Mais Anbauplaner

ZUKUNFT SÄEN
SEIT 1856

KWS

Inhalt

4 **Erfolgreich durch das Maisjahr**

6 **1. Sortenwahl**

16 **2. Standortansprüche**
16 2.1 Boden und Bodenbearbeitung
28 2.2 pH-Wert
31 2.3 Temperaturanspruch
36 2.4 Wasseranspruch
37 2.5 Fruchtfolge

38 **3. Aussaat**
38 3.1 Aussaatzeitpunkt
39 3.2 Ablagetiefe
40 3.3 Unterfußdüngung
44 3.4 Wahl des Reihenabstandes
48 3.5 Bestandesdichte
50 3.6 Saatgutbedarf
52 3.7 Kontrolle der Aussaatstärke und der Bestandesdichte
54 3.8 Auswirkungen zu hoher Fahrgeschwindigkeiten
54 3.9 Prüfliste für den Einsatz des Sägerätes
56 3.10 Ursachen für einen mangelnden Feldaufgang

60 **4. Entwicklungsstadien**

66 **5. Bestandesführung**
66 5.1 Nährstoffentzüge und -verlauf
72 5.2 Einzelnährstoffe
84 5.3 Die Nährstoffversorgung mit organischen Wirtschaftsdüngern
86 5.4 Beizschutz
88 5.5 Pflanzenschutz
94 5.6 Insektizideinsatz

96 **6. Nährstoffmangelsymptome**

104 **7. Krankheiten und Schädlinge**
104 7.1 Pilzkrankheiten
112 7.2 Schädlinge

120 **8. Ihre KWS Berater vor Ort**

Erfolgreich durch das Maisjahr

In Deutschland ist Mais seit Jahrzehnten ein wesentlicher Bestandteil der Landwirtschaft. Neben Silomais zu Futterzwecken, Körnermais für die Nahrungsmittelerzeugung und Verfütterung hat sich der Einsatz von Energiemais zur Erzeugung regenerativer Energien seit Jahren etabliert. Die Produktionstechnik wurde seit Jahrzehnten erforscht und ermöglicht einen ertragreichen, ökonomisch und ökologisch sinnvollen Anbau dieser Kultur. Neue Entwicklungen aus Technik, Wissenschaft und Forschung geben jedoch Jahr für Jahr Anlass für neue Studien und eine weitere Verfeinerung des Maisanbaus.
Neben weitgehend nicht steuerbaren Witterungseinflüssen lassen sich Fehler bei der Aussaat, Schäden durch den Einsatz von Dünger und Pflanzenschutzmittel sowie Nährstoffmangelsituationen durch eine gezielte Bestandesführung vermeiden. In dieser Broschüre werden wesentliche Elemente des erfolgreichen Maisanbaus in kurzer Form dargestellt.

Der vorliegende Anbauplaner soll als hilfreicher Ratgeber rund um den Maisanbau unterstützen und grundlegende Fragen klären. Bei Fragen steht Ihr persönlicher KWS Berater zur Verfügung und hilft Ihnen jederzeit gerne weiter.

Vertrauen Sie auf einen erfahrenen Partner!
Vertrauen Sie auf KWS!

1. Sortenwahl

Die Sortenwahl gehört beim Mais zu den wichtigsten ertrags- und qualitätsbeeinflussenden Faktoren. Um die ideale Sorte für Ihren Betrieb zu finden, sind **Standort** und **betriebliche Anforderungen** genau zu hinterfragen.

Folgende Faktoren sind bei der **Standortfrage** zu klären:

- Angebot an Wärme im Laufe der Vegetation
- Erwärmung des Standortes im Frühjahr
- Menge an Niederschlag während der Vegetation bzw. pflanzenverfügbare Wassermenge im Lauf der Vegetation
- Auftreten von Krankheiten

Die Jugendentwicklung des Maises hat einen großen Einfluss auf die gesamte Vegetationsperiode. Besonders auf Böden, die sich im **Frühjahr** langsam erwärmen und hohe Schwankungen der Tages- und Nachttemperaturen aufweisen, ist auf eine gute Kältetoleranz und Jugendentwicklung der Sorten zu achten.

Das Angebot an **Wärme** bestimmt die Wahl der Reifezahl. Es sollten stets Sorten gewählt werden, die sicher abreifen und das Ertragspotenzial ausschöpfen. Dies sichert die Qualität des Erntegutes. Zudem kann die Bestellung der Folgefrucht zeitgerecht erfolgen und die Gefahr der Schädigung des Bodens durch ungünstige Witterungsverhältnisse bei der Ernte sinkt. Beim Maisanbau auf Grenzstandorten (Höhenlagen, kalte Standorte) sind Sorten aus dem frühen Reifebereich mit zügiger Jugendentwicklung im Frühjahr und sicherer Abreife im Herbst zu empfehlen.

Ein mangelndes **Wasserangebot** begrenzt die Ertragsfähigkeit. Stresstolerante Sorten sind ein Muss, um dennoch hohe Erträge zu erzielen.

Für den Anbau und die Sortenplanung ist es wichtig, den Standort realistisch einzuschätzen. Die Berücksichtigung der Bodengüte ist ein wesentlicher Schritt zum erfolgreichen Maisanbau. Auf kalten, schweren Böden sollte eine höhere Aussaatstärke gewählt werden, da aufgrund der ungünstigeren Bedingungen nicht jedes ausgesäte Korn aufläuft. Sorten mit einer sehr guten Jugendentwicklung sind hier zu bevorzugen. Auf leichten, sandigen Standorten kann mit einer gezielten Sortenwahl und einer Reduktion der Bestandesdichte der Grundstein für einen erfolgreichen Maisanbau gelegt werden.

Je nach Region und Verwertungsrichtung spielen Toleranzen gegen unterschiedliche **Krankheiten** eine wichtige Rolle. Zu nennen sind hier vor allem Toleranzen gegen Kolben-, Stängelfusarien und Blattkrankheiten. **Kolbenfusarium** birgt die Gefahr der Produktion von Mykotoxinen, **Stängelfusarium** beeinflusst die Standfestigkeit und somit die Ertragssicherheit der Sorten. Gebiete mit hoher Luftfeuchte und hohen Temperaturen (Nebellagen, Nähe zu Gewässer) sind potenzielle Befallsgebiete für Pilzkrankheiten wie **Exserohilum turcicum und Cochliobolus carbonum**. Blattkrankheiten führen zu einem Verlust von Assimilationsfläche, zu vorzeitiger Abreife der Bestände und als Konsequenz zu Ertragsverlusten. Tolerante Sorten weisen einen sehr gesunden Blattapparat auf und können somit das Ertragspotenzial ausschöpfen.

Mit der Sortenwahl kann zudem individuell auf den Zeitpunkt und Zeitraum der Ernte reagiert werden. Als Folge der intensiven züchterischen Bearbeitung können hinsichtlich des Abreifeverhaltens folgende Sortentypen unterschieden werden:

Das wesentliche Merkmal einer **Stay-green-Sorte** ist ihre bis zur Kornreife grün bleibende Restpflanze, die eine gute Widerstandsfähigkeit gegenüber Stängelfäule-Erregern besitzt und das Risiko einer raschen Verstrohung verringert. Bei entsprechenden Standortbedingungen kann der mögliche Stärkezuwachs voll ausgeschöpft werden. Zudem weisen derartige Sorten ein wesentlich längeres Erntefenster auf. Die Pflanzen sind über einen relativ langen Zeitraum erntefähig, Arbeitsspitzen können entschärft werden.

Ein deutlich anderes Abreifeverhalten zeichnet eine **Dry-down-Sorte** aus. Die Restpflanze weist eine rasche Abreife auf. Dies erfordert eine genauere Beobachtung des Reifezustandes, um den optimalen Erntetermin zu treffen. Jedoch sind diese Sorten klar im Vorteil, wenn es sich um ungünstigere Anbaulagen, Übergangslagen oder nasskalte Jahre handelt. Unter diesen Umständen reifen Dry-down-Sorten sicher ab.

Harmonisch abreifende Maissorten zeigen eine gleichmäßige Abreife der Restpflanze und des Kolbens. Diese Sortentypen weisen ein ausreichend breites Erntefenster auf, kommen auf den verschiedensten Anbaulagen und mit unterschiedlichsten Witterungsbedingungen bestens zurecht.

Besondere Kriterien der Sortenwahl für die Silomaisnutzung

Für **Betriebe mit Flächenknappheit** zählt der Energieertrag pro Hektar, um größtmögliche Erträge pro Flächeneinheit zu realisieren und somit die Futterkosten gering zu halten.
In einer **maisbetonten Ration** ist darauf zu achten, dass kein Überangebot an Stärke mit den möglichen negativen Folgen einer Pansenazidose auftritt. Silomaissorten mit mittleren Stärkegehalten können auch bei hohen Maisanteilen in der Ration eingesetzt werden.

In **grasbetonten Rationen** ist ein Überschuss an Eiweißfraktionen im Futter vorhanden. Nur bei ausreichend schnell umsetzbaren Kohlenhydraten können die zur Verfügung stehenden Stickstoffverbindungen in Mikrobenwachstum umgesetzt werden. Maissilage ist der ideale Rationspartner. Sorten mit hohen Stärkegehalten sind zu bevorzugen. Eine andere Möglichkeit besteht auch darin, einen Hochschnitt bei hochertragreichen Sorten anzuwenden. Durch diese Flexibilität hochertragreicher Sorten kann auf ein unterschiedliches, witterungsbedingtes Angebot an Grassilage und Maissilage betriebsindividuell reagiert werden.

Besondere Kriterien der Sortenwahl für die Körnermaisproduktion

Eine optimale Körnermaissorte zeichnet sich dadurch aus, dass sie hohe Erträge, Stresstoleranz, Ertragsstabilität, hohe **Korn-TS-Gehalte** und eine gute Druschfähigkeit in sich vereint.
In Zeiten hoher Energiepreise senken hohe TS-Gehalte die Trocknungskosten spürbar, wodurch sich die Marktleistung pro Hektar erhöht. Eine gute Druschfähigkeit senkt die Anteile an Bruch und Staub, der Anteil an marktfähiger Ware erhöht sich. Zudem ermöglichen diese Sorten auch bei widrigen Erntebedingungen (höhere TS-Gehalte) eine verlustfreie Ernte der Körner.

Ein besonderes Augenmerk ist auch auf die Standfestigkeit zu legen. Eine sehr geringe Anfälligkeit gegenüber **Stängelfäule** ist vor allem dann wichtig, wenn infolge eines nassen Herbstes der Körnermais sehr lange auf dem Feld verbleibt.

Zusätzliche Anforderungen für die Nutzung in Biogasanlagen

Die Erzeugung von Biogas erfordert den Einsatz besonders geeigneter Sorten. Ziel muss es sein, einen „optimalen“ Energiemais mit hohen Trockenmasseerträgen und hoher Verwertbarkeit in die Biogasanlage zu geben.
Bei der Sortenwahl für die ausschließliche Verwendung in der Biogasanlage sind grundlegend unterschiedliche Anforderungen von Wiederkäuern und Biogasanlagen zu berücksichtigen:

Wiederkäuer

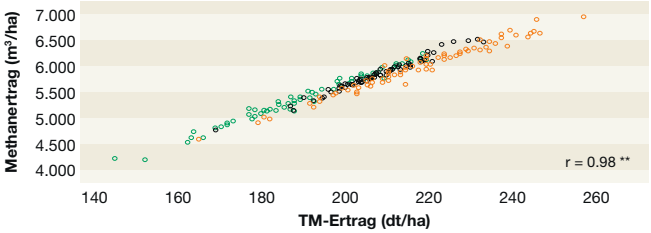
- **schnelle Verdauung** innerhalb weniger Stunden
- Stärke zu fast 100 % verdaulich
- **pansenstabile Stärke** von Mais ist besonders wertvoll
- daher ist **Stärke wichtigster Energieträger**

Quelle: MT Energie

Während in der Wiederkäuerfütterung die Stärke eine besonders hochwertige Energiequelle darstellt, ist deren Bedeutung in der Biogasanlage nicht so hoch. Hier ist das vorrangige Ziel, eine hohe Flächeneffizienz und damit eine ökonomische Methanproduktion zu erreichen. Die Methanerträge werden sehr stark von den Gesamttrockenmasseerträgen beeinflusst, wohingegen die Stärkegehalte keinen Einfluss auf die Flächeneffizienz in der Erzeugung von Maissilage für die Biogasnutzung haben.

Umfangreiche Untersuchungen an der Universität Hohenheim haben gezeigt, dass die Methanausbeute unterschiedlicher Maissorten sich lediglich aufgrund abweichender Ligningehalte in geringem Maße unterscheidet. Es gibt jedoch keinen Einfluss der Methanausbeute je kg TM auf die Flächeneffizienz, wobei der Gesamttrockenmasseertrag mit anzunehmender Sicherheit zu einem hohen Methanertrag pro Hektar führt.
Als einziges Züchterhaus betreibt KWS ein eigenständiges Zuchtprogramm für Energiemais. Das Hauptaugenmerk dieses Energiemais-Zuchtprogramms liegt bewusst auf einer gezielten Steigerung der Gesamttrockenmasseerträge, bei gleichzeitig hoher Stresstoleranz und sicherer Abreife.

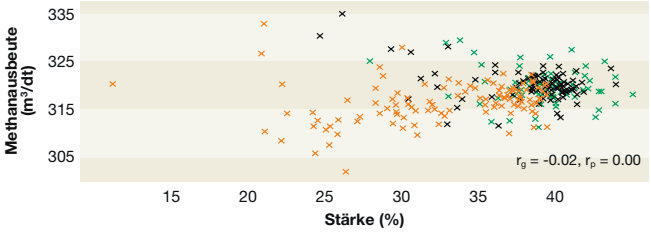
Beziehung zwischen dem Methanertrag und Gesamttrockenmasseertrag



Quelle: Grieder, et al., 2011

Ein höchster Gesamttrockenmasseertrag ist damit der ausschlaggebende Faktor für einen hohen Methanertrag je Hektar.

Beziehung zwischen der Methanausbeute und dem Stärkegehalt



Quelle: Grieder, et al., 2011

Der Stärkegehalt ist somit völlig irrelevant für die Methanausbeute.

Darüber hinaus bieten wir Informationen zu den unterschiedlichsten Themen rund um Mais an. Informationen, welche Sorte für Ihre Anforderungen die richtige ist, erhalten Sie in den Sortenfaltblättern, unter **www.kws.de** oder bei Ihren regionalen KWS Beratern. Fordern Sie kostenlos unsere Informationsbroschüren an.

2. Standortansprüche

2.1 Boden und Bodenbearbeitung

Für den Landwirt stellt der Boden den wichtigsten Produktionsfaktor dar. Diesen zu erhalten ist gleichzusetzen mit der Wirtschaftlichkeit des Betriebes.

Als wärmeliebende, aus tropischen Regionen stammende Kulturpflanze stellt Mais besondere Ansprüche. Die Anforderung an eine rasche Erwärmung im Frühjahr ist dabei besonders hoch. Hohe Bodentemperaturen ermöglichen eine rasche Keimung, einen hohen Feldaufgang und eine rasche Jugendentwicklung, welche eine gute Unkrautunterdrückung bewirkt. All diese Auswirkungen spiegeln sich in letzter Konsequenz im Ertrag und der Qualität wider.

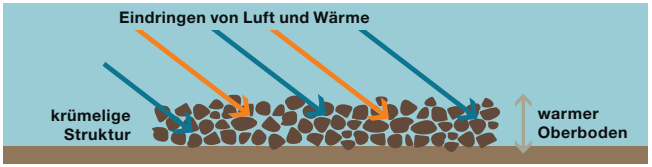
Vor- und Nachteile der verschiedenen Bodenarten:

Bodenart	Vorteile	Nachteile
leicht	Erwärmung Bearbeitbarkeit	Wasserverfügbarkeit Nährstoffverlagerung
mittel	Wasser, Nährstoffe, Bearbeitbarkeit	–
schwer	Wasser, Nährstoffe	langsame Erwärmung, Verkrustungen, Verdichtungen
Moorböden	Wasser	langsame Erwärmung, Spätfroste, pH-Wert
staunasse, verdichtete Böden	–	langsame Erwärmung, langsame Mineralisation, ungünstige Krümelstruktur

Quelle: eigene Darstellung

Um eine rasche Erwärmung des Bodens im Frühjahr zu erreichen, muss der Boden **locker, verdichtungsfrei und krümelig** sein. Bei der Saatbettbereitung und der Aussaat ist auf die Befahrbarkeit der Böden und zudem auf eine gute **Rückverfestigung** zu achten.

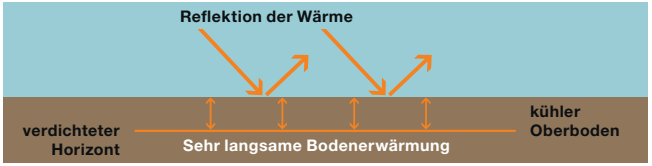
Bodenbeschaffenheit für ideale Startbedingungen



Quelle: eigene Darstellung

Verdichtete, staunasse Böden, die eine rasche Erwärmung im Frühjahr verhindern und die notwendige intensive Durchwurzelung und Nährstoffversorgung nicht gewährleisten, sind für den Maisanbau wenig geeignet.

