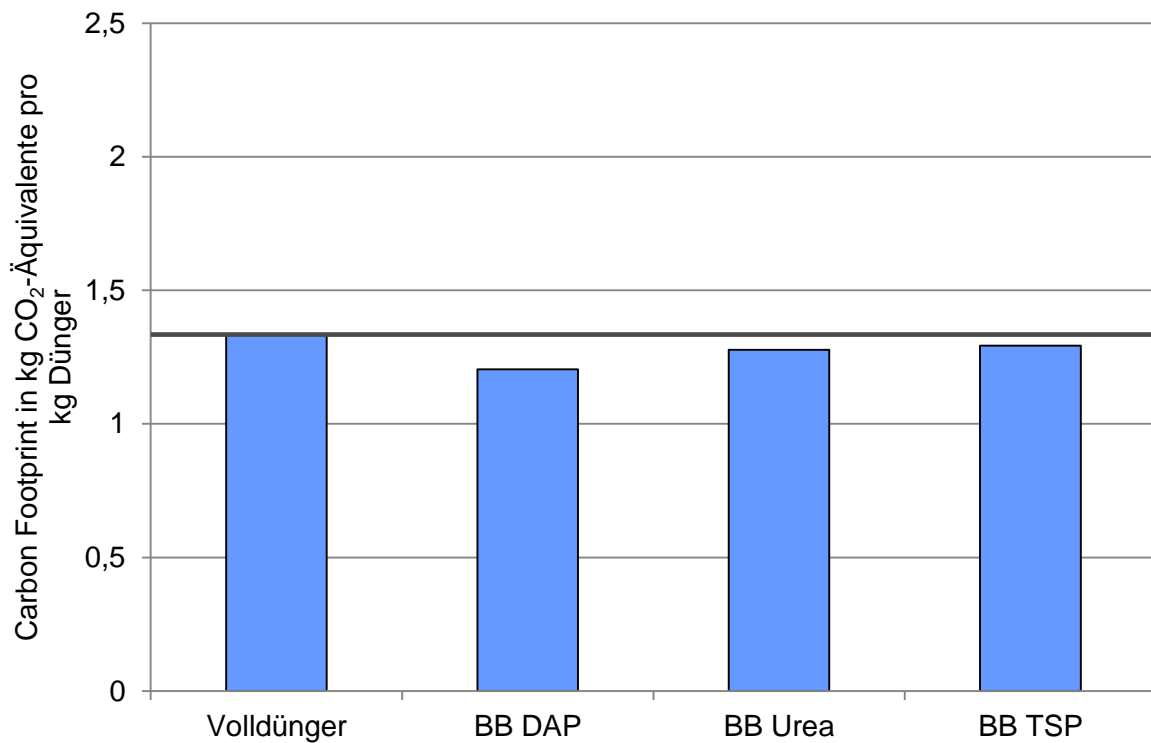


Abbildung 36: Carbon Footprint der Nährstoffkombinationen 15-15-15 für den Volldünger und die drei verschiedenen Mischdüngervarianten

In den Berechnungen wurden nur alle entstehenden Emissionen bis zum Zeitpunkt direkt nach der Applikation erfasst. Deswegen sind die CFs der einzelnen Düngemittel und Düngevarianten etwas kleiner als in Vergleichsstudien (siehe zum Beispiel Brentrup, 2009 mit einem CF von 1,86-2,11 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten). Es zeigt sich, dass der CF relativ eng mit dem N-Gehalt des Düngemittels korreliert. Je höher der N-Gehalt, desto höher fällt auch der CF aus. Deswegen haben der Volldünger und die einzelnen Mischungen mit der Nährstoffkombination 17-5-13 immer einen höheren CF als die mit 15-15-15 Kombination. TSP und DAP haben ungefähr den gleichen Einfluss, da die Produktion der stickstoffhaltigen Düngemittel eine so große Menge an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten produziert, dass die anderen Effekte maskiert werden. Bei Harnstoff sind die Emissionen nach der Applikation von großer Bedeutung.

#### 5.4.3 Praktische Argumente für Landwirte in unterschiedlichen Anbausystemen

Bei allen theoretischen Überlegungen sollten immer auch die Vorgänge der einzelnen Düngemittel in Boden und Pflanze mit in die Überlagerungen einbezogen werden. Eine Überdüngung, besonders mit stickstoffhaltigen Düngemitteln, auf einer kleinen Fläche führt lediglich lokal zu Problemen, je größer aber die Fläche wird, desto schwerwiegender zählen auch die Überdüngungen für die gesamte Region (siehe beispielsweise Nord-West Deutschland).

Eine Applikation von 1 kg der betrachteten Düngemittel führt zu einem CF von ca. 1,2-2,1 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Hierbei sind die Aufwüchse der Pflanzen (das heißt die C-Menge, die in der pflanzlichen Biomasse gebunden wird) nicht weiter betrachtet worden, die diese natürlich kompensieren können. Allerdings wird nie der gesamte applizierte Stickstoff vollständig von den Pflanzen aufgenommen. Es kommt also, egal wie gute es gelingt die Düngung zu optimieren, immer zu unvermeidbaren Emissionen in die Umwelt. Je höher allerdings diese Überdüngungen ausfallen, desto stärker werden natürlich auch die Umwelteinflüsse. Doch gerade hier können Mischdünger ein gutes Mittel sein, um Umwelteinträge zu reduzieren. Hierbei sollten aber zusätzlich eine hohe Effizienz der Pflanzen bei der Ausnutzung von Stickstoff beachtet werden. Somit wären ein deutlich höheres Maß an Bodenproben zur Charakterisierung der pflanzenverfügbaren Nährstoffmenge im Boden und auch eine Untersuchung der organischen Düngemittel auf ihren N-Gehalt gute Möglichkeiten, um eine Überdüngung zu vermeiden. Hier sollte der Trend von standardisierten Mischdüngern, wieder hin zu standortspezifisch angepassten Düngemischungen gehen, um keine Argumente in der der-

zeit stark aufkommenden Diskussion um mehr Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft zu verlieren.

#### 5.4.4 Praktische Argumente für Landwirte aus der Sicht des Lebensmitteleinzelhandel

Große Lebensmitteleinzelhändler und Discounter setzen immer mehr auf regionale Herkunft und die Rückverfolgbarkeit ihrer Waren (zum Beispiel Edeka, 2013; Metrogruppe, 2013). Während in den letzten Jahren verstärkt der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Fokus des Handels stand, wird jetzt verstärkt auf die Nachhaltigkeit als Ganzes gesetzt. Hierzu zählt der umweltfreundlichere Einsatz, aber unter Umständen auch der bewusste Verzicht auf Düngemittel. Bislang sind viele der vom Lebensmitteleinzelhandel angestoßenen Projekte noch so genannte „Leuchtturmprojekte“, die vor allem in bestimmten Regionen durchgeführt werden. Solche Projekte werden von immer mehr Verbrauchern honoriert und in bestimmten Gegenden sogar gefordert (siehe zum Beispiel Unilever, 2013 oder P&G, 2013). Besonders große Firmen der Agrar- und Lebensmittelbranche haben in den letzten Jahren die Ziele der Nachhaltigkeit immer mehr als Marketinginstrument erkannt und setzen gezielt auch nachhaltige Ziele und Standards wie Rückverfolgbarkeit oder Ressourcenschonung ein (Edeka, 2013; Metrogruppe, 2013; P&G, 2013; Unilever, 2013). Hier müssen auch Agrarhändler die vorgegebenen Voraussetzungen erfüllen, um weiterhin in den Lieferketten dieser Firmen Platz zu finden. Hierzu zählen dann auch Bemühungen, zum Beispiel die Treibhausgasemission beim Abbau von Pflanzen zu verringern. Da hier die Düngung eine entscheidende Rolle spielt, wird diese in Zukunft auch von Überlegungen betroffen sein, die den Einsatz von mineralischen Düngemitteln weiter einschränken könnten.

Das heißt auch für Landwirte, die im Vertragsanbau mit großen Lebensmitteleinzelhändlern stehen, dass diese die Nachhaltigkeitsrichtlinien dieser Händler übernehmen müssen. Hier können mit Mischdünger Argumente gefunden werden, die einen vollständigen Verzicht von mineralischen Düngemitteln abpuffern können d.h. die Argumente, die für die Mischdünger sprechen können, müssen bis zu den Lebensmitteleinzelhändlern weiter getragen werden. Denn eine Landwirtschaft, die gänzlich auf mineralische Düngemittel verzichtet, kann, zumindest global betrachtet, nicht nachhaltig sein. Zudem sollte auf Standardmischungen verzichtet werden. Gut an die jeweiligen Bodenbedingungen angepasste Mischdünger, in Kombination mit organischen Düngemitteln, passen ideal in die Nachhaltigkeitsstrategien von großen Lebensmitteleinzelhändlern und -konzernen.



## 5.5 Diskussion

Bei Umweltbetrachtungen stellt sich die Frage, ob diese Betrachtung nicht zu einer Diskreditierung des Produktes an sich führen. Dies sollte explizit vermieden werden, aber Vergleiche zwischen verschiedenen Produkten, die dieselbe Wirkung, aber unterschiedliche Einflüsse auf die Umwelt haben, können an prominenter Stelle stehen. Auf den ersten Blick scheinen Düngemittel der Umwelt zu schaden, da sie Emissionen verursachen. Diese These vernachlässigt aber die ganzheitliche und nachhaltige Sichtweise, denn Düngemittel sorgen auch für einen deutlichen Ertragszuwachs. Im Zuge einer nachhaltigen Entwicklung heißt das wiederum, dass mit der gleichen Fläche ein deutlich höherer Ertrag gewährleistet werden kann und andere begrenzende Faktoren (zum Beispiel Fläche, Wasser usw.) effizienter genutzt werden. Bei einem LCA geht es nicht nur um die Betrachtung von Emissionen, um anschließend bestimmte Produkte abzuwerten, vielmehr geht es darum, die beste Lösung in allen Dimensionen der Nachhaltigkeit, also im sozialen, ökologischen und ökonomischen Sinne, zu finden. Denn nur eine Lösung, die in allen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit gut abschneidet, ist am Ende wirklich die beste Lösung. Und diese muss in jedem Wirtschaftsjahr und für jede Region neu bewertet werden. In den vorliegenden Untersuchungen ist ein Mischdünger mit KAS, DAP und KornKali die beste Lösung. Das heißt aber nicht, dass dieser immer und unter allen Umständen die beste Lösung sein muss. Ein LCA gibt Anhaltspunkte, wo relevante Emissionen auftreten, und vielleicht Ideen in welchen Prozessstufen diese reduziert werden könnten. Wie diese Lösungen dann allerdings aussehen und wie mit den Ergebnissen umgegangen wird, ist Teil des Prozesses.

Insgesamt haben die vorliegenden Berechnungen gezeigt, dass es von ökologischer Seite her sinnvoll wäre, Dünger in großen Transportträgern möglichst nah an die Landwirte zu bringen und möglichst wenig LKWs zu nutzen (vergleiche auch Kapitel 2). Auch hier sollte wieder überdacht werden, wie sich Synergien in den einzelnen Regionen mit anderen Händlern oder Handelsstufen finden lassen. Des Weiteren zeigt sich deutlich, dass Überdüngungen, insbesondere mit Stickstoff, vermieden werden sollten. Hier sollten Dünger am besten mit jährlichen Boden- und/oder Pflanzenproben noch spezifischer an die Umweltgegebenheiten angepasst werden um Einträge in die Umwelt zu vermeiden.

Die Produktion und die Applikation von Düngern ist eindeutig der Bereich, in dem noch viele Verbesserungen notwendig wären. In der Produktion können Emissionen durch Einbau von Filteranlagen oder durch Veränderungen in den Produktionsprozessen mit heutiger Technik bereits deutlich reduziert werden. Dieses gilt allerdings nur für die Düngemittelproduktion innerhalb der europäischen Union. Bei Düngemittel aus anderen Ländern, sollten höhere Emissionswerte in den Berechnungen angenommen werden. Hier könnten das Wissen und die Techniken aus der europäischen Düngemittel-Produktion exportiert werden und so dafür sorgen, dass die Produktion von Düngemitteln auch in diesen Ländern schnell auf ein höheres Nachhaltigkeitsniveau steigen kann.

Bei der Applikation müssten noch weitere Verbesserungen folgen (zum Beispiel durch eine kombinierte N-Düngung von stabilisierten und nicht stabilisierten Düngern oder eine angepasster Düngung an das Pflanzenwachstum).

## 5.6 Zusammenfassung

Insgesamt zeigt sich, dass bei der Düngung immer Emissionen entstehen, die in die Umwelt gelangen. Besonders die Emissionen von klimarelevanten Gasen sind den Düngemitteln zugeordnet. Aber auch hier gibt es Möglichkeiten zur Reduktion. Große Transportträger, wie der Schienengüterverkehr oder die Binnenschifffahrt, haben deutlich geringere Emissionen, als LKW- oder Schleppertransporte. In der Düngemittelproduktion können Emissionen durch neuartige Techniken deutlich verringert werden. Aber auch auf Ebene der Landwirte sind Reduktionen durch eine angepasste Düngergabe (ob durch Mischdünger oder zum Beispiel Precision Farming Technologien) möglich. Schlagworte wie Nachhaltigkeit und Umweltrelevanz sollten bei zukünftigen Überlegungen und Entscheidungen mit berücksichtigt werden. Denn gerade die gebildete, solvente Käuferschicht als Konsumenten ist zunehmend kritischer gegenüber umweltrelevanten Fragen geworden. Es ist zu erwarten, dass sich diese in Zukunft auch auf den Handel mit mineralischen Düngemitteln auswirken.

# 6 Mittelfristige Perspektiven des deutschen Düngemittelmarktes

---

Ziel dieses Kapitels ist es, den Düngemarkt als solches und den Mischdüngermarkt im Speziellen zu analysieren und Vorhersagen darüber abzuleiten, was in den nächsten Jahren auf diesen Märkten passieren könnte. Zudem wurde versucht zu prognostizieren, warum bestimmte Düngetechniken, die die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft maßgeblich verbessern könnten, noch nicht oder nur in sehr geringem Umfang in der Landwirtschaft eingesetzt werden.

## 6.1 Experteninterviews

Um zunächst grob den Dünger- und Mischdüngermarkt zu charakterisieren, wurden sieben Experten aus der Düngemittelindustrie, aus dem Handel und aus der Forschung zu folgenden Themen befragt:

- Aufbau des Düngemittelmarktes in Deutschland
- preisbildende Faktoren
- Marktprognosen und Angebots- und Nachfrageentwicklungen
- Klimawandel und Umweltentwicklung
- Preis- und Konkurrenzentwicklung
- weltweite Entwicklungen
- Politik und Entwicklung in Deutschland

Alle Themengebiete wurden zunächst für den Düngemittelmarkt im Allgemeinen und dann für den Mischdüngermarkt im Speziellen abgefragt. Ziel war es, Unterschiede bei der Betrachtung des Düngemittelmarktes und des Mischdüngermarktes in den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette zu erkennen, um diese anschließend in Form von Fragebögen weiter untersuchen zu können. Abschließend sollen aus diesen Erkenntnissen Prognosen zur Zukunft des Düngemittelmarktes und von Mischdüngern getroffen werden. Schließlich wurde versucht, daraus mögliche Entwicklungsszenarien für diese Märkte zu erstellen.

Beim Auswerten der Interviews wurde zunächst nach größeren Übereinstimmungen der einzelnen Experten gesucht. Themen, die von mehr als fünf der sieben Experten übereinstimmend beantwortet wurden, können in den weiteren Untersuchungen weggelassen werden, da hier davon auszugehen ist, dass es sich hierbei um Sachlagen handelt, die weniger kontrovers diskutiert werden.

Die größten Analogien konnten in den Themen preisbildende Faktoren und Preisvolatilität festgestellt werden. Hier waren sich alle Experten einig, dass Preise weiterhin sehr volatil sein werden, da nicht mehr Angebot und Nachfrage den Preis bestimmen, sondern Spekulationen und Manipulationen, die teilweise sogar von ganzen Staaten inszeniert werden (zum Beispiel China oder Indien; siehe Anhang 1). Diese globalen Entwicklungen müssen auch im deutschen Markt mit berücksichtigt werden, auch wenn der Markt an sich eher regional oder lokal geprägt ist. Durch diese globalen Entwicklungen steigt aber das Risiko innerhalb des Agrarhandels und macht die Vorhersehbarkeit von Ereignissen immer schwieriger (siehe Kapitel 3.4). Der zweite Themenkomplex in denen sich alle Experten einig waren, sind die Entwicklungen innerhalb des Agrarsektors in Deutschland. Hier wurden weitere Intensivierungen vorhergesagt, da die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland weiter zurückgehen wird (Verluste durch Bauvorhaben, für den Naturschutz und Naherholungsflächen). Der Konflikt zwischen der Nutzung von Pflanzen für die Energie bzw. Nahrungsmittelproduktion wird sich aber voraussichtlich nicht verschärfen. Flächen mit biologischem Anbau werden aufgrund von Forderungen von Konsument weiter ausgeweitet, jedoch flächenmäßig nie den konventionellen Anbau verdrängen können. Die Ausnutzung von sekundären Ressourcen, wie Gülle, Gärrest und andere organischen Quellen, werden weiter intensiviert werden. Des Weiteren waren sich alle Experten einig, dass auf die Politik, sowohl auf europäischer wie auch auf nationaler Ebene, kein Einfluss genommen werden kann. Deswegen können hierzu auch keine Prognosen erstellt werden. Allerdings teilten nahezu alle Experten die Meinung, dass von politischer Seite mit schärferen Sanktionen im Bereich des Nährstoffesinsatzes und mit einer Förderung von Düngern aus sekundären Rohstoffen zu rechnen ist.

In der weiteren Auswertung wurden die größten Abweichungen der einzelnen Experten herausgearbeitet. Bedeutendere Differenzen können in den Themenkomplexen Großhandel, sowie die Konkurrenz von Precision Farming, Mischdüngern und in der Marktdurchsetzung von Mischdüngern an sich festgestellt werden. Diese Themengebiete wurden dann in einem anschließenden Fragebogen weiter aufgearbeitet, um auch hier wieder zu testen, ob bestimmte Akteure innerhalb der Wertschöpfungskette für Düngemittel die Lage anders einschätzen, als

ihre Kollegen an anderer Stelle und um differenzierte Aussagen über die Zukunft dieser Themen treffen zu können (Linstone und Turoff, 1979). Dieser Fragebogen wurden Experten aus allen Bereichen der Wertschöpfungskette von Düngern (siehe **Anhang 4: 2. Fragebogen**) vorgelegt. Um die Streuung der Antworten zu verkleinern, wurden Fragen, bei denen in der ersten Runde eine sehr hohe Varianz gemessen wurde, der gleichen Expertenrunde in einem zweiten Fragebogen noch einmal gestellt. Hierbei wurden zusätzlich die Antwortverteilungen des ersten Fragebogens mit angegeben (siehe Anhang 4).

## 6.2 Fragebogengestaltung

Folgende Themengebiete wurden nach den Experteninterviews für den ersten Fragebogen ausgewählt:

- Entwicklungen im Markt für Mischdünger
- Entwicklung der Großhandelsstufe in Deutschland
- Klimawandel und seine Folgen in Deutschland
- Entwicklung von Precision Farming in Deutschland
- Neue Technologien in der Düngerausbringung und Nutzung von Nährstoffen
- die Abgrenzung von Volldünger, Mischdünger und Einzelnährstoffdünger

Zunächst wurden in jedem Themenkomplex eine Reihe geschlossener Fragen zu der jeweiligen Zukunftsfähigkeit einzelner Sachverhalte gestellt. Jedes Themengebiet wurde mit einer offenen Frage zur zukünftigen Entwicklung des gesamten Komplexes abgeschlossen. Der genaue Fragebogen ist beigefügt (Anhang 3).

## 6.3 Stichprobe

Insgesamt wurden in der ersten Runde 160 Fragebögen zwischen Februar und Mai 2013 verteilt. Davon wurden 52 beantwortet, wobei einer, aufgrund der wenigen Antworten, nicht für alle Themenkomplexe verwendet werden konnte. Die Rücklaufquote lag somit bei 26%. In der zweiten Runde wurden 120 Fragebögen im Juni 2013 verteilt. Diesmal kamen 25 Antworten zurück. Somit lag die Beteiligung hier bei 20%. Die demografische Zusammensetzung ist in Tabelle 21 abgebildet. Ziel war es in der ersten Befragungsrunde mindestens fünf Befragte

aus jeder Stufe der Wertschöpfungskette zu bekommen, um Meinungen der einzelnen Gruppen vergleichen zu können. Loveridge et al. (1995) beschreiben, dass, wenn nur eine Stichprobe einer Gesamtheit befragt werden soll, zumindest diese ausbalanciert sein sollte. Zudem neigen Menschen, die auf einem Gebiet forschen (in diesem Fall also die in der Wissenschaft arbeiten) dazu, das eignen Fachgebiet zu über- und die technischen Hemmnisse zu unterschätzen (Härder und Härder, 2000). Zudem sollten alle Positionen in der Wertschöpfungskette für Düngemittel die Möglichkeit haben ihre Meinung zu äußern und so die Zukunftsprognosen besser abzusichern.

