

## Optimale Düngung mit Phosphor und Kalium zu Mais

### Verfügbare Bodengehalte schlagbezogen berücksichtigen

Erhard Albert, Leipzig

In den letzten zwei Jahrzehnten wurde bei der mineralischen Düngung an den wichtigen Pflanzennährstoffen Phosphor und Kalium radikal gespart. Eine wesentliche Ursache hierfür waren zunehmende Düngerkosten und sinkende Produktpreise, wodurch sich die Rentabilität der Grunddüngung verschlechterte. Aber auch das unmittelbare Ausbleiben von Ertragsverlusten bei noch ausreichendem Bodenvorrat an P und K hat das drastische Sparen begünstigt.



(Foto: agrar-foto)

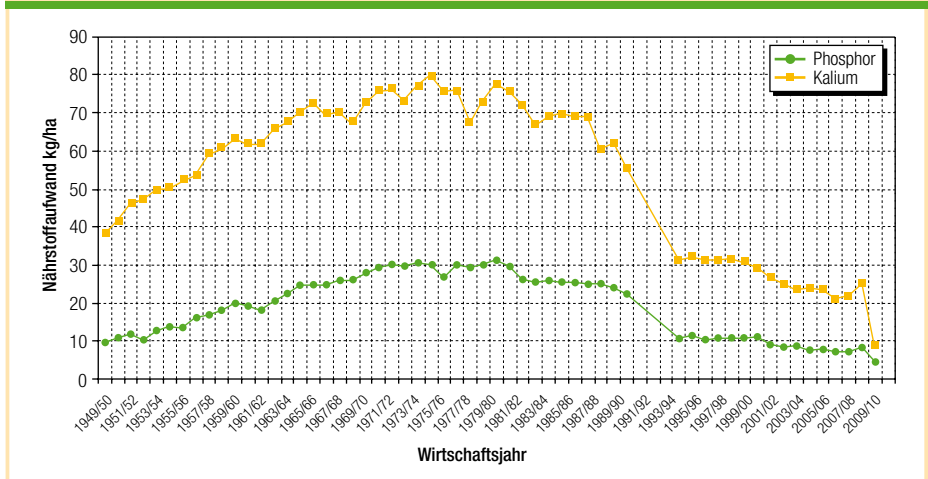
nahme an löslichen Nährstoffgehalten der Böden zu befürchten ist.

#### Bedeutung der Wirtschaftsdünger

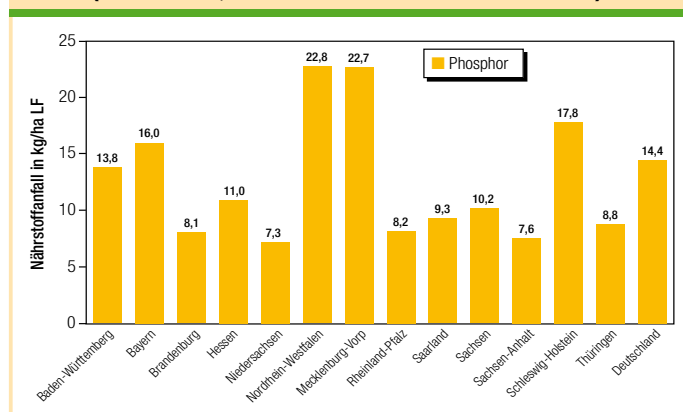
Neben der Mineraldüngung spielen die Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft bezüglich der Nährstoffzufuhr eine außerordentlich große Rolle. Wegen der stark reduzierten mineralischen Grunddüngung leisten sie seit Beginn der 1990er-Jahre den größten Beitrag zur PK-Zufuhr in der Landwirtschaft. Aktuell beträgt der Nährstoffanfall mit Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft im Bundesdurchschnitt 14,4 kg P/ha und 65,8 kg K/ha. Allerdings bestehen zwischen den einzelnen Bundesländern in Abhängigkeit von der jeweiligen Tierdichte erhebliche Unterschiede (Abb. 2 und 3). Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen weisen einen überdurchschnittlich ho-