Beispiel schlecht strukturierter Böden



Quelle: eigene Darstellung

Verdichteter Boden neigt zur Verschlämmung, Niederschläge versickern sehr langsam und Erosionen nehmen zu. Die unsichtbaren Schäden sind jedoch in ihren Auswirkungen viel gravierender. Verdichtungen führen zu Sauerstoffmangel im System Boden, reduzieren die biologische Aktivität der Mikroorganismen und stören empfindlich die Mineralisation. Das Wurzelwachstum der Pflanzen ist aufgrund der hohen Dichte nur eingeschränkt möglich. Zudem ist der kapillare Aufstieg des Bodenwassers unterbrochen. Die Zerstörung der Grobporen bewirkt eine sehr langsame Erwärmung des Bodens. Bodenverdichtungen beeinflussen die Entwicklung des Wurzelsystems und somit die Aufnahme von Nährstoffen und Wasser. Nährstoffmangel zeigt sich beim Mais durch Kümmerwuchs und/oder Verfärbungen am Blattapparat. Dies mündet letzten Endes in einer Einschränkung der Pflanzenentwicklung und in deutlichen Mindererträgen.

Auf **mittleren** und **schweren Böden** sind hauptsächlich Verdichtungen im Bereich der Pflugsohle festzustellen. Diese können durch einen intensiven, tief lockernden Zwischenfruchtanbau oder gezieltes, mechanisches Tiefenlockern behoben werden. Auf **leichten** Böden sind vor allem Verdichtungen im Unterboden (unterhalb der Pflugsohle) anzutreffen. Diese Art der Verdichtungen können kurzfristig durch tiefgründiges Lockern behoben werden. Nach der Beseitigung besteht jedoch die Gefahr, dass es zu einer erneuten Festlagerung kommt. Um dies zu vermeiden, muss das durch Lockern geschaffene, künstliche Bodengefüge stabilisiert werden. In erster Linie tragen dazu bodenschonende Bereifungen, eine Steigerung des Humusgehaltes durch **Zwischenfrüchte**, organische Dünger und die Einstellung des richtigen pH-Wertes bei. Zudem ist explizit auf die Tragfähigkeit der Böden bei der Bearbeitung zu achten.

Pflugeinsatz

Der Pflugeinsatz bedeutet auf der einen Seite nachteilige Wirkungen auf die Zusammensetzung und die Anzahl der Lebewesen im Boden, eine erhöhte Erosionsgefahr und nicht zuletzt relativ hohe Kosten bei der Durchführung. Auf der anderen Seite bringt der Pflug viele Vorteile mit sich. Die sorgfältige Einarbeitung der Erntereste, phythosanitäre Effekte, Zerstörung der Lebensgrundlage von Krankheiten und Schädlingen und eine Unterbrechung der „grünen Brücke“ sind nur einige positive Effekte. Um die Frostgare zu nutzen, bietet sich

der Einsatz des Pfluges bereits im Herbst an. Zudem ermöglicht die Herbstfurche ein gut abgesetztes Saatbett und einen raschen Abbau der Erntereste. Schwere, tonige Böden bieten sich für eine Herbstfurche an, da die Gefahr der Verschlämmung geringer ist und eine Frostgare die Saatbettbereitung erleichtert. Bei Frühjahrstrockenheiten lassen sich im Herbst gepflügte Flächen leichter bearbeiten. Der kapillare Wasseraufstieg und somit die Wasserversorgung des Saatkorns und der jungen Pflanzen ist deutlich besser. Bei Böden, die stark zur Verschlämmung und Festlagerung neigen (schluffreiche Böden), reduziert eine Frühjahrsfurche die Gefahr von Verschlämmung und Erosion. Die Bodenfeuchtigkeit muss durch ein gutes, sofortiges Rückverfestigen gesichert werden. Der Einsatz des Pfluges sollte nur auf genügend abgetrockneten, tragfähigen und nicht zu kalten Böden erfolgen.

Maisanbau mit Zwischenfrüchten

Bei stärkerer Erosionsgefahr haben sich verschiedene Säverfahren in Kombination mit einem Zwischenfruchtanbau bewährt. Die oberirdischen, abgefrorenen oder abgespritzten Pflanzenteile bieten einen guten Bodenschutz. Besonders auf durchlässigen Böden besteht die Gefahr der Nitratverlagerung, wenn die Bedingungen für die Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffes günstig sind und wenn Herbst- und Winterniederschläge die Sickerwasserbildung im Boden verstärken. Durch den Anbau von Zwischenfrüchten kann ein großer Teil dieses Stickstoffs biologisch gebunden werden. Nachfolgende Kulturen können dann von diesem Nährstoffvorrat profitieren.

Mulchsaatverfahren

Die Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung (Mulchsaat) haben sich in den letzten Jahren stark verbreitet. Viele Versuche beweisen, dass die Maiserträge von Mulchsaatbeständen auf gleichem Niveau mit denen der konventionell bestellten Bestände liegen. Bei einer **Mulchsaat mit Bodenbearbeitung** sind die Rückstände meist sehr gut zerkleinert und in den Oberboden eingearbeitet. Die üblicherweise eingesetzten Säschare können ohne Probleme eingesetzt werden. Sind größere Mulchmengen vorhanden, sollte auf Schneidscheiben zurückgegriffen werden. **Mulchsaat ohne Bodenbearbeitung** erfordert den Einsatz eines Sägerätes mit Schneidscheiben und einer einstellbaren Scharbelastung.

Misserfolge lassen sich häufig durch eine unzureichende Vorbereitung der Mulchsaat erklären. Folgende Fehler sollten vermieden werden:

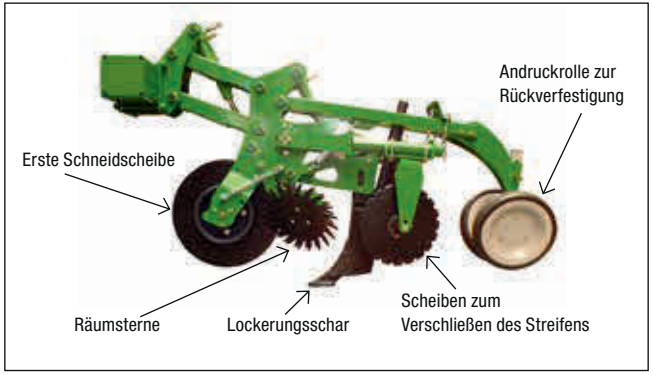
- ungleichmäßige Verteilung von Strohhäcksel der Vorfrucht
- zu üppige bzw. zu schwache Zwischenfruchtbestände
- unebene Ackerfläche; Zwischenfrucht auf raue Furche gesät
- Verzicht auf Totalherbizid bei stärkerer Verunkrautung
- Boden und Mulchmaterial bei Saat zu feucht
- zu feine bzw. zu tiefe Saatbettbereitung
- Verzicht auf Unterfußdüngung
- zu hohe Fahrgeschwindigkeit bei der Aussaat
- ungeeignete Sägeräte (Schardruck, Räumwirkung)
- Standorteignung nicht berücksichtigt:
  - → auf leichten Böden oft sehr dichte Lagerung, daher ist eine tiefere Lockerung meist besser
  - → auf mittleren Böden ist Mulchsaat mit Saatbettbereitung meist günstig
  - → auf Tonböden ist oft Mulchsaat ohne Saatbettbereitung sinnvoll

Bodenbearbeitung in Streifen – eine Chance für den Maisanbau?

Das Thema Streifenbodenbearbeitung (Strip-Till) wird seit der Agritechnica 2011 in Deutschland stark diskutiert. Viele Hersteller von Bodenbearbeitungsgeräten setzen neben den herkömmlichen Bodenbearbeitungsgeräten auch auf Strip-Till – handelt es sich hierbei nur um einen Trend oder kombiniert diese Art der Bodenbearbeitung viele Vorteile verschiedener anderer Verfahren miteinander?

Betrachtet man die Strip-Till-Geräte verschiedener Hersteller so ist der Aufbau bzw. die Anordnung der verschiedenen Werkzeuge vergleichbar. Eine erste Scheibe öffnet den späteren Streifen und durchtrennt organisches Material, Räumsterne räumen Kluten und organisches Material zur Seite. Danach folgt ein Lockerungsschar, welches ebenfalls eine Applikation von Gülle oder granuliertem Dünger ermöglicht, darauf folgen Werkzeuge zum Schließen des Streifens, hier wird oftmals ein kleiner Damm geformt. Zum Abschluss sorgt eine Andruckrolle für eine Rückverfestigung des bearbeiteten Schlitzes. Die Strip-Till-Maschinen bearbeiten nur einen ca. 20-25 cm breiten Streifen des Bodens – der übrige Teil bleibt in seinem Gefüge und seiner Struktur unbearbeitet.

Aufbau eines Strip-Till-Gerätes



Quelle: geändert nach Amazonen Werke, 2014

Vor- und Nachteile des Strip-Till Verfahrens

Mais benötigt für einen zügigen Feldaufgang eine Bodentemperatur von 8-10 °C in 5 cm Bodentiefe. Eine Lockerung sorgt für ein gutes, schnelles Abtrocknen und eine gleichmäßige Erwärmung des Bodens. Vergleicht man das Strip-Till-Verfahren mit herkömmlichen Direktsaat-, Mulch- oder Pflugsaatverfahren sprechen folgende Fakten für eine Bodenbearbeitung in Streifen:

- Mulchmaterial verbleibt an der Bodenoberfläche.
  - → Aktiver Erosionsschutz, besonders in Hanglagen
  - → Verdunstungsschutz, bevor der Mais die Reihen geschlossen hat
- Der Boden wird gelockert – dort wo es nötig ist.
  - → Praxiserfahrungen zeigen, dass die Bodentemperatur im bearbeiteten Bereich höher ist als im unbearbeiteten Bereich
- Im Reihenzwischenraum bleiben die Struktur und das Gefüge erhalten.
  - → Bessere Befahrbarkeit im Herbst
  - → Kapillarität bleibt erhalten – Bestände halten bei Trockenheit länger durch und erreichen höhere Erträge
- Zeitgleiche Applikation von Handelsdünger oder Gülle spart Überfahrten.
  - → Gülle kann emissionsarm in den Boden gebracht werden
  - → Die Maispflanzen können sich das Nährstoffdepot schnell erwachsen und diese in Ertrag umsetzen.

Quelle: J. Schmidt, 2013

Viele pflanzenbauliche Vorteile sprechen für die Streifenbodenbearbeitung. Es gibt jedoch auch den einen oder anderen Nachteil. Damit bei der nachfolgenden Saat die bearbeiteten Streifen sicher getroffen werden, sind Strip-Till-Grubber und Einzelkornsägerät von der Anzahl der Reihen

aufeinander abzustimmen. Weiterhin ist es erforderlich mit einem GPS-Lenksystem mit ausreichender Genauigkeit die Streifen anzulegen und die Aussaat durchzuführen. Bei einer zeitgleichen Gülleausbringung ist die Flächenleistung niedriger als beim Standardverfahren Schleppschlauchgüllefass und Kurzscheibenegge. In großen landwirtschaftlichen Betrieben kann ein Strip-Till-Grubber in verschiedenen Kulturen (Mais, Zuckerrübe, Raps…) ausgelastet werden – in Regionen mit kleineren Strukturen wird es zwangsläufig eine Lohnunternehmermaschine sein.

Strip-Till: Trend oder Verfahren mit vielen Vorteilen?

Diese Frage kann nicht pauschal mit ja oder nein beantwortet werden, vielmehr sind die Gegebenheiten vor Ort entscheidend. Die Streifenbodenbearbeitung bietet aus Sicht des Pflanzenbaus einige Vorteile ohne den Reihenabstand beim Maisanbau zu reduzieren.
Regionen, die gekennzeichnet sind durch einen hohen Anteil an wasser- und/oder winderosionsgefährdeten Flächen, können vom Einsatz der Streifenbodenbearbeitung eindeutig profitieren. Ebenso wird ein Schwerpunkt in Regionen liegen, die Wirtschaftsdünger fast emissions- und verlustfrei ausbringen wollen. Sofern Gülle oder Gärreste mit dem Strip-Till-Gerät als Banddüngung in den Boden eingebracht werden, sollte auf den Zusatz eines Stickstoffstabilisators (z.B. Piadin) nicht verzichtet werden.

Untersaat

Mais eignet sich wegen der vergleichsweise langsamen Jugendentwicklung und den weiten Reihenabständen für die Anlage von Untersaaten. Die Aussaat kann auf gewissen Problemstandorten des Maisanbaus Abhilfe schaffen. Eine Untersaat bietet Schutz vor Erosion, erhöht die Tragfähigkeit der Böden für die Erntemaschinen und verwertet den überschüssigen Stickstoff bzw. reduziert die Restnitratmengen. Zudem ist eine Ausbringung von Gülle oder Gärresten nach der Ernte möglich. Jedoch darf die Untersaat nicht die Entwicklung des Maises behindern. Gräser sind aufgrund der guten Durchwurzelung des Bodens und der guten Stickstoffbindung besonders geeignet. Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen hat in den letzten Jahren durch intensive Versuche die Vor- und Nachteile der verschiedenen Gräser herausgearbeitet. Die nachfolgende Tabelle gibt ihnen dazu einen Überblick. Die Aussaat der Untersaat erfolgt in der Regel ab dem 6-Blatt-Stadium in Form einer Breitsaat mittels Düngerstreuer.

Grasuntersaaten – Eigenschaften

Gras	Toleranz gegen Trockenheit	Wüchsigkeit	Regeneration nach der Ernte	Winterhärte
D./Welsches Weidegras	+	+++	+++	++
Rotschwingel (als Vorsaat)	+++	+	+	+++

+ unterdurchschnittlich, +++ überdurchschnittlich
Quelle: LWK Niedersachsen, 2011

2.2 pH-Wert

Das Einhalten des „richtigen“ pH-Wertes ist auch beim Maisanbau für das Erreichen hoher Erträge und Qualitäten unerlässlich. Der pH-Wert gibt Aufschluss über die Kalkversorgung der Böden. Folgende Ziel-pH-Werte sollten angestrebt werden.

Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung für Ackerland: (gerundete Werte)

Bodenart	Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung* (kg/ha CaO) in Abhängigkeit vom Humusgehalt					maximale Kalkgabe pro Jahr in kg/ha CaO
	bis 4 % humusarm bis humos	4,1 - 8 % stark humos	8,1 - 15 % sehr stark humos	15,1 - 30 % anmoorig	über 30 % Moor**	
S	5,6 600	5,2 500	4,8 400	4,3 200	4,1 0	1.000
IS, sU	6,0 900	5,6 800	5,2 700	4,8 300	–	1.500
ssL, IU	6,4 1.100	6,0 900	5,6 700	5,1 400	–	2.000
sL, uL, L	6,8 1.300	6,3 1.100	5,8 900	5,2 500	–	3.000
utL, tL, T	7,0 1.600	6,5 1.500	6,0 1.200	5,4 600	–	4.000

* Die empfohlenen Kalkmengen beziehen sich auf eine dreijährige Fruchtfolge mit mittlerem Ertragsniveau bei 850 mm Jahresniederschlag.

** Die Kalkempfehlung für Moorstandorte bezieht sich auf Hochmoor, Niedermoorstandorte weisen zumeist von Natur aus pH-Werte von 6 - 6,5 auf und bedürfen keiner Kalkung.

Quelle: LWK Nordrhein-Westfalen, 2014

Die Düngungsempfehlung ist auf das Erreichen und die Erhaltung der anzustrebenden optimalen Bodenreaktion (Gehaltsklasse C) ausgerichtet. Der Kalkbedarf einer Fläche ist abhängig von dem aktuellen pH-Wert, dem Humusgehalt und der Bodenart. Eine Frühjahr- und Vorsaatkalkung stellt bei Mais eine wertvolle Maßnahme dar. Für die Vorsaatkalkung sollten ca. 1,7 t CaO/ha angesetzt werden. Hierfür sollten rasch wirksame Kalkdünger (z. B. Branntkalk, Schwarzkalk) eingesetzt werden. Anhand der Bindungsform des Kalkes kann auf die Wirkungsgeschwindigkeit geschlossen werden. Diese nimmt von den Oxiden (CaO, MgO) über die Carbonate ($CaCO_3$, $MgCO_3$) bis hin zu den Silikaten ab.

