



Maisanbau auf Trockenstandorten

Anregungen für Wasser sparende Anbaustrategien



Sarah Christina Jäger
Dr. Friedrich Jäger

Maisanbau auf Trockenstandorten Anregungen für Wasser sparende Anbaustrategien

März 2007

Dr. Friedrich Jäger ist selbständiger Pflanzenbauberater mit dem Schwerpunkt Energiepflanzen. Er war bis 2006 über 20 Jahre lang in der Mais Beratung der Firma KWS Mais GmbH aktiv und hat an zahlreichen Projekten zur Entwicklung neuer, umweltschonender Mais-Anbauverfahren mitgewirkt.

Sarah Christina Jäger absolviert ihr Masterstudium am Lehrstuhl Pflanzenzüchtung der Christian Albrecht Universität Kiel.

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Prof. Dr. Yves Reckleben

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847940, Fax: 04331-847950

Internet: www.rkl-info.de; E-mail: mail@rkl-info.de

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiger Beratungsring mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

Gliederung	Seite
1. Einleitung	389
2. Wasser und Trockenstress.....	390
2.1. Wasser in Pflanze und Boden	390
2.2. Auswirkungen von Trockenstress.....	392
2.3. Trockenstresstoleranz als Zuchtziel	396
3. Anbautechnische Strategien	398
3.1. Sortenwahl	398
3.2. Wasser sparende Bodenbearbeitung	400
3.3. Aussaat und Sätechnik.....	404
3.4. Saatstärke und Bestandesdichte.....	407
3.5. Saatreihenabstände und Pflanzenverteilung	408
3.6. Maisanbau mit Beregnung.....	410
4. Ernte und Konservierung	412
4.1. Der optimale Erntezeitpunkt	412
4.2. Konservierung	415
5. Schlusswort	416
6. Literatur.....	417

1. Einleitung

Seit über 50 Jahren bietet der Mais eine aus ökonomischer und arbeitswirtschaftlicher Sicht breite Basis für die Bereitstellung einer ausreichenden Menge hochwertigen Grundfutters. Aktuell wird in Deutschland auf etwa 1,6 Mio. Hektar Mais für die unterschiedlichsten Verwertungsformen angebaut. Der stark zunehmende Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der Biogasproduktion führt ebenfalls zu einer steigenden Maisnachfrage, da Mais den Vorteil eines leicht zu konservierenden Gärsubstrates aufweist.

Beide Betriebszweige sind auf eine gut zu kalkulierende, sichere „Futterbeschaffung“ in ausreichender Menge angewiesen, um das wirtschaftliche Risiko einer Versorgungslücke möglichst gering zu halten. Das bedeutet, dass der Ertragssicherheit in der Pflanzenproduktion ein entsprechender Stellenwert eingeräumt werden muss.

Der folgende Bericht beschreibt die Bedeutung des Wassers für die Ertrags- und Qualitätsbildung bei Mais und stellt dem Leser Anregungen für einen Wasser sparenden Maisanbau vor.

2. Wasser und Trockenstress

2.1 Wasser in Pflanze und Boden

Der Wassergehalt in höheren Pflanzen liegt in einem weiten Bereich zwischen 60 und 90 %, bei Silomais zum Zeitpunkt der Ernte etwa bei 66–72 %. Der spezifische, bipolare Aufbau des H₂O Moleküls ist der Grund für die vielseitigen Funktionen des Wassers in der lebenden Pflanze.

Ein Teil des Wassers findet sich relativ mobil in den Zellvakuolen. Es dient in erster Linie dem Ionenaustausch zwischen den Zellen (Kurzstreckentransport). Im Langstreckentransport durch das Leitbahnsystem der Pflanze wurden Geschwindigkeiten von 1 m/h bis zu 100 m/h gemessen.

Nur ein Bruchteil, ca. 1 % des aufgenommenen Wassers wird unmittelbar für Stoffwechselaktivitäten benötigt oder ist am Zellwachstum beteiligt. Weniger als 1 % des über die Wachstumszeit aufgenommenen Wassers verbleibt in der Pflanze. Zur Aufrechterhaltung der Stoffwechselforgänge ist die Einhaltung eines bestimmten hydrostatischen Drucks (Turgor) in der Pflanze erforderlich. Optimale Bedingungen für Wachstum und Ertragsleistung bei Getreide werden bei etwa 600 KPa erreicht.

Gesteuert wird der Wasserhaushalt der Pflanze über die Transpiration und den Wurzeldruck. Ca. 90 % des abgegebenen Wassers verlässt die Pflanze über die Spaltöffnungen (stomatäre Transpiration), der Rest über die Epidermis der gesamten Pflanze (cutikuläre Transpiration). Die Transpiration folgt in ihrem Verlauf mehreren Faktoren wie z.B. der Luftbewegung und der Luftfeuchtigkeit. Sie ist außerdem abhängig vom Bau und der Funktionsfähigkeit der Spaltöffnungen. Übernimmt der Wurzeldruck z. B. bei eingeschränkter Transpiration die Wasserversorgung, können in der Wurzel Drücke bis zu 6 bar aufgebaut werden.

Als Maßstab für einen effizienten Wasserverbrauch und zur Charakterisierung der Anbaueignung auf Trockenstandorten wird der Transpirationskoeffizient (l/kg TM) genutzt. Dabei gelten Pflanzenarten mit einem niedrigen Transpirationskoeffizienten wie z. B. die C₄-Pflanzen, zu denen auch Mais und Hirse (Sorghum) zählen, zu den eher weniger Wasser bedürftigen Arten. Nach GÜNTHER, 2003 erklären sich die z. Teil großen Streuungen der Werte bei den einzelnen Kulturpflanzenarten überwiegend durch unterschiedliche Bodenqualitäten in den Einzelversuchen.

Tab. 1: Transpirationskoeffizienten verschiedener Nutzpflanzen.
(Günther, 2003 und andere)

Nutzpflanze	Transpirationskoeffizient
Winterweizen	308-321
Sommergerste	218-245
Zuckerrüben	176-314
Kartoffeln	182-219
Mais	203-400
Hirse	200-300

Das Bodenwasser ist die Hauptversorgungsquelle für einen Pflanzenbestand. Nur geringe Mengen können von den oberirdischen Pflanzenteilen durch Diffusion aufgenommen werden. Als Teil des Ökosystems wird der Wasserkreislauf überwiegend aus den Niederschlägen gespeist. Ein kleiner Teil gelangt über die Kondensation (Taubildung) in den Boden, ein weiterer Teil befindet sich in Form von Wasserdampf in den Bodenporen. Neben seiner Hauptfunktion als Lösungs- und Transportmedium, ist Wasser für zahlreiche Vorgänge der Bodenentwicklung, der Verwitterung und Humusbildung, sowie für die vielgestaltigen mikrobiellen Ab- und Umbauprozesse unverzichtbar.

Je nach Bindungsform an den Bodenkolloiden kann man Wasser unterschiedlicher Mobilität und Pflanzenverfügbarkeit unterscheiden. Eine eher geringe Bedeutung für die Pflanzen hat das relativ stark gebundene Adsorptionswasser. Das leichter für das Wurzelsystem erreichbare Kapillar- oder Porensaugwasser wird entgegen der Schwerkraft durch osmotische und hydrostatische Kräfte gehalten. Die Feldkapazität beschreibt diese Wasserhaltefähigkeit und lässt sich als wichtiges Kriterium für die Kennzeichnung des Wasserfassungs- und Nachlieferungspotential eines Bodens nutzen.

Tab. 2: Beurteilung der nutzbaren Feldkapazität (nFk)

nFk (1/m ² =mm)	Beurteilung	Beispiele
<50	sehr gering	arme Sande, flachgründige Böden
50-100	gering	lehmige Sande, tonige Staunässeböden
100-200	mittel	Tonböden, staunasse Lößböden
200-300	hoch	tiefgründige Lößböden
>300	sehr hoch	tiefgründige, humusreiche Böden (Schwarzerden, Moore)

Die Beschreibung eines Standortes mit Hilfe der Feldkapazität, der Niederschläge während der Vegetation und der Niederschlagsverteilung (klimatische Wasserbilanz) erlaubt eine Einschätzung der Anbaueignung verschiedener Nutzpflanzenarten und die Erstellung standortangepasster Fruchtfolgen.