Die heftigen Preisturbulenzen auf dem Düngemittelmarkt 2008/2009 haben zu einem weiteren starken Rückgang der Grunddüngung geführt. Die Folgen der reduzierten mineralischen Grunddüngung (Abb. 1) schlagen sich inzwischen messbar in den pflanzenverfügbaren Gehalten der Böden nieder, so dass immer häufiger Mangelsymptome an Pflanzenbeständen zu beobachten sind. Besonders betroffen sind die ostdeutschen Bundesländer. Hier dominieren seit Beginn der 1990er-Jahre negative P- und K-Bilanzsalden. Aber auch in stark ackerbaulich geprägten Regionen Westdeutschlands ist eine Verschlechterung der Bodenversorgung vielerorts zu registrieren. In Gebieten mit intensiver Tierhaltung hingegen sind die PK-Bilanzsalden trotz unterlassener bzw. stark reduzierter Mineraldüngung meist positiv, so dass hier keine Ab-

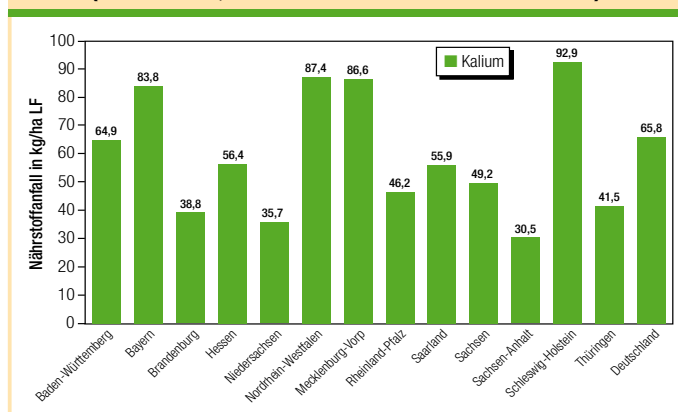
Abb. 1: Nährstoffaufwand aus Mineraldüngern in kg je ha landwirtschaftlich genutzter Flächen in Deutschland (Quelle: Statistisches Bundesamt)



**Abb. 2: P-Anfall mit Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft (2008/2009, Quelle: Statistisches Bundesamt)**



**Abb. 3: K-Anfall mit Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft (2008/2009, Quelle: Statistisches Bundesamt)**



hen P-Anfall mit Wirtschaftsdüngern auf. Bei Kalium sind hohe Werte in Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Bayern zu beobachten. Charakteristisch für die ostdeutschen Bundesländer ist der vergleichsweise geringe Nährstoffanfall mit Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft infolge der seit 1990 stark abgenommenen Tierdichten. Sachsen erreicht dabei noch die höchsten Werte. Umfangreiche Analysen auf der Basis von Schlagdaten zeigen, dass Wirtschaftsdünger oft weitgehend unabhängig vom verfügbaren Nährstoffgehalt des Bodens eingesetzt werden. Einerseits werden durch ein derartiges Düngungsverhalten Möglichkeiten der gezielten Anhebung schlecht versorgter Flächen vertan. Andererseits erfolgt nicht selten die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern auf Flächen, auf denen kein Düngbedarf an P und K besteht. Ein bedarfsorientierter Einsatz von Wirtschaftsdüngern würde einen wesentlichen Beitrag zur effizienten und umweltschonenden Nährstoffversorgung leisten.

**Mais hat hohe Ansprüche**

Mais stellt an die Nährstoffversorgung hohe Ansprüche. Vor allem während der Jugendentwicklung zeichnen sich die Maispflanzen durch ein ausgesprochen schlechtes Aneignungsvermögen für Phosphor und Kalium aus. Bei nicht ausreichender Bodenversorgung und unterlassener P-Zufuhr stellen sich schnell Mangelsymptome ein (Abb. 4). Derartige Bedingungen vermindern erheblich das Wachstum der Maispflanzen (Abb. 5). Das trifft besonders dann zu, wenn kühle Witterungsabschnitte im Frühjahr das Wurzelwachstum und damit die P-Aufnahme hemmen.