Auswahl wichtiger Kalkdünger

Kalkdünger	basische Wirkung CaO- und MgO-Gehalt	tatsächliche Kalkform, Wirkung und Nebenbestandteile
Kohlensaurer Kalk	45-53 % zum Teil als MgO	80-95 % $CaCo_3$ und $MgCO_3$ langsam und nachhaltig
Branntkalk	80-95 % zum Teil als MgO	gebrannter Kalk mit sehr schneller Wirkung
Mischkalk	60-65 % zum Teil als MgO	Gemisch aus Branntkalk und kohlensaurem Kalk; schnelle aber weniger nachhaltige Wirkung
Konverterkalk feucht-körnig	43 % davon 5 % MgO	kieselsaure Kalke mit nachhaltiger Wirkung, Spurennährstoffe
Konverterkalk mit Phosphat (Thomaskalk)	38 % davon 4 % MgO	Thomaskalk mit 6 % P_2O_5
Carbokalk (abgepresst) Kalkdünger aus der Verarbeitung von Zuckerrüben	30-32 % davon 1 % MgO	$CaCo_3$ mit schneller Wirkung ca. 0,4 % N und 0,6-1,0 % P_2O_5 12-15 % organische Bestandteile
Carbokalk (flüssig) Kalkdünger aus der Verarbeitung von Zuckerrüben	19 % davon 0,8 % MgO	$CaCo_3$ mit schneller Wirkung ca. 0,2 % N und 0,7 % P_2O_5 6 % organische Bestandteile
Kalkdünger aus der Aufbereitung von Trink- und Brauchwasser (Rückstandskalk)	mindestens 30 % in der TM	überwiegend als $CaCo_3$
Kalkdünger aus der Verbrennung von Braunkohle (Rückstandskalk z. B. Fortunit)	40 % davon 10 % MgO	Schwefel, Kieselsäure, Spurennährstoffe

Quelle: LWK Nordrhein-Westfalen, 201

2.3 Temperaturanspruch

Physiologische Anforderungen in den unterschiedlichen Wachstumsstadien:

Keimung:	Bodentemperatur	8-10 °C
Jugendentwicklung:	Bodentemperatur	> 10 °C

Auswirkungen ungünstiger Temperaturverläufe:

Jugendentwicklung:	mehrere Tage < 10 °C führen zu chlorotischer Blattverfärbung
Spätfröste:	längere Fröste unter -3 °C führen zum Abfrieren
Frühfröste:	im Herbst unter -2 °C (wenige Stunden) vorzeitiges Beenden der Kornabreife

Auf leichteren Standorten sind die Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht höher als auf schweren Böden. Leichte Böden besitzen einen höheren Anteil an Grobporen und mehr Lufteinschlüsse. Luft erwärmt sich im Laufe des Tages rascher als Wasser, gibt aber auch im Laufe der Nacht die gespeicherte Wärme zügig wieder ab. Der Boden kühlt dadurch stark herunter, die Temperaturschwankungen sind entsprechend groß.

Kältephasen in der Jugendentwicklung des Maises können die Entwicklung nachhaltig beeinflussen. In der Jugendentwicklung werden entscheidende Ertragskomponenten festgelegt. Sämtliche Blätter, die Rispe, die Kolben und deren zukünftige Anzahl der Reihen sind bereits im 6 - 8-Blatt-Stadium vollständig angelegt. Trifft die Pflanze während dieses Stadiums auf eine witterungsbedingte Kältephase, ist die Gefahr der Schädigung der Kornanlagen groß. In Abhängigkeit von der Intensität der kalten Temperaturen sind unregelmäßig befruchtete Kolben bzw. eine geringere Anzahl der Reihen pro Kolben bis hin zur vollständigen Reduktion des Hauptkolbens die Folge.

Stirbt der erste Kolben ab, ist die Pflanze zwar in der Lage, einen zweiten Kolben nachzubilden, dieser ist dann jedoch in der Entwicklung verzögert und hat einen tieferen Kolbensitz. Das Schieben der Narbenfäden erfolgt später als beim Erstkolben, wodurch sich die Zeitspannen der männlichen und der weiblichen Blüte weniger überschneiden. Demzufolge kommt es zur mangelnden Befruchtung, da die meisten Pollen bereits vor der Ausbildung des weiblichen Blütenstandes ausgeschüttet werden.

Im extremsten Fall wird unter kältebedingtem Stress kein weiterer Kolben ausgebildet. Diese Auswirkungen sind dem Mais während der Jugendentwicklung nicht anzusehen. Erst bei der Blüte und Befruchtung tritt die Schädigung zu Tage.

Aufgrund reduzierter oder nicht vorhandener Kolben ist mit deutlich niedrigeren Maiserträgen zu rechnen. Zudem kann der Zucker nicht zu Stärke umgewandelt werden. Durch den Assimilatstau reifen diese Pflanzen gegenüber Pflanzen mit

Kolben unterschiedlich ab und sind aufgrund ihrer violetten Färbung leicht erkennbar.
Um derartige Ertragsausfälle zu minimieren, muss darauf geachtet werden, die Pflanzen keinem unnötigen Stress auszusetzen. Durch einen zielgerichteten Ackerbau kann eine gewisse Vorsorge getroffen werden. Zu den ackerbaulichen Maßnahmen zählen unter anderem intakte Böden und ein ausreichendes Angebot an leicht verfügbaren Nährstoffen. Darüber hinaus ist ein ausgeglichener Nährstoffhaushalt sowie die Vermeidung von Herbizidmaßnahmen bei hohen Schwankungen der Tages- und Nachttemperaturen wichtig, um Ertragsausfälle zu minimieren. Bei Temperaturschwankungen über 15 °C sollten keine Herbizidmaßnahmen erfolgen.

Bis zum 6-Blatt-Stadium der Pflanze können Kältephasen zudem einen Phosphatmangel bewirken. Dieser äußert sich in Form von violetten Verfärbungen. Diese Art der Einwirkung verschwindet bei ansteigenden Temperaturen durch die erhöhte Mineralisation. Negative Auswirkungen auf die Erträge sind nicht zu erwarten.

Zur Beschreibung der Standorteignung für den Maisanbau werden häufig die Durchschnittstemperaturen während der Vegetationszeit, die Temperatursummen oder die Anzahl der Sonnenscheinstunden benutzt.

Anbaueignung für Sorten der verschiedenen Reifegruppen in Abhängigkeit von den Durchschnittstemperaturen und Wärmesummen

	Durchschnitts-temperatur September in °C		nach AGPM, Basis 6 °C			
			Silomais bei % TS		Körnermais bei % TS	
Reife-gruppe	Silo-mais	Körner-mais				
früh	12,5 -	13,5 -	bei 32 % bei 35 %	1.450 1.500	bei 65 % -	1.600 -
mittel-früh	13,5 -	14,5 -	bei 32 % bei 35 %	1.490 1.540	bei 65 % -	1.650 -
mittel-spät	14,5 -	15,0 -	bei 32 % bei 35 %	1.530 1.580	bei 65 % -	1.670 -
spät	15,5	15,0	bei 32 %	ca. 1.590	bei 70 %	1.730

Kompensatorische Effekte zwischen den Einflüssen sowie die Tageslänge, Höhenlage, Wasserversorgung, Bodenart, Hanglage usw. spielen für die Ertragsleistung und Reife ebenfalls eine wesentliche Rolle.

2.4 Wasseranspruch

Im Vergleich zu anderen Pflanzen gehört Mais mit zu den Kulturarten, welche die geringsten Ansprüche an Wasser haben. Zur Erzeugung von 1 kg Trockensubstanz benötigt Mais in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung ca. 300 l Wasser. Die Transpirationskoeffizienten anderer Pflanzen betragen:

Transpirationskoeffizient (l Wasser/kg TM)	Kulturart
200 - 300	Hirsen (Sorghum)
300 - 400	Mais, Beta-Rübe
400 - 500	Gerste, Roggen, Durumweizen
500 - 600	Kartoffel, Sonnenblume, Weichweizen
600 - 700	Raps, Erbse, Ackerbohne, Hafer

Quelle: BOKU Wien

Grundsätzlich haben gut ernährte Pflanzen ein höheres Wasseraneignungsvermögen. Durch den höheren Salzgehalt in den Pflanzenzellen entsteht ein größeres Druckgefälle zwischen Pflanze und Boden, wodurch die Pflanze das Wasser besser aus dem Boden ansaugen kann. Kalium ist dabei von besonderer Bedeutung, da es für den Flüssigkeitsgehalt / den osmotischen Druck in den Pflanzenzellen verantwortlich ist.

Im Entwicklungsstadium Fahnenschieben bis Milchreife hat Mais den höchsten Wasserbedarf. In dieser Zeit beträgt der Wasserbedarf bis zu 6 mm pro m² und Tag.

Je nachdem zu welchem Stadium der Wassermangel auftritt, sind verschiedene Auswirkungen festzustellen:

- bis Blühbeginn: Beeinträchtigung des Wachstums und der Kolbenbildung
- während der Blüte + Hitze: unzureichende Befruchtung
- nach der Befruchtung: Einschränkung der Assimilatumlagerung in das Korn

Durch Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Sortenwahl, Bestandesdichte, Saatzeitpunkt und Düngung können produktionstechnische Strategien gegen Wasserstress getroffen werden.

2.5 Fruchtfolge

Mais stellt keine besonderen Ansprüche an die Vorfrucht, er ist selbstverträglich – Fruchtfolgekrankheiten sind die Ausnahme. Mit zunehmendem Maisanbau in der Fruchtfolge und günstigen klimatischen Bedingungen steigt jedoch die Gefahr eines Befalls mit dem **Maiszünsler** und **Maiswurzelbohrer**. Der Maiszünsler ist derzeit der bedeutendste Schädling und breitet sich Jahr für Jahr weiter in die nördlichen Anbaugebiete aus.

Bei der Ernte der Vorfrucht ist dafür Sorge zu tragen, dass aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse und schwerer Erntemaschinen keine Bodenverdichtungen entstehen. Sollte das eintreten, müssen diese zuverlässig beseitigt werden.

3. Aussaat

3.1 Aussaatzeitpunkt

Saatzeit: warme, gut abgetrocknete, tragfähige Böden, Bodentemperatur 8 - 10 °C (in normalen Jahren ab Mitte April bis Mitte Mai)

Zeitpunkt

Zu früh:
schlechte, verzögerte Keimung,
unregelmäßiger Feldaufgang

Aussaat so früh wie möglich, so spät wie nötig

Zu spät:
verkürzte Vegetationszeit,
mangelnde Ausreife, Qualitätsprobleme,
Strukturschäden

Auswirkungen einer frühen Aussaat bzw. kalter Witterung/Boden:

- verlangsamte Keimung
- verzögerter Aufgang
- Schwächung des Keimlings
- Reduzierung des Beizschutzes
- gehemmtes Wurzelwachstum
- verringerte Nährstoffaufnahme

Auswirkung einer zu späten Aussaat:

- warmer Boden: rasche Keimung und Jugendentwicklung
- Langtagseinfluss: auf den Einfluss der längeren Tage reagiert der Mais mit einem verstärkten Längenwachstum und einem dadurch bedingten höheren Kolbenansatz. Das gesteigerte Längenwachstum bedeutet jedoch keine Erhöhung der Trockenmasseerträge, sondern vergrößert die Gefahr von Lager.
- keine optimale Ausnutzung der Vegetationszeit

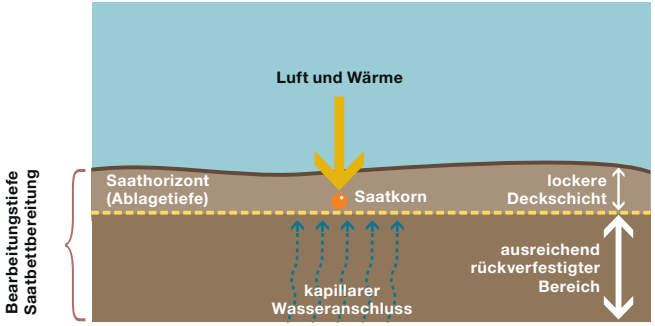
3.2 Ablagetiefe

Die Ablagetiefe sollte so gewählt werden, dass das Saatgut **in den feuchten Bodenhorizont** gelegt wird. Der kapillare Wasseranschluss muss in jedem Fall gewährleistet sein. Nur dann kann das zur Quellung notwendige Wasser aufgenommen und ein hoher Feldaufgang erreicht werden. Als Faustzahl sind bei schweren Böden 4 - 5 cm anzustreben, bei leichteren Böden 6 - 7 cm. Eine zu flache Ablage birgt eine erhöhte Austrocknungsgefahr des Saatgutes. Zudem können Herbizide einen negativen Einfluss auf Korn und Keimling ausüben. Eine tiefere Ablage (7 - 8 cm) sichert vor allem in trockenen Jahren die notwendige Verfügbarkeit von Wasser. Ablagetiefen unter 8 cm bedeuten einen erhöhten Kraftaufwand. Die junge Maispflanze wird anfälliger gegen Auflaufkrankheiten.

Im Falle eines frühen Aussaattermins bietet sich eine tendenziell flachere Ablage an, da in der Regel genügend Feuchtigkeit im Oberboden vorhanden ist und die Wärme den begrenzenden Faktor darstellt.

Bei späterer Aussaat ist der Boden bereits deutlich besser erwärmt und Wasser wird zum begrenzenden Faktor. Deshalb ist eine tiefere Ablage anzustreben.

Schematische Darstellung der Saatgutablage



Quelle: eigene Darstellung

3.3 Unterfußdüngung

Die Unterfußdüngung ermöglicht die Bereitstellung schnell pflanzenverfügbarer Nährstoffe in direkter räumlicher Nähe zur jungen Maispflanze. Dadurch wird die Gefahr von Mangelsituationen im Frühjahr reduziert und die Entwicklung der Pflanze erfolgt in der Regel ungehindert.
Mais weist in der Jugendentwicklung besonders unter kalten Bedingungen ein schlechtes Phosphataneignungsvermögen auf. Trotz des geringen Bedarfs in der Jugendentwicklung darf es zu keiner Unterversorgung kommen (siehe S. 71). Eine ausreichende Phosphatversorgung ist am besten durch eine Unterfußdüngung zusammen mit einer Start-Stickstoffgabe zu erreichen (siehe S. 68). Durch eine Unterfußdüngung mit Ammonium kann sich die junge Maispflanze bedarfsgerecht ernähren. Ammoniumhaltige Dünger beeinflussen durch eine Absenkung des pH-Wertes im Wurzelraum die Verfügbarkeit von Phosphat und wichtiger Mikronährstoffe positiv.

Verschiedene Düngersorten und deren Zusammensetzungen

Düngersorte	Stickstoff gesamt	Ammonium-Stickstoff	Nitrat-Stickstoff	Sonstiges	P_2O_5
DAP	18 %	18 %	–	–	46 %
MAP	12 %	12 %	–	–	52 %
NP (23+23)	23 %	14,5 %	8,5 %	–	23 %
KAS	27 %	13,5 %	13,5 %	–	–
Entec 26	26 %	18,5 %	7,5 %	–	–
AHL 28	28 %	7 %	7 %	14 %	–
Harnstoff	46 %	–	–	als Carbamid	–

Quelle: eigene Darstellung

Zudem bietet der Handel oftmals die Möglichkeit, Düngermischungen betriebsindividuell herzustellen.

Gute Erfahrungen sind mit dem Einsatz von flüssigen N/P-Nährstofflösungen gemacht worden. Folgende Vorteile können genutzt werden:

- arbeitswirtschaftliche Vorteile bei Lagerung und Ausbringung
- je nach Bodengehalten flexibles Einstellen des N/P-Verhältnisses
- hohe Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe
- gute Dosierbarkeit (bei ca. 10 % Wasserzugabe)
- Ergänzung mit Mikronährstoffen möglich

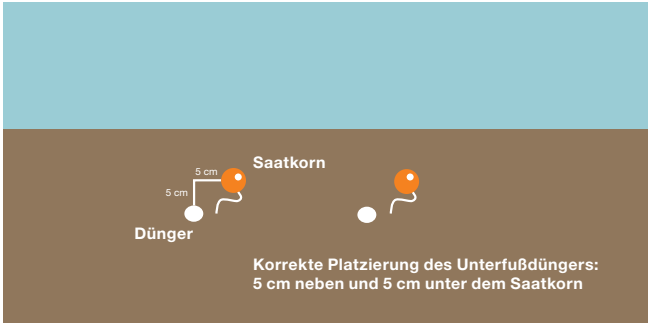
Zu beachten: Korrosive Eigenschaften der Düngerlösung erfordern entsprechendes Material.

Folgende Gesichtspunkte sind bei der Unterfußdüngung zu beachten:

- Der Düngebedarf nimmt mit steigender Bodenversorgung ab.
- Auf leichten, humusarmen Sandböden ist der Bedarf wegen des schlechteren Nährstofftransformationsvermögens tendenziell höher als bei Böden mit höheren Tongehalten.
- Für eine **gute Verfügbarkeit des Bodenphosphates** ist es wichtig, dass die **Bodenstruktur und der pH-Wert** in Ordnung sind.
- Eine gewisse N-Gabe über den Unterfußdünger ist sinnvoll, um besonders in regenreichen Frühjahren die N-Versorgung der jungen Maispflanzen zu sichern. In der Regel reichen 15 bis 30 kg/ha N. Dieser Stickstoff ist bei der Kalkulation des N-Düngebedarfes zu berücksichtigen.
- **N sollte in Form von Ammonium vorliegen.**
- **Kein Chlorid in die Unterfußdüngung.** Gefahr von Salzschäden, geringe kurzfristige Verfügbarkeit der Nährstoffe.

Die positive Beeinflussung der Bestandesentwicklung durch eine Unterfußdüngung kann sich rasch umkehren, wenn die Düngerschare nicht ordnungsgemäß eingestellt sind. Das Düngerband muss 5 cm neben und 5 cm unterhalb der Saatkörner abgelegt werden, damit keine Salzschäden am Keimling auftreten.