Tabelle 21: Demografische Zusammensetzung der ersten und zweiten Befragungsrunde.

|  | Erste Befragungsrunde |      | Zweite Befragungsrunde |      |
|--|-----------------------|------|------------------------|------|
|  | Anzahl (n=52)         | %    | Anzahl (n=25)          | %    |
| <b>Geschlecht</b>                          |                       |      |                        |      |
| Männlich                                   | 48                    | 92,2 | 23                     | 92,0 |
| Weiblich                                   | 4                     | 7,8  | 2                      | 8,0  |
| <b>Alter</b>                               |                       |      |                        |      |
| 25-35                                      | 18                    | 35,3 | 6                      | 24,0 |
| 36-45                                      | 5                     | 9,8  | 4                      | 16,0 |
| 46-55                                      | 19                    | 37,3 | 10                     | 40,0 |
| 55+  | 9                     | 17,6 | 5                      | 20,0 |
| <b>Bildung</b>                             |                       |      |                        |      |
| noch in der Ausbildung                     | 3                     | 5,9  | -                      | -    |
| Lehre                                      | 7                     | 13,7 | 3                      | 12,0 |
| Handels- oder Technischule                 | 4                     | 7,8  | 3                      | 12,0 |
| Meister                                    | 12                    | 23,5 | 3                      | 12,0 |
| Fachhochschule                             | 6                     | 11,8 | 3                      | 12,0 |
| Universität                                | 12                    | 23,5 | 6                      | 24,0 |
| Promotion                                  | 8                     | 15,7 | 7                      | 28,0 |
| <b>Position in der Wertschöpfungskette</b> |                       |      |                        |      |
| Produzent                                  | 8                     | 15,7 | 6                      | 24,0 |
| Großhändler                                | 6                     | 11,7 | 3                      | 12,0 |
| Landhändler                                | 17                    | 33,3 | 8                      | 32,0 |
| Landwirt                                   | 13                    | 25,5 | -                      | -    |
| Wissenschaft und Forschung                 | 9                     | 17,6 | 7                      | 28,0 |
| Sonstiges                                  | 1                     | 1,9  | 1                      | 4,0  |

## 6.4 Ergebnisse

Ziel dieser Umfrage war es bei den oben angesprochenen Themen eine möglichst eindeutige Meinung zu finden. Im Rahmen von empirischen Befragungen gelten Meinungen als eindeu-

tig, wenn die Streuung der Antworten möglichst gering ist. Zu diesem Zweck wurden insgesamt 32 Fragen zu den jeweiligen Themen gestellt. Zusätzlich wurden noch Fragen zum Technikverständnis und zu neuen Düngemitteltechnologien eingebaut.

Fragen gelten in der ersten Runde als beantwortet, wenn sie von mindestens 50 % der Befragten in den beiden extremen Antwortmöglichkeiten, also sehr unwahrscheinlich und unwahrscheinlich (1 oder 2) oder wahrscheinlich und sehr wahrscheinlich (6 oder 7), beantwortet wurden. Zudem wurde nach der zweiten Runde noch der Variationskoeffizient berechnet. Liegt dieser unter 0,5 ist davon auszugehen, dass ein hohes Maß an Übereinstimmung vorliegt (English und Keran, 1976). Nach Angaben von Rowe et al. (1991) und Dajani et al. (1979) kann davon ausgegangen werden, dass die größte Änderungsraten innerhalb der Antworten zwischen der ersten und der zweiten Befragungsrunde auftreten. Entsprechend der Auswertung anhand dieser Indikatoren wurde auf eine dritte Befragungsrunde verzichtet.

#### 6.4.1 Qualitative Auswertung

In der ersten Runde wurde jeder Frageblock mit einer offenen Frage zu dem jeweiligen Thema abgeschlossen (siehe Anhang 3). Die Hauptaussagen zu den jeweiligen Themengebieten finden sich in Tabelle 22.

Auffällig ist, dass auch hier wieder, wie schon bei den Experteninterviews, das Themengebiet Großhandel sehr kontrovers diskutiert wurde. Das ist vor allem dadurch zu erklären, dass eine relative hohe Anzahl an Agrarhändlern befragt wurde, die auch schon in den Interviews den Großhandel mehr als Konkurrenz anstatt als Handelspartner gesehen haben. Hier wird vor allem vermutet, dass sich die Anzahl von Handelsstellen noch weiter reduzieren wird und die Düngemittelproduzenten und der Großhandel versuchen werden das Direktgeschäft mit dem Landwirt auszubauen. Beim Thema Klimawandel wird sich die Düngung zunehmend an veränderte Vegetationsperioden und Wasserverfügbarkeiten anpassen müssen. Zudem werden sich Extremwetterlagen, aus Sicht der Experten, wie ja auch in Frage 19 abgefragt, in Deutschland häufen. Sehr auffällig ist außerdem, dass beim Themenkomplex Precision Farming vor allem das Gebiet rund um die organischen Nährstoffe noch nicht ausgereizt zu sein scheint. Hier werden von einer Vielzahl von Experten, besonders im Bereich Strip Till und Gülle-Unterfußdüngung noch weitere Entwicklungen erwartet. Zudem wird erwartet, dass es zu Handel von Nährstoffen zwischen einzelnen Anbausystemen und -regionen (von Regionen mit einer hohen Viehdichte in Ackerbauregionen) kommen wird.

Tabelle 22: Qualitative Auswertung der offenen Fragen

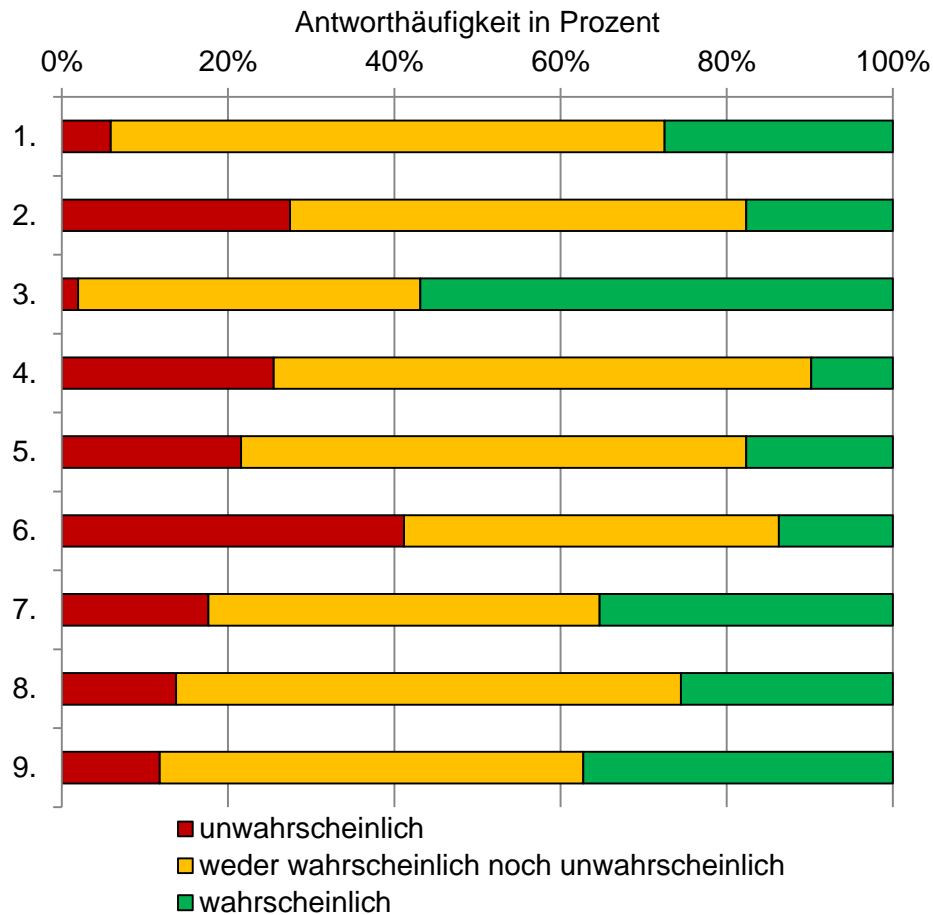
| Aussage   | Nennung |
|---|---------|
| <b>Entwicklungen im Bereich von Düngemittel/Mischdüngern:</b>                             |         |
| Organische Dünger werden besser ausgenutzt  | 5       |
| rechtliche Rahmenbedingung (Wasserrahmenrichtlinien, Restriktion) nehmen zu               | 5       |
| der Anteil von Harnstoff an N-Düngemitteln wird zunehmen                                  | 3       |
| <b>Entwicklungen des Großhandel:</b>  |         |
| Baut das Direktkundengeschäft in der Landwirtschaft weiter aus (regional unterschiedlich) | 9       |
| Mehr Kooperation zwischen Großhandel und Landhandel                                       | 6       |
| Anzahl der Handelsstufen wird geringer, die einzelnen Händler größer                      | 5       |
| eher als Logistikpartner, Servicepartner, Partner für Lagerung und Finanzierung           | 4       |
| Großhandel ist rückläufig, nur die Besten überleben                                       | 3       |
| Hausmarken werden zunehmen  | 3       |
| <b>Entwicklungen im Rahmen des Klimawandels in Deutschland:</b>                           |         |
| Zunahme von Extremwetterlagen und dadurch resultierende Schädigung/Auswaschung/Anpassung  | 6       |
| Trockenheit   | 6       |
| Erträge sicher  | 5       |
| <b>Entwicklungen im Bereich des Pflanzenbaus:</b>   |         |
| Strip Till  | 9       |
| Gülle-Unterfußdüngung   | 4       |
| Neues, angepasstes, stressresistentes Saatgut   | 4       |
| Optimale Ausnutzung der Nährstoffe  | 3       |
| Transport organischer Dünger von Veredelungsregionen in Ackerbauregionen                  | 3       |

#### 6.4.2 Mischdünger

Die Fragen im Themengebiet Mischdünger drehten sich vor allem um die weitere Marktdurchsetzung von diesen, um die Entwicklung innerhalb des Mischens und um Fragen in der Logistik bzw. die Installation von neuen Mischanlagen. Das es in den nächsten Jahren vermehrt kulturspezifische Mischungen geben wird, konnte bereits nach der ersten Befragungsrunde klar mit „Ja“ beantwortet werden. Die Frage nach einer Zunahme von Mischanlagen, wurde von den Akteuren innerhalb der Wertschöpfungskette so unterschiedlich beantwortet, dass entschieden wurde, an dieser Stelle keinen weiteren Prognosen zu geben. Hier müssen die Vermutungen aus den Bereichen Kosten und Logistik (Kapitel 2 und 3) als Anhaltspunkte ausreichen.



N=51



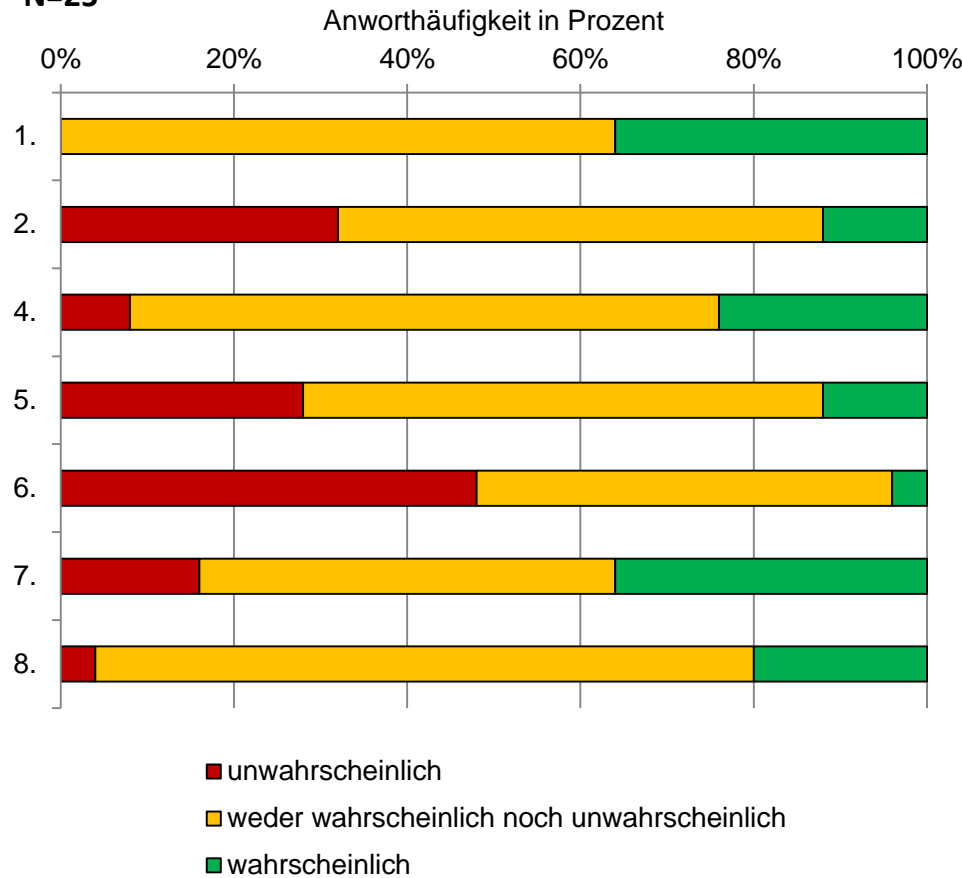
| Nr. | Aussage   | Mittelwert (Antworten von 1-7) |
|-----|---|--------------------------------|
| 1.  | Mischdünger werden in den nächsten 10 Jahren einen deutlich höheren Marktanteil haben.  | 4,7                            |
| 2.  | Standardmischungen werden im Umfang bei den Mischdüngern weiter zunehmen.   | 3,8                            |
| 3.  | Mischdünger werden in Zukunft vor allem als <u>kulturspezifische</u> Mischungen angeboten.  | 5,4                            |
| 4.  | Mischdünger werden in Zukunft vor allem als <u>gebietsspezifische</u> Mischungen angeboten.   | 3,7                            |
| 5.  | Aufgrund von steigenden Transportkosten, werden Mischdünger in Zukunft vor allem an Häfen und Umschlagplätzen produziert und dann weiter transportiert. | 3,9                            |
| 6.  | In Zukunft sind Landwirte bereit, längere Wege für passende Mischdünger in Kauf zu nehmen.  | 3,4                            |
| 7.  | Zukünftig werden Mischdünger mit einer höheren Anzahl an unterschiedlichen Einzelnährstoffdüngern angeboten.  | 4,5                            |
| 8.  | Der Absatz von NPK-Dünger wird in Deutschland weiter zurückgehen.   | 4,2                            |
| 9.  | Es werden in Deutschland weitere Düngermischanlagen installiert.  | 4,6                            |

Abbildung 37: Meinung zu Mischdüngern in Deutschland in der ersten Befragungsrunde.

Nach der zweiten Runde wurde keine weitere Frage und Aussagen von mehr als 50% der Befragten in den unteren (1 und 2) oder oberen (6 und 7) Kategorien beantwortet. Es zeigt sich aber, dass die Frage nach den höheren Marktanteilen von Mischdüngern klar positiver beantwortet wurde. Das heißt, dass die Befragten davon ausgehen, dass Mischdünger ihre Marktanteile weiter ausbauen werden. Das Gegenteil gilt für die Frage, ob Landwirte bereit sind längere Wege für passende Dünger in Kauf zu nehmen. Diese wurde deutlich negativer gesehen, als in der ersten Runde. Somit ist nicht davon auszugehen, dass Landwirte längere Transportwege für Dünger in Kauf nehmen. Diese These kann zusätzlich Information zur Installation weiterer Düngermischanlagen geben. Wenn Landwirte keine langen Wegstrecken akzeptieren, dann sollte die Zukunft doch eher im Bereich des hofnahen Mischens gesehen werden. Interessant ist hierbei besonders, dass Produzenten sehr optimistische sind, dass Landwirte weitere Wege in Kauf nehmen würden, die Landwirte an sich aber nicht bereit sind weiter zu fahren.

Bei den anderen Fragen sind keine deutlichen Tendenzen festzustellen. Das heißt für die übrigen Fragen: Standardmischungen werden nicht zunehmen (Mittelwert: 3,5), gebietsspezifische Mischungen eventuell (Mittelwert: 4,6). Ob Mischdünger zukünftig an zentralen Plätzen produziert werden, wurde ebenfalls nicht eindeutig beantwortet und muss wohl von Region zu Region bewertet werden (Mittelwert: 3,8). Wohingegen es wahrscheinlich scheint, dass es zukünftig Mischdünger mit einer höheren Anzahl an unterschiedlichen Einzelnährstoffen geben wird (Mittelwert: 4,7). Die befragten Experten gehen außerdem davon aus, dass Standard-NPK-Dünger weiter an Marktanteilen verlieren werden. Allerdings waren und sind mehr als die Hälfte der Befragten aktive oder passiv im Geschäft mit Mischdüngern tätig.

N=25



| Nr. | Aussage   | Mittelwert (Antworten von 1-7) |
|-----|---|--------------------------------|
| 1.  | Mischdünger werden in den nächsten 10 Jahren einen deutlich höheren Marktanteil haben.  | 5,2                            |
| 2.  | Standardmischungen werden im Umfang bei den Mischdüngern weiter zunehmen.   | 3,5                            |
| 4.  | Mischdünger werden in Zukunft vor allem als <u>gebietspezifische</u> Mischungen angeboten.  | 4,6                            |
| 5.  | Aufgrund von steigenden Transportkosten, werden Mischdünger in Zukunft vor allem an Häfen und Umschlagplätzen produziert und dann weiter transportiert. | 3,8                            |
| 6.  | In Zukunft sind Landwirte bereit, längere Wege für passende Mischdünger in Kauf zu nehmen.  | 3,1                            |
| 7.  | Zukünftig werden Mischdünger mit einer höheren Anzahl an unterschiedlichen Einzelnährstoffdüngern angeboten.  | 4,7                            |
| 8.  | Der Absatz von NPK-Dünger wird in Deutschland weiter zurückgehen.   | 4,3                            |

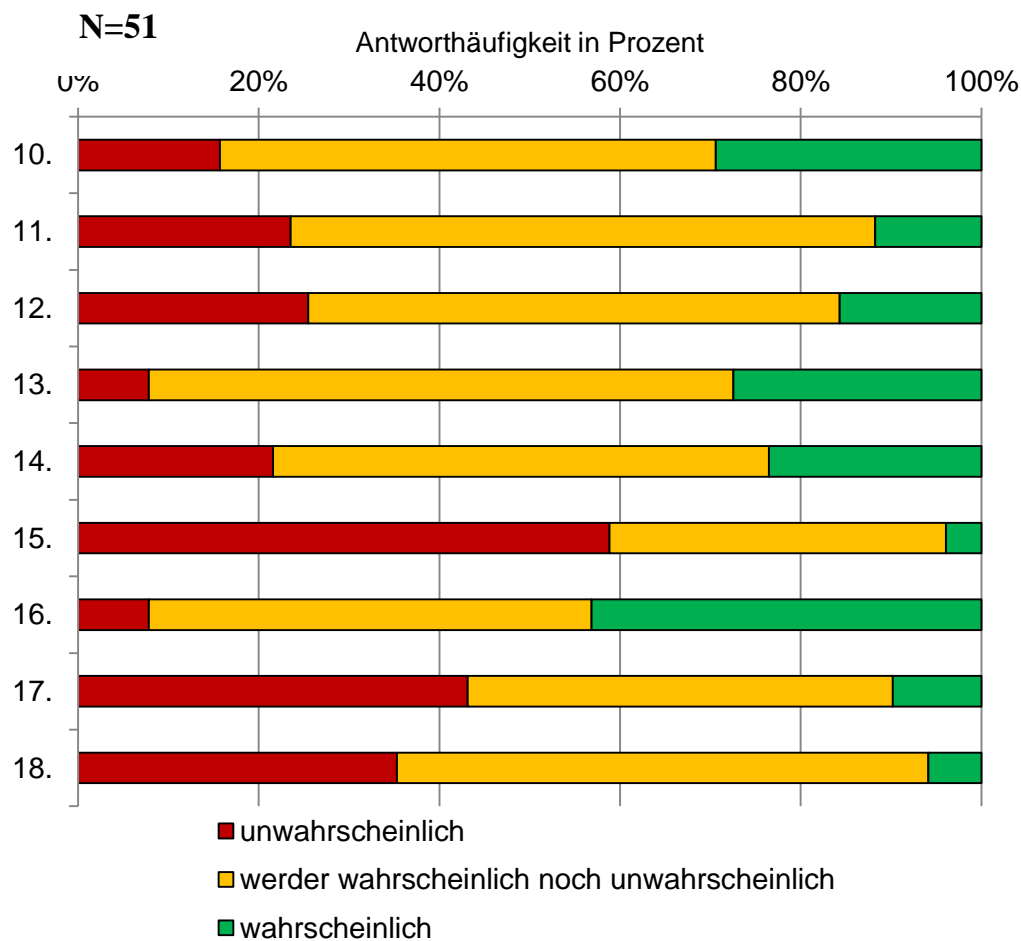
Abbildung 38: Meinung zu Mischdüngern in Deutschland in der zweiten Befragungsrunde.