Fachleute erwarten, dass sich in vielen Regionen eine Änderung in der Niederschlags- und Temperaturverteilung andeutet, die eine Anpassung in der Pflanzenproduktion erfordern (Hugger, 2004).

2.2 Auswirkungen von Trockenstress

Je nach Wachstumsstadium reagieren Pflanzen mit unterschiedlichen Symptomen und Schutzmechanismen auf ein limitiertes Wasserangebot. Bei Mais lassen sich deutliche Phasen unterschiedlicher Empfindlichkeit beobachten. Die Keimung des Maiskorns erfordert zusätzlich zu einer Bodentemperatur von etwa 10°C eine rasche Zufuhr von Keimwasser, das in erster Linie über ein intaktes Kapillarsystem an das mit engem Bodenkontakt abgelegte Korn herangeführt wird. Nach dem Austritt der Keimwurzel sollte diese nach Möglichkeit rasch in tiefere Bodenschichten eindringen können, um in kurzer Zeit ein sowohl breites wie auch tiefes Wurzelsystem anlegen zu können. Leicht verfügbare Nährstoffe im Wurzelraum unterstützen die rasche Wurzelentwicklung und ein zügiges Jugendwachstum. Ein zu reichliches Nährstoffangebot in Verbindung mit ausreichender Wasserversorgung kann eine Tiefendurchwurzelung allerdings hemmen. Charakteristisch für eine solche Situation

ist eine verstärkte Anlage von Geiz- bzw. Nebentrieben, die sich in der Regel mit zunehmender Konkurrenz unter den Einzelpflanzen im Bestand wieder zurückbilden.

Absolut schädliche Auswirkungen sind von Schadverdichtungen durch Bodenbearbeitung; bzw. durch das Befahren des Feldes in einem ungünstigen Bodenzustand zu erwarten. Durch Nährstoff- und Wassermangel gekennzeichnete, kleinwüchsige, schwache Pflanzen mit fehlendem oder nur geringem Kolbenansatz fallen häufig über die gesamte Wachstumszeit auf.

In der Hauptwachstumsphase, im Anschluss an das 10-Blatt Stadium, ist eine ausreichende Wasserversorgung zur Aufrechterhaltung der Nährstoffversorgung und des für die Zellstreckung und das Zellwachstum optimalen Turgors notwendig. Allerdings kann ein dynamisches Längenwachstum das Risiko von Gewebeerletzungen erhöhen, die je nach Infektionsdruck den Befall mit Beulenbrand nach sich ziehen oder bei nachlassender Stabilität die Gefahr gebrochener Stängel erhöhen.



Abb. 1: Befall mit Beulenbrand als Folge von Stress



Abb. 2: Stängelbruch als Folge von Wachstumsschüben

Etwa eine Woche vor und nach der Blüte stellt der Mais hohe Anforderungen an eine ausreichende Wasserversorgung. Ein Angebot von etwa 150 – 200 mm Niederschlag wird in diesem Zeitraum als optimal angesehen. Obwohl durch die Protandrie, die zeitlich etwas vor der weiblichen Blüte beginnende Blütenpollenproduktion, in der Regel eine ausreichende Befruchtung der etwa 10 Tage lang aktiven Narbenfäden gesichert ist, kann Trockenheit die Synchronisation der männlichen und weiblichen Blüte empfindlich stören. Auch das vorzeitige Eintrocknen der Narbenfäden bei gleichzeitig hohen Temperaturen, sowie Schädigungen des Pollens bis hin zur Sterilität haben Auswirkungen auf die Ertragsleistung und auf die Qualität des Erntegutes. Deutliche Kennzeichen für diese Schädigungen sind ein nur geringer Teil befruchteter Kornanlagen oder deren erhebliche Reduzierung.



Abb. 3: Reduzierung der Kornanlagen

Trotz der dabei reduzierten Umlagerung von Kohlenhydraten aus dem Stängelmark in die Körner, kann eine weitere Einlagerung von Inhaltsstoffen bei fortgesetzter Assimilation der Pflanze stattfinden. Ein so genannter Assimilatstau, der besonders bei kolbenlosen Pflanzen zu beobachten ist, ist allerdings für den Futterwert nicht negativ zu sehen, solange der für eine Silierung notwendige Trockensubstanzgehalt von ca. 28–32 % nicht überschritten wird. Nicht zu unterschätzen ist auch die Gefahr eines zusätzlichen Befalls mit verschiedenen pilzlichen und anderen Schaderregern der schon durch Stress geschwächten Pflanzen.

Wie auch andere höhere Pflanzen besitzt der Mais verschiedene Schutzmechanismen, die einen raschen und massiven Verlust an Wasser verzögern können. Das Schliessen der Stomata ist eine äußerst effiziente Maßnahme die Wasserabgabe zu verringern, gleichzeitig aber ist dies mit einer eingeschränkten CO₂ Aufnahme und somit einer Reduzierung der Photosyntheseleistung verbunden.

Eine typische Reaktion des Maises auf Trockenstress und hohe Temperaturen ist das Rollen der Blätter. Das Aufheizen der Blattoberfläche, sowie das schnelle Austrocknen durch Luftbewegungen werden reduziert.



Abb. 4: Dürreschäden und Blattrollen in einem Maisbestand

Auch der Stoffwechsel der Zelle reagiert auf Wasserstress. Enzyme, die für die Reifung der Körner und die Nutzung von Reservestoffen verantwortlich sind, treten in Aktion. Übertrifft der Verbrauch an Kohlenhydraten deren Neubildung, tritt eine negative Nettoassimilation ein.

Die Aktivierung von Stressgenen im Erbgut wird besonders aufmerksam in der Züchtungsforschung registriert. Eine Nutzung dieser Kenntnisse, könnte eine spezielle Züchtungsrichtung auf Stresstoleranz auslösen. Erste Erfolge zeichnen sich bereits ab.

2.3 Trockenstresstoleranz als Zuchtziel

Pflanzenzüchter sind in erster Linie daran interessiert, neue Sorten zu züchten, die in ihren Leistungs- und Qualitätsmerkmalen besser sind, als die aktuell in der Praxis angebauten. Sie müssen deshalb ihre Zuchtprogramme und Leistungsprüfungen unter vergleichbaren Bedingungen organisieren und ähnliche Anbauverfahren einsetzen wie die Landwirte, die das Saatgut dieser Sorten erwerben sollen. In einem Prüfsystem, das eine Vielzahl von Standorten unterschiedlicher Umwelten enthält, werden diejenigen Sorten als überlegen erachtet, die im Durchschnitt der einzelnen Merkmalswerte den Versuchsdurchschnitt bzw. den Wert eines Standardsortiments übertreffen. Ungünstige Standorte, auf denen das Risiko eines Versuchsverlustes z.B. wegen Wassermangels besteht, sind in solchen Systemen häufig nicht vertreten oder aufgrund hoher Versuchsfehler nicht auswertbar. Dadurch können wertvolle Informationen verloren gehen. Auch in den Wertprüfungen des Bundessortenamtes

kann vor allem wegen der Kürze der 2-jährigen Versuchsdauer eine Bonitierung der Sorten im Merkmal Trockenstresstoleranz nicht mit ausreichender Sicherheit durchgeführt werden.

Durch gezielt aufgebauten Stress in Züchtungsversuchen kann man allerdings versuchen, diejenigen Linien und Hybriden zu entdecken, die sich unter diesen Bedingungen als besonders robust erweisen. Ein solcher, äußerst umfangreicher „low-input“ Versuch wurde über mehrere Jahre an der Universität Hohenheim durchgeführt. Inzuchtlinien, die sich einerseits unter einem niedrigem Nährstoffangebot (N) und andererseits unter hohem Nährstoffangebot überlegen erwiesen, wurden zu Hybriden gekreuzt, die ebenfalls einem solchen Test unterworfen wurden. Man konnte nachweisen, dass die Leistungen einzelner, aus low-input Linien gekreuzter Hybriden (Hybriden A und B) unter N-Mangel Bedingungen und unter praxisüblichen N-Gaben ein höheres Leistungsniveau erreichten, d.h. eine höhere N-Effizienz aufwiesen, als die aus high-input Linien entwickelten Hybriden. Einen direkten Zusammenhang zwischen Nährstoffeffizienz und Trockenstresstoleranz deutete sich bei einzelnen Testkreuzungen an. Die Sorte ASKET, die in 2000 zugelassen wurde, ist ein direkt nutzbares Ergebnis dieser Versuche.

