

Keimung und Auflauf unter ungünstigen Bedingungen

Optimale Bedingungen zur Maisaussaat sind Bodentemperaturen von 10°C, ein abgetrocknetes und abgesetztes, feinkrümeliges Saatbett mit genügend Bodenfeuchte und stabile Temperaturen über 10°C ohne große Schwankungen. Liegt die mittlere Temperatur in den ersten Tagen nach der Aussaat unter 10°C so kann es bereits zu einem etwas geringeren Feldaufgang als mit der Aussaatstärke angepeilt, kommen.

Im Frühjahr zur Maisaussaat kann in unseren Breiten sehr gutes Wetter herrschen. Es gibt aber auch Jahre, in denen es nach der Maisaussaat noch einmal schneit. Ungewöhnlich schlechte Wetterbedingungen nach der Aussaat können zu Problemen mit der Bestandesdichte führen.



Abb.1: Schneefall nach der Aussaat: Stress für das Korn durch die Aufnahme von kaltem Wasser, anhaltend kalter Temperaturen und wassergesättigtem Boden

Kältestress während der Keimung:

Nach der Aussaat absorbiert das trockene Maiskorn 30% seines Eigengewichtes an Wasser. Dabei erfolgt die Wasseraufnahme in den ersten 30 Minuten äußerst rasch. Danach findet die Aufnahme langsamer statt. Bei niedrigen Temperaturen ist die Zellmembran des Keimlings spröde und kann bei dieser schnellen Wasseraufnahme reißen. Kommt das Wasser aus sehr kaltem Regen oder von schmelzendem Schnee kann es ebenfalls zu Kälteschäden an den Zellmembranen im Keimling kommen. **Langanhaltende kühle Temperaturen** (unter 10°C) führen zu einem verlangsamten Stoffwechsel. Es entstehen freie Radikale, welche ebenfalls die Zellmembran und die Zellorganellen schädigen (Abbildung 2). Als Folge tritt Zellinhalt aus und gelangt in den Boden. Bodenpilze werden von dem Zellinhalt angelockt und können den Keimling befallen. Es kommt zu Auflaufkrankheiten, eventuell auch zu einem späteren Stängelfäulebefall. Durch einen verlangsamten Stoffwechsel kommt es ebenfalls zu einer verminderten Triebkraft, beziehungsweise einem verzögerten Auflaufen (3 - 5 Wochen) und einer erhöhten Anfälligkeit für Krankheiten und Herbizidschäden. Aber nicht nur Kälte an sich, sondern auch große Tag/Nacht-Temperaturunterschiede schaden den Maiskeimlingen (siehe bei der Diagnosehilfe „korkenzieherartiger Wuchs“).

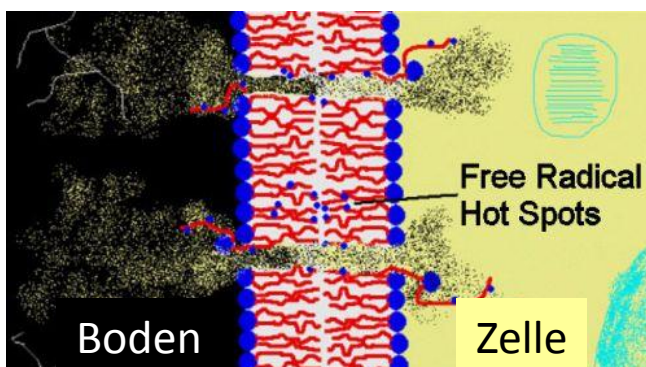


Abb.2: Freie Radikale schädigen die Zellmembran, welche dann beim Quellen unter Kälte reißt. Zellinhalt tritt in den Boden aus und lockt Bodenpilze an.

Anhaltende Nässe:

Ist der Boden aufgrund von längeren Regenfällen für längere Zeit wassergesättigt, kann es zu ähnlichen Schädigungen wie bei kalten Temperaturen kommen. Für den Keimling, der noch im Boden ist, hat Staunässe den gleichen Effekt wie ein überflutetes Feld. Maispflanzen überleben in der Regel nur 24 - 48 Stunden unter Wasser.