Aus vielen Versuchen ist bekannt, dass Mais bei niedrigen verfügbaren Bodengehalten mit starken Mehrerträgen auf die Düngung mit Phosphor und Kalium reagiert. Mehrerträge bis zu

40 Prozent wurden in Feldversuchen nachgewiesen. In mehrjährigen Gefäßversuchen wurde die Wechselwirkung zwischen den Bodengehalten und der P-Düngewirkung untersucht (Abb. 6). Den Ergebnissen zufolge wurden die Maiserträge bei sehr niedrigen P-Gehalten im Boden durch steigende P-Gehalte annähernd verdreifacht. Bei mittleren Bodengehalten fielen die Mehrerträge bereits bescheiden aus, während bei sehr hoher P-Versorgung kein gesicherter Ertragszuwachs zu beobachten war. Nach der Maisernte wurde die Beziehung zu den verfügbaren P-Gehalten des Bodens und dem Maisertrag untersucht. Aus Abbildung 7 wird ersichtlich, dass die verfügbaren Bodengehalte das Ertragsniveau stark beeinflussten. Die Maiserträge nahmen bis in den oberen Bereich der Gehaltsklasse C deutlich zu. Dabei war mit dem Anheben der P-Versorgung von Gehaltsklasse A zu B der größte Ertragszuwachs verbunden. Eine weitere Zunahme der P-Bodengehalte in die hohe und sehr hohe Versorgung verbesserten das Ertragsniveau nicht mehr. Die

**Abb. 4: Phosphor-Mangel bei Mais**



se Ergebnisse weisen auf die starke Abhängigkeit der Düngewirkung von den jeweiligen Bodengehalten hin. Auf Grund der starken Ertragsreaktion ist bei Mais die Wirtschaftlichkeit der Grunddüngung eher gegeben als beispielsweise bei Getreide.

**Düngung am Bedarf orientieren**

Das in vielen Eichversuchen abgeleitete Prinzip der Düngedarfsermittlung unter Beachtung von Bodenuntersuchungsergebnissen veranschaulicht Abbildung 8. Langfristiges Ziel ist es, durch eine bedarfsorientierte Grunddüngung die Gehaltsklasse C zu erreichen bzw. zu erhalten. Während bei hoher und sehr hoher Nährstoffversorgung die Düngung reduziert bzw. eingestellt werden kann, sollte bei sehr niedrigen und niedrigen verfügbaren Gehalten über Entzug gedüngt werden. Dabei ist es sinnvoll, die in den jeweiligen Fruchtfolgen angebauten Kulturen zu beachten. Einen hohen Anspruch an die Nährstoffversorgung stellen vor allem Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben, Ackerfutter und Raps. Diese Fruchtarten sind daher bevorzugt mit Grunddünger in optimaler Höhe zu versorgen. Wegen des guten Nährstoffaneignungsvermögens von Getreide kann am ehesten in getreideintensiven Fruchtfolgen zeitlich befristet bei der PK-Düngung gespart werden. Mit einem Absinken der verfügbaren Bodengehalte in den oberen Bereich der Gehaltsklasse B sind in der Regel noch keine Ertragsverluste verbunden. Grundsätzlich sind jedoch langfristig die Nährstoffabfuhr zu ersetzen, um die Fruchtbarkeit der Böden zu erhalten.

Neben der jeweiligen Bodenversorgung sind bei der PK-Düngedarfsermittlung die zu erwartenden Erträge zu berücksichtigen.

Mit steigenden Erträgen von Mais nehmen die Nährstoffabfuhr kontinuierlich zu (Tabelle). Bei einem mittleren Ertrag von 500 dt Frischmasse/

ha werden etwa 35 kg P/ha und 185 kg K/ha entzogen. In Abhängigkeit von der jeweiligen Bodenversorgung sind die auszubringenden Düngermengen durch Zu- und Abschläge entsprechend Abbildung 8 zu korrigieren. Besteht Düngbedarf, so sind P und K unmittelbar vor dem Maisanbau auszubringen.

Angesichts der Kosten-Erlös-Relation bei der Düngung sind alle Möglichkeiten zur Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit zu nutzen.

### Auf Nährstoffeffizienz achten

Das Beachten der aktuellen Bodenversorgung ist von grundsätzlicher Bedeutung für einen effizienten Düngereinsatz. Sie wird wie Analysen zeigen noch zu häufig bei der Düngemengeermittlung nicht ausreichend berücksichtigt. Weiteres pauschales Sparen verlagert die Düngungskosten in die Zukunft und kann zu beträchtlichen Ertragsverlusten und verminderter Ertragsqualität führen. Vor allem unter Stressbedingungen wie Trockenheit, Kälte oder Nässe trägt eine ausreichende Bodenversorgung zur Stabilität der Erträge bei.