Ideale räumliche Platzierung des Düngers



Korrekte Platzierung des Unterfußdüngers: 5 cm neben und 5 cm unter dem Saatkorn

Quelle: eigene Darstellung

3.4 Wahl des Reihenabstandes

Einzelkornsaat

Die Einzelkornsaat mit einem Reihenabstand von 75 cm ist in Deutschland Standard und hat sich über Jahre etabliert. Dennoch werden sowohl die Einzelkornsaat als auch die Reihenabstände immer wieder hinterfragt.
Eine Verringerung des üblichen Reihenabstandes bei der Einzelkornsaat von 75 cm auf 45 bzw. 37,5 cm (Engstandsaat) bringt sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich. Diese müssen jeweils sorgfältig auf Betriebsebene geprüft werden.

Quelle: KWS, Kverneland, 2013

Vorteile der Engstandsaat:

- schnellerer Reihenschluss
- geringere Erosionsgefahr
- tendenziell höherer GTM-Ertrag
- geringere Spätverunkrautung
- Verringerung der Verdunstung
- gleichmäßigere räumliche Nährstoffaufnahme
- geringere Rest-N_{min}-Gehalte

Nachteile der Engstandsaat:

- höhere Investitionskosten
- höherer Verschleiß
- höhere Menge an Unterfußdünger notwendig
- höhere Bestellkosten (ca. 20 %)
- schlechtere Belichtung für Kolben und Blätter
- tendenziell geringere Qualität im Silomais
- erschwerte Körnermaisernte
- Nutzungsänderung von Silo- zu Körnermais schwierig

Ein Vergleich der bisherigen Versuche über ganz Deutschland zeigt, dass die Trockenmasseerträge tendenziell zunehmen (3 - 8 %), bei abnehmenden Stärke- und Energiegehalten. Dem stehen die zusätzlichen Aufwendungen für notwendige technische Änderungen bei der Aussaat, Pflege und Ernte gegenüber. Zudem muss die Unterfußdüngung deutlich erhöht werden, um der Einzelpflanze die gleiche Nährstoffkonzentration zur Verfügung zu stellen.
Bei einer Halbierung der Reihenweite auf 37,5 cm würde dies eine Verdoppelung der Düngermenge bedeuten. Die Erfahrungen mit Engstandsaaten sind regional recht unterschiedlich.

Drillsaat

Eine Drillsaat mit der herkömmlichen Getreidedrilltechnik kann derzeit einige wichtige Anforderungen des Maises nicht vollkommen erfüllen. Wesentliche Anforderungen nach einer Applikation von Unterfußdünger, einer ausreichend tiefen Ablage, einer Rückverfestigung des Saathorizontes, einer geringen Aussaatmenge und der Einzelkornablage können nicht optimal eingehalten werden. Vor allem die unterschiedliche Standraumverteilung kann der Mais durch das fehlende Bestockungsvermögen nicht wie Getreide kompensieren.
Bei der Drillsaat gilt es zu berücksichtigen, dass die Aussaatstärke zum Erreichen der optimalen Bestandesdichte aufgrund des geringeren Feldaufgangs um 10 - 15 % erhöht werden muss. Zudem zeigen die Pflanzen während der Jugend eine sehr unterschiedliche Entwicklung. Dies ist ein Resultat der ungleichmäßigen Standraumverteilung und der dadurch hervorgerufenen unterschiedlichen Konkurrenzsituation. Die Gleichmäßigkeit der Einzelkornsaat wird hier vermisst. Dies spiegelt sich auch bei der Ertragsermittlung wider. Drillvarianten erreichen bislang nicht das Ertragsniveau der Einzelkornsaat, zeigen jedoch Vorteile hinsichtlich des Arbeitszeitbedarfs.

3.5 Bestandesdichte

Die Anzahl der Pflanzen pro Flächeneinheit ist eine der entscheidenden Steuerungsmöglichkeiten, das genetische Potenzial einer Sorte unter den gegebenen spezifischen Standortbedingungen auszuschöpfen.

Abhängig von der langjährigen **Wasserversorgung des Standortes**, der **Reifezahl** und dem **Sortentyp** reicht die Spanne der empfohlenen Bestandesdichten von 6 bis 12 Pflanzen/m². Eine Unterscheidung der verschiedenen Nutzungsrichtungen bei der Bestandesdichtenempfehlung wird zunehmend unbedeutend, da auch zur Erzielung einer hohen Silomaisqualität ein hoher Kornertrag erreicht werden sollte.

Die Wahl der Bestandesdichte muss sich in erster Linie an den langjährigen Standortbedingungen und nicht an den Erfahrungen aus Spitzenjahren orientieren.

Allgemeine Empfehlung der Bestandesdichte

Reifegruppe	Wasserversorgung	
	gut	Wassermangel
früh (bis 220)	10 - 12	7 - 9
mittelfrüh (230 - 250)	9 - 10	6 - 8
mittelspät (260 - 290)	8 - 9	6 - 7
spät (über 300)	8	6 - 7

Quelle: eigene Darstellung

Die Witterung des Anbaujahres hat immer einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe des Ertragsniveaus. Unter Dürrestress ist das Risiko einer Missernte bei sehr dichten Beständen besonders hoch. Der Effekt unterschiedlicher Bestandesdichten ist bei einzelnen Sorten weniger bedeutend. In der Tendenz können kurzstrohige Sorten bzw. Sorten mit guter Trockentoleranz mit etwas höherer Bestandesdichte angebaut werden.

i Auskunft zur idealen Bestandesdichte für Ihre KWS Maissorte erhalten Sie in den entsprechenden Sortenfaltblättern, im Internet **(www.kws.de)** oder bei Ihren regionalen KWS Beratern. Die Empfehlungen zu den optimalen Bestandesdichten der einzelnen Sorten werden in zahlreichen klein- und großparzelligen Versuchen bundesweit ermittelt, sodass eine auf die Region bezogene Beratung möglich ist.

3.6 Saatgutbedarf

Aus der Bestandesdichte (Pflanzen/m²) kann direkt die Aussaatstärke (Körner/m²) berechnet werden. Die Aussaatstärke ist stets größer als die Zielzahl der gewünschten Pflanzen. Im Allgemeinen kann von einem Feldaufgang von 95 % ausgegangen werden. (Näheres hierzu finden Sie auf S. 48.)

Körner/m² = (Pflanzen/m² / Feldaufgang) x 100

Allgemeine Empfehlung der Bestandesdichte

Pflanzen/m²	Pflanzen/m²	Ablage in cm		Einheiten/ha
		bei 75 cm	bei 37,5 cm	
6	6,3	21,1	42,2	1,26
6,5	6,8	19,5	39,0	1,37
7	7,4	18,1	36,2	1,47
7,5	7,9	16,9	33,8	1,58
8	8,4	15,8	31,7	1,68
8,5	8,9	14,9	29,8	1,79
9	9,5	14,1	28,1	1,89
9,5	10,0	13,3	26,7	2,00
10	10,5	12,7	25,3	2,11
10,5	11,1	12,1	24,1	2,21
11	11,6	11,5	23,0	2,32
11,5	12,1	11,0	22,0	2,42
12	12,6	10,6	21,1	2,53

Quelle: eigene Darstellung

Bei früher Aussaat und unter schwierigen Bedingungen sollte die Zahl der auszusäenden Körner um ca. 10 % über der angestrebten Bestandesdichte liegen. Durch die Abdrehprobe und Feldkontrolle sollte unbedingt die Anzahl bzw. der Abstand der abgelegten Körner überprüft werden.

3.7 Kontrolle der Aussaatstärke und der Bestandesdichte

Aussaatstärke bzw. Bestandesdichte werden durch Auszählen der abgelegten Körner oder aufgelaufenen Pflanzen bestimmt. Die Aussaatstärke sollte bereits während der Aussaat kontrolliert werden, um etwaige Fehler sofort korrigieren zu können. Die tatsächliche Bestandesdichte kann erst nach dem Auflaufen der Pflanzen durch ein Auszählen der jungen Maispflanzen festgestellt werden. Es bieten sich zwei Methoden an.

Methode I:

- abgelegte Körner bzw. aufgelaufene Pflanzen in 10 zufällig ausgewählten Reihen an verschiedenen Stellen des Feldes zählen
- Zählstrecke je Reihe: 5 m
- Mittelwert aus den 10 Zählungen errechnen. In der folgenden Tabelle die Aussaatstärke bzw. Bestandesdichte ablesen:

Allgemeine Empfehlung der Bestandesdichte

festgestellte Körner/ Pflanzen je 5 m Reihe	Bestandesdichte bei einer Reihenweite von			
	75 cm	70 cm	50 cm	37,5 cm
10	–	–	–	5,3
12	–	–	–	6,4
14	–	–	5,6	7,5
16	–	–	6,4	8,5
18	–	–	7,2	9,6
20	–	5,7	8	10,7
22	5,9	6,3	8,8	11,7
24	6,4	6,9	9,6	12,8
26	6,9	7,4	10,4	–
28	7,5	8,0	11,2	–
30	8,0	8,6	12	–
32	8,5	9,1	12,8	–
34	9,1	9,7	–	–
36	9,6	10,3	–	–
38	10,1	10,9	–	–
40	10,7	11,4	–	–
42	11,2	12,0	–	–
44	11,7	12,6	–	–
46	12,3	–	–	–

Quelle: eigene Darstellung

Methode II: Schnellmethode

Bei dieser Methode wird die Zählstrecke auf 1,33 m verkürzt und der Mittelwert aus mindestens 5 Zählungen errechnet. Dieser Mittelwert gibt die Anzahl der Körner bzw. Pflanzen/m² an. Bei einem Reihenabstand von 75 cm entspricht die Zahl

der Körner bzw. der Pflanzen auf 1,33 m in der Reihe der Anzahl der Körner bzw. Pflanzen/m² (0,75 cm x 1,33 m = 1 m²).

Allerdings birgt diese Methode eine gewisse Ungenauigkeit in sich, da sich ein Rundungsfehler einschleicht. Das Ergebnis stellt aber einen sehr guten, schnell ermittelbaren Anhaltswert dar. Die App KWS Mobile bietet Ihnen bei dieser Methode eine innovative Unterstützung bei der Ermittlung der Werte an.

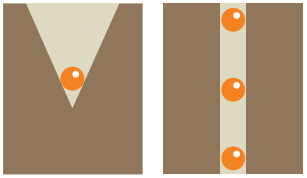
3.8 Auswirkungen zu hoher Fahrgeschwindigkeiten

Zu hohe Fahrgeschwindigkeiten führen sehr leicht zu einer deutlichen Verschlechterung der Säqualität: Die angestrebte Kornzahl/m² wird nicht erreicht, die Verteilung in der Reihe durch ein Verrollen des Korns und die Tiefenablage werden ungenauer, der Bodenschluss des Saatgutes und damit die Keimwasserversorgung werden gefährdet, Fehlstellen durch das Abschütteln des Korns von den Säscheiben nehmen zu.
Auch beim Einsatz moderner Sätechnik führen hohe Geschwindigkeiten zu Mindererträgen infolge einer ungleichmäßigen Saatgutablage. Die Fahrgeschwindigkeit sollte deshalb nicht über 6 km/h liegen.

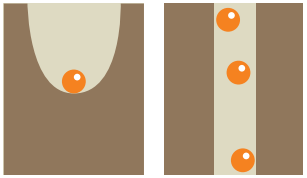
3.9 Prüfliste für den Einsatz des Sägerätes

Zu kontrollierende Bauteile:

- Säschare: bei Abnutzung erneuern, sonst schlechte Verteilung und Tiefenablage des Saatgutes (Fehlstellen und Doppelpflanzen)



Säbild eines intakten Schares



Säbild eines abgenutzten Schares (Körner verrollen)

- Zustreicher: gleichmäßige Bedeckung des Saatkorns
- Tiefenablage: Sätiefe an jedem einzelnen Säaggregat überprüfen
- Saatgutnachlauf
- Düngernachlauf und -dosierung
- Unterfußdüngungsschare: Einstellung der Unterfußdüngungsschare (Ablage 5 cm seitwärts und 5 cm unterhalb des Saatkorns)
- Räder: Luftdruckkontrolle (siehe Betriebsanleitung)
- Antriebsketten, Lager, Überlastsicherungen

Zusätzlich Kontrolle bei allen pneumatischen Sägeräten:

- Gebläse oder Turbine
- Keilriemenspannung
- luftführende Schläuche: Dichtheit
- Luftdruck und Abstreifer: Anpassung an Korngröße bzw. -gewicht bei jedem einzelnen Aggregat
- Ansauglöcher: Sauberkeit überprüfen
- bei Überdruckgeräten: Luftansaugsieb, Zyklonabscheider, Luftdüsen überprüfen

3.10 Ursachen für einen mangelnden Feldaufgang

Nur bei einem guten Feldaufgang können die angestrebte Bestandesdichte und eine gleichmäßige Bestandesentwicklung realisiert werden. Leider gibt es viele Faktoren, welche die Keimung empfindlich stören können. Nur bei einer frühen systematischen Kontrolle des Feldaufganges lassen sich die Ursachen für Mängel relativ leicht aufspüren und Hinweise für die zukünftige Optimierung der Produktionstechnik gewinnen. Dabei muss zwischen einem schlechten Feldaufgang auf Teilflächen und einem großflächig schlechten Aufgang unterschieden werden.

Schlechter Feldaufgang auf Teilflächen:

- Bodenmängel (nasse Senken, Verdichtung, Fahrspuren)
- große Temperaturunterschiede auf trockeneren, leichten Böden
- unterschiedliche Wasserverfügbarkeit
- Krähen-, Dohlen-, Tauben-, Fasanenfraß
- Drahtwurm

Großflächig unbefriedigender Aufgang:

Grundsätzlich liegt ein unbefriedigender Aufgang dann vor, wenn mehr als 10 % der Keimlinge fehlen. Die Erscheinungsbilder und die Ursachen für einen großflächig unbefriedigenden Feldaufgang sind vielfältig:

1. Körner nicht auffindbar

- falsche Säscheibe (sehr große Körner)
- falscher Luftdruck

In beiden Fällen blieb Saatgut übrig!

2. Keimlinge fehlen eher reihenweise

- Ätzschaden nach zu dichter Unterfußdüngerablage (falsche Einstellung, stumpfe, verbogene Schare)
- Fasanenfraß (typische Löcher im Boden)
- Schäden durch Striegel oder Hacke (zu tief, falscher Zeitpunkt)
- Vernässung, Verfaulen über dichten Fahrspuren
- Saatgutabdeckung mangelhaft (häufiger bei Mulchsaat)

3. Wellenförmiger Aufgang ungleichmäßig starker Keimlinge

- ungleichmäßige Ablagetiefe (zu schnell gefahren, stumpfe Schare)
- zu wenig Keimwasser bei fehlendem Bodenschluss und Trockenheit

4. Keimpflanzen sehr unterschiedlich entwickelt

- zu lockeres Saatbett (mangelhafte Keimwasserversorgung)
- klutiges Saatbett (gestörter Wasseranschluss, lange Wege für Keimling)
- Körner zu tief abgelegt
- Körner verschüttet (z. B. durch Zuschlämmung zu tiefer Saatrillen)
- Luftmangel nach Verschlämmung, Vernässung
- Fraßschäden am Korn (Drahtwurm, Tausendfüßler, Schnecken)
- Pilzbefall (häufiger bei langen Auflaufzeiten nach Frühsaat und fehlendem Beizschutz)
- lange Liegezeit un- bzw. angekeimter Körner in nassem, kaltem Boden
- viele schwache Doppelpflanzen und Lücken nach Verrollen der Körner (Fahrgeschwindigkeit zu hoch, stumpfe Säschare)

5. Ungekeimte Körner, anomale Keimlinge auffindbar

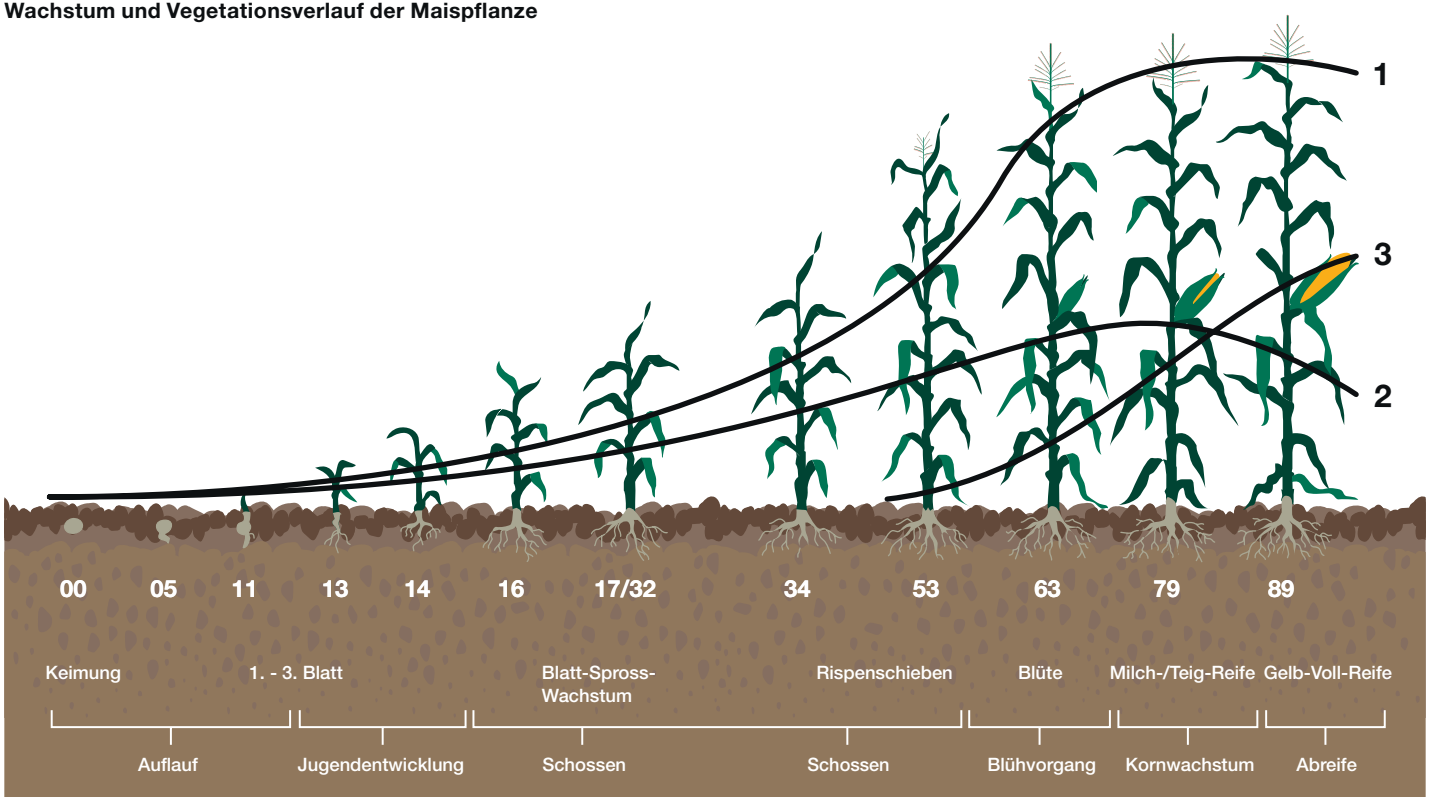
- ungünstige Keimbedingungen (Trockenheit, Kälte)
- grobklutiges Saatbett (gestörter Wasseranschluss, lange Wege für Keimling)
- Unterbrechung des Keimvorganges durch Kälteeinbruch, Pilzbefall
- zu wenig Keimwasser bei fehlendem Bodenschluss und Trockenheit
- falsch überlagertes Restsaatgut eingesetzt (Temperatur, Feuchte, Beize)
- Mängel an Keimfähigkeit, Triebkraft des Saatgutes

Saatgutetiketten und Saatgutprobe aufbewahren.