### 6.4.3 Großhandel

Bei fast allen Aussagen zum Themengebiet Großhandel wurde eine hohe Varianz festgestellt. Dementsprechend gelten diese in der ersten Runde als nicht beantwortet. In diesem ganzen Themengebiet gab es generell die größten Probleme, realistische Aussagen zur Zukunft zu treffen. Einzig die Aussage, dass der Großhandel in Zukunft im Mischgeschäft keine Rolle spielt, wurde deutlich negativ beantwortet (59% aller Befragten antworteten in den beiden negativen Kategorien sehr unwahrscheinlich und unwahrscheinlich; Abbildung 39).

In der zweiten Runde war die Streuung der Antworten deutlich geringer (Abbildung 40). Mehr als 50% aller Befragten der zweiten Runde glauben, dass der Großhandel in Zukunft vermehrt eine beratende Funktion im Bereich des Düngemittelgeschäftes übernehmen wird (Mittelwert 4,4). Die Frage, ob der Großhandel im Absatz von Düngemitteln eine große Rolle spielen wird (16) wurde von einem Großteil der Befragten (56%) mit eher unwahrscheinlich beantwortet (Mittelwert: 3,2). Außerdem glauben die Befragten, es sei sehr unwahrscheinlich, dass der Großhandel die Landhandelsstufe verdrängt (60%; Mittelwert: 2,8). Bei den letzten beiden Aussagen sollte aber beachtet werden, dass mehr Landhändler als Großhändler befragt wurden. Bei der Frage nach kultur- und gebietspezifischen Mischungen (10 und 11) sind klar positivere Tendenzen zu sehen (Mittelwert: 5,1 und 4,3).

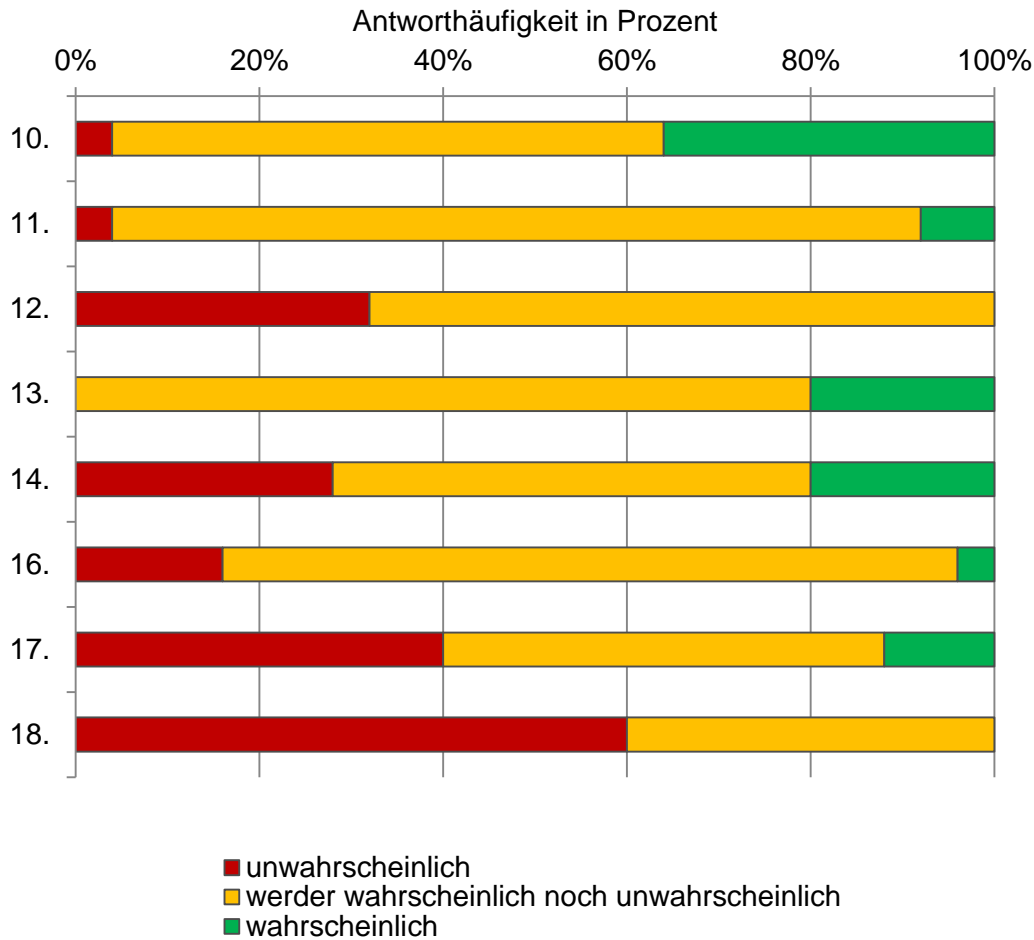
Es kann also davon ausgegangen werden, dass wenn der Großhandel in das Mischdüngergeschäft einsteigt, dieses eher über standardisierte Düngermischungen für einzelne Kulturen oder Gebiete passieren wird. Bei den anderen Fragen 12, 13 und 17 sind weiterhin keine klaren Tendenzen erkennbar. Es scheint aber eher unwahrscheinlich, dass der Großhandel in Zukunft zunehmend eine Finanzierungsfunktionen übernimmt (Mittelwert: 3,2). Die Frage ob der Großhandles eine Logistikfunktion übernehmen wird, kann von den Experten nicht eindeutig beantwortet werden (Mittelwert: 4,4). Dass die Großhandelsstufe aus immer mehr Gebieten verschwindet, wird als eher unwahrscheinlich angesehen (Mittelwert: 3,3). Hier können zusätzlich die Antworten aus den offenen Fragen herangezogen werden, die besagen, dass es immer mehr Kooperation zwischen den Handelsstufen geben wird, und dass die Anzahl der Handelsstufen immer geringer wird. Landhandel und Großhandel müssen also in Zukunft einen Weg der Koexistenz finden, bei der Beide noch Gewinne generieren können.



| Nr. | Aussage   | Mittelwert<br>(Antworten<br>von 1-7) |
|-----|---|--------------------------------------|
| 10. | Der Großhandel wird vermehrt <u>kulturspezifische</u> Mischungen aus eigenen Mischanlagen anbieten. | 4,5                                  |
| 11. | Der Großhandel wird vermehrt <u>gebietspezifische</u> Mischungen aus eigenen Mischanlagen anbieten. | 3,9                                  |
| 12. | Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende Finanzierungsfunktion übernehmen. | 3,7                                  |
| 13. | Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende Logistikfunktion übernehmen.      | 4,3                                  |
| 14. | Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende beratende Funktion übernehmen.    | 4,0                                  |
| 15. | Der Großhandel spielt zukünftig im Mischdüngergeschäft keine Rolle.                                 | 2,5                                  |
| 16. | Der Großhandel wird beim Absatz von Düngemitteln weiterhin eine große Rolle spielen.                | 4,8                                  |
| 17. | Die Großhandelsstufe wird in immer mehr Gebieten in Deutschland verschwinden.                       | 3,4                                  |
| 18. | Die Großhandelsstufe wird die Landhandels- und Genossenschaftsstufe verdrängen                      | 3,4                                  |

Abbildung 39: Meinung zum Großhandel und seinen Geschäftsfelder in der ersten Befragungsrunde.

N=25



| Nr. | Aussage   | Mittelwert (Antworten von 1-7) |
|-----|---|--------------------------------|
| 10. | Der Großhandel wird vermehrt <u>kulturspezifische</u> Mischungen aus eigenen Mischanlagen anbieten. | 5,1                            |
| 11. | Der Großhandel wird vermehrt <u>gebietspezifische</u> Mischungen aus eigenen Mischanlagen anbieten. | 4,3                            |
| 12. | Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende Finanzierungsfunktion übernehmen. | 3,2                            |
| 13. | Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende Logistikfunktion übernehmen.      | 4,4                            |
| 14. | Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende beratende Funktion übernehmen.    | 4,4                            |
| 16. | Der Großhandel wird beim Absatz von Düngemitteln weiterhin eine große Rolle spielen.                | 3,2                            |
| 17. | Die Großhandelsstufe wird in immer mehr Gebieten in Deutschland verschwinden.                       | 3,3                            |
| 18. | Die Großhandelsstufe wird die Landhandels- und Genossenschaftsstufe verdrängen                      | 2,8                            |

Abbildung 40: Meinung zum Großhandel und seinen Geschäftsfelder in der zweiten Befragungsrunde.

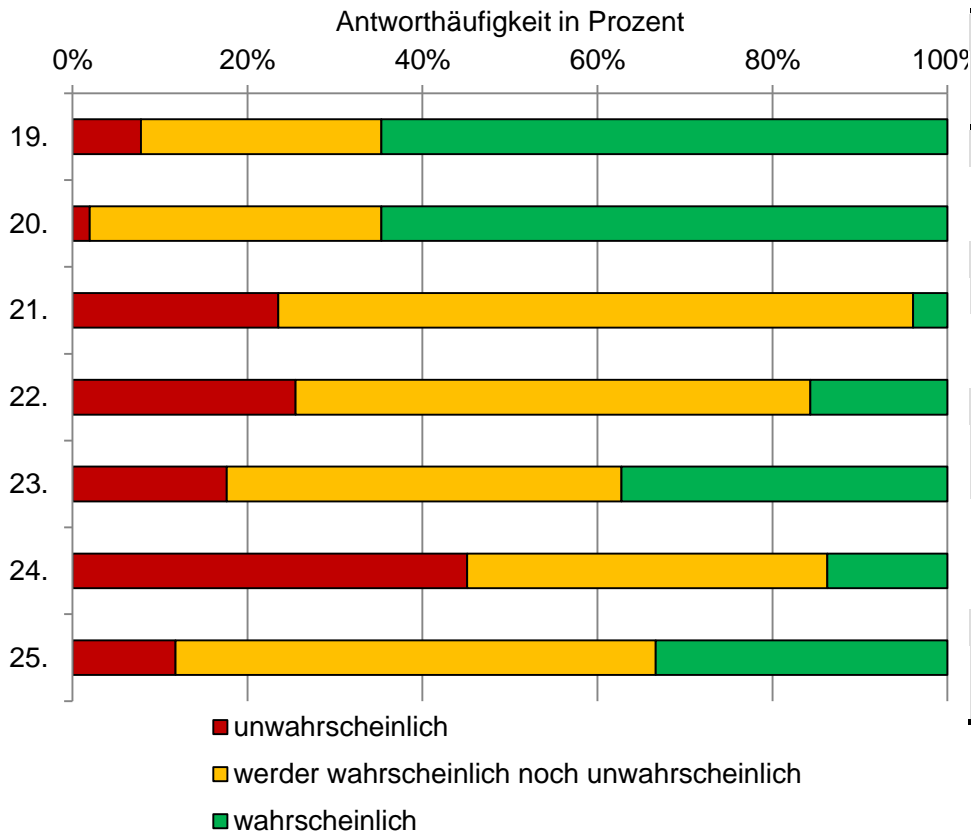
#### 6.4.4 Klimawandel

Im Themenkomplex Klimawandel sollten vor allem Fragen beantwortet werden, die sich rund um das Thema Anpassung der Landwirtschaft und Düngung an geänderte Klimabedingungen drehen. Hierzu sollte vorher geklärt werden, ob die Teilnehmer innerhalb der Wertschöpfungskette von Düngemitteln überhaupt davon ausgehen, dass auch in Deutschland die Auswirkungen eines Klimawandels zu spüren sein werden. Und ob sich diese Änderungen überhaupt auf die Landwirtschaft im Allgemeinen und die Düngung im Speziellen auswirken werden.

Vorab dienten dazu Fragen, die nach der Zunahme von extremen Wetterlagen (19) und der Anpassung von Düngemaßnahmen an diese (20) fragen. Beide Fragen gelten schon in der ersten Runde als beantwortet. Jeweils 65% der Befragten antworteten in den beiden positiven Kategorien wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich. Die anderen Fragen wurden in der zweiten Runde erneut zur Beantwortung vorgelegt.

In der zweiten Runde gelten zwei weitere Aussagen als beantwortet. Ein großer Teil der Befragten glaubt, dass Mischdünger dabei helfen können, Nährstoffüberhänge zu minimieren (52%) und zumindest in nächste Zukunft werden es keine organischen Bestandteile in Mischdüngern geben (72% alle Befragten). In wieweit das für die ferne Zukunft zutrifft bleibt abzuwarten. Es scheint möglich zu sein, dass der Einsatz von mineralischen Düngemitteln, insbesondere von Stickstoff und Phosphat, weiter eingeschränkt werden wird (Mittelwert: 5,0). Die Fragen 21 und 22, also ob eine höhere Temperatur zu höheren Erträgen und damit einer gesteigerten Düngung führt, und ob Mischdünger bei der Reduzierung von Treibhausgasen eine entscheidende Rolle spielen können, wurden beide mit neutral, also mit keiner klaren Tendenz beantwortet (Mittelwerte: 3,6 bzw. 4,1).

N=51

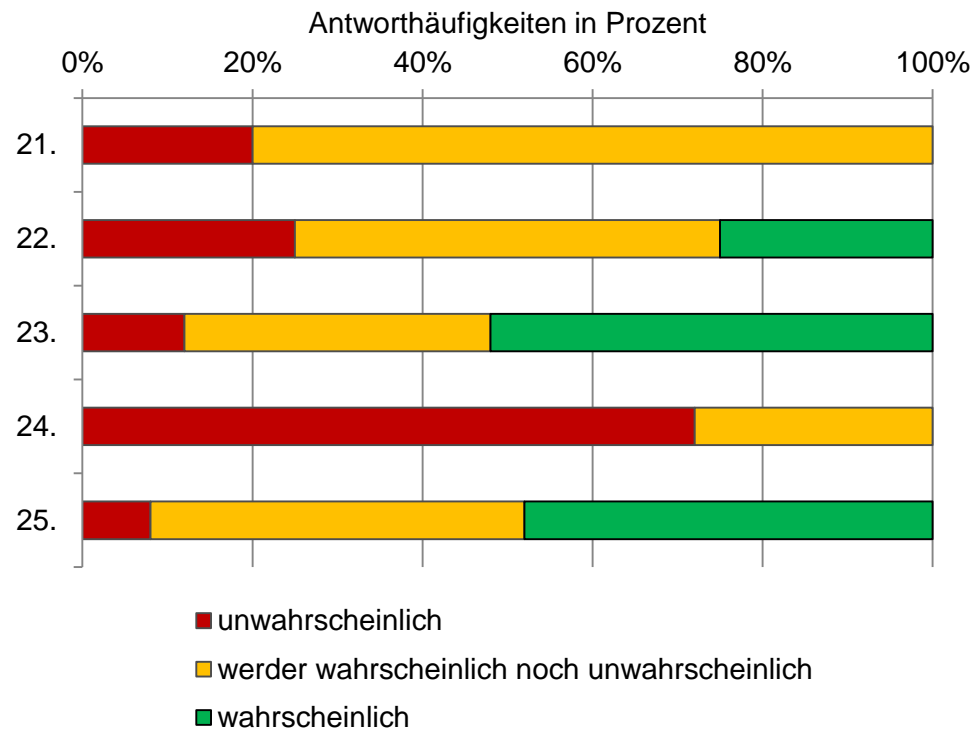


| Nr. | Aussage  | Mittelwert (Antworten von 1-7) |
|-----|--|--------------------------------|
| 19. | Extreme Witterungsereignisse werden zunehmen.  | 5,6                            |
| 20. | Die Düngung wird sich vermehrt an Klimaänderung (z.B. Trockenheit) anpassen müssen.                      | 5,6                            |
| 21. | Der Temperaturanstieg führt zu höheren Erträgen und damit zu einem höheren Düngerbedarf.                 | 3,6                            |
| 22. | Mischdünger können eine entscheidende Rolle in der Reduzierung von Treibhausgasen spielen.               | 3,9                            |
| 23. | Nährstoffe-Überhänge in Veredelungsregionen können vor allem über Mischdünger verringert werden.         | 4,6                            |
| 24. | Zukünftig wird es mehr Mischdünger mit organischen (z.B. Heugranulate usw.) Bestandteilen geben.         | 3,1                            |
| 25. | Der Einsatz von mineralischen Düngemitteln, besonders N und P, wird in Deutschland weiter eingeschränkt. | 4,8                            |

Abbildung 41: Meinung zum Klimawandel in Deutschland in der ersten Befragungsrunde.



N=25



| Nr. | Aussage  | Mittelwert<br>(Antworten<br>von 1-7) |
|-----|--|--------------------------------------|
| 21. | Der Temperaturanstieg führt zu höheren Erträgen und damit zu einem höheren Düngerbedarf.                 | 3,6                                  |
| 22. | Mischdünger können eine entscheidende Rolle in der Reduzierung von Treibhausgasen spielen.               | 4,1                                  |
| 23. | Nährstoffe-Überhänge in Veredelungsregionen können vor allem über Mischdünger verringert werden.         | 5,0                                  |
| 24. | Zukünftig wird es Mischdünger mit organischen (z.B. Heugranulate usw.) Bestandteilen geben.              | 2,1                                  |
| 25. | Der Einsatz von mineralischen Düngemitteln, besonders N und P, wird in Deutschland weiter eingeschränkt. | 5,0                                  |

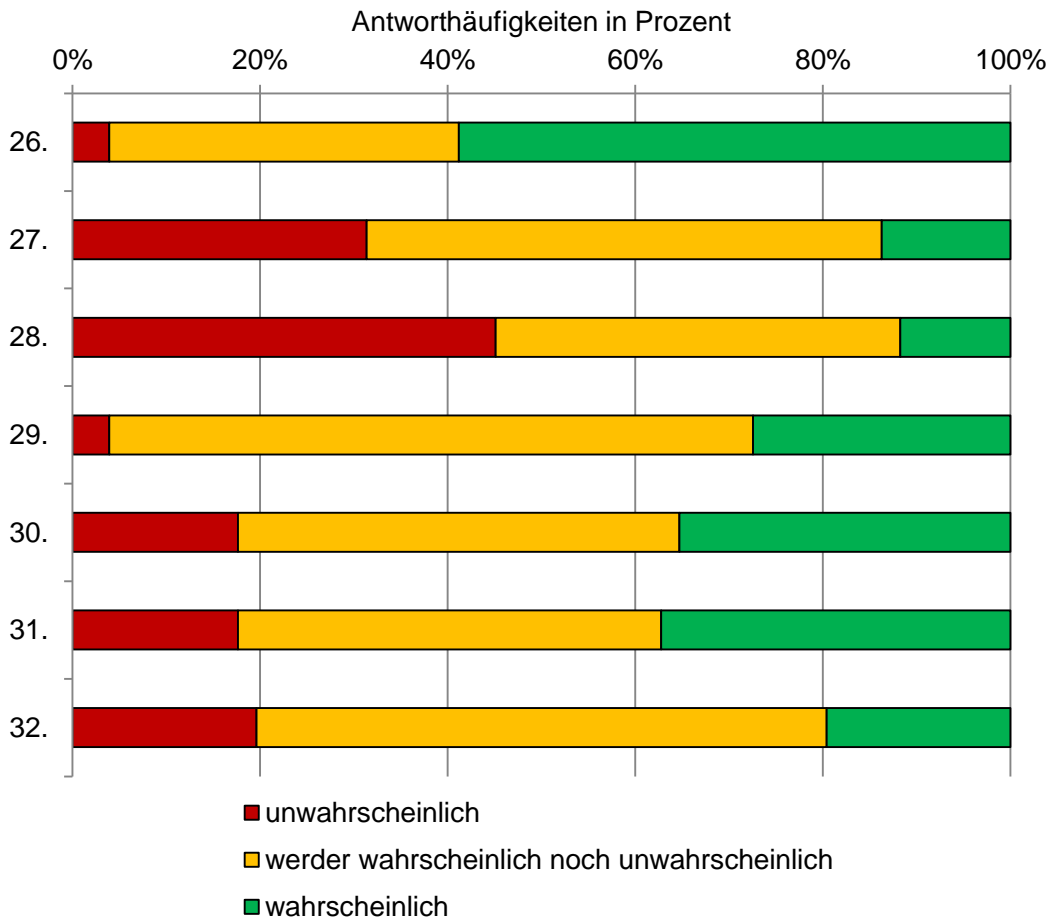
Abbildung 42: Meinung zum Klimawandel in Deutschland in der zweiten Befragungsrunde.

### 6.4.5 Precision Farming

In diesem Themakomplex geht es vor allem um die Marktdurchsetzung von Precision Farming Technologien und der Konkurrenz zu Mischdüngern. Hier antwortete in der ersten Runde 58% aller Befragten, dass sich Precision Farming in Deutschland weiter durchsetzen wird. Bei den anderen Fragen lassen sich nur Tendenzen feststellen. Die Frage nach Precision Farming ausschließlich für die Stickstoffgaben wird eher negativ eingeschätzt, die Frage ob alle oder organische Nährstoffe per Precision Farming ausgebracht werden können eher positiv. Alle Fragen, außer Frage 26 wurden in der zweiten Runde noch einmal gestellt.