Unter den anaeroben Verhältnissen nehmen die Mitochondrien (die „Kraftwerke“ der Zelle) Schaden und entlassen freie Radikale, welche wiederum die Zellmembran schädigen (Abbildung 2). Durch den Sauerstoffmangel findet in der Zelle eine Gärung statt. Die entstehende Azidose (Übersäuerung) kann zum Zelltod führen. Zumindest ist aber der Stoffwechsel so beeinträchtigt, dass der Keimling anfälliger für Krankheiten, Insekten oder Herbizide wird. Hinzu kommt, dass viele Pathogene (Krankheitserreger) sehr gut in wassergesättigten Böden gedeihen.

Die Folgen und mögliche Maßnahmen:

Die Folge von kalten Temperaturen zur Keimung, langanhaltenden kalten Temperaturen zum Auflaufen oder Staunässe können eine verzögerte Jugendentwicklung, Auflaufkrankheiten, Wurzel- und Stängelfäule oder Fehlstellen im Bestand bis zu Totalausfällen sein. Das Ausmaß des Schadens hängt von der Temperatur und vor allem von der Zeitdauer der Schädigung und von der Bodenart ab. Schwerere, schlecht drainierte Böden sind dabei häufiger betroffen. Auf sehr leichten Böden mit ihrer schlechteren Wasserhaltefähigkeit ist hingegen die Gefahr von stark schwankenden Temperaturen, gerade bei klaren, kalten Nächten, erhöht. Saatgut, welches in trockenen Boden gelegt wird, kann bei später auftretenden kaltem Regen oder Schnee auch noch stark geschädigt werden.

Wichtig ist, dass die ersten 24 – 48 Stunden nach der Aussaat für die Keimung warm und feucht waren, danach hält der Keimling kühle Temperaturen deutlich besser aus.

Maßnahmen für einen guten Auflauf:

- Optimales Saatbett bereiten (Bodenbearbeitung nur unter optimalen Bedingungen), optimale Tiefenablage bei der Aussaat
- Strukturschäden im Boden vermeiden (Fruchtfolgeanteil Mais unter 50%)
- Drainage pflegen
- Beizung schützt vor Keimlingskrankheiten
- Nicht direkt vor einer angekündigten Kälteperiode Mais legen (1-2 Tage), keine Maisaussaat auf sehr leichtem Boden vor kalten Nächten, wenn die Tage schon deutlich wärmer sind
- Keine Aussaat in nassen und kalten Boden (eventuell die Saatstärke erhöhen)
- Nach starken Regenfällen und verkrustetem Boden kann ein Aufbrechen der Kruste mit der Walze helfen
- Eine dicke Schicht aus Vorfruchtresten bei Mulchsaat führt zu einer schlechteren Erwärmung des Bodens gerade auf schwereren Böden. Eine Streifenbearbeitung (Strip Till) in den Maisreihen oder das Wegräumen der Ernterückstände in den Reihen hilft, dass sich der Boden rascher erwärmt.

Kalte Temperaturen kurz nach dem Auflaufen:

Mais ist eine tropische Pflanze. In ihrem Ursprungsgebiet liegen die Bodentemperaturen im April bei 25°C. Bereits ab kühlen Temperaturen von 12°C leidet das Energiesystem der Maispflanze. Liegt die durchschnittliche Tagestemperatur für mehrere Tage unter 10°C, so kommt es beim Mais zu **Schädigungen am Chlorophyll**, das Gewebe wird heller. Fehlen im Extremfall fast alle schützenden Pigmente, so wird das Blattgewebe vom Sonnenlicht

AGRONOMY-INFORMATIONEN

verbrannt und es stirbt ab. Temperaturen zwischen 0-5 °C können zu leichten, permanenten Blattschäden führen. In der Regel erholen sich aufgrund von Kälte aufgehellte Maispflanzen rasch wieder, wenn die Temperaturen wärmer werden. An Kälte leidet Mais besonders in Senken, auf Niedermoorstandorten oder auf stark sandigen Böden, wenn es dort an warmen Tagen und kalten Nächten zu großen Temperaturunterschieden kommt.



Abb.3: Junger Mais bei kalten Temperaturen, er erholt sich wieder.