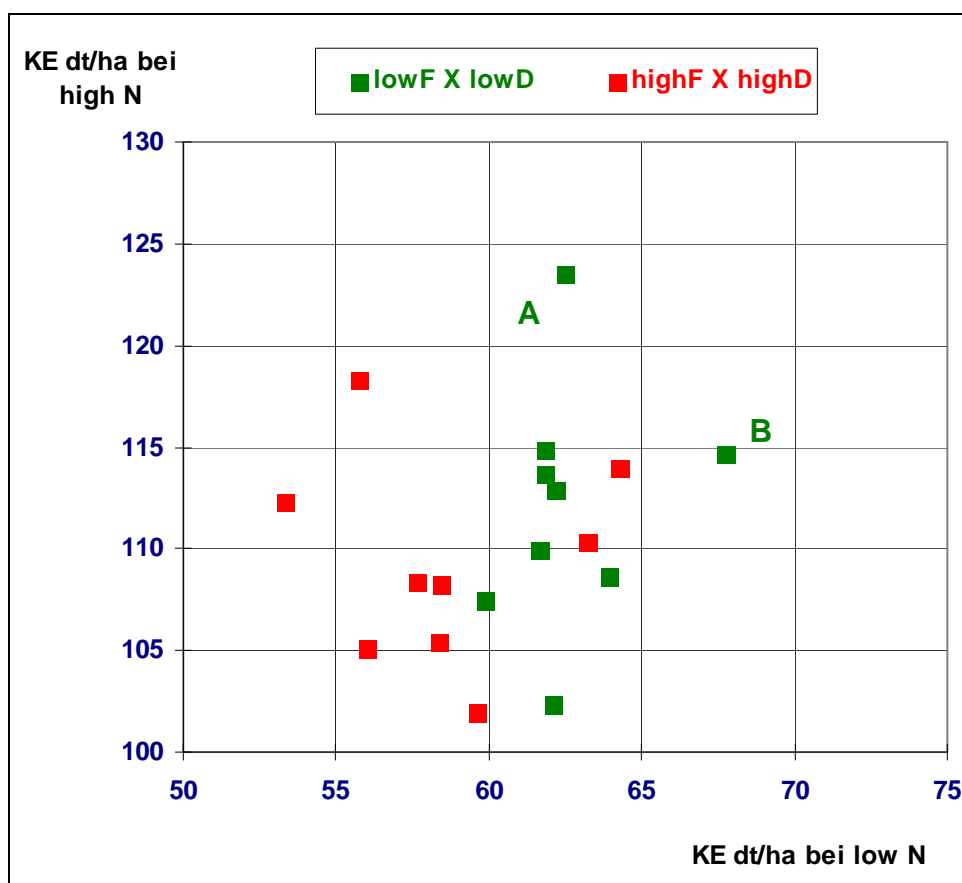


Abb. 5: Leistungsvergleich zwischen high input und low input Hybriden (Presterl et al. 1999)

Die Möglichkeiten, mit Hilfe biotechnologischer Verfahren die genannten Zuchtziele noch schneller zu erreichen, werden als sehr viel versprechend eingeschätzt. Der Einsatz molekularer Marker erlaubt heute eine Charakterisierung einzelner Abschnitte des Genoms und eine gezielte Selektion auf das gewünschte Merkmal.



Abb 6: Selektion auf Trockenstresstoleranz in einer Leistungsprüfung

3. Anbautechnische Strategien

3.1 Beratung für Anbau und Sortenwahl

Informationen über die Anbaueignung geeigneter Sorten und Hinweise zur Anbautechnik auf Trockenstandorten sind für den Praktiker aus verschiedenen Quellen verfügbar. Viele Beratungsstellen der Landwirtschaftskammern, wissenschaftliche Institute, Züchter, Händler und Lohnunternehmer können auf Basis von Exaktversuchen bzw. eigener Erfahrungen häufig auf die Region bezogene Informationen liefern.

Beispielhaft dafür soll ein Ausschnitt aus den Aktivitäten des Acker- und Saatbauvereins Münsterland e.V. vorgestellt werden. Die Auswertungen aus 36 Jahren Landessortenversuche der LWK Münster liefern eine umfangreiche Basis für Empfehlungen an die Landwirte. Deutliche Einflüsse von Bodengüte, Jahreseinfluss und Sorte sind zu erkennen:

Die durchschnittliche Körnerleistung der geprüften Sorten erhöhte sich am Standort Soest mit hohen Ackerzahlen in dem genannten Zeitraum um 65 dt/ha. Das entspricht einer jährlichen Steigerung von 1,8 dt/ha. In den Versuchen am Standort Haus Düsse, Bad Sassendorf, mit sandigen Böden und niedrigen Ackerzahlen errechnet sich lediglich ein Leistungszuwachs von 1 dt/ha/Jahr.

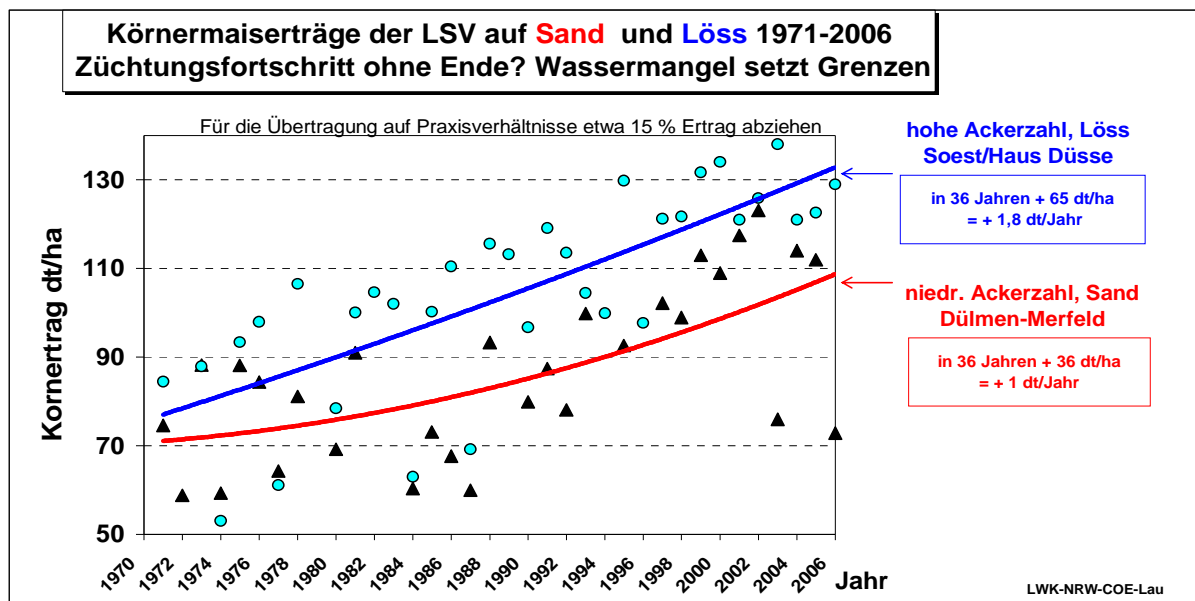


Abb. 7: Der Körnermaisertrag in Abhängigkeit von Jahres- und Standorteinfluss (Laurenz, 2006)

Besonders die Ergebnisse in den extremen Trockenjahren 2003 und 2006 zeigen das hohe Anbaurisiko auf leichten Standorten, die über die Bodengüte diese witterungsbedingten Situationen nicht so gut abpuffern können wie Standorte mit besseren Böden. Trockenheitstolerante Sorten mit einer angepassten Anbautechnik können diese Risiken mindern.

Der Anbau von Saatgutmischungen verschiedener Maissorten bzw. die Aussaat in reihenweisem Wechsel der Sorten mit dem Ziel die Empfindlichkeit gegen Trockenstress zu verringern, kann nicht empfohlen werden. Durch die unterschiedlichen Ansprüche der Mischungspartner an die einzelnen Produktionsfaktoren bauen sich während des Wachstums Konkurrenzeffekte zwischen den Einzelpflanzen auf, die zu keiner höheren Ertragsleistung führen als im Reinanbau der einzelnen Sorten.