Die Bodenreaktion spielt für die Verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden eine herausragende Rolle. Durch regelmäßige Kalkung sind standortspezifische optimale pH-Werte einzustellen. In diesem Bereich ist die P- und K-Wirkung am günstigsten. In sauren Böden kommt es zu einer schnellen Alterung der Phosphate, indem stabile Eisen- und Aluminiumphosphate gebildet werden. Auch bei hohen pH-Werten nimmt die Verfügbarkeit durch Bildung von Calciumphosphat ab.

Von der organischen Düngung geht eine positive Wirkung auf die Nährstoffverfügbarkeit aus. Sie fördert die biologische Aktivität und damit die Mineralisierung organischer Phosphate. Darüber hinaus bewirkt die Zufuhr organischer Materialien einen gewissen Schutz des verfügbaren



niedrig mittel hoch P-Gehalt des Bodens

Ziel: Ausreichend hohe Nährstoffgehalte im Boden

Abb. 5: Mais in Abhängigkeit von der P-Bodenversorgung bei unterlassener P-Düngung

### Mittlere Nährstoffabfuhr an P und K in Abhängigkeit vom Silomaisertrag

Frischmasse-Ertrag in dt/ha	Nährstoffabfuhr in kg/ha			
	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	K <sub>2</sub> O
400	28	64	118	180
500	35	80	185	225
600	42	96	222	270
700	49	112	259	315

Phosphors vor der Festlegung in schwerlösliche P-Verbindungen.

Dieser positive Effekt sollte gezielt zur Anhebung der Nährstoffversorgung bei niedrigen verfügbaren Bodengehalten genutzt werden. Vor allem großen Betrieben ist anzuraten, auch stallferne Schläge, die bislang keine organischen Dünger erhielten, künftig in die Düngungsplanung einzubeziehen. Die Verteuerung der Mineraldün-

ger erhöht den Wert organischer Dünger als wirksame Nährstoffträger und verbessert zudem ihre Transportwürdigkeit.

Phosphor und Kalium sind im Boden wenig beweglich. Aus diesem Grund ist es wichtig, durch Schaffung einer guten Bodenstruktur ein störungsfreies Wurzelwachstum zu ermöglichen. Bodenverdichtungen hingegen schränken das Wurzelwachstum ein und reduzieren dadurch die Nährstoffaufnahme. Sie sind daher unbedingt zu vermeiden bzw. zu beseitigen.

### Wann soll gedüngt werden?

Neben der bedarfsorientierten Bemessung der Düngermenge spielt auch der Zeitraum der Ausbringung eine wichtige Rolle. Auf guten, sorptionsstarken, nicht verarmten Böden können P und K durchaus im Rahmen der Frucht-

Abb. 6: Wirkung der P-Düngung auf den Ertrag von Mais in Abhängigkeit von dem P<sub>DL</sub>-Gehalt des Bodens (3-jährige Gefäßversuche)