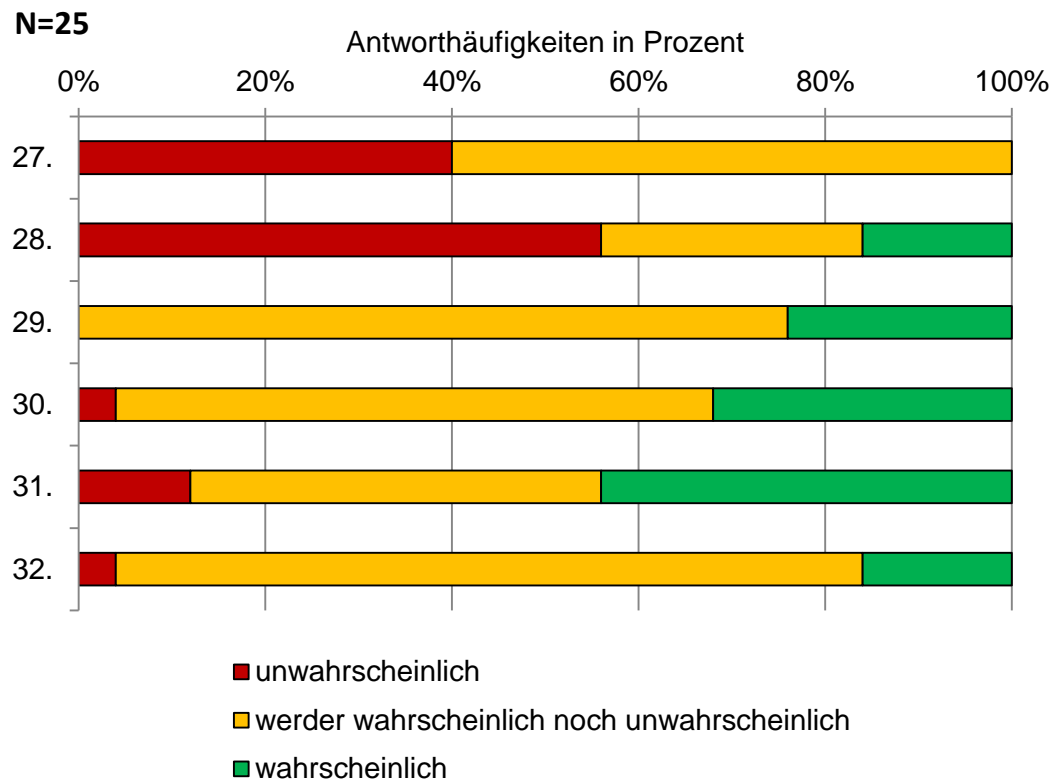
In der zweiten Runde fällt deutlich auf, dass die Streuung der Antworten massiv verringert werden konnte. Aussage 27 und 32 zielen auf die Konkurrenzsituation zwischen Precision Farming und Mischdüngern. Die Frage ob der Markt für Mischdünger weiter eingeschränkt wird, gilt eher als unwahrscheinlich, die Frage nach der Konkurrenz zwischen Precision Farming und Mischdüngern als neutral. Somit gilt eine wichtige Frage für den Markt für Mischdünger, nämlich ob Precision Farming eine ernsthafte Konkurrenz darstellt, leider als nicht beantwortet. Hier zeigen sich aber erkennbar weniger negative Antworten, als in der ersten Runde. Somit sollte diese Konkurrenzsituation bei zukünftigen Geschäftsüberlegungen immer mit berücksichtigt werden. Zudem gilt die Frage, ob sich Precision Farming nur bei Stickstoffdüngern durchsetzt als klar mit „Nein“ beantwortet. Es bleibt also abzuwarten, inwieweit Precision Farming und Mischdünger gemeinsam im Markt bestehen können. Die Fragen zur Grunddüngung über Mischdünger (29), ob alle Nährstoffe über Precision Farming ausgebracht werden können (30) und organische Nährstoffe über Precision Farming (31) gelten allesamt als eher wahrscheinlich (Mittelwerte: 29: 4,8; 30: 4,9 und 31: 4,6).

N=51



| Nr. | Aussage  | Mittelwert (Antworten von 1-7) |
|-----|--|--------------------------------|
| 26. | Precision Farming wird sich in Deutschland weiter durchsetzen.   | 5,5                            |
| 27. | Durch Precision Farming wird der Markt für Mischdünger eingeschränkt.  | 3,6                            |
| 28. | Precision Farming wird sich ausschließlich bei der N-Düngung durchsetzen.  | 3,0                            |
| 29. | Die Grunddüngung wird weiterhin über Mischdünger erfolgen.   | 4,7                            |
| 30. | Im Zuge des technologischen Fortschrittes wird es möglich sein, alle Nährstoffe über Precision Farming auszubringen. | 4,7                            |
| 31. | Zukünftig können auch organische Nährstoffe über Precision Farming ausgebracht werden.                               | 4,4                            |
| 32. | Precision Farming wird auch in Zukunft keine Konkurrenz für Mischdünger sein.  | 4,1                            |

Abbildung 43: Meinung zu Precision Farming in Deutschland in der ersten Befragungsrunde.



| Nr. | Aussage  | Mittelwert<br>(Antworten<br>von 1-7) |
|-----|--|--------------------------------------|
| 27. | Durch Precision Farming wird der Markt für Mischdünger eingeschränkt.  | 2,9                                  |
| 28. | Precision Farming wird sich ausschließlich bei der N-Düngung durchsetzen.  | 2,9                                  |
| 29. | Die Grunddüngung wird weiterhin über Mischdünger erfolgen.   | 4,8                                  |
| 30. | Im Zuge des technologischen Fortschrittes wird es möglich sein, alle Nährstoffe über Precision Farming auszubringen. | 4,9                                  |
| 31. | Zukünftig können auch organische Nährstoffe über Precision Farming ausgebracht werden.                               | 4,6                                  |
| 32. | Precision Farming wird auch in Zukunft keine Konkurrenz für Mischdünger sein.  | 4,3                                  |

Abbildung 44: Meinung zu Precision Farming in Deutschland in der zweiten Befragungsrunde.

### 6.4.6 Neue Technologien

In diesem Themakomplex sollte bestimmt werden, warum Technologien, die sich bereits auf dem Markt befinden und die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft maßgeblich verbessern könnten, nur eine so geringen Marktdurchdringung haben. Die folgenden Nachhaltigkeitsziele wurden ausgewählt: Verminderung von Nährstoffverlusten in die Umwelt, Schließen von Nährstoffkreisläufen und die verbesserte Versorgung mit Mikronährstoffen in der Humanernährung in Deutschland. Für diese Ziele gibt es bereits eine Vielzahl von neueren Technologien, die genau diese Probleme zu lösen versuchen. Fünf von ihnen wurden innerhalb dieser Umfrage noch einmal genauer unter die Lupe genommen, da diese von den interviewten Experten allesamt angebracht wurden. Diese waren stabilisierte Stickstoffdünger und Fertigation (Verminderung mit Nährstoffverlusten in die Umwelt), SERO (Dünger, die aus sekundären Rohstoffen, wie Komposten oder Knochenmehlen hergestellt werden; Schließung von Nährstoffkreisläufen) und Biofortifikation (verbesserte Versorgung von Mikronährstoffen). In Abbildung 45 ist abgebildet, wie häufig eine dieser neuen Applikations- oder Einsatztechnologien als „bekannt“ von den Teilnehmern der Studie eingestuft wurde. Während stabilisierte N-Dünger fast allen bekannt sind, kennen nur zirka 25% die so genannten SERO-Dünger.

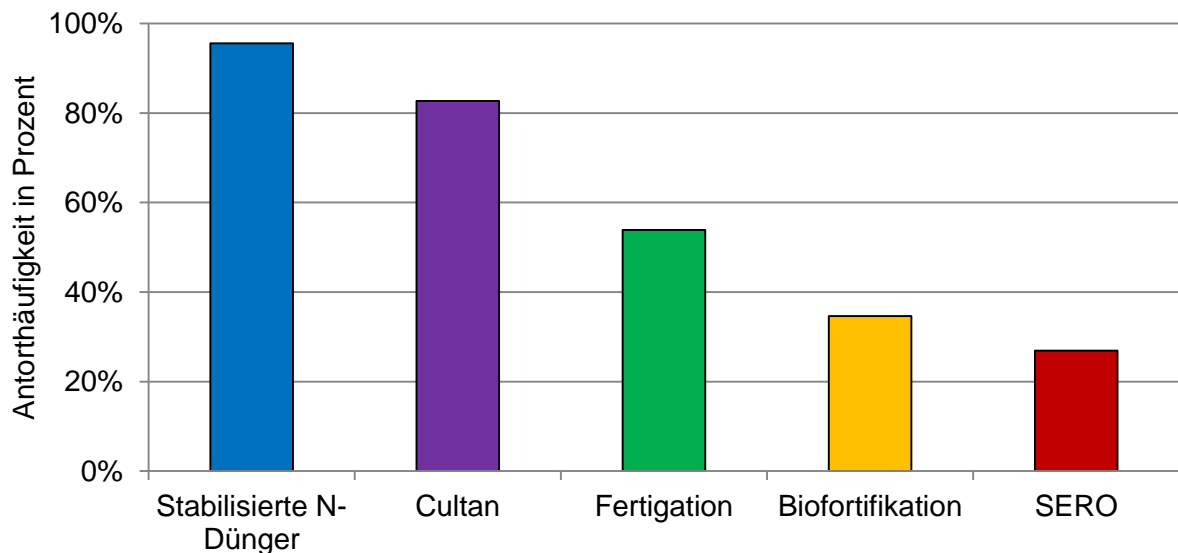


Abbildung 45: Bekanntheitsgrad von ausgewählten Technologien im Bereich Düngemittel und bei der Applikation von Düngemitteln.

Interessanter ist allerdings die Fragestellung, warum manche Technologien bekannter sind als andere, und warum manche, wie die stabilisierten Stickstoffdünger, von den Landwirten eingesetzt werden, und andere nicht. Ein wichtiger Punkt beim Einsatz von neuen Technologien ist, dass diese auch bekannt und verstanden sein müssen. Denn wenn eine Technologie nicht bekannt ist, dann kann auch nicht beurteilt werden, ob diese einen Vorteil hat. Zudem werden Technologien nur von Individuen eingesetzt, wenn diese auch bekannt sind (Davis, 1989). Um den Einfluss der Position innerhalb der Wertschöpfungskette zu klären, wurde der Bekanntheitsgrad der neuen Technologien noch einmal neu aufgeteilt, in Produzenten, Händler und Landwirte.

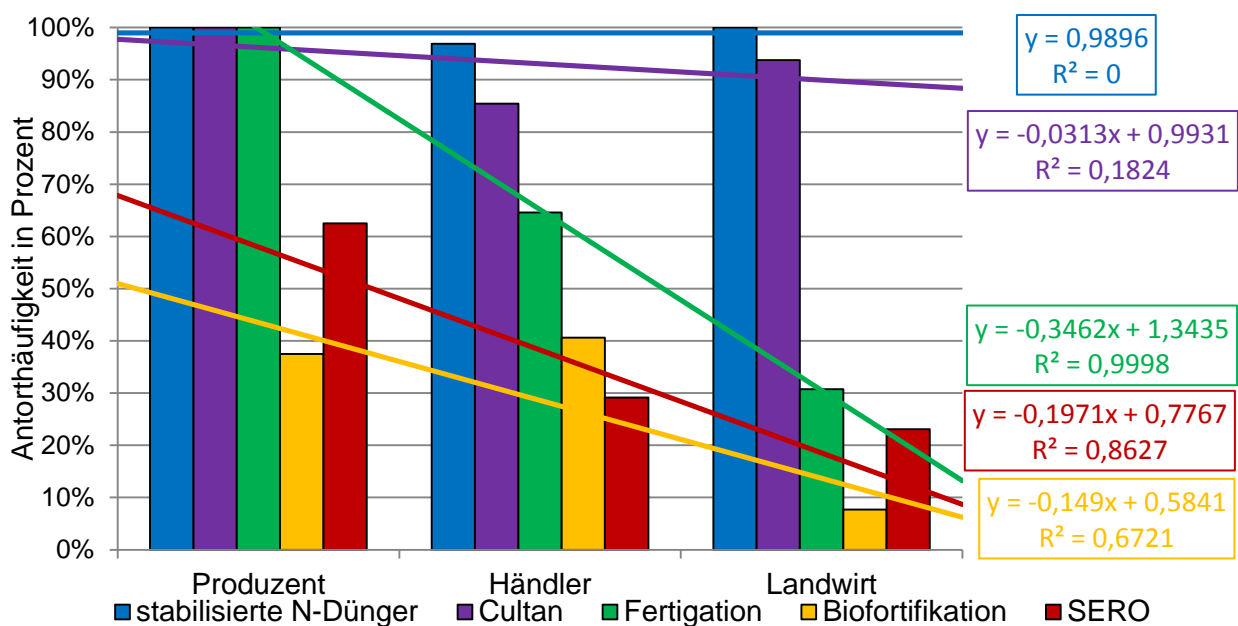


Abbildung 46: Bekanntheit von neuen Technologien der Düngemittelapplikation oder des Düngemiteleinsatzes innerhalb der Wertschöpfungskette von Düngemitteln. Die Regressionen stehen für den Rückgang des Wissens von Produzenten über Händler bis hin zum Landwirt.

Sieht man sich das Wissen innerhalb der Wertschöpfungskette für Dünger genauer an, dann fällt auf, dass die Landwirte das Geringste und Vertreter der Produzentenebene das höchste Wissen haben. Bei den stabilisierte N-Dünger und Cultan konnte kein Zusammenhang zwischen der Position in der Wertschöpfungskette und dem Wissen gefunden werden. Diese beiden Technologien scheinen auf dem Markt angekommen und akzeptiert zu sein. Bei Fertigation, Biofortifikation und SERO gibt es einen klaren Zusammenhang zwischen der Position

innerhalb der Wertschöpfungskette und dem Wissen über diese speziellen Techniken, wobei die Landwirte das geringste Wissen aufweisen. Eine Erklärung könnte das Bildungsniveau liefern (Tabelle 3). Hier fällt auf, dass die Produzenten nicht nur das höchste Wissen, sondern auch die höchste Bildung haben. Bei den Landwirten ist das relativ niedrige Bildungsniveau aber auch dadurch zu erklären, dass sich vielen von ihnen noch in der Ausbildung befunden haben. Eine höhere Bildung kann das Wissen maßgeblich beeinflussen und somit dazu beitragen, dass neue Technologien eher erkannt und dann auch bevorzugt eingesetzt werden (Venkatesh et al., 2003). Somit kann eine Lösung sein, dass neue Technologien von den Landwirten häufiger eingesetzt und genutzt werden, dass die Landwirte eine höhere Bildung brauchen.

Tabelle 23: Bildungslevel innerhalb der Wertschöpfungskette für Düngemittel

|                                  | Produzenten<br>(n=8) | Händler<br>(n=23) | Landwirte<br>(n=11) |
|----------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| 1 Lehre (n=8)                    | 0.0                  | 13.0              | 36.4                |
| 2 Handels- oder Fachschule (n=4) | 12.5                 | 17.4              | 0.0                 |
| 3 Meister (n=9)                  | 0.0                  | 26.1              | 27.3                |
| 4 Fachhochschulabschluss (n=7)   | 0.0                  | 21.7              | 18.2                |
| 5 Universitätsabschluss (n=10)   | 50                   | 17.4              | 18.2                |
| 6 Promotion (n=4)                | 37.5                 | 4.3               | 0.0                 |
| Durchschnittliches Bildungslevel | 5.00                 | 3.26              | 2.82                |

Zusätzlich haben Davis und Davis (1990) herausgefunden, dass das Bildungslevel und die Akzeptanz von neuen Technologien positiv korreliert. Deswegen wurden zusätzlich noch einmal Fragen zur generellen Einstellung gegenüber neue Technologien gestellt. Hierbei sollte der Frage nachgegangen werden, inwieweit das Alter der Befragten, die Position innerhalb der Wertschöpfungskette und das Bildungslevel die Ansichten gegenüber neuen Technologien beeinflussen. Die Fragen zu neuen oder neuerer Technologien und deren Durchsetzung wurden nur in der ersten Befragungsrunde gestellt (Tabelle 24).

Tabelle 24: Fragen zu neuen Technologien

|  |
|--|
| 33. Ich nutze Technologien vor allen Mitbewerbern.   |
| 34. Produkte oder Dienstleistung die neue Technologie nutzen sind deutlich besser, als Alte. |
| 35. Neue Technologien sind meist komplizierter als ihr Nutzen.                               |
| 36. Neue Technologien geben mir mehr Kontrolle über mein Geschäft.                           |

Bei den Altersgruppen wurden die Befragten in den oben bei der Demografie erwähnten (Tabelle 21) Gruppen aufgeteilt. Hier fällt auf, dass die 36-45 Jährigen die positivste Einstel-

lung gegenüber neuen Technologien habe (im Mittel mit einem Wert von 4,7), gefolgt von den Jüngeren (bis 35; 4,6) und den 46-55 Jährigen (4,5). Nur die Gruppe der Älteren (56 und drüber) zeigt mit einem Mittelwert von 3,7 eine negativere Einstellung gegenüber neuen Technologien. Hier wird besonders die Frage nach dem Einsatz von neuen Technologien vor allen Mitbewerbern als negativ (3,0) bewertet. Das kann aber auch dadurch erklärt werden, dass hier eine gewisse Investitions- und Innovationsmüdigkeit einsetzt und neue Technologie länger überdacht und ihr Nutzen besser abgewogen wird (Morris und Venkatesh, 2000). Zudem wurde in diesem Fragebogen fast nur Männer befragt, die aufgrund ihrer Erfahrung mit neuen Technologien eher dazu neigen, extreme Positionen anzunehmen (Venkatesh et al., 2000).

Auch die Position innerhalb der Wertschöpfungskette kann bestimmen wie seien Einstellung gegenüber neue Technologien ist. Hier haben diejenigen die positivste Einstellung gegenüber neuen Technologien, die in der Stufe der Produzenten oder in der Forschung arbeiten (beide im Mittel mit 4,7). Diese sind aber auch am häufigsten dafür verantwortlich, das neue Technologien entwickelt werden und diese auch dem Markt angeboten werden. Menschen, die für den Großhandel arbeiten sind latent pessimistischer gegenüber neue Technologien eingestellt. Mit großem Abstand folgen die Landhändler und Landwirte. Hier werden neue Technologien eher negativ als positiv bewertet (im Mittel in beiden Fällen mit 3,9). Es zeigt sich also, dass neue Technologien auf nachgelagerten Ebenen der Wertschöpfungskette einen immer geringere werdenden Durchsetzungsgrad haben. Wenn allerdings der Nutzen innerhalb einer Stufe erkannt wird, sorgt der Konkurrenzeffekt schnell dafür, dass neue Technologien auch eingesetzt werden (wie beispielsweise das Düngemischen; Hoppe, 2002).

Die Bildung hat nur einen geringeren Einfluss auf die Einstellung gegenüber neuen Technologien. In diesem Fall haben zwar promovierte Befragte eine sehr positive Einstellung gegenüber neuen Technologien, allerdings auch Personen, die im Bereich der Bildung „Lehre“ angeeignet haben (beide mit 5,0). Ob eine befragte Person einen Meister-, Fachhochschul- oder einen Universitätsabschluss hat, macht für die Einstellung gegenüber neuen Technologien keinen Unterschied (alle haben hier einen Mittelwert von 4,2). Lediglich die Befragten, die als Bildungslevel eine Handels- oder Berufsschulabschluss angaben, zeigen eine geringe negativere Einstellung (3,9). Die Bildung kann in diesem Fall also nicht zur Akzeptanz von neuen Technologien hinzugezogen werden.

Als letztes sollten noch die Einstellung zu den fünf abgefragten Technologien eingeschätzt werden. Hierzu wurden die Experten gebeten, in vier Stufen (in 5 Jahren, in 10 Jahren, in 15



Jahren und nie) abzuschätzen, bis wann eine spezifische Technologie eine deutlich größere Marktdurchsetzung hat. Hier wurden auch wieder die Personen mit einbezogen, die in der Beratung und Wissenschaft arbeiten (Abbildung 47).