Für die Bestandskontrolle sollte geeignetes Werkzeug zur Verfügung stehen: Maurerkelle oder Schaufel, Zollstock, Bodensonde.

4. Entwicklungsstadien

Wachstum und Vegetationsverlauf der Maispflanze



1 = GTM-Zunahme 2 = TM-Stängel 3 = TM-Kolben

Besondere Merkmale der einzelnen Entwicklungsstadien:		Anforderungen an die Anbautechnik; Einflüsse von Standortfaktoren:
Makrostadium 0	**Keimung**	
01	Quellung des Korns	▪ 8 - 10 °C Bodentemperatur (Saatbett, Ablagetiefe) ▪ Verfügbarkeit von Kapillarwasser (Saatguteinbettung)
05	Keimwurzel aus dem Samen ausgetreten	
07	Koleoptile aus dem Samen ausgetreten	
09	Auflaufen: Austritt der Koleoptile	
Makrostadium 1	**Blattentwicklung**	
10	1. Laubblatt, Anlage von 1 - 4 Keimwurzeln, erste Adventivwurzeln	▪ Blattwachstum > 13 °C an der Bodenoberfläche ▪ Beizschutz gegen Auflaufkrankheiten, Fraßinsekten, Vogelfraß (Fungizid, Insektizid, Repellent) ▪ Startnährstoffe über Unterfußdüngung (bes. NP) ▪ Ausschalten von Unkrautkonkurrenz ▪ bei Verkrustungen mechanische Bearbeitung ▪ bei Bedarf Düngung zwischen die Reihen, evtl. Blattapplikation, Gefahr durch Fröste (Störung des phytohormonellen Gleichgewichtes → Bildung von Nebentrieben) ▪ Bodenstrukturschäden werden sichtbar
11	1. Laubblatt entfaltet	
12	2. Laubblatt entfaltet, Vegetationskegel unter der Oberfläche	
15	5. Laubblatt entfaltet, Differenzierung von Halmknoten und Blättern	
19	Anlage der generativen Organe, verstärktes Wurzelwachstum, neun und mehr Laubblätter entfaltet	
Makrostadium 3	**Längenwachstum, Schossen**	
30	Beginn des Längenwachstums	▪ steigender Wasser- und Nährstoffbedarf ▪ Maiszünslerbekämpfung ▪ Gefahr von Sommerlager und Abknicken durch Stürme
31	1. Stängelknoten fühlbar, Beginn der Differenzierung der generativen Organe, Bildung von Luftwurzeln	
39	neun und mehr Stängelknoten wahrnehmbar	
Makrostadium 5	**Erscheinen der Blütenanlagen, Rispenschieben**	
51	Beginn des Rispenschiebens	▪ Pollensterilität und Schädigungen der Eizelle möglich durch hohe Temperaturen und geringe Luftfeuchtigkeit mit der Folge lückig besetzter Kolben ▪ hoher Wasser- und Nährstoffbedarf ▪ niedrige Nachttemperaturen erhöhen die Atmungsverluste ▪ hohe Ertragsverluste bei Hagel
53	Spitze der Rispe sichtbar	
55	Mitte des Rispenschiebens (Rispe voll ausgestreckt; Rispenmitteläste entfaltet)	
59	Ende Rispenschieben (untere Rispenmitteläste entfaltet)	

Besondere Merkmale der einzelnen Entwicklungsstadien:		Anforderungen an die Anbautechnik; Einflüsse von Standortfaktoren:
Makrostadium 6	**Blüte**	
60	erste offene Blüten	▪ Mögliche Pollensterilität und Schädigungen der Eizelle durch hohe Temperaturen und geringe Luftfeuchtigkeit. Folge: lückig besetzte Kolben ▪ hoher Wasser- und Nährstoffbedarf ▪ niedrige Nachttemperaturen erhöhen die Atmungsverluste ▪ hohe Ertragsverluste bei Hagel
61	Mitte des Rispenmittelastes blüht, Spitze der Kolbenanlage schiebt aus der Blattscheide	
63	Pollenschütten beginnt; Spitzen der Narbenfäden sichtbar	
65	Vollblüte; Narbenfäden vollständig geschoben	
67	Blüte abgeschlossen; Narbenfäden beginnen zu vertrocknen	
69	Ende der Blüte	
Makrostadium 7	**Fruchtentwicklung; Kornfüllung**	
71	Beginn der Kornbildung (ca. 16 % TS im Korn)	▪ kühle Witterung und hohe Luftfeuchtigkeit fördern Befall mit verschiedenen Pilzen ▪ Gefahr durch Frühfröste (bei Frostereignis zügige Ernte des Silomaises, bei Frostereignis Körnermaisernte verzögert) ▪ Reduktionsphase; stressbedingter Verlust von Kornanlagen
75	Milchreife (40 % TS im Korn), Korn weißlich-gelb	
79	art- bzw. sortenspezifische Korngröße erreicht	
Makrostadium 8	**Frucht- und Samenreife**	
80	frühe Teigreife (45 % TS im Korn)	
85	Teigreife (= Siloreife, 55 % TS im Korn), Korn gelb	
87	Physiologische Reife, „black layer“ (schwarzer Punkt am Korngrund)	
89	Vollreife: Korn hart, glänzend (ca. 65 % TS im Korn)	

5. Bestandesführung

5.1 Nährstoffentzüge und -verlauf

Mais hat aufgrund seiner langsamen Jugendentwicklung einen spät einsetzenden Nährstoffbedarf, der Gesamtentzug ist jedoch beträchtlich. Da in Abhängigkeit von den standortspezifischen Gegebenheiten die Ertragserwartungen recht unterschiedlich ausfallen können, zeigen auch die erforderlichen Düngermengen einen relativ großen Streubereich.

Nährstoffentzüge (kg/ha je 10 dt Körnermais [86 % TS] bzw. 100 dt Silomais-Frischmasse [28 % TS])

Nährstoff	Silomais (32 % TS) kg/t Frischmasse	Körnermais (10 % RP) kg/t (Korn)	kg/t (Stroh)
		Korn-Stroh-Verhältnis 1:1	
Stickstoff (N)	3,5-4,5	1,2-1,6	0,7-1,1
Phosphat (P_2O_5)	1,5-2,5	0,6-1,1	0,3-0,6
Kalium (K_2O)	4,0-5,5	0,4-0,6	1,5-2,5
Magnesium (MgO)	0,7-1,3	0,2-0,3	0,2-0,4
Kalk (CaO)	1,0-1,8	0,2-0,3	0,5-0,7
Schwefel (S)	0,3-0,5	–	–

Quelle: geändert nach LWK-Niedersachsen, 2014: Früchtenich et al., 1993

Neben den klassischen Hauptnährstoffen Stickststoff, Phosphat, Kalium, Magnesium und Kalzium wird im Maisanbau immer öfter über die Düngung von Schwefel und Mikronährstoffen diskutiert. Der Schwefelbedarf ist eng mit dem Stickstoffbedarf verbunden, da beide Elemente in einem Verhältnis von ca. 10:1 im Protein der Pflanzen gebunden sind (Jacobs et al., 2014). Schwefel verhält sich auch im Boden ähnlich dem Stickstoff und wird mineralisiert. Durch fehlende S-Immissionen und dadurch, dass der Schwefel in den organischen Düngern oftmals organisch gebunden ist, kann eine mineralische Schwefeldüngung auf vielen Standorten sinnvoll sein. Eine Zugabe von z.B. schwefelsaurem Ammoniak (SSA) in den Unterfußdünger kann die S-Versorgung sicherstellen – positiver Nebeneffekt ist z.B., dass durch die Versauernde Wirkung des SSA – besonders auf Böden mit hohem pH-Wert – die Verfügbarkeit von Phosphat steigt. Vorsicht ist jedoch bei der Platzierung des Düngers geboten! Sofern saure Dünger im Unterfußdünger eingesetzt werden sollte das Düngerband nicht näher als 5 cm unter und 5 cm neben dem Korn platziert werden, um Schäden an der kleinen Maispflanze zu vermeiden.

Empfohlene Düngung

Art	Menge (kg/ha)	Ausbringzeitpunkt
Stickstoffdüngung	140 - 200	vor der Saat, Unterfuß, vor oder nach dem Auflaufen
Phosphatdüngung	40 - 80	Unterfuß
Kaliumdüngung	200 - 250	vor der Saat (Frühjahr, Herbst)
Schwefeldüngung	30 - 40	vor der Saat, Unterfuß, vor oder nach dem Auflaufen
Magnesiumdüngung	40 - 70	vor der Saat, Unterfuß, vor oder nach dem Auflaufen

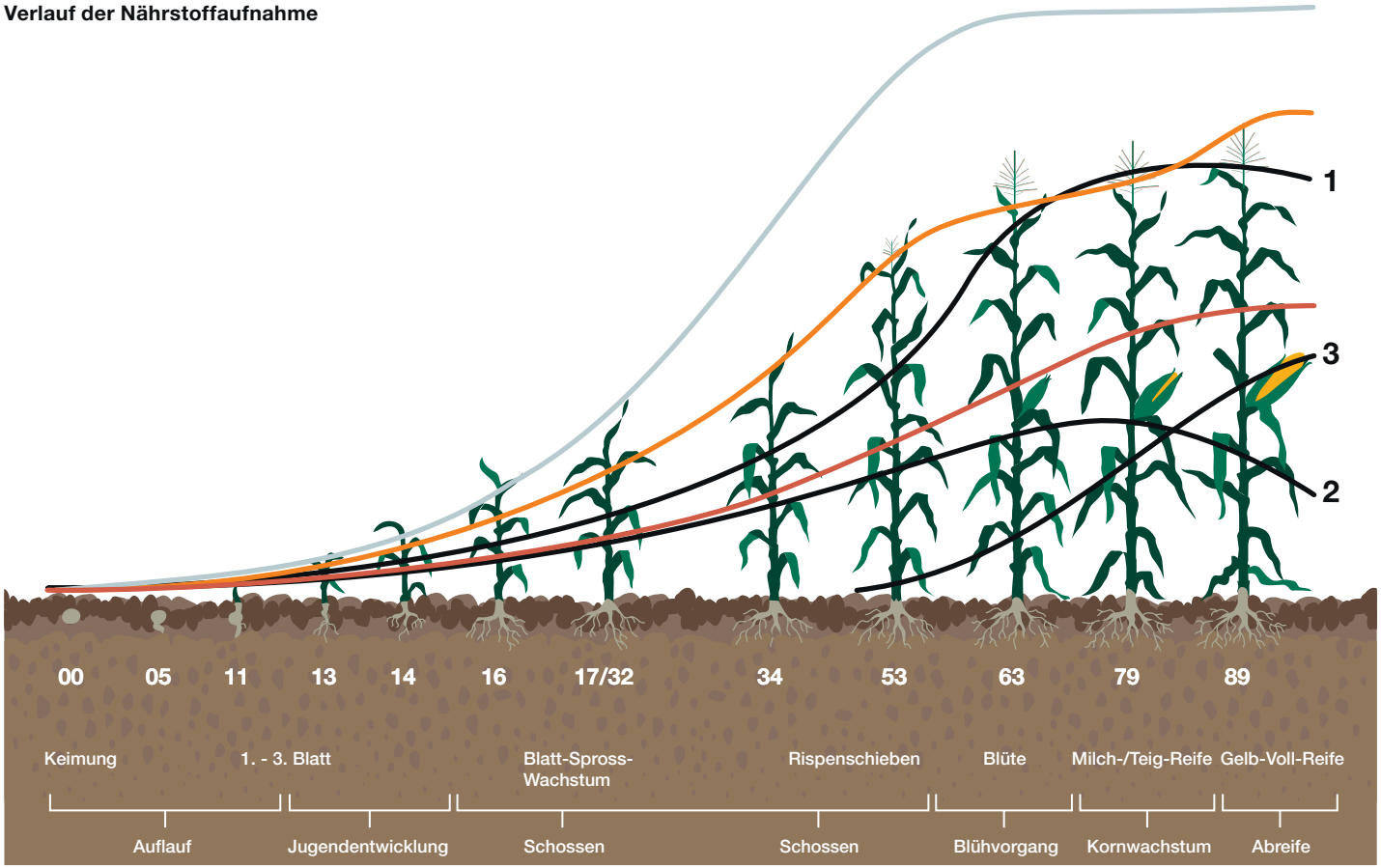
Außerdem zu berücksichtigen:
- **Ausreichende Versorgung mit Mikronährstoffen**
- **Ergebnisse der Bodenuntersuchung**

Die Zeit des höchsten Nährstoffentzugs reicht von etwa 10 - 15 Tagen vor der Blüte bis 25 - 30 Tage nach der Blüte. In diesem Zeitraum werden 85 % des gesamten Stickstoffbedarfs, 73 % des Phosphat- und 96 % des Kaliumbedarfs aufgenommen. Stickstoff und Phosphat werden in größeren Mengen (13 % bzw. 26 %) auch noch während der Kolbenabreife entzogen. Die Kaliumaufnahme ist bis dahin abgeschlossen.

Verlauf der Nährstoffaufnahme (Angaben in Prozent)

Stadium	N	P_2O_5	K_2O	MgO	S
bis 4 - Blatt-Stadium	2	1	4	3	2
4 - Blatt-Stadium bis Eintrocknen der Narbenfäden	85	73	96	78	85
Kolbenreife	13	26	0	19	13

Verlauf der Nährstoffaufnahme



1 = GTM-Zunahme 2 = TM-Stängel 3 = TM-Kolben

Kalium Stickstoff Phosphor

5.2 Einzelnährstoffe

5.2.1 Stickstoffdüngung

empfohlene Stickstoffdüngung: ca. 140 - 200 kg N/ha (je nach Ertragserwartung)

In der frühen Entwicklungsphase des Maises ist die Gefahr der Verlagerung von Stickstoff in Form von Nitrat in die tieferen Bodenschichten durch Niederschläge groß. Stickstoff in Form von Ammonium wird im Boden austauschbar gebunden und unterliegt somit nicht der Gefahr einer Verlagerung mit dem Wasserfluss in tiefere Bodenschichten. Zudem ist Mais sehr früh in der Lage, Ammonium aufzunehmen. Eine ausgeglichene Ernährung mit Nitrat- und Ammonium-Stickstoff bietet sich an.