3.2 Wasser sparende Bodenbearbeitung

Nach ESTLER und KNITTEL können verschiedene Merkmale zur Beschreibung und Differenzierung von Bodenbearbeitungssystemen und Saatverfahren herangezogen werden. Im Vordergrund stehen dabei überwiegend arbeitswirtschaftliche und produktionstechnische Aspekte, wie z.B. die Unkrautregulierung, Düngung, Gerätetechnik, Reduzierung der Zahl der Bearbeitungsgänge. Alle Verfahren wirken aber auch direkt oder indirekt durch eine Veränderung der Bodenstruktur auf den Wasserhaushalt des Bodens und die Versorgung der Pflanzenbestände mit Wasser und Nährstoffen. Deshalb können in allen Systemen mit mehr oder weniger hohem Aufwand Wasser sparende Anpassungen umgesetzt werden.

Tab. 3: Merkmale verschiedener Bodenbearbeitungssysteme
(Estler et al., 1996)

Vorteile und Probleme der konventionellen Bodenbearbeitung	
Vorteile	Probleme
+ gezielte Bodenwendung (mech. Unkrautbekämpfung)	- Reste tief und schichtenförmig eingebracht
+ „reiner Tisch“, frei von Rückständen	- oft „Überlockerung“, erhöhte Erosionsgefahr
+ ungehinderter Einsatz der Bestelltechnik	- intensiver Eingriff in das Bodengefüge
+ gute Anpassung der Gerätetechnik an vorhandene Schlepperleistung	- höhere Zahl an Arbeitsgängen, Fahrspuren, Verdichtungshorizonte
+ langjährige, gewohnte Geräte- technik mit bekannten Effekten	- bei Grundbodenbearbeitung geringere Schlagkraft, hoher Leistungsbedarf
Vorteile und Probleme der konservierenden Bodenbearbeitung	
Vorteile	Probleme
+ günstige Beeinflussung der Bodenstruktur	- geeignete Zwischenfruchtarten
+ wirksamer Erosionsschutz	- funktionssichere Saattechnik erforderlich
+ günstiges Kleinklima für keimende Pflanzen	- exakte Saatgutablage
	- verzögerter Saattermin (verlangsamte Bodenerwärmung)
Vorteile und Probleme des Direktsaatverfahrens	
Vorteile	Probleme
+ geringster Bearbeitungsaufwand	- Spezialmaschinen
+ niedriger Arbeitszeitbedarf	- keine ordnungsgemäße Saatbettbereitung
+ keine mechanischen Eingriffe in die Bodenstruktur	- Feldaufgangsprobleme
+ geringe Ansprüche an Schleppermotorleistung	- hohe Ansprüche an Aufwand und termingerechten Einsatz der Pflanzenschutzmaßnahmen

1. Wasser sparende Möglichkeiten bei konventioneller Bodenbearbeitung:
Auf Böden mit relativ hohen Schluffanteilen, die sich durch eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Verschlammungs- und Erosionsanfälligkeit auszeichnen, kann die Pflugbearbeitung im Herbst geeignet sein, diese Risikofaktoren zu minimieren. Sich abwechselnde Quellungs- und Schrumpfungsprozesse in Verbindung mit der Wirkung des Bodenfrostes stabilisieren das Bodengefüge und stellen zusätzlich durch die Ausbildung einer rauen Bodenoberfläche einen gewissen Erosionsschutz her. Auch stärkere Winterniederschläge werden auf der Fläche gehalten und können leichter in den Boden infiltrieren und die Bodenwasservorräte auffüllen.
Diese stabile, gut durchwurzelbare Struktur sollte möglichst bei der Saatbettbereitung erhalten bleiben.
2. Die einzelnen Varianten der Mulchsaat bieten sich ebenfalls dafür an, Wasser sparende Effekte zu nutzen. Erntereste gezielt für den Schutz des Bodens bzw. des Bodenwasserhaushaltes einzusetzen erfordert ein gut durchdachtes Strohmanagement, beginnend mit der Verteilung des Strohs bis hin zur Frage des optimalen Zerkleinerungsgrades und der Art der Durchmischung mit dem Boden. Die Steuerung und Beschleunigung des mikrobiellen Abbaus durch einen N-Ausgleich sind weitere Überlegungen.



Abb. 8: Strohzerkleinerung und Vermischung in der oberen Bodenschicht

3. Einen wirksamen Schutz vor unproduktiver Wasserverdunstung kann durch das Ablegen des unzerkleinerten Strohs in Form einer Boden schützenden Strohmatten erreicht werden. Eine zusätzliche Anregung der Regenwurmaktivität erhöht die Lebendverbauung und die Produktion von Grobporen mit ausgezeichneter Dränagewirkung.

Tab. 4: Wirkung dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung auf die Regenwurm- und Makroporendichte, Sächsisches Lößhügelland. (Nitsche, 2003)

	Einheit	Pflug	Konservierend
Regenwurmdichte	[Ind./m ²]	124	358
Dav. tiefgrabende Regenwürmer	[Ind./m ²]	4	28
Makroporen >1mm in 10 cm Bodentiefe	[Poren/m ²]	246	775
in 30 cm Bodentiefe	[Poren/m ²]	317	1.268



Abb. 9: Regenwurmröhren

Aus Sicht der Gerätetechnik lässt sich eine Maisaussaat auch unter den beschriebenen Bedingungen mit ähnlichem Erfolg realisieren wie bei konventionellen Verfahren, zumal auch mit neuerer Technik die Unterfußdüngung genutzt werden kann. Abfrierende oder im Frühjahr abgespritzte winterharte Zwischenfrüchte können

ebenfalls diese Aufgaben erfüllen. Um die Bodenwasservorräte im Frühjahr zu schonen, muss der Zeitpunkt für den Vegetationsabbruch gut bedacht sein. Ob die Erntereste mit den Boden zu einer Mulchschicht vermischt, oder das Abtrocknen auf der Bodenoberfläche vorgezogen wird, muss in jedem Einzelfall in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen, den Bodenqualitäten und der verfügbaren Technik entschieden werden.

Die Maisaussaat mit Direktsaattechnik ist in Deutschland weniger verbreitet, weil sie vor allen Dingen die Ansprüche des Maises an eine optimale Keimung und Jugendentwicklung häufig nicht erfüllen kann. Ihr Einsatz stößt außerdem auf bestimmten Böden und Standorten an die Grenzen. Obwohl die erosionsmindernden Effekte offensichtlich sind, da der unbearbeitete und bewachsene Boden kaum Angriffsfläche für einen Bodenabtrag auch bei Starkniederschlägen bietet, sind die Bedingungen für eine optimale Einbettung des Saatkornes besonders auf tonhaltigen, schweren Böden nur schwer zu erreichen. Bei genügend hohem Gerätedruck sind in der Regel das Öffnen des Bodens und die Ausformung der Saatrille nicht das Problem, sondern häufig das feste Andrücken der Seitenwände, was das Eindringen der Wurzeln erschwert bzw. unmöglich macht. Wird nach der Saatgutablage die Saatrille nicht genügend geschlossen, sind lückige und zu lichte Bestände nicht zu vermeiden. Beim Einsatz der Direktsaattechnik auf leichten Böden ist dagegen zu beobachten, dass unmittelbar nach der Saatkornablage feinkrümelige Erde in die Saatrille fällt, die Körner bedeckt und ein Andrücken durch nachlaufende oder neben dem Sächar angeordnete Druckrollen zusätzlich die Auflaufbedingungen verbessert werden.

Versucht man eine zusammenfassende Wertung einer größeren Anzahl Versuche und praktischer Erfahrungen, so wird offensichtlich, dass bei nicht limitierendem Wasserangebot auch Ertragsreduzierungen in Kauf genommen werden, wenn das Ziel einer Verringerung der Bodenerosion im Vordergrund steht. Auf Trockenstandorten lassen sich eher beide Ziele, der Schutz vor Bodenabtrag und die Schonung der Bodenwasservorräte kombinieren bei häufig höheren und sichereren Erträgen.

Die unterschiedlichen Standortbedingungen und die Vielzahl der technischen Möglichkeiten der Bodenbearbeitung und Aussaat erlauben in dieser vom Umfang her begrenzte Publikation keine Bewertung der einzelner Maßnahmen und auch in Praxisberichten wird in der Regel auf die lange Zeit des Experimentierens und auch des Scheiterns hingewiesen, die mit der Umstellung auf andere Verfahren verbunden sind.