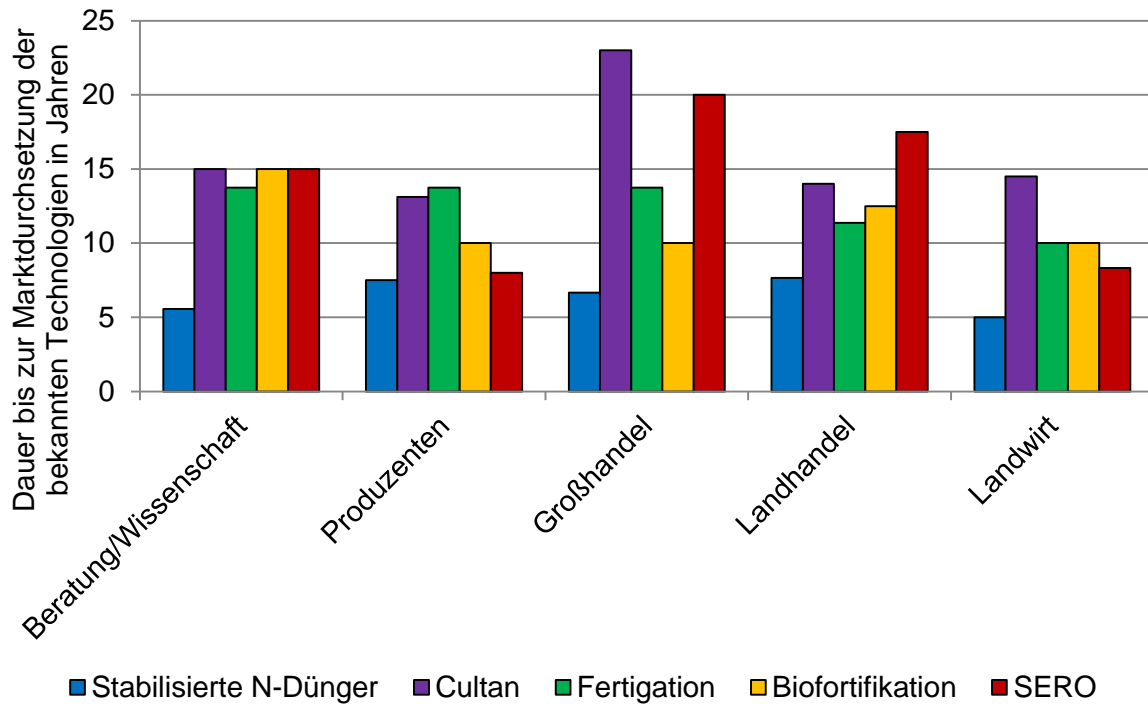


Abbildung 47: Durchschnittliche Dauer bis zum Erreichen der Marktdurchsetzung ausgewählter Technologien innerhalb der einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette von Düngemitteln.

Insgesamt zeigt sich, dass Bildung und die Position in der Wertschöpfungskette von Düngemitteln den größten Einfluss haben, ob jemand neuere Ausbringungs- und Verwendungstechniken kennt. Forscher und Produzenten sind deutlich optimistischer, als die anderen Beteiligten innerhalb der Wertschöpfungskette für Düngemittel. Diese sind aber auch die Parteien, die neue Technologien entwickeln, erforschen und auf den Markt bringen. Diese Gruppe geht davon aus, dass nach ca. 10,5 Jahren alle abgefragten Techniken eine höhere Marktdurchsetzung erreicht haben. Der Großhandel hat eher eine pessimistische Sichtweise (hier erreichen alle Technologien gemittelt erst nach ca. 15 Jahren eine signifikante Marktdurchsetzung). Alle anderen Gruppen gehen davon aus, dass die Marktdurchsetzung, natürlich mit großen Unterschieden zwischen den einzelnen Techniken, nach 11,5 – 12,5 Jahren erreicht werden kann. Während stabilisierte N-Dünger von allen Gruppen relativ bald als Standard angesehen werden, scheinen vor allem Fertigation, SERO-Dünger und Cultan länger bis zur Marktdurchsetzung zu brauchen, bzw. werden diese auch von vielen nie auf dem Markt gesehen. Die Bio-

fortifikation scheint zwar auch noch nicht ausgereift, erhält aber bessere Prognosen als die anderen drei Technologien.

### 6.4.7 Abgrenzung von NPK-Dünger, Mischdünger und Einzelnährstoffdünger

Ein weiteres Ziel der ersten Umfrage war es, in einem kurzen Meinungsbild das Imageprofil der drei verschiedenen Düngesysteme abzufragen. Hierbei wurden zu allen drei Düngesysteme die gleichen Aussagen getroffen, die dann abgelehnt oder bestätigt werden sollten. generell wurden nur positive Aussagen gewählt, um zu testen, ob die einzelnen bestehenden Systeme eher positive oder eher negativ eingeschätzt werden. Auch hier wurde wieder die Siebener-Skala (von absoluter Ablehnung [1] bis absoluter Zustimmung [7]) angewendet. Die niedrigere Fallzahl erklärt sich daraus, dass ein großer Teil der in der Wissenschaft und Forschung arbeitenden Teilnehmer, diese Fragen nicht beantwortet haben.

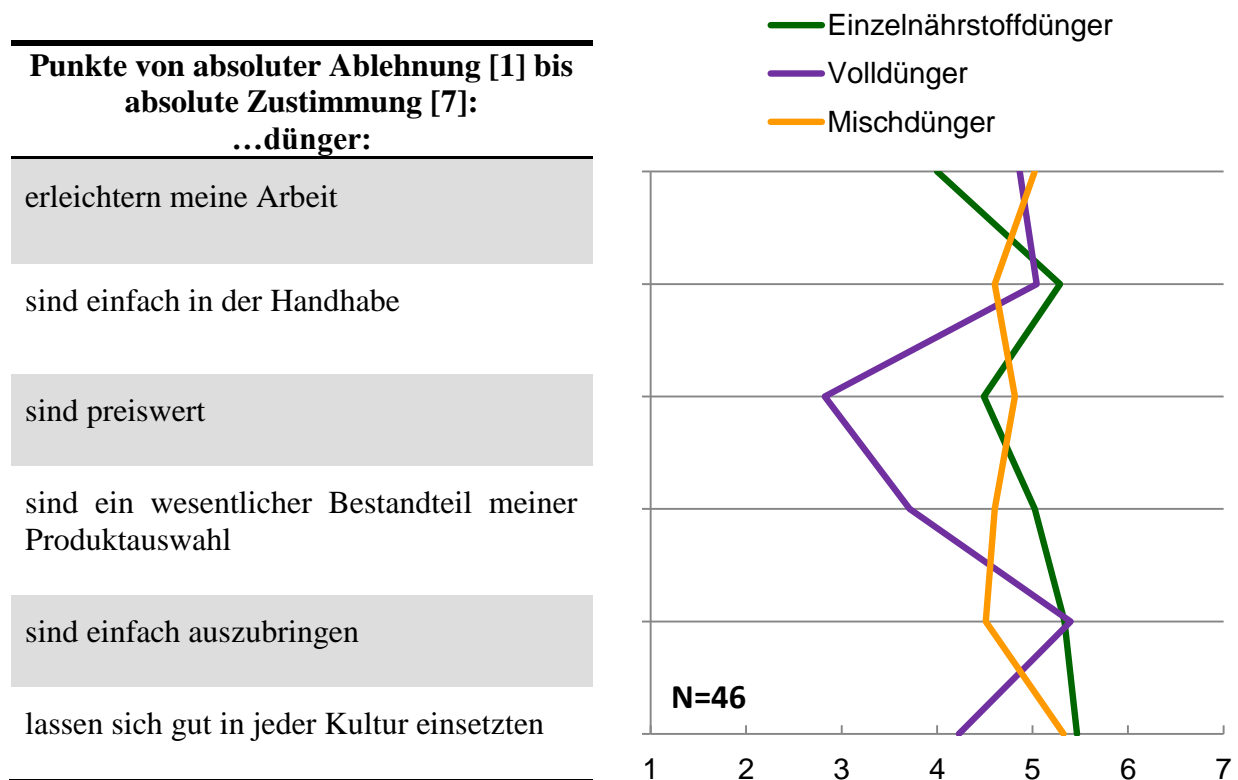


Abbildung 48: Imageprofil der einzelnen Düngersorten im Vergleich

Im Mittel ist das Image der einzelnen Systeme ziemlich ähnlich. Mit einem Mittelwert von ca. 5 werden alle drei Systeme allgemein positiv eingeschätzt. Der Volldünger schneidet dagegen

schlechter beim Preis ab, als die beiden anderen Düngesysteme. Hier fällt vor allem auf, dass besonders die Landwirte sehr sensibel auf steigende oder höhere Preise reagieren. Auffällig ist außerdem, dass Mischdünger von allen Teilnehmern als einfach in der Handhabung und relativ gut auszubringen eingeschätzt werden. Die Teilnehmer dieser Umfrage können also die Befürchtung um Entmischung und schwierigere Ausbringung von Mischdüngern nicht bestätigen. Allerdings wurde nicht abgefragt, wie die einzelnen Erfahrungen mit Mischdüngern sind.

## 6.5 Diskussion

Zwischen den einzelnen Akteuren innerhalb der Wertschöpfungskette für Voll-, Einzelnährstoff- und Mischdünger konnten keine massiven Unterschiede in der Einschätzung des gesamten Düngemittelmarktes gefunden werden. Möglicherweise hätte eine größere Gruppe an Befragten die Ergebnisse stabilisiert und Unterschiede aufzeigen können. Auch das Alter, das Geschlecht oder die Bildung haben keinen signifikanten Einfluss auf die Antworten. Lediglich bei dem Wissen über ausgewählte Technologien spielt die Bildung eine gewisse Rolle. Hier korrelieren die Bildungslevel mit dem Wissen.

Insgesamt zeigt sich, dass das Düngermischen an sich eine positive Zukunft zu haben scheint und dass der Marktanteil von Mischdüngern noch weiter ausgebaut werden kann. Allerdings zeigen sich auch, sowohl bei dem klassischen hofnahen Mischen, wie auch beim Mischen von Großhändler und größeren Landhändler Ausprägungen, die gegen die Idee des Mischens im eigentlichen Sinne sprechen. Kultur- und gebietsspezifische Mischungen werden voraussichtlich zunehmen, auch um Arbeitsspitzen zu entzerren. Diese Entwicklung sollte auch kritisch betrachtet werden, denn mit dem Mischen von vorgefertigten Düngerezepturen läuft man Gefahr in Konkurrenzsituationen mit Standard-NPK Düngern zu gelangen und die Idee des Mischens nach Boden- und Pflanzenansprüchen zu unterwandern. Vielleicht kann diese Bewegung zukünftig wieder etwas abgemildert werden, und dem Landwirt weiterhin angepasste Dünger verkauft werden.

Das noch weitere Düngermischanlagen in Deutschland installiert und das Mischen weiter intensiviert werden sollten, dabei sind sich die befragten Experten einig. In welchen Gebieten dieses stattfinden sollte, darüber können nur Vermutungen erstellt werden. Hier sollten vielleicht eher Investitionen in den Landkreisen getätigt werden, die in Abbildung 2 noch keine Mischanlagen besitzen und weniger in Regionen, wie Cloppenburg, Diepholz, Grafschaft

Bentheim, Landshut, Nienburg/Weser, Osnabrück, Passau, Rotenburg und Vechta, wo bereits eine relativ hohe Dichte an Mischanlagen festzustellen ist. In anderen Landkreisen und Regionen ist durchaus noch Potenziell für weitere Mischanlagen zu finden. Besonders in Regionen mit einem hohen Anbauanteil an Sonderkulturen, wie Baden-Württemberg oder Rheinland-Pfalz, könnten noch weitere Anlagen gewinnbringend installiert werden.

Ob es nun zu einer Durchsetzung von Groß- oder Landhandel kommt scheint eher zweitrangig. Voraussichtlich werden sich in einer Anbieter Region durchsetzen, die eine gewisse Größe erreicht haben. Wie dann die einzelnen Funktionen innerhalb der Wertschöpfungskette aufgeteilt werden, wird sich von Fall zu Fall und von Region zu Region unterscheiden. Fakt bleibt, dass die Marktberaumungsprozesse noch nicht abgeschlossen sind. Somit wird es voraussichtlich zu weiteren Fusionen, Übernahmen oder Aufgaben von Land- oder Großhändler in bestimmten Regionen kommen, allein weil die Anzahl der Landwirt weiterhin abnimmt und so die Attraktivität von Direktgeschäften, auch von Produzenten, weiter zunimmt.

Die steigenden Transportkosten sollten in Zukunft weiterhin beachtet und auf diese auch reagiert werden. Landwirte scheinen auch in Zukunft eher nicht bereit längere Wege für den Betriebsmittelkauf zu akzeptieren. Vielleicht können hier Kompromisslösungen aus spezifisch angepasster Düngung und kurzen Transportwegen gefunden werden, zum Beispiel durch das Vormischen an Häfen und das endgültige hofnahe Mischen von Düngern zu boden- und kulturspezifischen Mischungen. Hier können auch Lager- und Transportmöglichkeiten in Bigbags eine entscheidende Rolle spielen.

Der Klimawandel scheint auch in Deutschland erste und ernste Probleme zu bereiten. Und auch der Einsatz von Düngemitteln muss auf die neuen Bedingungen reagieren. Frühjahrstrockenheit könnte den Zeitraum der Düngung in Zukunft drastisch einschränken. Weiterhin könnten extreme Wetterlagen dazu führen, dass Ernten geringer ausfallen, als vielleicht bei der ersten Düngergabe kalkuliert wurde. Die Düngung muss also flexibler auf die Umweltgegebenheiten reagieren können. Hier könnte es wieder vermehrt zum Einsatz von Einzelnährstoffdüngern oder zu einem deutlichen Ausbau der Precision Farming Technologie kommen, um Überdüngungen zu vermeiden. Zudem sollten neue Entwicklung bei der Produktion von Düngemitteln, besonders im Bereich der Düngemittel aus Biogasgärresten, Wirtschaftsdüngern und SERO beachtet werden. Sollte der Einsatz von bestimmten Nährstoffen (wie N oder P) noch weiter eingeschränkt werden oder Rohstoffen (wie zum Beispiel Phosphaten) zunehmend knapper werden, könnten solche Düngemittel in Zukunft vielleicht eine weitaus größere Rolle spielen, als heute. Hier stecken aber noch große Potentiale in der Ausnutzung von Nähr-

stoffen. Das Schließen von Nährstoffkreisläufen wird in Zukunft immer wichtiger werden. Vielleicht lassen sich hier neue Geschäftsbereiche im Bereich der Düngemittel aus sekundären Rohstoffen finden.

## 6.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Markt für Mischdünger noch nicht gesättigt ist, dies aber von Region zu Region unterschiedlich bewertet werden muss. Mischdünger werden sich somit, nach der Meinung der Experten, auch in Deutschland noch weiter durchsetzen und höhere Marktanteile erreichen.

Im Düngerhandel wird es noch zu weiteren Marktberaumungsprozessen kommen. Das heißt, die Anzahl der Handelsstufen oder die Anzahl der Händler wird geringer werden. Insgesamt sollte im Vordergrund stehen, Synergien für die einzelnen Regionen zu finden, zum Beispiel durch gemeinsame Bestellungen oder Serviceleistungen und Kundebindungsstrategien das Fortbestehen gewährleisten zu können.

Die Entwicklung des Klimawandels sollte auch in Deutschland angenommen und nicht negiert werden. Hier könnten neue Zeitfenster in der Düngapplikation oder andere Aufteilungen der Düngergaben notwendig werden. Somit liegen viel potentielle Weiterentwicklungen der Düngemittelapplikation, aber auch viele Stolpersteine, wenn einfach „Business as usual“ angewendet wird.

Precision Farming und andere neue Technologie können in Zukunft den Markt für Mischdünger deutlich beeinflussen, allerdings hat noch keine dieser Technologien eine offensichtliche Marktdurchsetzung erreicht. Doch besonders Precision Farming wird seine Marktanteile stetig ausbauen, gerade weil diese Technik auch von den Landwirten gefordert wird. Diese Entwicklung sollten weiterhin kritisch betrachtet und gegebenenfalls mit neuen Geschäftsstrategien (zum Beispiel Maschinenverleih oder andere Grunddüngerversorgung) auf diese reagiert werden. Auch die Entwicklung rund um die Nutzung von sekundären Rohstoffen und die bessere Ausnutzung von organischen Düngemitteln sollten als Geschäftsstrategien berücksichtigt werden.

# Fazit

---

In der Einleitung wurde der Begriff Nachhaltigkeit genauer definiert und umrissen, an dieser Stelle wird nun dargestellt, wie Mischdünger dazu beitragen können, die Nachhaltigkeit innerhalb der Landwirtschaft zu verbessern. Hierbei ist allerdings immer der Zielkonflikt des Drei-Säulen-Konzeptes zu beachten, da es schwierig wird, Mischdünger zu produzieren, die alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit gleichermaßen berücksichtigen. Trotzdem sollte der ganzheitliche Ansatz gewählt werden. Zusammenfassend lässt sich aber sagen, dass die Nachhaltigkeit von Düngemittel über die Düngemittelapplikation, die verschiedenen Düngemittelformen, bis hin zu Handel und Forschung mit Mischdünger verbessert werden kann (Abbildung 49).

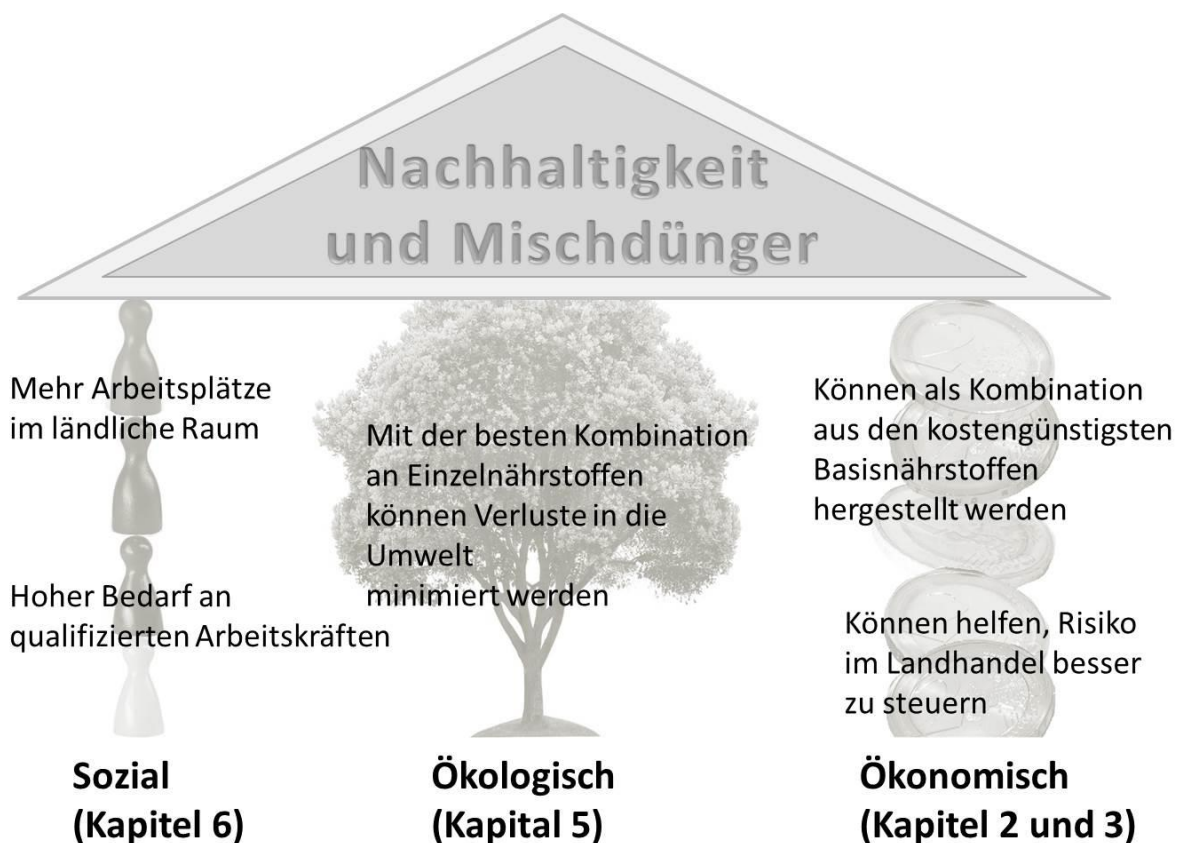


Abbildung 49: Die drei Säulen der Nachhaltigkeit mit Bezug zu Mischdüngern

Darüber hinaus lassen sich aus dieser Arbeit auch noch eine Reihe von Aussagen ableiten, die den Handel und den Umgang mit Mischdünger (oder Düngern allgemein) beeinflussen können. Für den Bereich Logistik ist davon auszugehen, dass die Kosten weiter steigen werden. Somit sollten Transportwege weiterhin zusammengefasst und möglichst effizient geplant werden (Tourenplanung). Hier sollten Synergien in einzelnen Regionen genutzt werden oder die Kooperationen von Teilnehmern in der Wertschöpfungskette Düngemittel näher eruiert werden. Zudem sollten möglichst immer große, emissionsarme Transportmitteln (Schiff oder Zug) für die langen Transportstrecken gewählt werden.