Abb.4: Gelbverfärbung bei kalten Temperaturen



Abb.5: junger, gesunder Mais

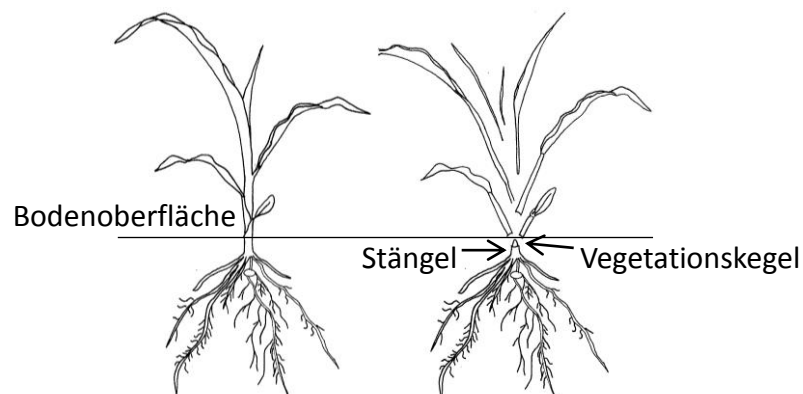
Die Folgen:

Ob Kälteschäden zu Ertragsverlusten führen, hängt vor allem von den nachfolgenden Wetterbedingungen ab. Wird das Wetter wärmer und sonniger, so verwächst sich die Gelbfärbung in der Regel rasch wieder und es kommt zu keinen Ertragsverlusten. Ist es weiterhin kalt, so ist die Entwicklung des Wurzelsystems verzögert. Die Pflanze ist länger von den Nährstoffen im Korn und den Keimlingswurzeln abhängig. Der Übergang zwischen der Keimlings- und der Kronenwurzelentwicklung ist immer kritisch für die spätere Nährstoffversorgung und Ertragsentwicklung. Zudem ist die Gefahr von Keimlingskrankheiten durch Bodenpilze (*Fusarien*, *Phytium sp.* etc.) bei länger anhaltendem, kaltem Wetter länger vorhanden. Auch das Zellwachstum der Sproßspitze (Vegetationskegel) und die Ausbildung des Photosyntheseapparates kann bei kühler Witterung direkt negativ beeinflusst sein. Dabei gibt es genotypische Unterschiede. Bleibt es länger kalt, können sich an den Blattspitzen Tüten bilden und die Blätter zunächst in Schlingenform weiterwachsen.

Frostschäden:

Maispflanzen sind weniger empfänglich für Frostschäden, solange der Vegetationskegel der Pflanze unter der Erdoberfläche geschützt liegt.

Der Vegetationskegel tritt erst ungefähr mit dem 5-Blattstadium aus dem Boden heraus. Im Boden ist der Vegetationskegel kurzfristig vor Frost geschützt und der Mais kann nach dem Absterben der Blätter von dort aus wieder nachwachsen.



AGRONOMY-INFORMATIONEN

Abb.6: Vegetationskegel einer Maispflanze im 3.-Blattstadium

Eine zuverlässige Schätzung von Frostschäden kann nach 3 bis 5 Tagen erfolgen. Innerhalb der ersten 24 Stunden nach Frosteinwirkung werden die Pflanzen dunkel, meist erscheinen sie fast schwarz. Einen Tag später werden zerstörte Teile des Blattes trocken und verfärben sich.

Die heutigen Maissorten kommen im Allgemeinen mit viel niedrigeren Durchschnittstemperaturen zurecht als alte Sorten vor 30 Jahren. Eine Frostresistenz gibt es nicht, jedoch hat sich die Kältetoleranz stark erhöht. Dabei ist eine frühe Reife der Sorten keine Garantie für eine gute Kältetoleranz. Gerade späte Sorten sollten früh gesät werden und werden daher auch auf eine gute Kältetoleranz hin selektiert.

Gerade bei länger anhaltenden kühlen Temperaturen ist die Versorgung der Pflanze mit Nährstoffen wichtig. Eine **Unterfußdüngung** bringt den Dünger nah an die Pflanze heran. Das so verfügbare Phosphat unterstützt das Wachstum der jungen Pflanze.

Vorsicht ist beim Pflanzenschutz geboten:

Die Verträglichkeit der Herbizide kann unter Kältestress herabgesetzt sein. Besonders bei hohen Schwankungen zwischen Tag- und Nachttemperaturen kann es zu Schädigungen durch den Herbizideinsatz kommen.

Felder, auf denen jedes Jahr noch spät im Frühjahr oder Frühsommer Kälte- oder Frostschäden auftreten, sind auch für recht kältetolerante Sorten nicht optimal für den Maisanbau.

Umbruch und Nachsaat:

Ist die Bestandesdichte stark herabgesetzt, sollte die Entscheidung umzubrechen gut abgewogen werden. Eine Neuansaat lohnt sich nur, wenn die zu erwartenden Erträge deutlich über den anfallenden Kosten für die Bodenbearbeitung, Saatgut, Aussaat, oder auch die erhöhten Trocknungskosten für Körnermais im Herbst, liegen.