3.3 Aussaat und Sätechnik

Die Wahl des Saattermins richtet sich in erster Linie nach den Bodentemperaturen und der Befahrbarkeit des Ackers. Die Herrichtung des Saatbettes konzentriert sich auf die Erstellung einer möglichst gleichmäßigen krümeligen Deckschicht von 4 – 6 cm Dicke auf einem Saathorizont mit einem kontinuierlichen Bodengefüge, auf dem die abgelegten Saatkörner mit dem erforderlichen Kapillarwasser versorgt werden. Der Verzicht auf eine intensive und tiefe Bodenbearbeitung vor der Saat schont den Wasservorrat im Boden. Durch die Unterbrechung der Kapillaren an der Bodenoberfläche kann die unproduktive Verdunstung des aufsteigenden Bodenwassers bis zu 1/3 reduziert werden. Besonders geeignete für die Saatbettbereitung sind zapfwellengetriebene Geräte.

Die heute überwiegend eingesetzte Einzelkornsätechnik ermöglicht eine Ablage der Maiskörner in einem exakten Abstand in der Saatreihe. Mit Parallelogrammgeführten Säaggregaten lässt sich auch eine gleich bleibende Tiefenablage erzielen, wenn die Tiefenführung des Aggregates in einem möglichst kurzen Abstand zum Säschar angebracht ist. Dabei kann die Tiefenführung gleichzeitig den an das Saatkorn angrenzenden Bodenraum verdichten und die Kapillarwirkung erhöhen. Diese Aufgabe übernehmen vor allem Gummidruckrollen, die an beiden Seiten des Säschar angeordnet ist. Den gleichen Zweck erreicht man, vor allem in südlichen Regionen auf extrem leichten Böden, durch ein zusätzliches Anwalzen nach der Saat.

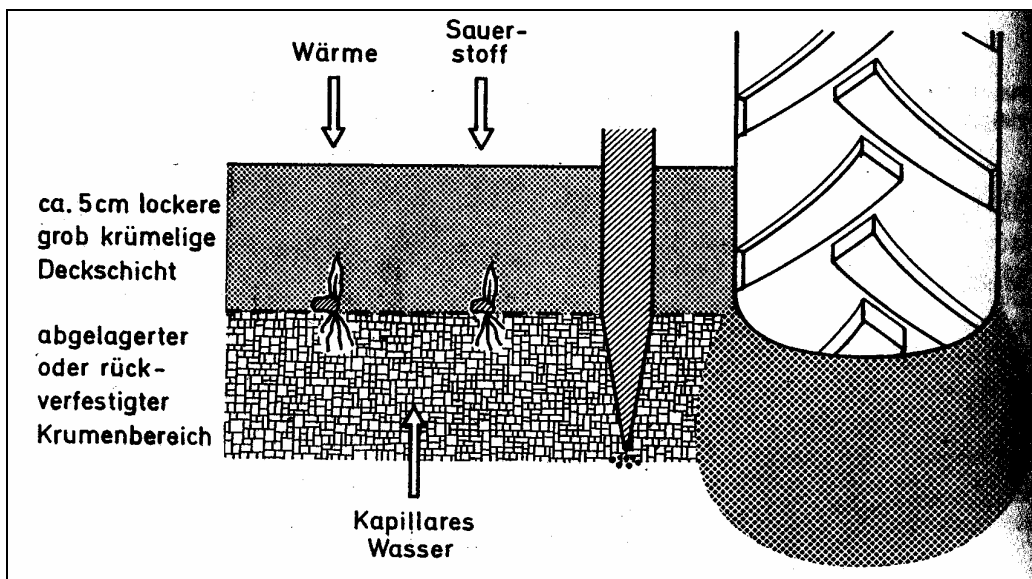


Abb. 10: Lückiger Feldaufgang infolge schlechter Saatguteinbettung
Anforderungen an die Saatbettbereitung
(Estler, 1990)

Auch die Aussaat in oder unter eine Mulchdecke aus einem Gemisch von Bodenteilchen und organischen Material aus Ernteresten oder Zwischenfrüchten ist technisch mit hoher Exaktheit möglich. Allerdings muss auch hier der direkte Kontakt zwischen Korn und Boden hergestellt werden. Mit Schneidscheiben ausgestattete Säorgane müssen die vorhandenen, evtl. auch zähen Pflanzenreste problemlos durchtrennen und sie möglichst nicht zusammen mit den Körnern in die Säfurche ablegen.

Tab. 5: Wassergehalt (Vol.%) und Differenz zur Feldkapazität (FK9 in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung in der Krume und im Unterboden auf einer Versuchsfläche im Sächsischen Lößhügelland am 6. November 2002 (Bodenart: Ut4). FK= Feldkapazität (36 % für Lößböden Ut4 bei mittlerer Dichte)
(Nitsche et al., 2003)

Variante	Wassergehalt (0-30 cm) [Vol.%]	Dif. zur FK [Vol.%]	Wassergehalt (40-80) [Vol.%]	Diff. zur FK [Vol.%]
Pflug	23,5	12,5	27,3	8,7
Konservierend	29,6	6,4	36,4	-0,4

In den 80er Jahren wurde relativ kurzfristig eine Idee umgesetzt, die im gärtnerischen Bereich oder bei Sonderkulturen üblich ist: der Anbau unter Folie. Gefördert wurden diese Arbeiten, durch die Entwicklung UV-instabiler Plastikfolien, die sich nach einer gewissen Zeit unter Freilandbedingungen zersetzen, aber den Mais besonders in der Auflaufphase und Jugendentwicklung deutlich unterstützte. Die damals konstruierte Sätechnik, zog eine Folienbahn über jeweils 2 Maisreihen, und fixierte sie durch seitlich aufgehäufelten Boden. Das Saatgut wurde durch die Folie hindurch in den üblichen Abständen im Boden abgelegt. Nach dem Auflaufen fanden die meisten Pflanzen ihren Weg an die Oberfläche durch die in die Folie gestanzten Öffnungen. In eigenen Versuchen konnten vor allem 2 Effekte beobachtet werden:

- Unter der Folie wurde in Saattiefe im Schnitt eine um 4°C höhere Bodentemperatur registriert.
- Die Wasserverluste durch Evaporation konnte sichtlich reduziert werden (keine Messungen), auch nach einigen niederschlagsfreien Tagen, war der abgedeckte Boden gut durchfeuchtet.
- Die Mehrerträge bei Körnermais lagen zum Teil über 10 %.



Abb. 11: Maissaussaat unter Folie

Eine Reihe von Schwierigkeiten verhinderte jedoch eine breitere Akzeptanz in der Praxis:

- Durch die Mehrkosten des Verfahrens von damals ca. 1.000,- DM schien die Wirtschaftlichkeit nicht in jedem Fall gesichert.
- Je nach Witterung und Bestandesentwicklung verlief der Abbau der Folie nicht immer wie erwartet, so dass häufig ein Abräumen und Entsorgen des Materials nach der Ernte erforderlich war.
- Der Anbau von Mais unter Folie war nur auf ebenen Flächen zu empfehlen, da selbst bei leichter Hangneigung das Risiko von Bodenerosion bestand.
- Auch für die mit dem Mais auflaufende Begleitflora lieferte die Folienabdeckung angenehme Entwicklungsmöglichkeiten. Der Einsatz von Herbiziden musste sich auf den Voraufbau beschränken.

Mit der Verwendung neuer Folien, evtl. hergestellt aus biologisch abbaubarem Material mit verbesserten Eigenschaften, könnten sich sicherlich neue Möglichkeiten eines wassersparenden Maisanbaus ergeben.

3.4 Saatstärke und Bestandesdichte

Eine wichtige Entscheidung, die der Landwirt zu fällen hat, ist die Wahl der Saatstärke und damit die Entscheidung über die Anzahl der Pflanzen/Flächeneinheit. Die Niederschlagsmenge und deren zeitliche Verteilung am Standort und die Bodenqualitäten des Einzelschlages sind dabei zu berücksichtigen.