Wie der Ausbau von Mischdüngerkapazitäten aussieht, muss je nach Region und Händler entschieden werden. In Landkreisen in denen schon eine hohe Anzahl an Mischdüngeranlagen installiert sind (zum Beispiel Emsland oder Landshut), sollten keine weiteren errichtet werden. Gleiches gilt für Gebiete, in denen der Landwirt weite Transportwege (ca. 40 km) in Kauf nehmen müsste, um schlagspezifisch angepasste Mischdünger zu bekommen. Hier sollten andere Vertriebsformen überlegt oder auf das Mischen verzichtet werden. Somit sind Ausbaupkapazitäten für Mischdüngeranlagen in Deutschland nur noch partiell gegeben. Besonders in Ackerbauregionen mit homogenen Bodenverhältnissen und einer geringen Anzahl an Landwirten sollte eher auf eine Installation von Düngermischanlagen verzichtet werden.

Die Kosten von Düngemitteln werden langfristig weiter steigen. Kurzfristig lässt sich aber feststellen, dass eine gute Düngerversorgung gegeben ist und die Preise für Düngemittel stabil bleiben oder in naher Zukunft sogar leicht fallen werden. Der Absatz von Düngemitteln in Deutschland wird wahrscheinlich noch weiter zurückgehen. Eine Ausnahme könnte Kalium sein, da dieses im Moment deutlich unter der Erhaltungsdüngung eingesetzt wird.

Mischdünger können, mit entsprechenden Basis-Einzelnährstoffdüngern, preiswerter produziert werden als Volldünger. Allerdings sollte immer darauf geachtet werden, dass diese gut an Boden und Kultur angepasst werden. Die Entwicklung von bodenspezifischen bis hin zu kulturspezifischen Düngemitteln nimmt den eigentlichen Vorteil der Mischdünger und bringt diese wieder den Volldüngern näher. Somit entsteht hier eine Konkurrenzsituation von Mischdünger- und Volldünger-Produzenten. Das kann dazu führen, dass Erstere immer mehr zum Spielball von Großproduzenten und deren Preisvorstellungen werden. Jede Stufe der Wertschöpfungskette von Düngemitteln muss einen gewissen Teil der Kosten tragen und auch aufbringen. Nur wenn genug Marge und Gewinne für alle zu erwirtschaften ist, werden auch alle Stufen (Produzent, Großhandel und Landhandel) weiterhin ihre Berechtigung haben. Al-

lerdings sollte jede Stufe für sich Möglichkeiten finden, sich abzugrenzen (zum Beispiel über Menge, Serviceleistung oder weitere gezielte Kundenbindungskonzepte).

Die Streuversuche haben gezeigt, dass Mischdünger nicht generell eine schlechte Verteilgenauigkeit aufweisen. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass alle Einstellungen am Düngertreuer optimiert und die Mischdünger zügig und ohne Lagerzeiten ausgebracht werden. Das sollte in der Beratung des Landwirtes auch weiterhin betont werden. Kann nicht gewährleistet werden, dass von Seiten der Landwirte aus sorgsam mit dem Mischdünger umgegangen wird, sollte auf einen Verkauf an diese Landwirte verzichtet werden.

Es ist davon auszugehen, dass Umweltauflagen europaweit in den nächsten Jahren noch einmal strenger werden. Deswegen sollten Umweltbetrachtungen auch in solche Bereiche, die davon zunächst einmal nicht betroffen sind, wie etwa der Handel, zukünftig eine wichtigere Rolle spielen. Hier können zum Beispiel LCA-Betrachtungen für alle Düngemittel in Erwägung gezogen werden, um Umweltwirkung zu vergleichen. Aus der vorliegenden Studie kann gefolgert werden, dass Mischdünger mit DAP, vom Umweltgesichtspunkt aus betrachtet, besser sind als solche mit TSP, und dass KAS umweltfreundlicher zu sein scheint als Harnstoff. Es konnte in dieser Studie auch gezeigt werden, dass das Düngesystem einen Unterschied machen kann. Es kann also auch umweltfreundlicher sein, einen Mischdünger zu verwenden statt eines Standard-NPK-Düngers. Zudem sollte wieder mehr auf die exakte Anpassung des Systems Dünger-Boden-Pflanze-Umwelt geachtet werden. Hier befindet sich noch viel ungenutztes Potential für eine bessere Zusammenarbeit zwischen Verbraucher (wie Kunden im Supermarkt oder Lebensmitteleinzelhändlern) und dem Handel. Vermutlich werden Verbraucheraspekte in den nächsten Jahren stärker auf den Agrarmarkt durchschlagen. Deswegen sollte hier über Verbraucherlabel, Umweltlabel oder den Carbon Footprint für Düngemittel im Allgemeinen und für Mischdünger im Speziellen nachgedacht werden. Eine Kombination aus besseren Informationen gepaart mit Labeln für eine Vielzahl von Düngemitteln könnte dann als Argument in der Zusammenarbeit mit dem Lebensmitteleinzelhandel dienen. Hier sollten aber Alleingänge vermieden und eher deutschlandweite Lösungen, zum Beispiel über den Bundesverband der Düngermischer, angestoßen werden.

Precision Farming wird sich in Deutschland weiter ausweiten und könnte in bestimmten Regionen (Ackerbauregionen oder Regionen mit großen Betrieben wie im Osten Deutschlands) zur ernsthaften Konkurrenz für Mischdünger werden. Hier müssen dann gegebenenfalls Mischdüngerkapazitäten verkleinert werden oder neue Geschäftsstrategien im Umfeld von Precision Farming gefunden werden. Mischdünger könnten hier bei der Grunddüngung noch



eine Rolle spielen. Ob dafür neue Düngermischanlagen installiert werden sollten, muss regional anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse für jeden Fall einzeln entschieden werden.

Auch beim Agrarhandel wird es in den nächsten Jahren noch zu Marktberäuberungen kommen. Wer hier noch weiter verlustfreie Geschäfte tätigen will, muss eine gewisse Größe erreichen (entweder durch Aufkauf von andern Geschäften, Zusammenarbeiten in bestimmten Sparten oder der gemeinsamen Nutzung von zum Beispiel Lagern oder Mischanlagen). Das wird zur Folge haben, dass starke Großhändler und große Agrarhändler dann das Düngeschäft bestimmen werden. Hier kann sich dann allerdings ein gutes Gegengewicht zu den Produzenten ausbilden, was die Gefahr einer Preisabhängigkeit von Handel gegenüber den Produzenten deutlich vermindern könnte.

Außer Mischdünger gibt es natürlich auch andere Technologien, die die Nachhaltigkeit von Düngern verbessern könnten (zum Beispiel stabilisierte N-Formen, Cultan, Fertigation, Biofortifikation und Dünger aus so genannten sekundären Rohstoffen [SERO]). Allerdings werden diese bislang nur in geringem Umfang in Deutschland eingesetzt. Das kann daran liegen, dass das Wissen über diese Technologie innerhalb der Wertschöpfungskette für Düngemittel vom Produzenten bis zum Landwirt immer weniger wird. Bildung des Landwirtes und gute Beratung können hier der Schlüssel zu einer nachhaltigeren Landwirtschaft sein.

Mischdünger können dazu beitragen, die Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft zu verbessern, aber dazu müssen diese nach besten Möglichkeiten an die gegebenen Pflanzenbausituationen angepasst sein (Boden, Kultur, Region). Eine große Offenheit gegenüber Landwirt und Verbraucher fördert die positive Einstellung gegenüber Mischdüngern. Zudem sollte die Größe einer Mischanlage so ausgelegt sein, dass wirtschaftliche Gewinne über Jahre hinweg gewährleistet werden können, ohne zu lange Transportwege in Kauf nehmen zu müssen. Mehr Service, Beratung und Bildung sind notwendig, um den Landwirt besser zu informieren und damit auch neue Technologien aufzuzeigen. Denn gerade der Handel kann in der Diskussion um mehr Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft als Flaschenhals fungieren, indem er entweder Nachhaltigkeitsideen fördert und fordert, oder diese ablehnt. Nachhaltigkeit bedeutet Verbesserungen bezüglich ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte. Und Mischdünger können in der Beachtung der genannten Punkte eine große Rolle spielen. Somit sollte der Markt für Mischdünger in Deutschland in den nächsten Jahren eher zunehmen und eine höhere Handelsspanne für Mischdünger am Düngemarkt zu realisieren sein.

# Ausblick

---

Mischdünger werden auch zukünftig noch eine Chance auf dem Düngemarkt haben. Hierzu sollten diese aber nach den besten Möglichkeiten an die Boden- und Klimabedingungen, die Kultur, die Vorfrucht und die auf dem Betrieb vorhandene Wirtschaftsdünger Menge angepasst werden.

Der Landwirt kann und sollte stärker in den Prozess der Mischdünger-Generierung einbezogen werden. Vorhandene Serviceangebote (wie das Berechnen von Nährstoffbilanzen auf Betriebs bzw. Schlagebene und persönliche Beratung) und neue zu entwickelnde Serviceleistungen (zum Beispiel die Durchführung der Boden- und Wirtschaftsdünger-Beprobung) können hier helfen, langfristige und vertrauensvolle Bindungen zu schaffen und somit das Risiko zu minimieren, dass Landwirte bei anderen Händlern oder direkt bei Produzenten Düngemittel kaufen.

Pflanzennährstoff wie Magnesium, Schwefel und Mikronährstoffe werden in den nächsten Jahren eine wichtigere Rolle spielen. Diese können in Mischdüngern gut mit eingebunden werden.

Des Weiteren erscheint es nicht sinnvoll, wenn alle Händler in jeder Region die gleichen Investitionen tätigen. Hier sollten verstärkt Synergien zwischen den Teilnehmern in der Wertschöpfungskette Düngemittel genutzt werden, denn durch die gemeinsame Nutzung von Anlagen, Logistikeinrichtungen oder Lagerstätten ist es den Nutzern möglich, eine kritische Masse zu erlangen und Größenvorteile auszunutzen. Letztendlich werden nur die Handelsstellen überleben, die eine gewisse Größe erreichen. Wie groß ein Landhandel dafür sein muss hängt von der Agrarregion, der Anzahl der Landwirte in dieser und dem Sortiment des einzelnen Händlers ab. Wenn abzusehen ist, dass das Düngermischen in einer Region nicht rentabel ist, ist es nicht sinnvoll zu versuchen die Landwirte immer weiter davon zu überzeugen. Hier ist dann ein schneller Rückzug aus diesem Zweig oder eine Verlagerung der Düngermischanlage notwendig.

Politische Entwicklungen sind immer sehr schwer vorherzusehen, sollten aber immer berücksichtigt werden, da sich gerade hier auch Chancen für neue Argumente und Techniken ergeben, die zum Beispiel, die Nährstoffeinträge in die Umwelt verringern (zum Beispiel Mischdünger mit unterschiedlichen und unterschiedlich verfügbaren Stickstoffformen).

Globalen Entwicklungen wie den Klimawandel oder neuen Technologie in der Düngemittel- ausbringung oder -verwendung sollte man offen gegenüber stehen. Auch die Konkurrenz mit anderen Handelsstufen (zum Beispiel dem Großhandel) oder den Produzenten sollte man nicht negieren, sondern als Chance nutzen, sich als Landhandel gegenüber diesen abzugrenzen. Der Fokus sollte als auf einer ständigen Weiterentwicklung liegen. Hier kann es auch sinnvoll sein, enger mit den Landwirten zusammenzuarbeiten und ihren Bedürfnissen frühzeitig zu antizipieren. Bildung und Weiterbildung sollten auch im Landhandel immer eine wichtige Rolle spielen, denn als Schlüsselstelle zwischen Produzenten und Anwendern kann der Handel eine wichtige Rolle bei der Verbreitung von Wissen spielen. Hier sollten neue Entwicklungen möglichst frühzeitig erkannt und Entwicklungschancen nicht verschleppt werden. Letztendlich ist es wichtig im Hinterkopf zu behalten, dass der Düngemarkt einerseits zunehmend globalisiert sein wird und andererseits immer noch einen starken lokalen oder regionalen Bezug aufweist. Somit sollte der Düngemarkt zumindest immer mit einer europäischen Sichtweise betrachtet werden, um auf neue Trends, Gesetze und Vorschriften gut vorbereitet zu sein.

# Danksagung

---

Während der letzten zweieinhalb Jahre hatte ich das Glück und die Herausforderung, an dieser Arbeit zu wachsen und neue Erkenntnisse zu gewinnen. Das wäre ohne die viel Unterstützung nicht möglich gewesen.

Zunächst einmal gilt mein Dank allen Mitgliedern des Bundessverbandes der Düngermischer e.V., die es mit ihrer Zustimmung überhaupt erst ermöglicht haben diese Arbeit auf die Beine zu stellen und zu finanzieren. Desweiteren natürlich allen weiteren Geldgeber für ihr Vertrauen in meine Arbeit zu investieren. Und natürlich allen Vorstandsmitgliedern, namentlich Heinrich Janinhoff, Jan Bröring, Anton Krömer, Hartmut Bahr, Robert Engers, Johannes Kohnen, Max-Josef Kraxenberger und Helmut Reich, die mit Rat und Tat zur Seite standen und damit den Endbericht noch besser gemacht haben. Besonders Herrn Bröring danke ich für seine Geduld, besonders am Anfang dieser Arbeit. Des weiteren Danke ich Herrn Heene, Herrn Brentrup, Herrn Büttner, Herrn Kleinschrodt, Herrn Kornmann, Herrn Bursenbauch, Herrn Himken, Herrn Reinersmann und Herrn Daum, dass diese mir als Experten zur Verfügung standen und damit die Umfrage, die LCA Berechnungen und den Kostenvergleich überhaupt erst möglich gemacht haben.

Besonderer Dank gilt auch Frau Schröter, Herrn Rühlicke und Herrn Elfrich, sowie dem gesamten Team der K+S, die besonderen Einsatz gezeigt haben, um die Umfrage und die LCA Berechnungen voranzutreiben. Zudem Danke ich Herr Bursenbauch für die Einblicke in die Welt der Düngemittel und für intensive Diskussionen.

Von der wissenschaftlichen Seite aus Danke ich Hans-Werner Olf und Stefanie Bröring, die immer wieder fördernd und fordernd in den Prozess der Berichterstellung eingegriffen haben und so das Endergebnis stetig verbesserten. Ohne Eure Hilfe wären mir die Methoden, Berechnung und Anwendungen bis heute fremd geblieben. Als letzte gilt mein aufrichtigster Dank Mario Hasler, einfach für alles!

# Literaturverzeichnis

---

- Ahlgren S., A. Baky, S. Bernesson, A. Nordberg, O. Norén O und P.-A. Hansson (2008) Ammonium nitrat fertiliser production based on biomass - Environmental effects from a life cycle perspective. *Bioresource Technology* 99:8034-41.
- Baumann, H. und A. M. Tillman (2004) *A Hitch Hikers Guide to LCA, An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Studentlitteratu, Lund, Schweden.
- Belz, F.-M. und J. Pobisch (2005) *Shared Responsibility for Sustainable Consumption. The case of German Food Companies*. Marketing und Management in der Lebensmittelbranche. München, Deutschland.
- Bhaskaran S., M. Polonsky, J. Cary, und S. Fernandez (2006) Environmentally sustainable food production and marketing: opportunity or hype? *British Food Journal*, 108(8): 677-690.
- Brentrup F, J. Küsters, J. Lammel, H. Kuhlmann (2000) Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. *International Journal Life Cycle Assessment* 6:349-57
- Brentrup, F. (2009) The impact of mineral fertilizers on the carbon footprint of crop production. *The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI*, Department of plant nutrient science, University of California, Davis, USA.
- Brentrup, F., J. Küsters, J. Lammel, P. Barraclough und H. Kuhlmann (2004) Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. *European Journal Agronomy* 20:265-79.
- Brundtland, G. H. (1987) *Our Common Future/Brundtland Report*, United Nations World Commission on Environment and Development, Oslo, Norwegen
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2013) EU-Agrarpolitik; [http://www.bmelv.de/DE/EuropaInternationales/Agrarpolitik/agrar politik\\_node.html](http://www.bmelv.de/DE/EuropaInternationales/Agrarpolitik/agrarpolitik_node.html) (letzter Zugriff 12.11.2013).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVB 2012) [www.bmvbs.de](http://www.bmvbs.de): <http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrspolitik/>

- GueterverkehrUndogistik/gueterverkehr-und-logistik\_node.html (letzter Zugriff: 14.09.20152).
- Bundesumweltamt (2013a) Überschreitung der Belastungsgrenzen für Versauerung, <http://www.umweltbundesamt.de/daten/bodenbelastung-landoekosysteme/ueberschreitung-der-belastungsgrenzen-fuer#> (letzter Zugriff: 11.10.2013).
  - Bundesumweltamt (2013b) Überschreitung der Belastungsgrenzen für Eutrophierung, <http://www.umweltbundesamt.de/daten/bodenbelastung-landoekosysteme/ueberschreitung-der-belastungsgrenzen-fuer-0> (letzter Zugriff: 11.10.2013).
  - Chen, P.-Y., C. L. Chang, C. C. Chen und m. McAleer (2010) Modeling the Effect of Oil Price an Global Fertilizer Prices, Department of Economics and Finance College of Business and Economics University of Canterbury, Christchurch, Neuseeland.
  - Cramer, B. und K. M. Reinicke (2010) Versorgungssicherheit durch Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten. Newsletter des Wirtschaftsverbands Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V. Hannover. **5**:1-6.
  - Dajani, J. S., Z.S. Michael und K. T. Wayne (1979) Stability and agreement criteria for the termination of Delphi studies. *Technological forecasting and social change* 13(1):83-90.
  - David L. A., R. E. Bixby, V. Chvátal, und W. J. Coo (2007) *The Traveling Salesman Problem. A Computational Study*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA
  - Davis D. L. und D. F. Davis (1990) The effect of training techniques and personal characteristics on training end users of information systems. *Journal of Management Information Systems* 7(2):93-110.
  - Davis J. und C. Haglund (1999) *Life Cycle Inventory (LCI) of Fertiliser Production: Fertiliser Products Used in Sweden and Wester Europe*. SIK-Report, Göteborg, Schweden
  - Deter, A. (2013) Agrarhandel sieht sich wachsendem Risiko ausgesetzt. Topagrar online. <http://www.topagrar.com/news/> (letzter Zugriff: 20.08.2013).
  - Die Bahn, (2013) Material von [www.deutschebahn.com](http://www.deutschebahn.com) und dem Streckenplan der Internetseite [www.bahn.de](http://www.bahn.de)
  - Ebertseder, T. (2012) Lagerung, Transport und Ausbringung von Mineraldünger. In: H. Knittel, E. Albert und T. Ebertseder, *Praxishandbuch Dünger und Düngung*. Agri-media GmbH, Bergen/Dumme, Deutschland.

- 
- Edeka (2013) Nachhaltigkeitsziele der Edeka Gruppe; [http://www.edeka.de/EDEKA/de/edeka\\_zentrale/verantwortung/verantwortung.jsp](http://www.edeka.de/EDEKA/de/edeka_zentrale/verantwortung/verantwortung.jsp), letzter Zugriff, 11.11.2013
  - EFMA (2000a) Production of NPK fertilizers by the nitrophosphate route. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, EFMA European Fertilizer Manufacturers Association, Brüssel. Belgien.
  - EFMA (2000b) Production of NPK fertilizers by the mixed acid route. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, EFMA European Fertilizer Manufacturers Association, Brüssel. Belgien.
  - EFMA (2000c) Production of urea and urea ammoniumnitrat. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, EFMA European Fertilizer Manufacturers Association, Brüssel. Belgien.
  - EFMA (2000d) Production of nitric acid. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, EFMA European Fertilizer Manufacturers Association, Brüssel. Belgien.
  - EFMA (2000e) Production of ammonia. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, EFMA European Fertilizer Manufacturers Association, Brüssel. Belgien.
  - EFMA (2000f) Production of phosphoric acid. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, EFMA European Fertilizer Manufacturers Association, Brüssel. Belgien.
  - EFMA (2000g) Production of ammonium nitrate and calcium ammonium nitrate Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, EFMA European Fertilizer Manufacturers Association, Brüssel. Belgien.
  - Energie Agentur NRW (2013) Gaspreise in Deutschland. <http://www.energieagentur.nrw.de/infografik/grafik.asp?RubrikID=3162> (letzter Zugriff: 12.11.2013).
  - Elfrich (2012) Umschlagstationen in Nordrhein Westfalen und Weser-Ems, K+S Gruppe.
  - English, J. M. und G. L. Keran (1976) The Prediction of Air Travel and Aircraft Technology to the Year 2000 Using the Delphi Method. *Transportation Research* 10:1–8.