Wirkungsgeschwindigkeit unterschiedlicher Stickstoffverbindungen

Zusammensetzung wichtiger N-Dünger

(Gehaltsangaben in Gewichts-% [= kg/dt] nach Herstellerangaben bzw. Volumen-% [= kg/100 Liter])

Dünger	Stickstoffgehalt Gewichts-% (kg/dt)					Kalkwert (kg CaO je 100 kg N)	weitere Nährstoffe (Gew.-%) Bemerkungen
		davon als					
	N	NO_3	NH_4	Amid	Vol.%* N (kg/100 l)		
Kalkammonsalpeter (KAS)	27	13,5	13,5	–	–	-55	–
KAS + S (Yara Sulfan, Dynamon S)	24	12	12	–	–	-87	6 & S
KAS + S (Yara 22 (3+5))	22	11	11	–	–	-58	3 % MgO, 5 S
Ammonsulfatsalpeter (ASS)	26	7	19	–	–	-196	13 % S
ASS stabilisiert (Entec 26)	26	7,5	18,5			-196	13 % S
Ammoniumsulfat (Schwefelsaures Ammoniak, SSA)	21	–	21	–	–	-299	24 % S
Harnstoff	46	–	–	46	–	-100	–
Harnstoff stabilisiert (Alzon 46)	46	–	–	46	–	-100	–
Harnstoff + Schwefel (Ureas)	38	–	6,6	31,4		-134	7,5 % S
Harnstoff-Ammonsulfat (Piamon 33 S)	33	–	10	23	–	-180	12 % S
Kalkstickstoff, geperlt (Perlka)	19,8	1,5	–	–	–	+152	18,3 % Cyanamid-N
Ammonitratharnstofflösung (AHL)	28	7	7	14	36	-100	1,28 kg/l
Ammonitratharnstofflösung (AHL)	30	7	8	15	40	-100	1,32 kg/l
AHL stabilisiert (Alzon flüssig)	28	7	7	14	36	-100	1,28 kg/l
AHL + Schwefel (Piasan-S 25/6)	25	5	9	11	33	-142	6 % S; 1,31 kg/l
AHL + Schwefel stabilisiert (Alzon flüssig S 25/6)	25	5	9	11	33	-142	6 % S; 1,31 kg/l
Ammoniumsulfatlösung (ASL)	8	–	8	–	10	-299	9 % S; 1,25 kg/l
AS-Düngerlösung (Lenasol)	15	3,5	8,6	2,9	19	-170	6 % S, 1,25 kg/l
AS-Düngerlösung (NitroFert SF)	15	5,5	9,5	–	19	-158	5 % S; 1,25 kg/l
Ammoniumsulfat-Harnstoff-Lösung (Domamon L26)	20	–	6	14	25	-153	6 & S; 1,25 kg/l
Ammoniumthiosulfat (ATS)	12	–	12	–	16	-480	26 % S; 1,32 kg/l

* Die Gehaltsangaben in Gewichts-% sind für die Ausbringung flüssiger Düngemittel wenig hilfreich, weil die Ausbringmengen sich auf Liter beziehen. Hier interessiert der Gehalt in Volumen-%, wie sie die Tabelle als gerundete Werte enthält. Die Umrechung erfolgt über die Dichte kg/l, die in der letzten Spalte angegeben ist. 28er AHL zum Beispiel enthält 36 Volumen-% N (28*1,28), was 36 kg N je 100 Liter entspricht.

Quelle: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2011

Für eine wirtschaftliche, ökologische und pflanzenbauliche Optimierung der Stickstoffversorgung sind sowohl die N_{min}-Gehalte als auch die Stickstoffnachlieferung im Laufe der Vegetation zu berücksichtigen. Für die Festlegung der Höhe der Stickstoffdüngung sind neben der angestrebten Ertragshöhe die verschiedenen Quellen der Stickstofflieferung und Ursachen für Stickstoffverluste zu bedenken:

Stickstofflieferung durch:

- Mineralisation aus Bodenvorräten
- Stickstofffreisetzung aus der organischen Düngung
- Stickstofffreisetzung aus der Festlegung durch Leguminosen
- Vorfruchtwirkung

Stickstoffverluste:

- gasförmige Verluste bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern
- Auswaschungsverluste
- Denitrifikationsverluste

5.2.2 Phosphatdüngung

empfohlene Düngung: 40 - 80 kg/ha Phosphat (P_2O_5)

Mais weist in der Jugendentwicklung besonders unter kalten Bedingungen ein schlechtes Phosphataneignungsvermögen auf. In diesem Wachstumsabschnitt ist das Wurzelsystem der Maispflanze noch nicht voll ausgebildet und das Phosphataneignungsvermögen besonders auf kalten untätigen Böden oder bei kühler Witterung gering. In der Regel handelt es sich bei Phosphatmangel um einen temporären Mangel.
Eine in diesem Stadium ausreichende Phosphatversorgung ist am besten durch eine Unterfußdüngung zusammen mit einer Startstickstoffgabe zu erreichen. Ammoniumhaltige Dünger beeinflussen die Phosphatverfügbarkeit positiv. In der Praxis finden vor allem NP-Dünger (z. B. DAP, MAP) Anwendung. Auf Standorten mit hohem P-Versorgungsniveau (Stufe D, E) kann der Phosphatanteil ohne nachteilige Wirkung zurückgenommen werden. Stickstoffbetonte NP-Dünger (z. B. N/P-Verhältnis 20 + 20, 25 + 15) bieten sich an. Allerdings ist aus den oben genannten Gründen von einem völligen Verzicht des Unterfußdüngers abzuraten. Eine Gabe in Höhe von 30 kg Phosphat plus entsprechende Stickstoffmenge sichert die Versorgung der jungen Pflanzen auf hoch versorgten Standorten ab.

5.2.3 Kaliumdüngung

empfohlene Düngung: 200 - 240 kg/ha Kalium

Kalium ist an der Aktivierung zahlreicher Enzyme im Stoffwechsel der Pflanzen beteiligt und beeinflusst die Bildung von Inhaltsstoffen und Kohlenhydraten. Zudem ist Kalium verantwortlich für die Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks der Zellen und damit für die Regulierung des Wasserhaushaltes. Bei Kaliummangel wird die Wasseraufnahme gehemmt und der unproduktive Wasserverbrauch steigt. Kaliummangel in Verbindung mit Stickstoffüberschuss vermindert die Schädlings- und Krankheitsresistenz zusätzlich. Optimal mit Kalium versorgte Bestände überstehen Trockenheiten deutlich besser als Vergleichsstandorte.

Eine gute Kaliumversorgung erhöht die Standfestigkeit, die Widerstandskraft gegen Stängelfäule und ist wichtig für eine volle Kolbenausbildung. Wie alle kohlenhydratreichen Pflanzen hat Mais einen sehr hohen Kalibedarf. Bis zum Fahnenschieben werden durchschnittlich 240 kg K_2O je Hektar aufgenommen. Zur Ermittlung des Düngebedarfs sind auch die Ergebnisse der aktuellen Bodenuntersuchung zu berücksichtigen. Düngungsempfehlung auf mit Kalium normal versorgten Standorten: Korn-Kali zu Körner- und Silomais im Frühjahr. Bei mittlerem Ertragsniveau 5 - 6 dt/ha, bei hohem Ertragsniveau 6 - 7 dt/ha (Quelle: K + S Kali GmbH, 2006).

Eine optimale Wirkung des Kaliums ist nur in Verbindung mit Magnesium möglich. Das Verhältnis von Kalium zu Magnesium sollte nicht größer als 2 : 1 sein.

Mit Kalium unterversorgte Böden nehmen stetig zu. Eine Ursache ist u. a. der Strohverkauf nach der Getreideernte.

5.2.4 Magnesiumdüngung

empfohlene Düngung: 40 - 70 kg/ha MgO

Der Großteil des Magnesiums (zwei Drittel) wird zwischen Reihenschluss und Blüte aufgenommen.

Bei unterversorgten Böden empfiehlt sich eine Flächendüngung mit 2 - 5 dt/ha Kieserit oder der Einsatz von 1 - 2 dt/ha Kieserit im Unterfuß in Verbindung mit NP-Düngern (Quelle: K + S Kali GmbH).

Bei normal versorgten Böden ist der Magnesiumbedarf des Maises am einfachsten durch die Verwendung magnesiumhaltiger Mineraldünger (z. B. Korn-Kali) und Kalk zu decken.

Brannt- oder Hüttenkalke enthalten etwa 5 - 15 % MgO. Die Magnesiumversorgung kann durch eine alleinige Düngung mit Gülle nicht sichergestellt werden, da Gülle ein zu weites Kalium-Magnesium-Verhältnis von etwa 4 : 1 hat.

5.2.5 Schwefeldüngung

empfohlene Düngung: 30 - 40 kg/ha Schwefel

Durch nachlassende Schwefeleinträge über die Luft (< 10 kg/ha) hat die Schwefeldüngung in den letzten Jahren zur Sicherung von Ertrag und Qualität an Bedeutung gewonnen. Der überwiegende Teil (bis zu 90 %) des Schwefels im Boden liegt in organischer Form vor und ist erst nach der Mineralisierung verfügbar. Die Dynamik der Nährstoffumsetzung von Schwefel ist mit der des Stickstoffs vergleichbar. Auf leichten Böden ist daher auch mit Auswaschungen zu rechnen. Die Schwefeldüngung muss an den Bedarf der Kultur angepasst werden und sollte gemeinsam mit der Stickstoffdüngung erfolgen. Schwefel verbessert zudem die Stickstoffverwertung.

In Betrieben mit Viehhaltung ist eine Schwefel-Unterversorgung relativ unwahrscheinlich, da z. B. über Gülle Schwefel in einer Größenordnung von 0,3 - 0,5 kg/m^3 in den Boden gelangt.

5.2.6 Kalkversorgung

empfohlene Düngung: je nach Bodenart und pH-Wert

Besonders eine Vorsaatkalkung bei Mais zeigt häufig positive Wirkungen auf die Bodenerwärmung und Bodenstruktur. Das flache Einarbeiten von etwa 1,5 - 2 t/ha Kalk mit der Saatbettbereitung fördert Bodenstruktur und -erwärmung, beugt der Verschlämmung vor und wirkt bei überwiegend organischer Düngung der Versauerung entgegen. Je nach Bodenart sind bestimmte pH-Werte anzustreben (siehe S. 28).

Folgen zu hoher pH-Werte:

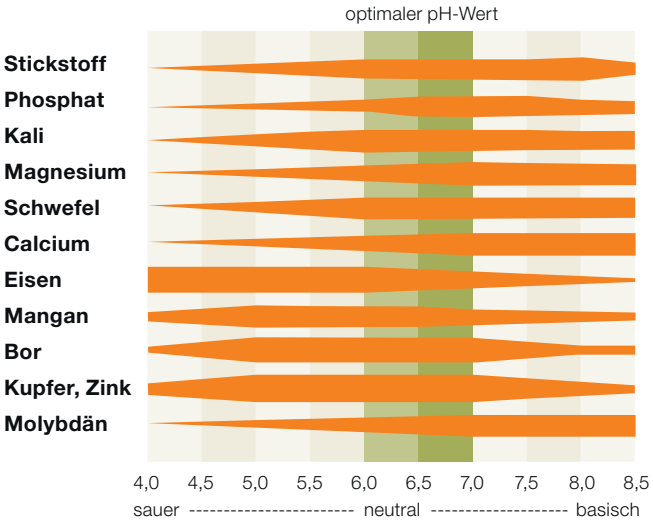
Die Verfügbarkeit der Mikronährstoffe nimmt tendenziell mit steigenden pH-Werten ab.

Folgen zu niedriger pH-Werte:

- Festlegung der Nährstoffe
- Freisetzung toxischer Elemente
- Verringerung der biologischen Aktivität
- Auftreten von Strukturschäden

Der pH-Wert ist maßgeblich für die Verfügbarkeit der Nährstoffe verantwortlich.

Boden-pH und Nährstoffverfügbarkeit



Quelle: effizient Düngen, 2012

Die Versorgung mit Mikronährstoffen wird besonders auf Standorten mit sehr hohen Erträgen als auch auf Trockenstandorten immer wieder diskutiert. Eine aktuelle Bodenuntersuchung auf die wichtigsten Spurenelemente gibt Aufschluss bezüglich des Düngebedarfs.

Spurenelementbedarf von Mais und Getreidearten

Frucht	Kupfer	Mangan	Zink	Bor	Molybdän
Mais	mittel	mittel	hoch	mittel	niedrig
Weizen, Gerste, Triticale	hoch	hoch	niedrig	niedrig	niedrig

Quelle: Handbuch Mais, 2014

Eine Düngung mit Spurenelementen kann sowohl über dem Boden (z. B. im Unterfußdünger oder als Saatbanddüngung) oder als Blattdüngung durchgeführt werden. Bei der Bodendüngung ist die Ausbringtechnik oftmals der begrenzende Faktor – die Wirksicherheit ist bei dieser Variante sehr hoch. Bei der Blattdüngung erreicht – je nach Entwicklungsstadium des Maises – nur ein Teil des Düngers die Pflanze. Auch die Formulierung der Spurenelemente haben einen großen Einfluss auf die Wirksamkeit (Jacobs et al., 2014).
Verschiedene Standort- und Witterungsfaktoren haben Auswirkungen auf die Wirksamkeit der Spurenelemente. Die folgende Tabelle gibt Ihnen hierzu wichtige Hinweise.

Spurenelementbedarf von Mais und Getreidearten

Standorteigenschaften	Kupfer	Mangan	Zink	Bor	Eisen	Molybdän
pH-Wert über 7,0	---	--	---	---	---	++
pH-Wert unter 5,5	+	+	+	+	++	---
Staunässe	+	+	+		---	-
Trockenheit	---	---	--	---	---	
hoher Humusgehalt	--	--	++	++	++	--
Bodenverdichtung (Sauerstoffmangel)		++			---	
hohe P_2O_5-Gehalte			-			

+++ sehr gut verfügbar, ++ gut verfügbar, + verfügbar;
- Mangel, -- starker Mangel, --- sehr starker Mangel

Ursachen der Bodenversauerung:
- Ausscheidungen von Pflanzenwurzeln und Bodenorganismen
- Entzug durch die Pflanzen
- Auswaschung (100 - 400 kg CaO/ha pro Jahr)
- Einsatz sauer wirkender Düngemittel (z. B. Ammonsulfat-salpeter, Harnstoff)

5.2.7 Borversorgung

empfohlene Blattdüngung: 250 - 500 g/ha Bor

Bormangel ist in der Praxis sehr selten zu beobachten, obwohl Mais zu den Kulturen mit dem höchsten Borbedarf zählt. Bor fördert die Ausbildung der Kolben. Um dennoch auftretenden Bormangel zu beseitigen, kann eine Blattdüngung am effizientesten weiterhelfen. Diese Düngung sollte möglichst früh, bei ausreichender Blattmasse (ab dem 4 - Blatt-Stadium) erfolgen (siehe S. 99).

5.2.8 Manganversorgung

empfohlene Blattdüngung: 500 - 4000 g/ha Mangan

Mangan dient der Aktivierung von Enzymen, welche an der Photosynthese, der Kohlenhydratbildung und Eiweißsynthese beteiligt sind. Sollte ein Manganmangel sichtbar werden, kann dieser durch den Einsatz von Blattdüngern beseitigt werden. Hierbei muss aber berücksichtigt werden, dass die Düngung von Mangan stets mit Magnesium kombiniert werden muss, um Nährstoffkonkurrenzen zu vermeiden (siehe S. 100).

5.2.9 Zinkversorgung

empfohlene Blattdüngung: 300 - 500 g Zink

Zink ist ein wichtiger Bestandteil für den Ablauf der Zellteilung. In der Hauptwachstumsphase des Maises tritt ein Mangel deshalb am offensichtlichsten zu Tage. Zur Beseitigung eines Mangels sollte auf Blattdünger zurückgegriffen werden. Einsatztermin: 4 - 6 - Blatt-Stadium (siehe S. 101).

5.3 Die Nährstoffversorgung mit organischen Wirtschaftsdüngern

Mais ist mehr als andere Kulturpflanzenarten in der Lage, Nährstoffe aus organischen Verbindungen effektiv zu nutzen. Der aus der organischen Düngung freigesetzte Stickstoff wird besonders effizient genutzt. Die Zeitpunkte des Hauptnährstoffbedarfs und der Hauptmineralisation treffen zeitlich aufeinander.

- späte Saat und lange Vegetationszeit
- jahreszeitlich hohe Mineralisationsraten treffen auf Hauptnährstoffbedarf im Juli
- hohe Gülleverträglichkeit wegen ausgeprägter Schleimentwicklung der Wurzeln

Nährstoffgehalte in organischen Düngern

Tierart	Dungbezeichnung	Dungart	TS %	N [kg/t bzw. kg/m³]	NH_4-N [kg/t bzw. kg/m³]	N-Ausbringverluste gem. DüV [%]	P_2O_5 [kg/t bzw. kg/m³]	K_2O [kg/t bzw. kg/m³]
Rinder	Gülle	Mastbullen	10	4,8	2,6	18	2,2	5,4
		Milchgülle	10	5,2	2,9	18	2,0	7,3
	Mist	Mastbullenmist	20	5		14	4	6
		Milchkuhmist	20	6		14	4	9
Schweine	Gülle	Ferkelgülle	4	4,0	2,8	14	2,5	3,6
		Mastschw.-Gülle Durchschnitt	6	6,0	4,2	14	3,4	3,9
		Mastschw.-Gülle Fl	5	5,0	3,5	14	2,8	3,3
		Mastschw.-Gülle Tr	7	7,4	5,3	14	4,3	4,9
		Sauengülle Standard	5	4,5	3,1	14	3,2	3,0
Geflügel	Trockenkot	Legehennen-HTK	50	25		17	20	15
	Geflügelmist	Hähnchenmist	50	24		17	21	30
		Putenmist	50	22		17	23	23
Sonstige	Mist	Pferdemist	30	4		9	3	11

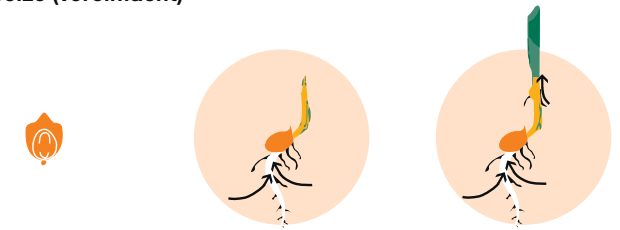
Quelle: Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Stand 29.11.2013

Vor allem bei Biogasgülle steigert der Zusatz eines Stickstoff-Stabilisators die Ausnutzung des in der Gülle enthaltenen Stickstoffs. Sowohl Verluste durch Lachgas als auch die Nitratverluste können dadurch deutlich reduziert werden.