In der Tendenz sind die Einzelpflanzenleistungen in einem lichten Bestand höher als in dichteren Beständen. Deutlich zeigen Einzelpflanzen bei einer großzügigen Standraumzuteilung ihr Leistungspotential in Form mehrerer gut ausgebildeter Kolben. Die Frage der sortentypischen Reaktionen auf unterschiedliche Bestandesdichten wird häufig in Ergänzung der Landessortenversuche behandelt. Auch dazu ein Beispiel aus den bereits bekannten Aktivitäten der LWK Westfalen:

Die Auswertungen der Bestandesdichtenversuche an 3 Standorten in Nordwestdeutschland zeigen, dass man mit deutlichen sortentypischen Reaktionen auf Änderungen der Bestandesdichten rechnen muss. Bei der Mehrzahl der Sorten wird das Ertragsmaximum in 2005 bei Pflanzenzahlen zwischen 10 und 11 Pflanzen/m² erreicht. Allerdings reagieren die Sorten mehr oder weniger flexibel.

Im trockenen Jahr 2006 ist das Ertragsmaximum der meisten Sorten im Bereich 8–9 Pflanzen/m² zu finden. Nur 3 der geprüften Sorten reagieren mit Mehrerträgen auf steigende Pflanzenzahlen.

Da die Körnerleistung auch für die Silonutzung ein wichtiger Ertrags- und Qualitätsparameter ist, ist es ratsam, bei einem Sortenvergleich die Einflüsse unterschiedlicher Bestandesdichten besonders auf die Kornerträge zu bewerten.

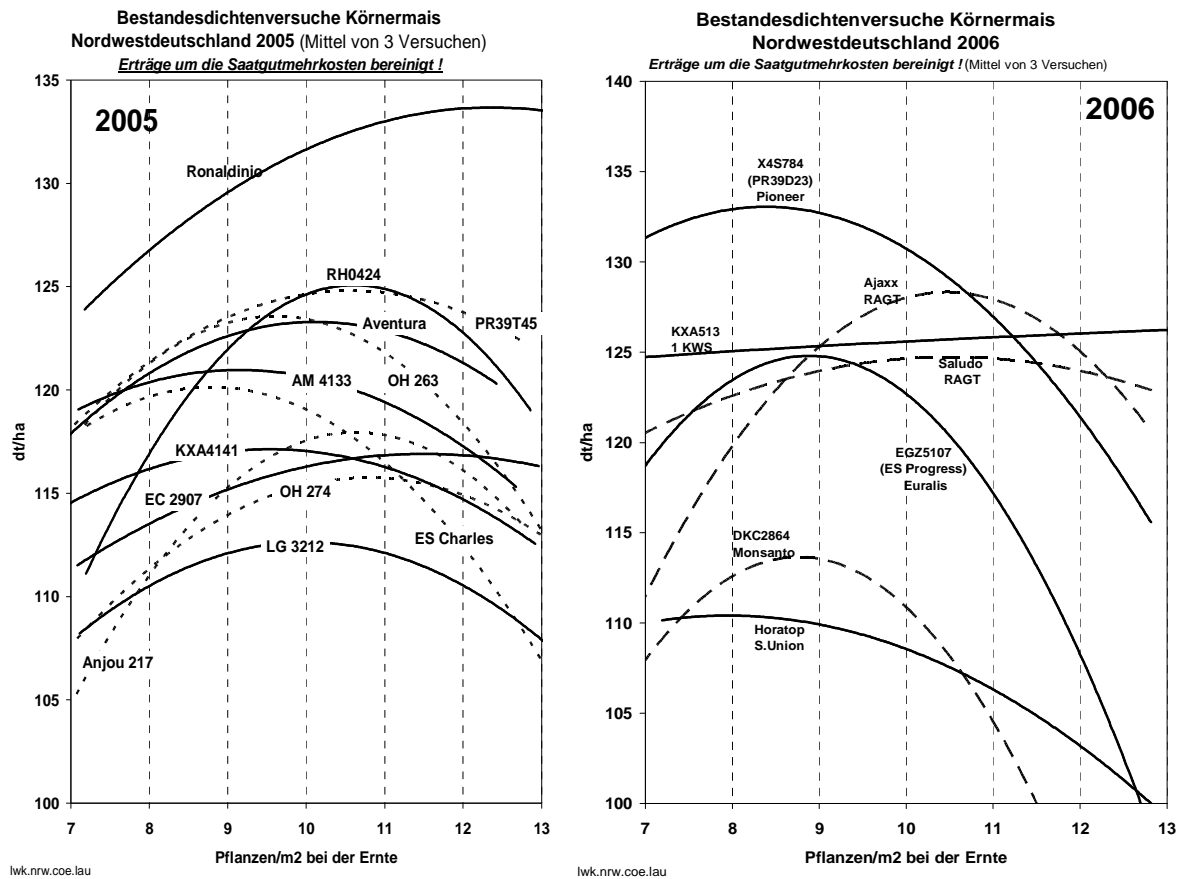


Abb. 12: Korntragsleistung in Abhängigkeit von Jahreseinfluss, Sorte und Bestandesdichte (Laurenz, 2006)

Zusammenfassend lassen sich diese Erkenntnisse in konkrete Anbau- und Sortenempfehlungen an die Praxis weitergeben.

3.5 Saatreihenabstände und Pflanzenverteilung

Bei der üblicherweise hohen Keimfähigkeit des Maissaatgutes lässt sich bei entsprechender Sorgfalt über die Anzahl der ausgesäten Körner pro Flächeneinheit die angestrebte Anzahl der Pflanzen problemlos erreichen. Auf die Bedeutung der Bestandesdichte unter verschiedenen Standortbedingungen und in Abhängigkeit von der gewählten Maissorte ist bereits hingewiesen worden. Über Ertragseffekte einer veränderten Pflanzenverteilung auf der Fläche lassen sich ebenfalls zum Teil auch widersprüchliche Aussagen finden.

Hier wird häufig das Argument einer geringeren Anfälligkeit gegenüber Bodenerosion diskutiert, die bei einer Verringerung der Reihenabstände bzw. die bei einer Veränderung der Pflanzenverteilung zu erzielen ist. Auch die Möglichkeiten, Kosten für die Sätechnik bei Aussaat mit der Drilltechnik zu reduzieren, werden genannt.

Der Ertrag eines Maisbestandes wird über die Summe der Einzelpflanzenleistungen erreicht. Die Verringerung von Konkurrenzeffekten in einem Pflanzenbestand mit gleichmäßiger Verteilung der Einzelpflanzen ist für die Nutzung von Bodenwasser und Nährstoffen bis zum Zeitpunkt der Blüte positiv zu bewerten und führt in der Regel zu einem höheren Gesamtpflanzenenertrag. Nach der Blüte sind die Konkurrenz um die Sonneneinstrahlung und die Effekte der Luftzirkulation im Bestand von größerer Bedeutung speziell für die Bildung des Kornertrags und der Abreife. Aufgegriffen werden diese Überlegungen durch Versuchsergebnisse aus Österreich, die eine Steigerung der Kornerträge durch eine Veränderung der Pflanzenverteilung nicht bestätigen. Auch in typischen Körnermaisregionen wird nach wie vor die Aussaat des Maises in einem Reihenabstand von 0,75 m bevorzugt. Bei einer nicht reihengebundenen, ungleichmäßigen Verteilung der Pflanzen muss außerdem das Risiko stark schwankenden Wassergehalte im Korn bei der Ernte einkalkuliert werden. Grundsätzlich lassen sich auf Basis zahlreicher Versuche folgende Aussagen machen:

- Engere Reihenabstände in Kombination mit einer gleichmäßigen Verteilung der Körner erfordern zusätzliche Investitionen.
- Technik für Pflegearbeiten, Düngung und Ernte müssen abgestimmt werden (Fahrgassen).
- Mit zunehmend reduziertem Reihenabstand verringert sich die Wirkung der Unterfußdüngung.
- Wassersparende Effekte einer gleichmäßigen Pflanzenverteilung lassen sich häufig in höhere Gesamtpflanzenenerträge umsetzen.
- Die Realisierung einer optimalen Bestandesdichte ist für die Ertragsbildung und Ertragssicherheit von höherer Bedeutung als der Reihenabstand, bzw. die Pflanzenverteilung.



Abb. 13: Mais in Gleichstandsmaat

Die Variation der Saatstärke bzw. der Bestandesdichte innerhalb einer Fläche in Abhängigkeit von der Bodenqualität scheint besonders für Betriebe in niederschlagsarmen Regionen eine Lösung zu bieten. Durch eine vorprogrammierte Steuerung der Ablageweite der Körner in der Reihe kann ein deutlich einheitlicher Bestandsaufbau und ein gleichmässigeres Erntegut erreicht werden als bei einer auf der ganzen Fläche einheitlichen Saatstärke.