- 
- EFBA (2007) Handbuch für feste Düngermischung; Leitfaden für Qualitätsmischdünger, EFBA (European fertilizer blenders association) -Qualitäts-Komitee, Cedex, Frankreich.
  - Eurostat (2013) Industriestrompreise in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2013, <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/155964/umfrage/entwicklung-der-industriestrompreise-in-deutschland-seit-1995/> (letzter Zugriff: 12.11.2012).
  - Faostat (2013) Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://faostat.fao.org/> (letzter Zugriff: 17.10.2013).
  - Fentrup, M., L. Theuvsen und C. H. Emmann (2012) Risikomanagement in Agrarhandel und Lebensmittelindustrie, Agrimedia verlag, Bergen/Dumme, Deutschland
  - Fertilizers Europe (2012) Forecasts of food and fertilizer use in the European Union 2012-2022; Food, Fertilizers and natural resources. [http://www.fertilizerseurope.com/fileadmin/user\\_upload/publications/agriculture\\_publications/Forecast\\_2012-final.pdf](http://www.fertilizerseurope.com/fileadmin/user_upload/publications/agriculture_publications/Forecast_2012-final.pdf) (letzter Zugriff: 11.11.2013).
  - Fertilizer Europe (2013) 2012 overview: 25 years continuing to feed the world, Sustainable agriculture in Europe, Fertilizer Europe, Brussels Belgium
  - FAO (2013) FAO statistical yearbook 2013 World Food and Agriculture, Rom, Italien.
  - FAO (2012) Current world fertilizer trends and outlook to 2016, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rom, Italien.
  - Fölster, N. und D. Baye (2006) Qualität bringt Erfolg – das Zusammenspiel von Düngemittel und Ausbringtechnik, Fachtagung Düngung 2006, 03.03.2006, Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg, Deutschland.
  - Gärtner, M. (2013) Amerikas Schiefergas-Boom droht jähes Ende, Manager Magazin online; <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/artikel/a-899442.html> (letzter Zugriff: 13.10.2013).
  - Gemis (2013) Datenbank zur Ökobilanzrechnung <http://www.iinas.org/gemis-de.html> (letzter Zugriff: 13.10.2012).
  - Gerlach, S., B. Köhler, A. Spiller und C. Wocken (2004) Supplier Relationship Management im Agribusiness: Ein Konzept zur Messung der Geschäftsbeziehungsqualität. Diskussionsbeitrag 0406, Universität Göttingen, Göttingen, Deutschland.
  - Gleißner H. und C. J. Femerling (2008) Logistik: Grundlagen, Übung, Fallbeispiele, Gabler Verlage, Heidelberg, Deutschland.



- 
- Glibert P. M., J. Harrison, C. Heil und S. Seitzinger (2006) Escalating worldwide use of urea – a global change contributing to coastal eutrophication. *Biogeochemistry* 77:441-63.
  - Goedkoop M. J., R. Heijungs, M. Huijbregts, A. De Schryver, J. Struijs und R. van Zelm (2008) ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which compares harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level; First edition Report I: Characterisation. <http://www.lcia-recipe.net> (letzter Zugriff: 04.10.2013).
  - GreenDelta (2013) <http://www.openlca.org/>, Berlin, Deutschland (letzter Zugriff: 10.05.2012).
  - Guenther, E. und V. Farkavcova (2007) Decision making in transportation processes as a support for sustainable stewardship. Paper im Rahmen der Tagung Sustainable Social and Ecosystem Stewardship; 15. - 17. Juni 2007 an der Wilfrid Laurier University, Waterloo, Ontario, Kanada.
  - Guinée, J. B. (2002) Life cycle assessment: An operational guide to the ISO standards, Eco-Efficiency in Industry and Science. Universität Leiden, Niederlande.
  - Günther H. O. und H. Tempelmeier (2011) Produktion und Logistik. Springer Lehrbuch, Heidelberg, Deutschland.
  - Handelsblatt (2013) Fracking Boom in den USA; Schiefergas jagt Europäern Angst ein, <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/fracking-boom-in-usa-schiefergas-jagt-europaeern-angst-ein/9071298.html> (letzter Zugriff: 19.11.2013).
  - Härder, M. und Härder, S. (2000) Die Delphi-Methode als Gegenstand methodischer Forschung. In: Härder, M. und Härder, S. (Hrsg): Die Delphi-Technik in den Sozialwissenschaften: Methodische Forschung und innovative Anwendung. Opladen: Westdeutscher Verlag, 11-13.
  - Haupner, A., H. J. Heege, W. Wandel und W. Krull (1998) Leitfaden für Düngermischer; Anleitung zu einer guten Praxis für hochwertige Mischdünger. Bundesverband der Düngermischer e.V., Oldenburg, Deutschland.
  - Heege, H. J. (2001) Hofnahes Mischen von Düngemitteln und teilflächenspezifischer Landbau, Berichte über Landwirtschaft, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, Band 79, Heft 1
  - Hoppe H. C. (2002) The timing of new technology adoption: theoretical models and empirical evidence. *The Manchester School* 70(1):56-76.

- Hotwagner, B. (2008) Supply chain risk management und dessen systematische Umsetzung im Unternehmen. *Wirtschaft und Management* (8), 23-39.
- IFA and FAO (2001). Global estimates of gaseous emissions of NH<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O from agricultural land. International Fertilizer Industry association and Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rom, Italien.
- IFA (2013) Perspective a moyen terme de l'offre et de la demande mondiale en engrais (Mittelfristige Perspektive von Angebot und Nachfrage auf dem weltweiten Düngemittelmarkt). International Fertilizer Industry association; P. Heffer und M. Purd'homme, 13. internationale Jahrestagung der AFCOME (L'Association Française de Commercialisation et de Mélange d'Engrais), Oktober 2013, Beaune, Frankreich.
- Index Mundi (2013) Commodity prices <http://www.indexmundi.com/de/rohstoffpreise/> (letzter Zugriff: 12.11.2013).
- IVA (2012) Wichtige Zahlen Düngemittel, Produktion, Markt, Landwirtschaft. Industrieverband Agrar, Pflanzenernährung, Frankfurt am Main, Deutschland.
- IPCC (2000) Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change, Genf, Schweiz.
- IPCC (2003) Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change, Genf, Schweiz.
- ISO (1985) Equipment for distributing fertilizers - Test methods - Part 1: Full width fertilizer distributors (ISO 5690-1:1985). International Organization of Standardization, Genf, Schweiz.
- ISO (2006a) Environmental management - Life cycle assessment - Principles and Framework (ISO 14040: 2006). International Organization of Standardization, Genf, Schweiz.
- ISO (2006b). Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. Geneva, International Organization of Standardization.
- K+S (2011) Mögliche Güterverkehrsstellen für den Bahnversand 2011/2012. K+S Kali GmbH, Kassel, Deutschland.
- Kongshaug, G. (1998) Energy Consumption and greenhouse gas Emissions in Fertilizer Production. IFA Technical Conference, Marrakech, Marokko, 28 September-1 Oktober, 1998, 18pp.
- Laegreid M., O. C. Bockman und O. Kaarstad (1999) Agriculture, fertilizers and the environment. CABI Publishing, Wallingford, Großbritannien.

- 
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2013) Düngermittelpreise. <http://www.agrarmarkt-nrw.de/duengermarkt.shtm> (letzter Zugriff 29.10.2012)
  - Linstone H. A. und M. Turoff (1979). *The delphi method*: Addison-Wesley Reading, Massachusettss, USA.
  - Loveridge D., L. Georghiou und M. Nedeva (1995) *United Kingdom Technology Foresight Programme Delphi Survey*. Manchester Universität, Manchester, Großbritannien.
  - Metrogruppe (2013) *Die Nachhaltigkeitsvision der Metro Gruppe* [http://www.metrogroup.de/internet/site/metrogroup/node/mgroup\\_sustainability/Lde/index.html](http://www.metrogroup.de/internet/site/metrogroup/node/mgroup_sustainability/Lde/index.html) (letzter Zugriff 10.10.201).
  - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr des Landes Niedersachsen (2007) *Hafenkonzept Niedersachsen*; erstellt von PLANCO Consulting GmbH, Essen und LNC LogisticNetwork Consultants GmbH ([www.mw.niedersachsen.de/download/10110/Hafenkonzept\\_Niedersachsen\\_](http://www.mw.niedersachsen.de/download/10110/Hafenkonzept_Niedersachsen_); letzter Zugriff: 02.10.2013) , Hannover, Deutschland.
  - Morris M.G. und V. Venkatesh (2000) Age differences in technology adoption decisions: Implications for a changing work force. *Personnel Psychology* 53(2):375-403.
  - *Nachhaltigkeitsstrategien für Deutschland (2008) Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie für ein nachhaltiges Deutschland*. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin, Deutschland.
  - Nedeva, M., L. Georghiou, D. Loveridge und H. Cameron (1996) The use of co-nomination to identify expert participants for Technology Foresight. *R&D Management*, 26(2):155-168.
  - Oenema, O. und C. Roest (1998) Nitrogen and phosphorus losses from agriculture into surface waters: the effects of policies and measures in the Netherlands. *Water Science and Technology* 37(3):19-30.
  - Oest, H., G. Saathoff und B. Döhrmann (2012) *Agronomische Bewertung von 2 Mischdüngern mit unterschiedlichen Düngerarten im Bezug auf die Querverteilgenauigkeit*, Projektbericht Hochschule Osnabrück, Osnabrück, Deutschland.
  - P&G (2013) *Nachhaltigkeit* [http://www.pg.com/de\\_DE/nachhaltigkeit/strategieziele.shtml](http://www.pg.com/de_DE/nachhaltigkeit/strategieziele.shtml) (letzter Zugriff: 11.11.2013).
  - Pé-International (2013) *Beratung zur LCA Berechnung* <http://www.pe-international.com/deutsch/index/> (letzter Zugriff 06.11.2013).

- 
- PLANCO Consulting GmbH und Bundesanstalt für Gewässerkunde (2007) Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Bahn und Wasserstraße Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse ([http://www.wsd-ost.wsv.de/service/Downloads/Verkehrstraegervergleich\\_Gutachten\\_komplett.pdf](http://www.wsd-ost.wsv.de/service/Downloads/Verkehrstraegervergleich_Gutachten_komplett.pdf), letzter Zugriff 02.10.2013), Essen, Deutschland.
  - Pretty, J. (2008) Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363: 447-465.
  - ProBase Datenbank (2012) prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement Instrumente <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php> (letzter Zugriff: 14.06.2013).
  - Rat der europäischen Union (2006) Die erneuerte EU-Strategie für nachhaltige Entwicklung, Brüssel, Belgien.
  - R Development Core Team (2013) R: A Language and Environment for Statistical Computing <http://www.r-project.org/> (letzter Zugriff: 12.01.2013).
  - Rowe, G., G. Wright und F. Bolger (1991) The Delphi technique: the concept of expertise. *Journal of Marketing and Social Change* 39(3), 235–251.
  - Sabine Pipe Line LLC (2013) The Henry Hub. <http://www.sabinepipeline.com/Home/Report/tabid/241/default.aspx?ID=52> (letzter Zugriff: 12.11.2013).
  - Schaffnit-Chatterjee, C. (2010) Risikomanagement in der Landwirtschaft – Auf dem Weg zu marktorientierten Lösungen in der EU. Hrsg.: Deutsche Bank Research, Frankfurt am Main, Deutschland.
  - Schaper, C., C. Wocken, K. Abeln, B. Lassen, S. Schierenbeck, S. Spiller und L. Theuvsen (2008) Risikomanagement in Milchviehbetrieben: Eine empirische Analyse vor dem Hintergrund der sich ändernden EU-Milchmarktpolitik. *Schriftreihen der Landwirtschaftlichen Rentenbank*. 23: Risiko in der Landwirtschaft, 135-185, Frankfurt am Main, Deutschland.
  - Schell LKW Studie (2013) Fakten, Trends und Perspektiven im Straßengüterverkehr bis 2030. <http://www.shell.de/aboutshell/our-strategy/truck-study.html> (letzter Zugriff: 20.09.2013).
  - Smil V. (2001) *Feeding the World: A Challenge for the Twenty-First Century*. MIT Press, Cambridge, USA.

- Snyder C. S., T. W. Bruulsema, T. L. Jensen und P. E. Fixen (2009) Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133 (3–4):247-66.
- Söth, S. und S. Rothe (2011) Beratung rund ums Geld, Der Mensch als Erfolgs- und Risikofaktor, *Bauernblatt* (44):48-50.
- Spielmann, M., M. Faltenbacher, A. Stoffregen und D. Eichhorn (2010) Comparison of energy demand and emissions from road, rail and waterway transport in long-distance freight transport. PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen, Deutschland.
- Spiertz, H. und F. Ewert (2009) Crop production and resource use to meet the growing demand for food, feed and fuel: opportunities and constraints *Wageningen Journal of Life Sciences* 56-4: 281-300.
- Statistisches Bundesamt (2011) Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Viehhaltung der Betriebe Landwirtschaftszählung/Agrarstrukturerhebung Fachserie 3 Reihe 2.1.3, Wiesbaden, Deutschland.
- Statistisches Bundesamt (2013) Düngemittelversorgung in Deutschland [www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/Fachstatistik/DuengemittelversorgungVj2040820133224.html](http://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/Fachstatistik/DuengemittelversorgungVj2040820133224.html) (letzter Zugriff: 20.11.2013).
- Sutton M. A., S. Reis, S. N. Riddick, U. Dragosits, E. Nemitz, M. R. Theobald, et al. (2013) Towards a climate-dependent paradigm of ammonia emission and deposition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 368(1621).
- Tietze, N. (2013) K+S: Kali-Markt kommt nicht zur Ruhe. <http://www.finanznachrichten.de/nachrichten-2013-09/28132418-k-s-kali-markt-kommt-nicht-zur-ruhe-394.htm> (letzter Zugriff: 12.11.2013).
- Tilman, D., J. Fargione, B. Wolff, C. D´Antonio, A. Dobson, R. Howarth et al. (2001) Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. *Science* 292 (5515): 281-284.
- EIA (2013) Henry Hub Gulf Coast Natural gas spot price. U. S. energy information administration. <http://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngwhhdA.htm> (letzter Zugriff: 12.11.2012).
- Unilever (2013) Nachhaltigkeit. <http://www.unilever.de/sustainable-living/> (letzter Zugriff: 06.09.2013).

- 
- Venkatesh V., M. G. Morris und P. L. Ackerman (2000) A longitudinal field investigation of gender differences in individual technology adoption decision-making processes. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 83(1):33-60.
  - Venkatesh, V., M. G. Morris, F. D. Davis and G. B. Davis (2003) User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View,” *MIS Quarterly*, 27, 425-478.
  - Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln [Düngemittelverordnung – DüMV] (2012), Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482).
  - Wiedmann, T. und J. Minx (2008) A Definition of "Carbon Footprint". In: C. C. Pertsova, *Ecological Economical Research Trends: Chapter 1*, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA.
  - Wirsenius, S., C. Azar und G. Berndes (2010) How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? *Agricultural Systems* 103:621-638.
  - World Energy Outlook (2012) Executive summary. [www.iea.org](http://www.iea.org) (letzter Zugriff: 21.10.2013).
  - Yara (2013) Yara Part of Project Establishing Life Cycle Assessments Database for Food Products, [http://www.yara.com/media/news\\_archive/yara\\_part\\_of\\_life\\_cycle\\_assessments\\_database\\_for\\_food\\_products.aspx](http://www.yara.com/media/news_archive/yara_part_of_life_cycle_assessments_database_for_food_products.aspx) (letzter Zugriff: 07.11.2013)

# Anhang

---

|  |     |
|--|-----|
| Anhang 1: Datengrundlage.....                          | 117 |
| Anhang 2: Erläuterung zu den Expertenbefragungen ..... | 118 |
| Anhang 3: 1. Fragebogen .....                          | 120 |
| Anhang 4: 2. Fragebogen .....                          | 129 |

# Anhang 1: Datengrundlage

---

## Interviews und Treffen:

- 20.11.2011: Interview und Betriebsbesichtigung mit Herrn Bröring (Mischdünger allgemein, Düngermischanlage, Basisdünger, Logistikumgebung Nord-Ost)
- 10.02.2012: Vortrag bei der Jahreshauptversammlung des Verbands deutscher Düngermischer mit anschließendem Expertengespräch
- 13.02.2012: Telefoninterview mit Herrn Bahr (Logistikumgebung Nord-Ost; Agroservice Röbel GmbH)
- 13.02.2012: Telefoninterview mit anschließender E-Mail Korrespondenz mit Herrn Kraxenberger (Logistikumgebung Süd-Ost; Raiffeisen- Waren GmbH Essenbach)
- 03.05.2012: Besuch ICL-Fertilizer Ludwigshafen mit Interview von Herrn Bursenbauch und Herrn Heene (Logistikumgebung Süd-West, Düngermischanlage, Basisdünger)
- 29.08.2012: Interview und Expertengespräch mit Herrn Brentrup (LCA, Yara)
- 02.10.2012: Telefoninterview mit Herrn Büttner (Logistikumgebung Süd/Süd-West; Raiffeisen Waren GmbH Weißenburg-Gunz)
- 02.10.2012: Telefoninterview mit Herrn Kleinschrodt (Logistikumgebung Süd-West; BAG - Raiffeisen - eG)
- 03.10.2012: Telefoninterview mit Herrn Kornmann (Logistikumgebung Nord-Ost; Raiffeisen Uckermark GmbH & Co. KG)
- 09.10.2012: Vortrag beim K+S Seminar mit anschließendem Expertengespräch (Umfrage, LCA, Logistikumgebungen in allen Regionen)
- 11.10.2012 Experteninterview mit Herrn Bröring (Bröring Unternehmensgruppe)
- 25.10.2012: Experteninterview mit Herrn Elfrich (K+S)
- 30.10.2012: Experteninterview (via Telefon) mit Herrn Bursenbauch (ICL-Ludwigshafen)
- 06.11.2012: Experteninterview (via Telefon) mit Herrn Rühlicke (K+S)
- 14.11.2012: Experteninterview mit Herrn Himken (Yara)
- 20.11.2012: Experteninterview mit Herrn Reinersmann (Agravis Münster)
- 20.11.2012: Experteninterview mit Herrn Daum (Hochschule Osnabrück)
- 13.02.2013: Vortrag bei der Jahreshauptversammlung des Bundesverbands deutscher Düngermischer mit anschließendem Expertengespräch
- 05.09.2013: Vortrag vor dem Vorstandmitgliedern des Bundesverbands deutscher Düngermischer mit anschließendem Expertengespräch
- 25.10.2013: Vortrag bei der Jahreshauptversammlung der französischen Düngermischer (AFCOME) mit anschließendem Expertengespräch



## Anhang 2: Erläuterung zu den Expertenbefragungen

---

Erste Befragungsrunde: Experteninterviews als Einzelpersoneninterview. Diese sind generell wenig strukturiert, aber alle relevanten Fragen sollten in Vorhinein festgelegt werden um ggf. das Interview wieder in die richtige Richtung zu lenken.

Experteninterviews sind das richtige Mittel, wenn bei einem Untersuchungsgegenstand noch nicht alle Dimensionen klar umrissen sind und weitere Klärung notwendig sind.

Zeitraum, der i.d.R. abgedeckt wird: 10-50 Jahre, für die vorliegende Untersuchung sollte ein Zeitraum von 20 Jahren abgedeckt werden.

Für die Experteninterviews sollten 5-7 Personen aus jedem Teil der Wertschöpfungskette von Dünger einbezogen werden, allerdings wurden Landwirte bei dieser Runde ausgelassen:

- Produzenten-Sicht: Yara und K+S
- Produzenten/Mischer-Sicht: ICL-Fertilizer
- Mischer/Agrarhändler-Sicht: 2 Personen
- Wissenschaft/Forschung: eine Person

Grundrahmen: Veränderungen in Absatzmärkten im Bereich der Düngemittel/Mischdüngern sollen erfasst, bewertet und beurteilt werden

Leitfaden für die Experteninterviews:

- Verteilungseffekte
- Marktpreispolitik (Fördermittel/Subvention)
- Direktzahlung
- Region (in welche Region kann Deutschland heute und zukünftig aufgeteilt werden; wo und welche Veränderung sind zu erwarten)
- Web 2.0/Netzwerke/Internet
- Preisunsicherheit/Spekulation (Weltmarktpreis/Entwicklung)
- Preisvorhersagen/Produktionsentscheidung/Änderung in der Fruchtfolge/Agrarstruktur
- Produktion: Mengenvorhersage für Vorrats- und Produktionsentscheidungen
- Umweltfaktoren:
  - Witterungsabhängigkeit der Produktion:
  - Saisonalität des Angebotes
  - Mobilitätshemmnisse
- unelastische Nachfrage (Landwirt sind Preisnehmer)
- Verdrängung bestimmter Kulturen (neue Märkte/andere Absatzformen, Flächenkonkurrenz/Bioenergie)
- Getreidemarkt: Nachfragesog der Weltmärkte/knappe Versorgungsgrundlage
- Intensivierung der Landwirtschaft
- Andere Düngemittelformen (Nährstoffrecycling/ verbesserte org. Düngemittel)
- Klimawandel/Witterungsbedingung
- Preisvolatilität
- Ölpreisentwicklung (hohe Düngemittelpreise/Rohstoffverknappung)

- Änderung der Nahrungsgewohnheiten (in Entwicklungsländern wie Industrienationen; mehr Fleisch in den Entwicklungsländer, weniger „rotes Fleisch“, Zucker und Milchprodukte in den Industrienationen)
- Preisänderung in der Periode 2012-2021 (hoch genug, um Landwirte weltweit zu animieren, wieder Flächen in Produktion zu nehmen oder neue Flächen zu bewirtschaften)
- EU-Agrarpolitik/Umweltauflagen
- Abflachen der Ertragsteigerung auf weltweitem Niveau

Mögliche Zukunftsszenarien, die mit einem Experteninterview zusätzlich konkret abgefragt werden können:

- Hersteller bieten NPK für weniger Geld an, als die N-Einzelkomponenten
- Betriebsgrößen wachsen kontinuierlich, sodass sich in immer mehr Gebieten Direktvermarktung lohnt
- Konzentrations- und Spezialisierungsprozess bei Großhändlern/Landhändler (Verlust der Zweistufigkeit) bzw. Schaffung einer pseudo Zweistufigkeit, die auf beiden Stufen den gleichen Händler hat (direkte Tochtergesellschaften)
- Langfristig nur noch große Firmen mit finanzieller starkem Hintergrund (Handels Genossenschaften/Großhändler), die dann direkt an den Landhandel oder sogar direkt an die Landwirte verkaufen

## Anhang 3: 1. Fragebogen

---



### Wichtiger Hinweis zum Ausfüllen

Bei den meisten Fragen brauchen Sie lediglich eines der vorgegebenen Kästchen anzukreuzen:



oder Zahlen, z.B. Jahreszahlen, in die vorgegebenen Linie eintragen:


19\_\_/\_XX


Bei einigen offenen Fragen haben Sie die Möglichkeit, eine eigene Antwort zu formulieren. Bitte verwenden Sie nach Möglichkeit Blockschrift:

\_\_\_\_\_

Falls Sie einige Fragen kommentieren oder ausführlichere Antworten geben möchten, benutzen Sie hierfür die Rückseite oder beigefügtes Papier.