5.4 Beizschutz

Um das Saatkorn optimal vor Vogelfraß sowie Erregern bodenbürtiger Krankheiten zu schützen, stehen die Standardbeize TMTD (Wirkstoff Thiram) und Mesurol flüssig (Wirkstoff Methiocarb) zur Verfügung. Je nach Wirkstoff schützen diese das Korn und die junge Maispflanze vor Vogelfraß, Insekten oder Pilzbefall.

Schematische Darstellung des Wirkungsmechanismus einer Beize (vereinfacht)



Quelle: Bayer CropScience, abgeändert

Maxim bzw. TMTD gelten als Standardbeize (Ausnahme ökologischer Landbau). Besteht der Bedarf einer zusätzlichen Beize, muss dies beim Kauf angefordert werden.
Die hofeigene Beizung ist nicht erlaubt.

In folgender Liste finden Sie eine Aufstellung der derzeit zugelassenen Beizmittel in Mais:

Beizmittel (Stand 24.03.2014)

Präparat Beizmittel	Wirkstoff	Wirkungsspektrum
Maxim XL	Fludioxonil + Metalaxyl-M	Fungizid
TMTD 98% Satec	Thiram	Fungizid
FLOWSAN FS	Thiram	Fungizid
Aatiram 65	Thiram	Fungizid
MESUROL flüssig	Methiocarb	Fritfliege, Fasan, Taube, Krähe

Quelle: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 24.03.2014

Beizmittel (Stand 24.03.2014)

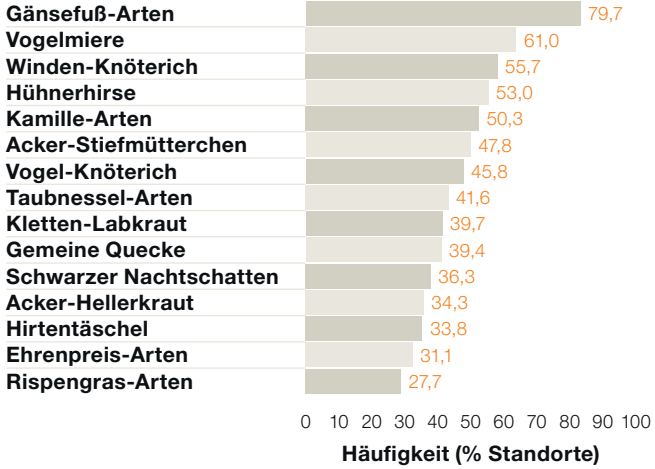
ml/Einheit (50.000 Körner)	150
Fritfliegen	++
Drahtwurm	+
Erdraupen	(+)
Läuse (Frühbefall)	(+)
Zikaden	
Vogelrepellent (Fasan, Krähe, Taube)	++ (+)
Schnecken (Auflaufsicherung)	++
Maiswurzelbohrer (Diabrotica)	(+)
Maisbeulenbrand und Zwiewuchs (indirekte Wirkung)	+ (+)
Vitalität	+
Wirkungssicherheit (Unabhängigkeit von Bodenfeuchte und -art)	+ (+)

+++ sehr gute Wirkung, ++ befriedigende Wirkung, + teilweise wirksam
Quelle: Bayer CropScience

5.5 Pflanzenschutz

Mais ist in seiner Jugendentwicklung besonders empfindlich gegenüber Unkrautkonkurrenz. Unkräuter und Ungräser konkurrieren mit Mais um Wasser, Nährstoffe und Licht. Die Herbizidmaßnahmen müssen auf eine Beseitigung bzw. Unterdrückung der Unkräuter bis zum Reihenschluss des Maises ausgerichtet sein. Grundsätzlich findet sich in den Maisbeständen eine sehr vielfältige Unkrautflora. Jedoch dominieren einige Arten. In folgender Darstellung sind Unkräuter und Ungräser nach der Häufigkeit des Auftretens aufgelistet:

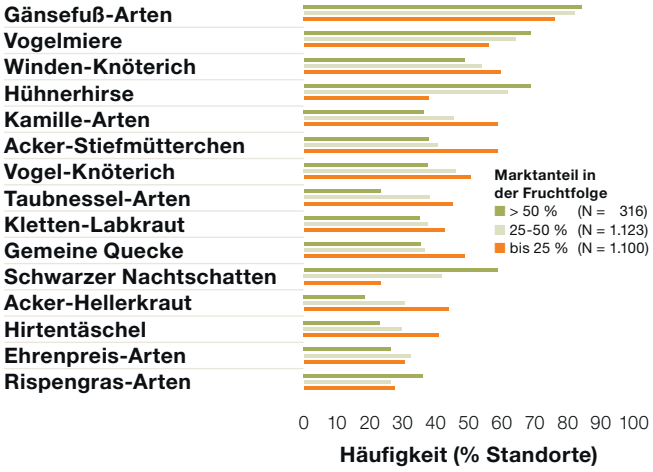
Häufigkeit von Unkräutern in Mais in Deutschland



2.602 Standorte in den Jahren 2000-2004 untersucht
Quelle: Mehrtens, 2005; proplanta® 2007

Der Maisanteil in der Fruchtfolge wirkt sich zudem auf die Zusammensetzung der Unkrautarten aus. Mit steigendem Anteil des Maises nehmen v. a. Gänsefuß-Arten, Vogelmiere, Hühnerhirse und der Schwarze Nachtschatten deutlich zu.

Einfluss des Maisanteils in der Fruchtfolge auf das Vorkommen von Unkrautarten



Quelle: Mehrtens, 2005; proplanta® 2007

Die zurzeit zur Verfügung stehende breite Produktpalette an Herbiziden kann individuell an die Unkrautflora, die Bodenart und die Witterung angepasst werden. Zur Auswahl stehen Herbizide, die im Vorauflauf oder im Nachauflauf eingesetzt werden können. Vorauflauf-Behandlungen sind nur bei ausreichender Bodenfeuchte zu empfehlen, keineswegs auf sorptionsstarken Böden oder Moorböden. Bei Herbiziden für den Nachauflauf wird zwischen blattaktiven, bodenaktiven und Kombipräparaten unterschieden.

Blattaktive Substanzen spielen ihre Vorteile vor allem in der raschen und guten Wirkung gegen aufgelaufene Unkräuter und auf trockenen und humusreichen Böden aus. Unkräuter, die nach der Applikation auflaufen, werden jedoch nicht erfasst.

Folgende Punkte müssen beim Einsatz von Blattherbiziden (z. B. mit den Wirkstoffen: Bromoxynil, Bentazon, Prosulfuron, Rimsulfuron, Nicosulfuron, Foramsulfuron, Sulcotrione, Mesotrione, Topramezone) berücksichtigt werden:

- nicht bei großen Temperaturschwankungen anwenden
- nicht bei starker Sonneneinstrahlung (besser in den Abendstunden) spritzen
- nicht in stressgeschwächten Maisbeständen einsetzen
- auf ausreichende Wachsschicht auf den Maisblättern achten
- empfohlenen Anwendungszeitraum nicht überschreiten

Achtung beim Einsatz von Sulfonylharnstoffen (Cato, Motivell, MaisTer):

→ auf die Sortenverträglichkeit achten

→ Stress für die Maispflanze vermeiden:
Hierzu zählen v. a. starke Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht und sehr kühle oder sehr heiße Witterung nach der Applikation.

Bodenherbizide werden zu einem frühen Zeitpunkt appliziert. Eingesetzt auf feuchten Mineralböden, zeigen diese eine deutliche Dauerwirkung gegen Unkräuter. Bei bodenwirksamen Herbiziden (z. B. mit den Wirkstoffen: Terbuthylazin, Metolachlor, Pendimethalin, Flufenacet, Isoxaflutol, Metosulam, Dimethenamid) ist zu beachten:

- nur bei ausreichender Bodenfeuchte wirksam
- auf gut abgesetztes Saatbett achten
- Bodenart und Humusgehalt können die Wirkung beeinflussen

Quelle: Amazonen Werke, 2014

Starke Altverunkrautung bei Mulchsaaten sollte möglichst vor der Saat durch den Einsatz nicht-selektiver Mittel auf Glyphosat-Basis (z. B. Roundup, Touchdown, Clinic) beseitigt werden. Für eine sichere Wirkung der Glyphosate muss vor der Saatbettbereitung die erforderliche Einwirkzeit (abhängig von Mittel und Größe der Unkräuter) gewährt werden.
Beim Einsatz der Herbizide ist auf den Einsatzzeitpunkt, die

Abstandsauflagen zum Schutz von Gewässern/Nicht-Zielflächen sowie auf die Einsatzbedingungen zu achten. Eine unsachgemäße Anwendung von Herbiziden kann eine direkte Schädigung der Maispflanzen sowie nicht direkt erkennbare Schäden hervorrufen (Aufhellungen, Verdrehungen etc.). Aus Gründen der Aktualität und der Vielzahl der Produkte und Anwendungsvarianten wird an dieser Stelle auf die Beratung der regionalen Pflanzenschutzdienste und die Produktempfehlungen der Hersteller verwiesen.

5.6 Insektizideinsatz

Der Einsatz von Insektiziden spielte bislang aufgrund des in der Regel niedrigen Schädlingsdruckes und des Einsatzes geeigneter Beizen eine untergeordnete Rolle. Der Maiszünsler verursacht aber in einigen Regionen derart große Schäden, sodass dieser bekämpft werden muss. Der Einsatz von Insektiziden bietet eine Möglichkeit der Bekämpfung. Aufgrund des späten Auftretens im Laufe der Vegetation müssen Spezialgeräte verwendet werden, um die Bestände nicht zu schädigen.

Informationen zur termingerechten Anwendung zugelassener Insektizide werden durch die amtlichen Warndienste der Länder erteilt.

Anders als bei den Kulturen Getreide, Raps oder Leguminosen, bei denen individuell auf das Auftreten von Schädlingen mit einer Vielzahl von Insektiziden reagiert werden kann, ist die Anzahl der zugelassenen Insektizide bei Mais sehr gering und die Applizierung mit Problemen verbunden. Zudem ist mit Mesurol flüssig derzeit nur ein insektizides Beizmittel in Deutschland zugelassen.

Insektizide Mais (Stand 24.03.2014)

Handels-bezeichnung	Wirkstoff	Wirkungsbereich
CORAGEN	Chlorantraniliprole	Insektizid
Dipel ES	Bacillus thuringiensis sub-species kurstaki Stamm ABTS-351 (Stamm HD-1)	Insektizid
GLADIATOR	Methoxyfenozide	Insektizid
Kaiso Sorbie	lambda-Cyhalothrin	Insektizid
Karate Zeon	lambda-Cyhalothrin	Insektizid
Lambda WG	lambda-Cyhalothrin	Insektizid
Mesurol flüssig	Methiocarb	Insektizid, Repellent, Wildschaden-verhütungsmittel
Runner	Methoxyfenozide	Insektizid
SpinTor	Spinosad	Insektizid
STEWARD	Indoxacarb	Insektizid
TRAFO WG	lambda-Cythalothrin	Insektizid

Quelle: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit

6. Nährstoff-Mangelsymptome

Stickstoffmangel

Ursachen:
- Unterversorgung der Böden
- saure, sandige oder humusarme Böden
- ausgeprägte Trockenheit
- Unkrautkonkurrenz

Symptome:
- latenter Mangel:
  - → schwache, hellgrüne Pflanzen
  - → verzögertes Wachstum, kleiner Wuchs

- akuter Mangel:
  - →**von der Blattspitze ausgehende keilförmige Vergilbungszone**
  - → Absterben der Blätter
  - → Absterben der Pflanze

Phosphatmangel

Ursachen:
- permanenter Mangel:
  stark saure Böden (pH < 5)
  alkalische Böden (pH > 7,5)
- temporärer Mangel:
  bei jeglicher Einschränkung der Phosphataufnahme aus der Bodenlösung (Kälte, Nässe, Trockenheit, schlechte Bodenstruktur) während der Jugendentwicklung

Symptome:
- ältere Blätter rötlich bis violett
- Rotverfärbungen am Stängel
- Wuchsverzögerung
- geringe Wurzelmasse
- bei anhaltendem Mangel Absterben der Blätter von der Spitze beginnend

Kaliummangel

Ursachen:
- Bodenverdichtungen
- Trockenheit
- Standorte mit Kaliumfixierung: anmoorige Böden, tonreiche Böden

Symptome:
- **ältere** Blätter anfangs bläulich grüne, später braunrote Färbung
- Vergilbungen **von den Blattspitzen und -rändern ausgehend**
- Verkrümmung, Einrollen der Blätter
- Absterben der Blätter

Magnesiummangel

Ursachen:
- saure Böden (Urgesteinsverwitterungsböden, saure Sandböden)
- Bodenverdichtung, Trockenheit auf schweren Böden
- leichte, sandige Böden
- viehlose Betriebe

Symptome:
- streifenförmige Aufhellung zwischen den grünen Blattadern der älteren Blätter (Intercostalchlorosen)
- weißbraune Verfärbungen an den Blattspitzen und -rändern
- Absterben der Blätter

Schwefelmangel

Ursachen:
- leichte, sandige Standorte (Auswaschung)
- saure Böden
- verdichtete Horizonte
- viehlose Betriebe
- Fruchtfolgen mit hohem Schwefelentzug

Symptome:
- Chlorosen
- rötliche Verfärbung an den Blatträndern
- Stängel: rötliche Verfärbung, Vergilbungen

Quelle: K + S Kali GmbH

Bormangel

Ursachen:
- saure Böden (pH < 5,5)
- alkalische Böden (pH > 7,5)
- humusreiche, sandige Böden

Symptome:
- streifige Nekrosen an älteren und jüngeren Blättern
- vorrangig am Kolben (mangelhafte Befruchtung, unregelmäßige Befruchtung)
- leere Kolbenspitzen
- unterschiedliche Korngrößen
- gekrümmte Kolben

Verwechslungsgefahr mit Symptomen bei Wassermangel

Manganmangel

Ursachen:
- alkalische Böden
- humusreiche Böden (Niederungsmoore)
- humose Sande
- Trockenheit

Symptome:
- helle Nekrosen zwischen den Blattadern
- meist im unteren Drittel der mittleren Blätter
- jüngste Blätter blassgrün aus Blattscheide

Verwechslungsgefahr mit Magnesiummangel

Quelle: K + S Kali GmbH

Zinkmangel

Ursachen:
- Böden mit hohen pH-Werten
- hohe Phosphorgaben

Symptome:
- streifenförmige Aufhellungen rechts und links der Mittelrippe auf der unteren Blatthälfte
- gestauchtes Wachstum
- Aufhellungen treten während des 6 - 12-Blatt-Stadiums zu Tage

7. Krankheiten und Schädlinge

Mais wird im Vergleich zu anderen Ackerfrüchten deutlich weniger von Krankheiten befallen. Die direkten Pflanzenschutzmaßnahmen im Maisanbau beschränken sich hauptsächlich auf:

- Beizung gegen Auflaufkrankheiten, Bodenschädlinge (zzt. ruhende Zulassung) und Schadvögel (Vergrämungsmittel)
- Unkrautbekämpfung
- Maiszünsler-, Maiswurzelbohrerbekämpfung

Abgesehen von der Beizung spielt die direkte Bekämpfung von Krankheiten im Maisanbau kaum eine Rolle. Durch standortgerechten Einsatz indirekter Pflanzenschutzmaßnahmen, in erster Linie Sortenwahl, Standortwahl, Düngung, Bodenbearbeitung, Optimierung der Bestandesdichte und des Erntetermins, kann viel für eine gesunde Entwicklung des Maises getan werden.

7.1 Pilzkrankheiten

Wurzel- und Stängelfäule *(Fusarium-Arten)*

Schon frühzeitig können verschiedene bodenbürtige Pilze Wurzeln und Stängelgrund befallen. Auch nach dem Rispenschieben ist noch ein Befall möglich. Zunehmende Verbräunung im unteren Stängelbereich und eine rötliche Verfärbung des Stängelmarks gehen einher mit nachlassender Festigkeit des Gewebes. Die fortschreitend schlechter werdende **Standfestigkeit** kann zu erheblichen Ertragsausfällen führen. Negative Auswirkungen auf die **Silagestabilität** und die Bildung toxischer Substanzen (Zearalenon, Trichothecene) sind ebenfalls möglich. Die Stärke des Befalls ist nicht nur abhängig vom Befallsdruck, sondern auch von der physiologischen Konstitution der Pflanze. Besonders unter Trockenheit und auf sandigen, leichten Böden tritt diese Krankheit verstärkt auf. Durch die **Standardbeizen Maxim bzw. TMTD** werden die Sorten gegen derartige Auflaufkrankheiten geschützt. **Die Wahl einer wenig anfälligen Sorte** sollte besondere Berücksichtigung finden.