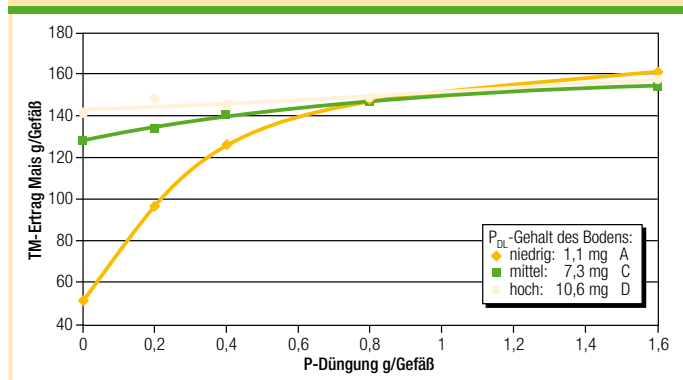
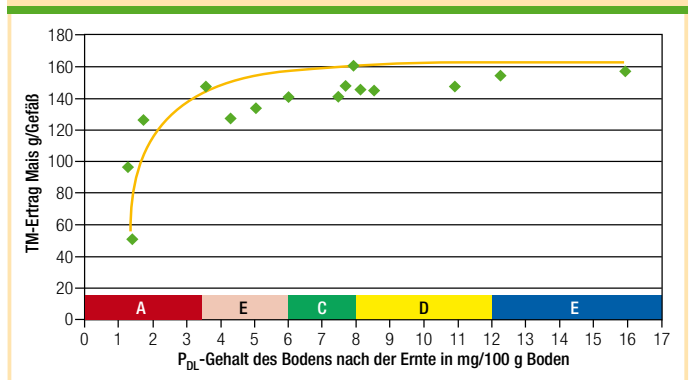
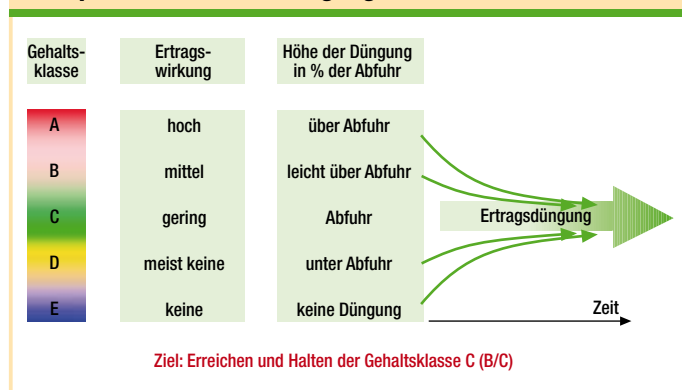


Abb. 7: Beziehung zwischen dem P<sub>DL</sub>-Gehalt im Boden nach der Ernte und dem Ertrag von Mais (3-jährige Gefäßversuche)



**Abb. 8: Düngungsstrategie zum Erreichen der optimalen Phosphor- und Kali-Versorgung**



**Abb. 9: P-Unterfußdüngung zu Mais fördert die Jugendentwicklung und die Ertragsbildung**

folge als zweijährige Vorratsdüngung, am besten auf die Getreidestoppel, verabreicht werden. Auf schlecht versorgten Standorten jedoch ist eine jährliche, möglichst über der Abfuhr liegende Düngung vorteilhaft. Dabei sind wasserlösliche Dünger wegen ihrer schnellen Wirkung zu nutzen. Die P-Wirkung von preisgünstigen teilaufgeschlossenen Düngern und auch von Fleischknochenmehl hingegen setzt verzögert ein und reicht bei akutem P-Mangel für ein optimales Pflanzenwachstum nicht aus. Zu beachten ist, dass die P-Verfügbarkeit der genannten Produkte mit ansteigenden pH-Werten des Bodens abnimmt. Daher ist ihre Ausbringung nur auf sauren und leicht sauren Standorten empfehlenswert.

Auf Verwitterungsböden ist eine jährliche P-Düngung im Frühjahr sinnvoll. Das trifft vor allem

für die geologischen Herkunft Gneis, Diabas, Granit, Keuper und Muschelkalk zu. Diese Standorte sind durch ein starkes P-Festlegungsvermögen und durch schnell ablaufende Alterungsprozesse gekennzeichnet. Mit der Frühjahrsdüngung steht der Phosphor der Pflanze zur Deckung des hohen Bedarfes während der Jugendentwicklung besser zur Verfügung.

Im Interesse eines effizienten P-Dünger-einsatzes wird es immer wichtiger, Applikationstechniken wie z. B. die Unterfußdüngung zu nutzen bzw. weiter zu entwickeln, um die Nährstoffverfügbarkeit während der Jugendentwicklung der Fruchtarten zu verbessern. Vor allem bei nass-kalter Witterung im Frühjahr und bei schlechter P-Versorgung des Bodens kommt die Vorteilswirkung der Unterfußdüngung besonders gut zum Tragen. Mais profitiert von einer frischen P-Düngung besonders stark (Abb. 9). Neben dem Ertrag wird der Trockensubstanzgehalt zur Ernte erhöht. Zunehmende Bodengehalte, wie sie in viehstarken Betrieben mit intensiver Gülledüngung typisch sind, vermindern allerdings den Ertragseffekt der P-Unterfußdüngung. Bei Gehaltsklasse E werden meist keine Mehrerträge realisiert, so dass auf sehr hoch versorgten Standorten auf eine Unterfußdüngung meist verzichtet werden kann.