### Themengebiet: Mischdünger

|  | sehr<br>un-<br>wahr-<br>schein-<br>lich |  |                          |                          |                          |                          |                          | sehr<br>wahr-<br>schein-<br>lich |
|--|---|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 1. Mischdünger werden in den nächsten 10 Jahren einen deutlich höheren Marktanteil haben.  | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 2. Standardmischungen werden im Umfang bei den Mischdüngern weiter zunehmen.   | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 3. Mischdünger werden in Zukunft vor allem als <u>kulturspezifische</u> Mischungen angeboten.  | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 4. Mischdünger werden in Zukunft vor allem als <u>gebietspezifische</u> Mischungen angeboten.  | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 5. Aufgrund von steigenden Transportkosten, werden Mischdünger in Zukunft vor allem an Häfen und Umschlagplätzen produziert und dann weiter transportiert. | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |

|   | sehr<br>un-<br>wahr-<br>schein-<br>lich |  |                          |                          |                          |                          |                          | sehr<br>wahr-<br>schein-<br>lich |
|---|---|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 6. In Zukunft sind Landwirte bereit, längere Wege für passende Mischdünger in Kauf zu nehmen.                   | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 7. Zukünftig werden Mischdünger mit einer höheren Anzahl an unterschiedlichen Einzelnährstoffdüngern angeboten. | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 8. Der Absatz von NPK-Dünger wird in Deutschland weiter zurückgehen.  | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 9. Es werden in Deutschland weitere Düngermischanlagen installiert.   | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| Was glauben Sie, wird sich in den nächsten Jahren im Markt für Düngemittel und Mischdünger am stärksten ändern? |   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                                  |
|   |   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                                  |


**Themengebiet: Großhandel**

|   | sehr<br>un-<br>wahr-<br>schein-<br>lich |  |                          |                          |                          |                          |                          | sehr<br>wahr-<br>schein-<br>lich |
|---|---|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 10. Der Großhandel wird vermehrt <u>kulturspezifische</u> Mischungen aus eigenen Mischanlagen anbieten. | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 11. Der Großhandel wird vermehrt <u>gebietspezifische</u> Mischungen aus eigenen Mischanlagen anbieten. | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 12. Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende Finanzierungsfunktion übernehmen. | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 13. Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende Logistikfunktion übernehmen.      | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 14. Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende beratende Funktion übernehmen.    | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 15. Der Großhandel spielt zukünftig im Mischdüngergeschäft keine Rolle.                                 | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 16. Der Großhandel wird beim Absatz von Düngemitteln weiterhin eine große Rolle spielen.                | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 17. Die Großhandelsstufe wird in immer mehr Gebieten in Deutschland verschwinden.                       | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 18. Die Großhandelsstufe wird die Landhandels- und Genossenschaftsstufe verdrängen.                     | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| Wie glauben Sie wird sich der Großhandel in Zukunft entwickeln?   |   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                                  |
|   |   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                                  |

**Themengebiet: Klimawandel**

|   | sehr<br>un-<br>wahr-<br>schein-<br>lich |                          |                          |                          |                          |                          | sehr<br>wahr-<br>schein-<br>lich |
|---|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 19. Extreme Witterungsereignisse werden zunehmen.   | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         |
| 20. Die Düngung wird sich vermehrt an Klimaänderung (z.B. Trockenheit) anpassen müssen.                         | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         |
| 21. Der Temperaturanstieg führt zu höheren Erträgen und damit zu einem höheren Düngerbedarf.                    | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         |
| 22. Mischdünger können eine entscheidende Rolle in der Reduzierung von Treibhausgasen spielen.                  | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         |
| 23. Nährstoffe-Überhänge in Veredelungsregionen können vor allem über Mischdünger verringert werden.            | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         |
| 24. Zukünftig wird es mehr Mischdünger mit organischen (z.B. Heugranulate usw.) Bestandteilen geben.            | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         |
| 25. Der Einsatz von mineralischen Düngemitteln, besonders N und P, wird in Deutschland weiter eingeschränkt.    | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         |
| Was glauben Sie, wird die größte Herausforderung im Zuge des Klimawandels für die deutsche Landwirtschaft sein? |   |                          |                          |                          |                          |                          |                                  |
|   |   |                          |                          |                          |                          |                          |                                  |

**Themengebiet: Precision Farming/Neue Technologien**

|   | sehr<br>un-<br>wahr-<br>schein-<br>lich |  |                          |                          |                          |                          |                          | sehr<br>wahr-<br>schein-<br>lich |
|---|---|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 26. Precision Farming wird sich in Deutschland weiter durchsetzen.  | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 27. Durch Precision Farming wird der Markt für Mischdünger eingeschränkt.   | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 28. Precision Farming wird sich ausschließlich bei der N-Düngung durchsetzen.   | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 29. Die Grunddüngung wird weiterhin über Mischdünger erfolgen.  | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 30. Im Zuge des technologischen Fortschrittes wird es möglich sein, alle Nährstoffe über Precision Farming auszubringen.                        | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 31. Zukünftig können auch organische Nährstoffe über Precision Farming ausgebracht werden.  | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| 32. Precision Farming wird auch in Zukunft keine Konkurrenz für Mischdünger sein.   | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                                  |
| Was glauben Sie, wird in den nächsten Jahren der größte technische Fortschritt in der Landwirtschaft (in Bezug auf Düngung/Pflanzenbau) werden? |   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                                  |
|   |   |  |                          |                          |                          |                          |                          |                                  |



|  | Stimme ich<br>gar nicht zu |                          |                          |                          |                          |                          | Stimme<br>ich voll<br>und ganz<br>zu |
|--|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 33. Meine Firma/Organisation ist dafür bekannt, neue Technologie vor allen Mitbewerbern einzusetzen. | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| 34. Produkte und Dienstleistung, welche die neuesten Technologien nutzen, sind deutlich besser.      | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| 35. Neuere Technologien sind meist komplizierter, als ihr Nutzen.                                    | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| 36. Technologien geben mir mehr Kontrolle über mein Geschäft.  | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |


**Welche der folgenden Technologien aus dem Bereich Düngemittel-Forschung sind Ihnen bekannt?**

|                           | Bekannt                  | Unbekannt                |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Fertigation            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Stabilisierte N-Dünger | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. SERO                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Biofortifikation       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Cultan                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |


**Welche, der Ihnen bekannten, wird sich weiter im Markt durchsetzen können?**

|                              | In den nächsten<br>5 Jahren | In den nächsten<br>10 Jahren | In den nächsten<br>15 Jahren | <u>nie</u>               |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 1. Fertigation               | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |
| 2. Stabilisierte<br>N-Dünger | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |
| 3. SERO                      | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |
| 4. Biofortifikation          | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |
| 5. Cultan                    | <input type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> |


**Bitte bewerten Sie folgende Aussagen: Komplexdünger (NPKs)...**

|  | Stimme ich<br>gar nicht zu |  |                          |                          |                          |                          | Stimme<br>ich voll<br>und ganz<br>zu |
|--|----------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| erleichtern meine Arbeit                                     | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind einfach in der Handhabe                                 | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind preiswert   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind ein wesentlicher Bestand-<br>teil meiner Produktauswahl | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind einfach auszubringen                                    | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind für mich überflüssig                                    | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| lassen sich gut in jeder Kultur<br>einsetzen                 | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |

**Bitte bewerten Sie folgende Aussagen: Mischdünger (Bulk Blends)...**

|  | Stimme ich<br>gar nicht zu |  |                          |                          |                          |                          | Stimme<br>ich voll<br>und ganz<br>zu |
|--|----------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| erleichtern meine Arbeit                                     | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind einfach in der Handhabe                                 | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind preiswert   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind ein wesentlicher Bestand-<br>teil meiner Produktauswahl | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind einfach auszubringen                                    | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind für mich überflüssig                                    | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| lassen sich gut in jeder Kultur-<br>einsetzen                | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |

**Bitte bewerten Sie folgende Aussagen: Einzelnährstoffdünger...**

|  | Stimme ich<br>gar nicht zu |  |                          |                          |                          |                          | Stimme<br>ich voll<br>und ganz<br>zu |
|--|----------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| erleichtern meine Arbeit                                     | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind einfach in der Handhabe                                 | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind preiswert   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind ein wesentlicher Bestand-<br>teil meiner Produktauswahl | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind einfach auszubringen                                    | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| sind für mich überflüssig                                    | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |
| lassen sich gut in jeder Kultur<br>einsetzen                 | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>             |

Zum Schluss noch einige Angaben zu statistischen Zwecken:

Bitte geben Sie die ersten drei Ziffern Ihrer Postleitzahl an: \_\_\_\_\_XX

Geschlecht             männlich                       weiblich

Geburtsjahr            19\_\_

Wo arbeiten Sie **vor allem** in der Wertschöpfungskette von Düngemitteln?

- Produzent
- Großhändler
- Agrarhändler
  - mit eigener Mischanlage       ohne eigene Mischanlage
- Genossenschaft
  - mit eigener Mischanlage       ohne eigene Mischanlage
- Landwirt
- Beratung/Wissenschaft
- sonstiges, und zwar: \_\_\_\_\_

Welchen **beruflichen** Ausbildungsabschluss haben Sie? (Mehrfachnennung möglich)

- Noch in der beruflichen Ausbildung
- Keinen beruflichen Abschluss
- Beruflich-betriebliche Berufsausbildung (Lehre) abgeschlossen
- Beruflich-schulische Ausbildung (Berufsfachschule, Handelsschule, Vorbereitungsdienst für den mittleren Dienst in der öffentlichen Verwaltung) abgeschlossen
- Ausbildung an einer Fachschule der DDR abgeschlossen
- Ausbildung an einer Fach-, Meister-, oder Technikerschule, Berufs- oder Fachakademie abgeschlossen
- Fachhochschulabschluss (z. B. Diplom, Master, Bachelor)
- Universitätsabschluss (z. B. Diplom, Magister, Staatsexamen, Bachelor, Master)
- Promotion
- Einen anderen beruflichen Abschluss, und zwar: \_\_\_\_\_

Haben Sie noch weitere Anregungen, Fragen oder Bemerkung, die Sie uns für jetzt und für weitere Untersuchungen mit auf den Weg geben wollen?

Dann bedanken Wir und ganz herzlich bei Ihrer Mitarbeit und wünschen Ihnen ein erfolgreiches Düngerjahr 2013/2014.

## Anhang 4: 2. Fragebogen

---



**Wichtiger Hinweis zum Ausfüllen**

Bei den meisten Fragen brauchen Sie lediglich eines der vorgegebenen Kästchen anzukreuzen, hierbei wird Ihnen unter jedem Kästchen angegeben, wie viel Teilnehmer der letzten Umfrage diese Antwortmöglichkeit gewählt haben (anhand eines Balkens):

oder Zahlen, z.B. Jahreszahlen, in die vorgegebenen Linie eintragen:


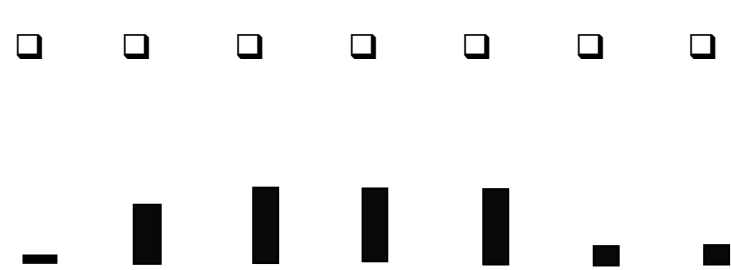
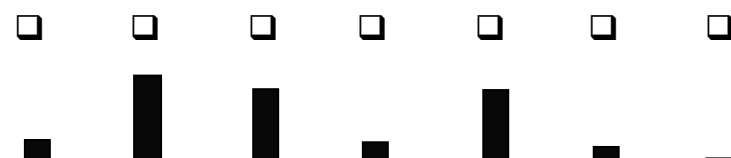
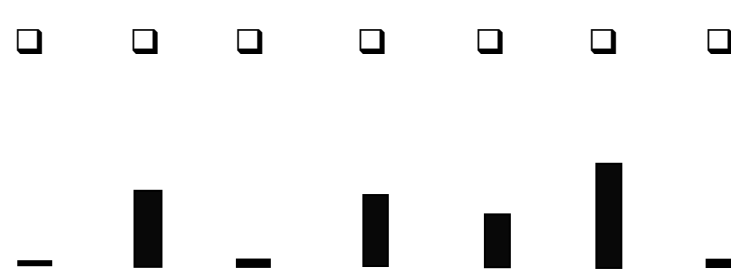
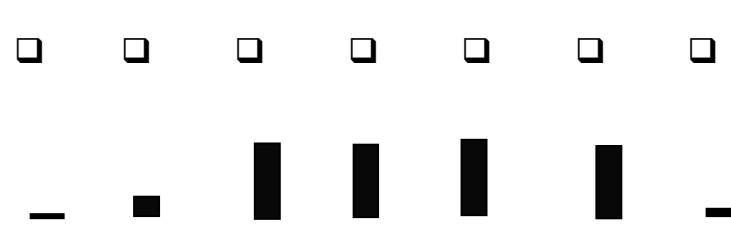


19\_\_/\_XX

Falls Sie einige Fragen kommentieren oder ausführlichere Antworten geben möchten, benutzen Sie hierfür die Rückseite oder beigefügtes Papier.


**Themengebiet: Mischdünger**

|   | sehr un-<br>wahr-<br>scheinlich |                          |                          |                          |                          |                          | sehr wahr-<br>scheinlich |
|---|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 37. Mischdünger werden in den nächsten 10 Jahren einen deutlich höheren Marktanteil haben.    | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| 38. Standardmischungen werden im Umfang bei den Mischdüngern weiter zunehmen.                 | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| 4. Mischdünger werden in Zukunft vor allem als <u>gebietspezifische</u> Mischungen angeboten. | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |

|  | sehr un-<br>wahr-<br>scheinlich  |  |                          |                          |                          |                          | sehr wahr-<br>scheinlich |
|--|--|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 5. Aufgrund von steigenden Transportkosten, werden Mischdünger in Zukunft vor allem an Häfen und Umschlagplätzen produziert und dann weiter transportiert. | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  |    |  |                          |                          |                          |                          |                          |
| 6. In Zukunft sind Landwirte bereit, längere Wege für passende Mischdünger in Kauf zu nehmen.  | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  |    |  |                          |                          |                          |                          |                          |
| 7. Zukünftig werden Mischdünger mit einer höheren Anzahl an unterschiedlichen Einzelnährstoffdüngern angeboten.  | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  |  |  |                          |                          |                          |                          |                          |
| 8. Der Absatz von NPK-Dünger wird in Deutschland weiter zurückgehen.   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  |  |  |                          |                          |                          |                          |                          |

## Themengebiet: Großhandel

|   | sehr un-<br>wahr-<br>scheinlich |                          |                          |                          |                          |                          |                          | sehr wahr-<br>scheinlich |
|---|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 10. Der Großhandel wird vermehrt <u>kulturspezifische</u> Mischungen aus eigenen Mischanlagen anbieten. | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |
| 11. Der Großhandel wird vermehrt <u>gebietspezifische</u> Mischungen aus eigenen Mischanlagen anbieten. | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |
| 12. Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende Finanzierungsfunktion übernehmen. | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |
| 13. Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende Logistikfunktion übernehmen.      | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |
| 14. Der Großhandel wird im Düngemittelmarkt zukünftig eine zunehmende beratende Funktion übernehmen.    | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |
| 16. Der Großhandel spielt zukünftig im Mischdüngergeschäft keine Rolle.                                 | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |

|   | sehr un-<br>wahr-<br>scheinlich |  |                          |                          |                          |                          |                          | sehr wahr-<br>scheinlich |
|---|---------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 17. Die Großhandelsstufe wird in immer mehr Gebieten in Deutschland verschwinden.   | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |
| 18. Die Großhandelsstufe wird die Landhandels- und Genossenschaftsstufe verdrängen. | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |



**Themengebiet: Klimawandel**

|  | sehr un-<br>wahr-<br>scheinlich |                          |                          |                          |                          |                          | sehr wahr-<br>scheinlich |
|--|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 21. Der Temperaturanstieg führt zu höheren Erträgen und damit zu einem höheren Düngerbedarf.                 | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| 22. Mischdünger können eine entscheidende Rolle in der Reduzierung von Treibhausgasen spielen.               | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| 23. Nährstoffe-Überhänge in Veredelungsregionen können vor allem über Mischdünger verringert werden.         | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| 24. Zukünftig wird es mehr Mischdünger mit organischen (z.B. Heugranulate usw.) Bestandteilen geben.         | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| 25. Der Einsatz von mineralischen Düngemitteln, besonders N und P, wird in Deutschland weiter eingeschränkt. | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |

## Themengebiet: Precision Farming/Neue Technologien

|  | sehr un-<br>wahr-<br>scheinlich |                          |                          |                          |                          |                          | sehr<br>wahr-<br>scheinlich |
|--|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 27. Durch Precision Farming wird der Markt für Mischdünger eingeschränkt.  | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| 28. Precision Farming wird sich ausschließlich bei der N-Düngung durchsetzen.  | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| 29. Die Grunddüngung wird weiterhin über Mischdünger erfolgen.   | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| 30. Im Zuge des technologischen Fortschrittes wird es möglich sein, alle Nährstoffe über Precision Farming auszubringen. | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| 31. Zukünftig können auch organische Nährstoffe über Precision Farming ausgebracht werden.                               | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| 32. Precision Farming wird auch in Zukunft keine Konkurrenz für Mischdünger sein.  | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |

Zum Schluss noch einige Angaben zu statistischen Zwecken:

Bitte geben Sie die ersten drei Ziffern Ihrer Postleitzahl an: \_\_\_\_\_XX

Geschlecht  männlich  weiblich

Geburtsjahr 19\_\_\_\_\_

Wo arbeiten Sie **vor allem** in der Wertschöpfungskette von Düngemitteln?

- Produzent
- Großhändler
- Agrarhändler
  - mit eigener Mischanlage  ohne eigene Mischanlage
- Genossenschaft
  - mit eigener Mischanlage  ohne eigene Mischanlage
- Landwirt
- Beratung/Wissenschaft
- sonstiges, und zwar: \_\_\_\_\_

Welchen **beruflichen** Ausbildungsabschluss haben Sie? (Mehrfachnennung möglich)

- Noch in der beruflichen Ausbildung
- Keinen beruflichen Abschluss
- Beruflich-betriebliche Berufsausbildung (Lehre) abgeschlossen
- Beruflich-schulische Ausbildung (Berufsfachschule, Handelsschule, Vorbereitungsdienst für den mittleren Dienst in der öffentlichen Verwaltung) abgeschlossen
- Ausbildung an einer Fachschule der DDR abgeschlossen
- Ausbildung an einer Fach-, Meister-, oder Technikerschule, Berufs- oder Fachakademie abgeschlossen
- Fachhochschulabschluss (z. B. Diplom, Master, Bachelor)
- Universitätsabschluss (z. B. Diplom, Magister, Staatsexamen, Bachelor, Master)
- Promotion
- Einen anderen beruflichen Abschluss, und zwar: \_\_\_\_\_

Dann bedanken Wir und ganz herzlich bei Ihrer Mitarbeit und wünschen Ihnen ein erfolgreiches Düngerjahr 2013/2014.