Zuerst muss das Ausmaß des Schadens abgeschätzt werden. Ein sehr starker Frostschaden kann weite Flächen betreffen. Es sollte daher auf der ganzen Fläche stichprobenartig die Bestandesdichte kontrolliert werden (die Pflanzen einer Reihe (bei 0,75m Reihenweite) auf 13,33m zählen und durch 10 teilen). War der Mais noch nicht aufgelaufen, so muss gegraben werden. Unten im Text findet sich eine Diagnose-Hilfe mit Fotos. Bei kühler Witterung kann das Auflaufen zwischen 3 und 5 Wochen dauern. War die Aussaattiefe durch Strukturprobleme im Boden ungleich, so kommt es wahrscheinlich zu einem sehr ungleichen Auflaufen mit vielen Nachzüglern. Während kleinere Lücken vom Mais noch durch die Nachbarpflanzen ausgeglichen werden können, führen größere Lücken innerhalb der Reihen zu Ertragsverlusten. Bei sehr niedrigen Bestandsdichten ist zudem die Unkrautkontrolle etwas problematischer.

Dann muss das vorhandene Ertragspotential geschätzt werden (mit Abzügen für ungleichmäßig entwickelte Pflanzen oder große Lücken) und mit dem Ertragspotential der Neuansaat verglichen werden. Je später die Neuansaat erfolgt, umso niedriger wird das Ertragspotential liegen. Von der Neuansaat sollte dann auch der theoretische Deckungsbeitrag errechnet werden, denn durch die zusätzlichen Kosten durch die Bodenbearbeitung, Aussaat und eventuell noch mal Pflanzenschutz minimiert sich der monetäre Ertrag pro Hektar.






Sind nur Senken vom Frostschaden betroffen, so braucht eventuell nur dort eine etwas frühere Sorte nachgelegt werden. Bei später Aussaat / Neuansaat ist zu bedenken, dass der Befall mit Frit- und anderen Fliegen erhöht sein kann. Die Auswirkungen einer möglichen Sommertrockenheit oder von Hitzestress zur Blüte müssen berücksichtigt werden. Wird die Neuansaat noch reif oder ist eventuell im Herbst die Gefahr von frühen

AGRONOMY-INFORMATIONEN

Frostschäden erhöht? Eventuell sind bei der Ernte durch eine niedrigere Abreife auch die Trocknungskosten erhöht.




Diagnose-Hilfe:

Schäden am Keimling und an der jungen Maispflanze, die mögliche Ursache und die Folgen:

Symptome	Ursache	Folge
<ul style="list-style-type: none"> • Unteretzte Koleoptile (Keimblattscheide) Keimblätter treten zu früh aus. 	Quellen mit kaltem Wasser Kälteschaden	Tod, es sei denn das ungeschützte Blatt erreicht die Erdoberfläche
		
<ul style="list-style-type: none"> • Verbräuntes Gewebe hinter der Wurzelspitze oder tote Keimwurzel und Adventivwurzeln am Mesokotyl 	Kälteschaden Staunässe	Wenn der Vegetationskegel intakt ist, kann die Pflanze überleben
 		
<ul style="list-style-type: none"> • Koleoptile zerstört oder Keimblätter platzen noch im Boden seitlich heraus (ohne Verdichtung) 	Kälteschaden Genetisch bedingte Eigenschaft	Tod des Keimlings
		



AGRONOMY-INFORMATIONEN

Symptome	Ursache	Folge
<ul style="list-style-type: none">• Korkenzieherartiges Mesokotyl oder Koleoptile 	Große Temperaturunterschiede (z.B. Tag/Nacht) Herbizidschaden	Tod des Keimlings
<ul style="list-style-type: none">• Verrotetes Korn oder Mesokotyl Gesprenkelte Fäule	Keimlingskrankheiten	Tod des Keimlings oder Kümmerwuchs
<ul style="list-style-type: none">• Blätter werden noch im Boden Ausgeschoben und wachsen an Verdichtung entlang	Mechanische Verletzung Bodenverdichtung	Normalerweise Tod des Keimlings, da der Spross ohne Koleoptile nicht mehr durch den Boden wachsen kann
<ul style="list-style-type: none">• Gebleichte Blätter 	Kälteschaden Herbizidschaden	Keimling kann weiter wachsen, es sei denn, die Schädigung des Photosyntheseapparates ist zu groß
<ul style="list-style-type: none">• Verkürzte / abgefressene Wurzeln	Insektenschaden	Schwache Keimlinge, welkende Pflanzen
<ul style="list-style-type: none">• Abgestorbene Blattspitzen und Blätter 	Frostschaden	Pflanze muss neu austreiben, verbraucht Energie, verzögerte Entwicklung