Kolbenfäule *(Fusarium und andere Arten)*

Voraussetzungen für eine erfolgreiche Infektion mit Kolbenfäule sind regenreiche, kühle Sommer- und Herbsttage, Tage mit hoher Luftfeuchtigkeit und Faktoren jeglicher Art, die den natürlichen Schutz des Kolbens durchbrechen. Hierzu zählen vor allem das sortenbedingte Öffnen der Lieschen, Vogelfraß, Hagelereignisse, Befall durch den Maiszünsler, Stängelfäule oder Fröste. Der weißlich-graue bis rötliche Schimmelbelag zeigt sich sowohl auf den Körnern als auch in der Spindel und am Kolbenansatz. Derart befallene Bestände sollten in der Fütterung genauestens beobachtet werden, da die enthaltenen Mykotoxine zu Gesundheitsstörungen führen können.
Eine **ausgeglichene Düngung, Förderung der Zersetzung von Ernteresten** und die Fruchtfolgegestaltung dienen als wichtige Bekämpfungsmaßnahmen.

Quelle: Bayer CropScience

Blattkrankheiten *(Exserohilum turcicum, Cochliobolus carbonum, Kabatiella zeae)*

Je nach Jahreswitterung und Standortbedingungen können verschiedene Pilzkrankheiten die Blattflächen des Maises befallen. Eine visuelle Unterscheidung der Schadbilder ist vor allem am Anfang des Befalls äußerst schwierig. Neben dem Auftreten unterschiedlich gefärbter Blattflecken, die sich ausdehnen und zusammenfließen, werden scharf voneinander abgegrenzte Einzelflecken beobachtet.

Kabatiella zeae

Exserohilum turcicum

Bei Temperaturen von 18 bis 27 °C und hoher Luftfeuchte kann es zur Infektion der Maisblätter kommen. Günstige Bedingungen für die Entwicklung dieses Schadpilzes sind morgendlicher Tau und Nebel sowie eine warm-feuchte Witterung.

Die Folgen eines Befalls sind der Verlust von Assimilationsfläche, vorzeitiges Beenden der Stärkeeinlagerung und Ertragsverluste. Als Bekämpfungsmöglichkeit bietet sich das **Zerkleinern und Unterpflügen aller befallenen Infektionsquellen** sowie die Beachtung **sortenspezifischer Unterschiede in der Blattgesundheit** an.

Maisbeulenbrand *(Ustilago maydis)*

Die Pilzsporen des Maisbeulenbrandes können durch Wind, Niederschläge und Insekten verbreitet werden und zur Infektion verletzter Maispflanzen führen. Beulenbrand tritt vor allem dann auf, wenn der Mais Stresssituationen ausgesetzt ist (z. B. Trockenheit, Hagel, Fritfliegenbefall).
Durch hohe Temperaturen wird die Keimung der Sporen gefördert. Die Pilzsporen können nach dem Unterpflügen an befallenen Ernterückständen bis zu zehn Jahre im Boden überdauern. Die Höhe des Befalls ist unabhängig von der Häufigkeit des Maisanbaus.

Zu den vorbeugenden Maßnahmen zählen:
- alle Maßnahmen, die eine zügige Jugendentwicklung fördern (u. a. Sortenwahl)
- ausgewogene Düngung
- Fritfliegenbekämpfung (Beizmittel)
- Maiszünslerbekämpfung (z. B. ackerbauliche Maßnahmen)
- Vermeidung mechanischer Verletzungen (z. B. durch Hacken, Striegeln, Düngerstreuen)

Die Beulenbildung ist an allen oberirdischen Teilen der Pflanze möglich, solange noch teilungsfähiges Gewebe vorhanden ist. Empfindliche Ertragseinbußen können entstehen, wenn der Kolben zu Brandbeulen umgewandelt wird: Ertrag, Energiedichte, Futterwert und auch die Haltbarkeit der Silage können bei hohem Befall reduziert werden.

Maiskopfbrand *(Sphacelotheca reiliana)*

Maiskopfbrand ist in Deutschland eine bisher nur in Einzelfällen beobachtete Pilzkrankheit, die Kolben und Rispe der Maispflanzen in Sporenmasse umwandelt. Für die Keimung der Sporen sind hohe Temperaturen in Verbindung mit trockenen Böden erforderlich. Die Infektion geht von im Boden überdauernden Pilzsporen aus und erfolgt über die Wurzeln und Keimscheide. Nach der Blüte erscheinen die Krankheitssymptome in Form von Brandgallen und Sporenlagern. Befallssymptome treten nur an Kolben und Rispen auf. Stark befallene Rispen haben ein „flaschenbürstenähnliches" Aussehen. Befallene Kolben sind kleiner als gesunde, birnenförmig und fühlen sich weich an. Die Ertragsverluste sind deutlich höher als bei Befall mit Beulenbrand.

Eine Bekämpfung bzw. der Versuch, eine weitere Ausbreitung zu verhindern, scheint über resistente Sorten und den Einsatz von Fungiziden am Saatgut oder durch Saatfurchenapplikation möglich zu sein.

Hexenbesenkrankheit *(Sclerophthora macrospora)*

Der Befall mit diesem Pilz führt zu einer Fehlentwicklung der generativen Organe. Statt der Körner bilden sich kleine Blättchen, die Rispe bekommt die Form eines Besens.

Die Sporen dieses Schaderregers sind in der Lage, bei reichlichem Wasserangebot bzw. Überflutungen über die Wurzel in die Pflanze einzudringen. Bei einer Maishöhe von etwa 5 - 10 cm und Bodentemperaturen zwischen 12 und 16 °C findet diese Krankheit gute Entwicklungsmöglichkeiten.

In Deutschland wird diese Krankheit eher selten beobachtet. Gelegentlich tritt sie in zeitweise überfluteten Senken auf.

7.2 Schädlinge

Fritfliege *(Oscinella frit)*

Quelle: Bayer CropScience

Befall und Eiablage erfolgen im 1 - 2-Blatt-Stadium des Maises, besonders wenn bei anhaltend kühler Witterung ab dem 2-Blatt-Stadium das Wachstum verzögert wird. Ab dem 4-Blatt-Stadium droht kein Befall mehr.

Zu Schäden geringeren Ausmaßes infolge des Larvenfraßes zählen Fraßlöcher und Fraßrinnen an den Blättern. Bei einem Befall des Vegetationspunktes treten schwere Schäden in Form von Wuchsdepressionen, Verdrehungen der Blätter, Ausbildung von Seitentrieben bis hin zu Totalausfällen von Pflanzen auf. Die Schädigung der Pflanzen erhöht die Anfälligkeit gegenüber Maisbeulenbrand.

Quelle: Bayer CropScience

Eine sichere und preiswerte Bekämpfung stellt die Saatgutbeizung mit systemischen Insektiziden (z. B. Mesurol) dar.

Vorbeugend wirken alle Maßnahmen, die eine rasche Jugendentwicklung fördern. Hierzu zählt auch die Wahl von Sorten, die sich durch eine vergleichsweise gute Kälteverträglichkeit im frühen Stadium auszeichnen.

Drahtwürmer *(Agriotes-Arten)*

Schäden entstehen im frühen Stadium durch Fraß am Saatkorn oder Keimling. Bei größeren Pflanzen bohren sich die Larven unterirdisch in den Stängel, was zum Absterben der Pflanzen führt. Befallene Pflanzen stellen das Wachstum ein und zeigen braun verfärbte Blätter. Im Boden finden sich 2 - 4 cm lange, gelbbraune Larven.

Schäden werden vor allem in den ersten vier Jahren nach Grünlandumbruch oder einer längeren Stilllegung beobachtet.

Eine Bekämpfung war einerseits direkt durch den Einsatz von Insektiziden (Beizmittel Gaucho, Poncho zzt. ruhende Zulassung) möglich, andererseits durch vorbeugende Maßnahmen, die eine zügige Jugendentwicklung fördern (Düngung, Sortenwahl etc.).

Maiszünsler *(Ostrinia nubilalis)*

In klimatisch günstigeren Gebieten kann der Zünsler den Mais, besonders im Körner- und Zuckermaisanbau, stark gefährden. Der Schädling breitet sich jedoch Jahr für Jahr weiter in die nördlichen Anbaugebiete aus. In der Regel legt der Falter seine Eier ab Mitte Juli an der Blattunterseite ab. Von hier aus wandern die geschlüpften Raupen zum Stängel und dringen in diesen ein. Durch ihre Fraßtätigkeit in Stängeln und Kolben wird die Ernährung der Pflanze beeinträchtigt. Weitaus größer sind die indirekten Schadwirkungen durch Abknicken der befallenen Stängel und Verpilzung der Kolben.

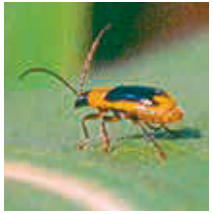
Abgeknickte Fahnen geben einen ersten Hinweis auf den Befall. Die bis 30 mm langen braunschwarzköpfigen Raupen fressen sich abwärts bis zum Wurzelhals, wo sie überwintern. Die wirtschaftliche Schadensschwelle liegt bei 4-8 Eigelege/100 Pflanzen.

Das Abschlegeln und Unterpflügen der Erntereste reduziert die Raupen des Maiszünslers deutlich. Eine weitere Bekämpfungsmöglichkeit bietet der Einsatz von Insektiziden.
Die biologische Schädlingsbekämpfung durch Einsatz der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens*, deren Eier nach den Empfehlungen des amtlichen Warndienstes vom Landwirt im Bestand ausgebracht werden, hat sich bewährt.

Entsprechend präparierte Kartonrähmchen oder mit den Eiern des Parasiten gefüllte Kapseln werden auf der Fläche gleichmäßig verteilt. Nach dem Ausschlüpfen suchen die Trichogrammen die Eigelege der Maiszünsler auf und parasitieren diese durch Anstechen und Ablage von neuen Trichogramm-Eiern. Dies ist das einzige Verfahren der biologischen Schädlingsbekämpfung, das im Ackerbau in Deutschland großflächig eingesetzt wird.

Seit 2006 sind zudem gentechnisch veränderte Maissorten vorhanden, die den Mais vor Larvenfraß des Maiszünslers schützen. Dies gelang durch die gentechnische Übertragung eines Gens aus dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis*. Das Gen ermöglicht die Bildung eines spezifischen Eiweißes gegen den Schädling. Im April 2009 wurde allerdings ein Anbauverbot erlassen.

Maiswurzelbohrer *(Diabrotica virgifera)*



1992 trat der Westliche Maiswurzelbohrer zum ersten Mal in Europa auf, in der Umgebung von Belgrad. Auch in Deutschland wurde 2007 zum ersten Mal das Auftreten dieses Schädlings bonitiert.

Die Larven des schwarz-gelb gestreiften, etwa 0,5 cm großen Käfers gleichen dem Drahtwurm. In den Sommermonaten befallen diese das Wurzelsystem des Maises, sodass aufgrund einer gestörten Wasser- und Nährstoffaufnahme die weitere Entwicklung der Pflanzen beeinträchtigt ist. Ein total zerstörtes Hauptwurzelsystem führt schließlich zu starken Lagerschäden. Betroffene Maispflanzen fallen um und können trotz eines teilweise erneuten Aufrichtens nicht mehr von den Erntemaschinen erfasst werden. Der ökonomische Schaden ist groß. Durch den Reifungsfraß der Käfer werden Pollen und Narbenfäden geschädigt, die Befruchtung wird beeinträchtigt.
Da der Maiswurzelbohrer nur eine Generation pro Jahr ausbildet und die Käfer maximal 100 km zurücklegen, hofft man durch ein möglichst lückenloses Monitoring und ein strenges Quarantänesystem eine Verbreitung zu vermeiden.

Durch Maiszünsler geschädigte Wurzeln

In der Europäischen Union ist der Westliche Maiswurzelbohrer seit dem Frühjahr 2014 nicht mehr als Quarantäneschädling eingestuft. Die europäische Union erkennt damit an, dass eine Ausrottung des besonders in den warmen Regionen Europas vorkommenden Schädlings unmöglich ist. Damit steht nun die Eigenverantwortung der Landwirte stärker im Fokus - die früheren Bekämpfungsmaßnahmen können auch zukünftig dabei helfen eine weitere Ausbreitung zu vermeiden. Bisher galt die Leitlinie des Julius-Kühn-Instituts für die Bekämpfung des Westlichen Maiswurzelbohrers, welche die EU-Vorgaben in die Praxis umsetzt. Folgende Punkte sind unbedingt zu befolgen:

- Meldepflicht: Das Auftreten oder der Verdacht des Auftretens des Schädlings ist sofort dem Pflanzenschutzdienst zu melden.
- Monitoring: Mit Hilfe von Sexuallockstofffallen wird das Vorkommen des Schädlings bonitiert.
- Bekämpfung bei Erstbefall: Bei Fund eines Maiswurzelbohrers in einem bisher befallsfreien Gebiet sind eine Befallszone von mindestens 1 km Radius rund um das Befallsfeld und eine Sicherheitszone von mindestens 5 km Radius um die Befallszone abzugrenzen.

Bekämpfungsmaßnahmen in der Befallszone

- Kein Maisanbau für 2 Jahre. In Einzelfällen ist eine dreigliedrige Fruchtfolge – bezogen auf Einzelschläge – unter der Berücksichtigung der Vorkulturen in den zwei Jahren zuvor möglich, verbunden mit Saatgutinkrustierung oder Bodengranulat und einer Insektizidspritzung gegen den Käfer in den Folgejahren.
- im Befallsjahr kein Verbringen frischer Maispflanzen oder Teile dieser Pflanzen (Grün- oder Silomais) vor dem 1. Oktober aus der Befallszone

- Ernte von nicht vollständig abgereiftem Mais erst ab dem 1. Oktober
- Verbringungsverbot von Erde dieser Maisfelder
- Reinigen der Maschinen vor dem Verlassen der Befallszone
- Bekämpfung von Maisdurchwuchs

Bekämpfungsmaßnahmen in der Sicherheitszone:

- Zweijährige Fruchtfolge. In Außnahmefällen ist ein Anbau von Mais, verbunden mit einer Insektizidanwendung gegen den Käfer im Befallsjahr und in den Folgejahren, sowie eine Inkrustierung des Saatguts oder Bodengranulat in den Folgejahren möglich.

Die Befalls- bzw. Sicherheitszonen werden für 3 Jahre aufrechterhalten. Werden im Zuge des Monitorings innerhalb dieser Zeit keine Käfer mehr gefunden, werden die Zonen aufgehoben. Bei verstärktem Auftreten des Schädlings ist eine Vergrößerung der Zonen möglich. In Gebieten, in denen sich der Westliche Maiswurzelbohrer nicht mehr ausrotten lässt, sind spezielle Maßnahmen erforderlich.

Nematoden (*Pratylenchus-, Ditylenchus dipsaci- und Heterodera*-Arten)

Im Allgemeinen ist der Mais eine schlechte Wirtspflanze für Nematoden. Auf dennoch befallenen Flächen sollte der Anbau der Wirtspflanzen Mais, Tabak und Roggen für einige Jahre ausgesetzt werden.

Zu den wichtigsten Nematoden im Mais zählen die Stock- oder Stängelälchen. Spürbare Ertragsbeeinträchtigungen durch Nematoden treten zu Tage, wenn neben einer hohen Individuendichte an Nematoden der Mais in seiner Jugendentwicklung gehemmt wird. Alle Maßnahmen zur Förderung der Jugendentwicklung (Bodenzustand, pH-Wert, Nährstoffversorgung, Unkrautbekämpfung, Sortenwahl etc.) vermindern gleichzeitig die Schäden durch Nematoden.

Der nesterweise Befall führt häufig zu verzögertem Wachstum oder Fehlstellen. In der weiteren Entwicklung verschlechtert sich zunehmend die Standfestigkeit der Pflanzen; das Wurzelwerk kann fast vollständig zerstört werden. Die Pflanzen vertrocknen und brechen schließlich an der vermorschten Stängelbasis ab.

Quelle: Bayer CropScience

Wolfgang Gruber
Vertriebsleiter
4925 Pramet
Mobil: 0664/283 71 40
E-Mail: wolfgang.gruber@kws.com

1 **Thomas Sturm**
Oberösterreich
Mobil: 0664/822 21 72
E-Mail: thomas.sturm@kws.com

2 **Michael Obruca**
Niederösterreich West
Mobil: 0664/963 16 69
E-Mail: michael.obruca@kws.com

Fritz Märkel
Waldviertel
Mobil: 0664/431 73 28
E-Mail: fritz.maerkel@aon.at

3 **Anton Spacek** Produktmanagement
Niederösterreich Ost,
Nordburgenland
Mobil: 0664/280 50 15
E-Mail: anton.spacek@kws.com

4 **Franz Bauer**
Steiermark, Südburgenland
Mobil: 0664/300 96 46
E-Mail: franz.bauer@kws.com

5 **Christian Kaufmann**
Kärnten, Osttirol,
Tirol, Salzburg
Mobil: 0664/963 16 66
E-Mail: christian.kaufmann@kws.com

KWS AUSTRIA SAAT GMBH
Leonard-Bernstein-Straße 10
1220 Wien
Tel.: 01/26 33 900 27
www.kwsaustria.at