Mais reagiert auch ausgesprochen positiv auf die Kalidüngung. Bei der Kali-Düngebedarfs-ermittlung sind neben der Ertragerwartung und der löslichen K-Bodengehalte, die vom jeweiligen Standort abhängige Nachlieferung, die Auswaschung sowie die mögliche Fixierung zu beachten. Auf K-nachliefernden Böden der geologischen Herkunft wie Löss, Keuper, Röt, Muschelkalk, Gneis, Diabas und oberer Buntsandstein kann in der Regel die K-Düngung reduziert werden. Auf leichten, diluvialen Böden und auf flachgründigen Standorten mit K-Auswaschung sowie auf bestimmten K-fixierenden Böden sind jedoch

im Interesse einer ausreichenden Pflanzenversorgung die K-Gaben zu erhöhen. Grundsätzlich wird empfohlen, die Bodenuntersuchung möglichst in kurzen Intervallen (3 bis 5 Jahre) durchzuführen, um die Auswirkungen der Düngung und der Bewirtschaftung auf den Nährstoffhaushalt des Bodens besser beurteilen zu können.

Viele Schläge weisen eine starke räumliche Variabilität in den verfügbaren Nährstoffgehalten, der Bodengüte und des Ertragsniveaus aus. Unter derartigen Bedingungen kann eine kleinräumige georeferenzierte Bodenbeprobung und eine darauf aufbauende Düngebedarfsermittlung zu einer wesentlich verbesserten Nährstoffeffizienz beitragen.

### Fazit

Die Nährstoffversorgung der Böden mit Phosphor und Kalium in Deutschland ist sehr differenziert und wird vor allem von der jeweiligen Tierdichte bestimmt. Während Ackerbaubetriebe meist Nährstoffdefizite aufweisen, sind Gebiete mit intensiver Viehhaltung in der Regel überversorgt. Im Interesse eines effizienten Nährstoff-einsatzes sind die verfügbaren Bodengehalte schlagbezogen bei der Düngebedarfsermittlung zu berücksichtigen. Wirtschaftsdünger und Sekundärrohstoffdünger als preisgünstige Nährstoffquellen sollten gezielt zur Verbesserung der Nährstoffversorgung genutzt werden.

Die Unterfußdüngung zu Mais begünstigt Wachstum und Qualität besonders bei nicht optimalen verfügbaren Bodengehalten und unter Stressbedingungen. Auf heterogenen Standorten verbessert die teilschlagspezifische Grunddüngung die Nährstoffeffizienz.

Dr. habil. Erhard Albert, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 71, Pflanzenbau, Nachwachsende Rohstoffe, 04159 Leipzig, Tel.: 0341-9174 182, Fax: 0341-9174 189, E-Mail: erhard.albert@smul.sachsen.de, www.smul.sachsen.de/ifuig

**mais**

**Die Fachzeitschrift für den Maisanbauer**

**Herausgeber:**  
Deutsches Maiskomitee e. V. (DMK), Clemens-August-Straße 54, 53115 Bonn, Telefon 0228 926580, Telefax 0228 9265820, E-Mail: dmk@maiskomitee.de, Internet: www.maiskomitee.de

**Schriftleitung:**  
Dr. Helmut Meßner (verantwortlich), Dipl.-Ing. agr. Jürgen Rath, Dr. Susanne Kraume, Clemens-August-Str. 54, 53115 Bonn, Telefon 0228 926580, Telefax 0228 9265820.

**Sekretariat:**  
Brigitte Völkner, Beatrix Weiß-Rehberger, Bonn

**Verlag:**  
**DLG AgroFood**  
medien gmbh

Clemens-August-Str. 12-14, 53115 Bonn  
Postfach 22 66, 53012 Bonn  
Telefon: 0228 96 94 23-0,  
Telefax: 0228 63 03 11  
E-Mail: info@dlg-agrofoodmedien.de

2010