Mesokotyl = Teil des Keimlingsstengels zwischen Scutellum (Schildförmiges Saugorgan am Endosperm, auch ein Keimblatt) und Koleoptile (Keimblattscheide), beim Mais deutlich gestreckt (Lexikon der Biologie www.Spektrum.de).

AGRONOMY-INFORMATIONEN

Entscheidungshilfe Umbruch und Neuansaat bei Körnermais:

1. Aktuell geschätzte Marktleistung

1.	Tatsächliche Bestandesdichte: An mehreren repräsentativen Stellen auf 13,33 m (bei 0,75 m Reihenweite) Pflanzen zählen und durch 10 teilen; Mittelwert bilden	
2	Geschätztes Ertragsniveau bei tatsächlicher Bestandesdichte: (1/4 weniger Pflanzen = ungefähr 10% weniger Ertrag)	
3	Lücken: geschätzte Ertragsminderung in Prozent: Bei weniger als 25% verringerter Bestandesdichte = 0% Ab 25% verringerter Bestandesdichte und unter 1m Lücken = 2% Bei Lücken ab 1m = 5%	
4	Nachzügler: geschätzte Ertragsminderung in Prozent: Bei gleichmäßig entwickelten Pflanzen = 0% Bei ¼ der Pflanzen mit 2-3 Blättern verzögerter Entwicklung = 6% Bei ½ der Pflanzen mit 2-3 Blättern verzögerter Entwicklung = 9% Bei ½ der Pflanzen 5-7 Blätter verzögerter Entwicklung = 20% (\Rightarrow bei 20 % Ertragsverlust ist die Neuansaat wahrscheinlich vorteilhaft)	
5	Zu erwartender Ertrag: 100 minus Punkt 3 und 4 multipliziert mit Punkt 2	
6	Marktpreis Körnermais (z.B. 15,- €/dt)	
7	Geschätzte Marktleistung des aktuellen Maisbestandes (ohne Trocknungskosten) Punkt 5 multipliziert mit Punkt 6	

2. Marktleistung Neuansaat

1	Normale Ertragserwartung: (Mittel aus den letzten 5 Jahren)	
2	Ertragsverlust durch spätere Aussaat: (3 Wochen später als üblich = ungefähr 10%)	
3	Geschätzter tatsächlicher Ertrag: 100 – Punkt 2 multipliziert mit Punkt 1	
4	Marktpreis Körnermais (z.B. 15,- €/dt)	
5	Kosten für Umbruch und Neuansaat: Herbizid, variable Maschinenkosten (event. Pflügen, Scheibenegge, Saatbettbereitung, Aussaat), Unterfußdünger, Saatgutkosten	
6	Marktleistung Neuansaat: (ohne Trocknungskosten) Punkt 3 multipliziert mit Punkt 4 minus Punkt 5	

Weitere Informationen:

Imad Saab und Steve Butzen, 2010, „Diagnosing Chilling and Flooding Injury to Corn prior to Emergence“, Crop Insights Vol.14 No.4, Pioneer
und „Corn Grain Stand Evaluation / Replant Guide for Southern U.S. Planting“ Field Facts Vol.13 No.5, Pioneer

Carter, P.R., E.D. Nafziger, and D.R. Hicks. 1992. “Effects of uneven seedling emergence in corn” (NCH-36) [Online]. National Corn Handbook Series, Purdue Univ. Coop. Ext. Service, W. Lafayette, IN 47907.
<http://www.agcom.purdue.edu/AgCom/Pubs/NCH/NCH-36.html>

Nielsen, R.L. 2003. “Estimating yield and dollar returns from corn replanting” (AY-264-W) [Online]. Purdue Univ. Coop. Ext. Service, W. Lafayette, IN 47907.
<http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AY-264-W.pdf>

Pioneer Hi-Bred Northern Europe Sales Division GmbH

Riedenburger Str. 7, 81677 München
Tel.: 089-455330, Fax: 089-45533111, E-Mail:
corteva-deutschland@corteva.com
Internet: www.pioneer.com/de