3.6 Maisanbau mit Beregnung

Obwohl der Mais vergleichsweise haushälterisch mit dem Wasser umgeht, ist für einen zufrieden stellenden Ertrag eine an den zeitlichen Wasserbedarf des Bestandes angepasste Beregnung in vielen Fällen für den wirtschaftlichen Erfolg, besonders im Körnermaisbau, sinnvoll.

Der Mais braucht ca. 450–550 mm Wasser während seines Wachstums, davon etwa 350 mm zwischen 10-Blatt Stadium und der Teigreife. Eine besonders empfindliche Phase ist zwischen dem Beginn des Fahnenschiebens und dem Eintrocknen der Narbenfäden zu beobachten. In der Blüte steigt die Verdunstung auf 4–5 mm pro Tag.

Der Beginn der Beregnung kann mittels Bodensonden, die die nutzbare Feldkapazität messen, bestimmt werden. In der Wachstumsphase ab 10–Blattstadium bis zum Erreichen der 50 % Kornfeuchte darf die nFK nicht unter 50 % absinken. Erfahrungen aus der Praxis belegen, dass häufige und kleine Beregnungsmengen unwirtschaftlich sind. Es wird empfohlen, in einem Abstand von einer Woche bis zu 10 Tagen den Mais mit mindestens 30 mm/Gabe zu versorgen.

Tab 6: Beispiele für die Beregnungskosten unterschiedlicher Beregnungssysteme (ergänzt nach Merkblatt für die umweltgerechte Landwirtschaft Nr. 24 MLR, Baden-Württemberg 2002) (Hugger, 2003)

	Kreisregner		Trommelregner		Standregner	
Beregnungsfläche ha	30		30		30	
Invest. Summe Euro	90.000,00		70.000,00		60.000,00	
Fixkosten Euro/ha Brunnen, Pumpen, elektr. Inst.	200,00		155,00		133,00	
Variable Kosten Euro/mm Energie, Arbeit, Rep. Wasserpfeinig	1,8		2,0		1,8	
Gesamtkosten Euro bei:	Pro ha	Pro mm	Pro ha	Pro mm	Pro ha	Pro mm
bei 100 mm	380	3,8	355	3,5	313	3,1
bei 150 mm	470	3,1	455	3,0	403	2,7
bei 200 mm	560	2,8	555	2,8	493	2,5

Die Investitionen für Beregnungstechnik sind hoch und rechnen sich nur, wenn die Kosten durch entsprechende Erlöse aus dem Körnermaisverkauf abgedeckt werden. Ein hoher Auslastungsgrad der Anlagen und eine gezielte Steuerung sind weitere Forderungen. Die Investitionen für eine 30 ha Anlage gibt HUGGER (2003) mit 60–90 Tsd. Euro je nach System an. Die variablen Kosten sollten mit ca. 2 €/mm veranschlagt werden. Als Faustzahl für die Wirtschaftlichkeit der Beregnung gilt, dass ein Mehrertrag von 40–45 dt/ha gegenüber einer unberegneten Variante erzielt werden muss. Mit älteren, bereits abgeschriebenen Anlagen sollten 27–30 dt/ha Mehrertrag möglich sein.

Die aktuellen attraktiven Marktpreise bei Körnermais veranlassen viele Betriebe, über die Anschaffung von Beregnungstechnik nachzudenken. Auch die Erwartungen an sich langfristig ändernde Klimaverhältnisse spielen evtl. eine Rolle. Neben den nicht unerheblichen finanziellen Risiken muss allerdings auch mit einer schwierigen Planungs- und Genehmigungsphase gerechnet werden.

4. Ernte und Konservierung

4.1 Der optimale Erntezeitpunkt

Für die Ermittlung des optimalen Reifegrades zum Zeitpunkt der Ernte müssen für die Körner- wie auch für die Silonutzung Informationen über den Zustand der Restpflanze und der Kolben bzw. der Körner herangezogen werden.

Körnernutzung:

- Der Wassergehalt im Korn entscheidet über die Höhe der Trocknungskosten, die Qualität der Inhaltstoffe und die Druscheinigung (Bruchkornanteile). Je weiter das Korn abreifen kann, umso vorteilhafter für diese 3 Eigenschaften.
- Zünslerbefall, Hagelschlag und andere Stressfaktoren erhöhen das Risiko einer Schädigung durch pathogene Schaderreger, die zum Teil für die Bildung verschiedener Mykotoxine verantwortlich gemacht werden.
- Die Gesundheit der Restpflanze ist von Relevanz für die Ertragsicherheit, die z.B. durch eine hohe Toleranz gegenüber Stängelfäuleerregern gewährleistet wird.

Die tägliche Zunahme der TS-Gehalte im Korn kann in Abhängigkeit vom Gesamtpflanzenzustand wie folgt ermittelt werden:

- Abreife im Korn bei grüner Pflanze und guter Wasserversorgung: 0,8–0,9 %/Tag
- Abreife im Korn in einem durchschnittlichen Maisbestand: 0,9–1,0 %/Tag
- Abreife im Korn in einem Trockenheit geschädigtem Bestand: ca. 0,7 %/Tag

Je stärker die Einflüsse von Trockenstress und je heterogener die Bodengüte eines Feldes ist, umso schwieriger sind die Beurteilung des Reifezustandes des Bestandes und die Entscheidungen für den Erntezeitpunkt.

Silonutzung:

Bei der Beurteilung des Reifezustandes eines Silomaises muss die Restpflanze stärker unter dem Aspekt des Futterwertes betrachtet werden.

- Mit zunehmender Abreife der Restpflanze ist mit einer Verschlechterung des Futterwertes infolge einer verstärkten Lignineinlagerung zu rechnen. Stay green Typen reagieren hier etwas verzögert im Vergleich zu schnell abreifenden Sorten. Unter Trockenstress kann sich aber auch in diesen Fällen als Folge einer verstärkten Zuckerumlagerung die Standfestigkeit verschlechtern.

- Die Höhe des Kolbenanteils wird in erster Linie durch die Niederschlagsmengen während der Blühphase gesteuert. Wassermangel nach der Blüte regt die Pflanzen zu einer starken Reduktion der befruchteten Kornanlagen an, mit der Folge von der Spitze abwärts unbesetzter Spindeln. Derart geschädigte Bestände sollten geerntet werden, wenn ca. 2/3 der Blätter noch grün sind. In der Pflanze sind dann TS-Gehalte etwa zwischen 28 und 30 % zu erwarten.
- Kolbenlose, kleinwüchsige Pflanzen kennzeichnen Bestände, die bereits vor der Blüte durch ein geringes Wasserangebot in eine Stressphase geraten sind. Der im Stängel eingelagerte Zucker reicht auch bei weit abgereifter Restpflanze noch für eine gute Siliereignung (Assimilatstau bei fehlendem sink). Problematisch sind jedoch strohige Bestandteile, die zu Verdichtungsproblemen im Silo führen. Deshalb sollten diese Bestände möglichst bei einem Anteil von ca. 50 % noch grüner Blätter geerntet werden, was etwa mit einem TS-Gehalt von 26 % gekoppelt ist.
- Die Abhängigkeit des Trockensubstanzgehaltes der Gesamtpflanze von Kolben- und Restpflanzenanteil sowie vom Trockensubstanzgehalt des Kolbens und der Restpflanze lässt sich durch die folgende Formel beschreiben

$$\mathbf{GTS\% = KTS\% \times FKA\% + RTS\% \times (1 - FKA\%)}$$

GTS = TS – Gehalt der Gesamtpflanze

KTS = TS – Gehalt im Kolben

RTS = TS – Gehalt in der Restpflanze

FKA = Frischkolbenanteil

Da selbst in stressfreien Silomaisbeständen Unterschiede im TS-Gehalt von bis zu 10 % innerhalb des Schlages auftreten können, ist eine lediglich optische Bonitierung nicht ausreichend. Verschiedene Strategien bieten sich an:

- Abschätzung des voraussichtlichen Erntezeitraumes mit Hilfe eines Prognosemodells, wie es z.B. vom Deutschen Maiskomitee in Zusammenarbeit mit der Universität Kiel und zahlreichen Beratungsstellen der Länder und Züchter entwickelt wurde und ab 2005 der Praxis zur Verfügung gestellt wurde. Dabei werden täglich aus den Temperaturdaten von bundesweit 240 Wetterstationen die maisspezifischen Temperatursummen errechnet, die erforderlich sind, damit die Sorten einer Reifegruppe den für die Silierung optimalen Reifegrad erreichen. Durch die Einbeziehung weiterer Parameter, wie Bodeneigenschaften, Niederschlag, Verdunstung und Globalstrahlung kann das Modell auch für kleinräumige Reifeprognosen eingesetzt werden. Die Nutzung dieses Prognosemodells ist unter die Internet Adresse: www.maisprog.de möglich. (Rath, J. 2005)

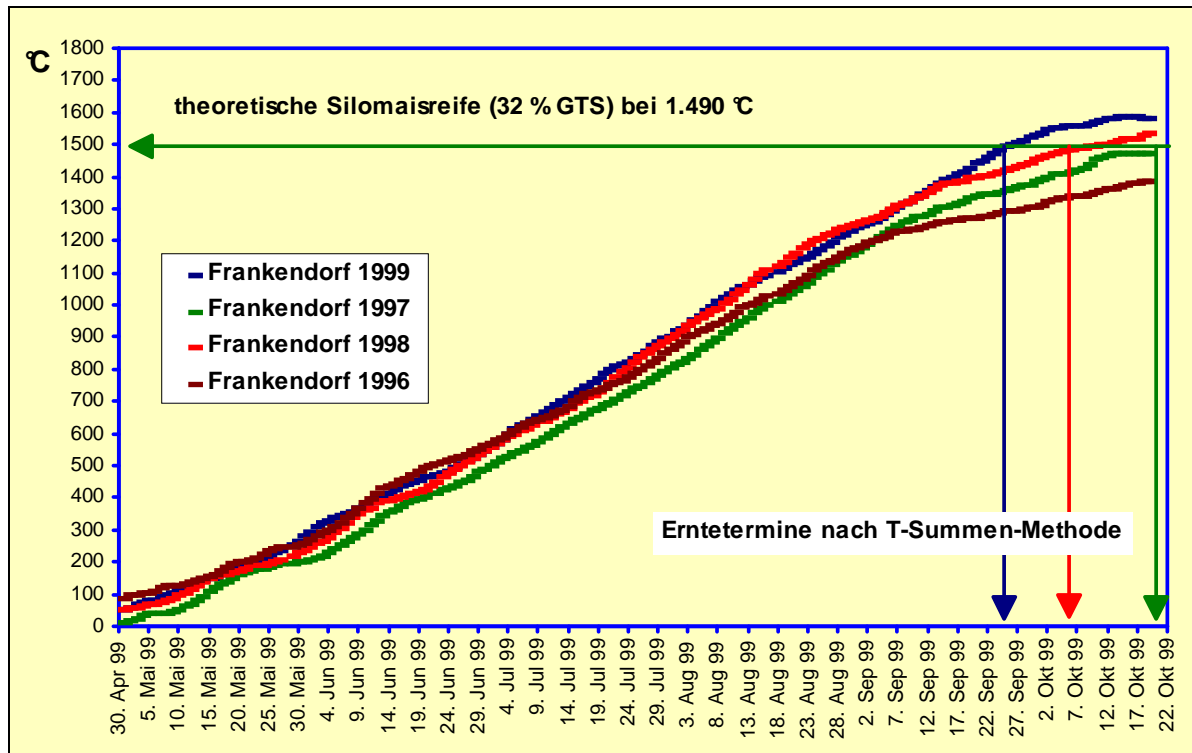


Abb. 14: Verlauf der jahresspezifischen Temperatursummen am Standort Frankendorf
(Bayerisches Landesamt für Landwirtschaft)

- Auch die Landwirtschaftskammern, Beratungsringe und Züchterfirmen bieten häufig aus regionalen Probebeerntungen in kurzen Abständen nützliche Hinweise auf den Reifegrad ausgewählter Silo- und Körnermaissortimente.
- Die Reflektion des Sonnenlichtes im Infrarot-Bereich kann genutzt werden, um den Wassergehalt bzw. die Reife eines Pflanzenbestandes abzuschätzen. Durch das Überfliegen einzelner Bestände lassen sich mit Hilfe entsprechender Technik Bereiche unterschiedlicher Abreife erkennen. Auch wenn keine Aussagen über die absoluten TS-Gehalt möglich sind, können solche Aufnahmen Anstöße für eine genauere Kontrolle der Bestände geben.

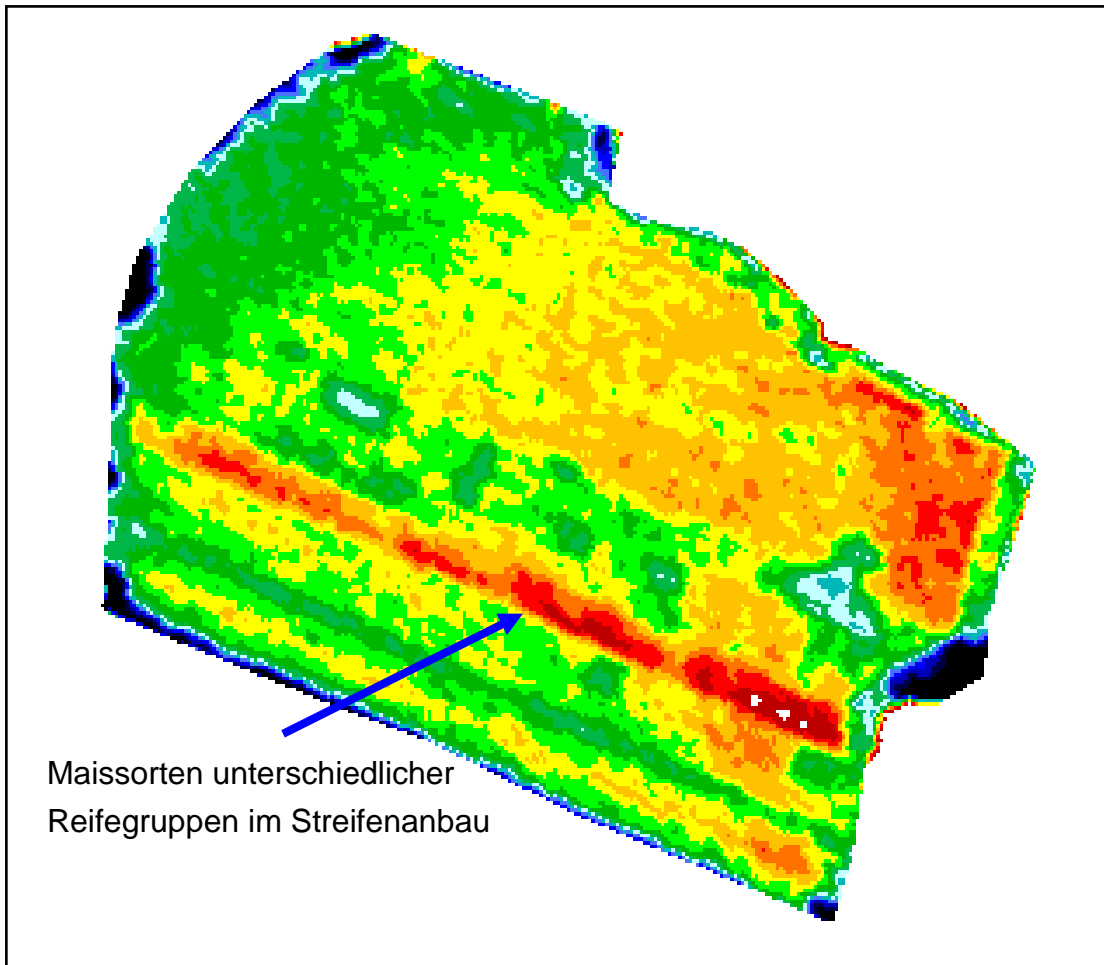


Abb. 15: NIR–Luftbild: Teilflächen unterschiedlicher Reife sind erkennbar durch unterschiedliche Reflektion des Sonnenlichtes im Nah-Infrarot Bereich

- Die Reifebestimmung im Feld oder über die Bestimmung der Feuchte mit Hilfe eines Trockenschrankes oder Mikrowelle. Da für eine repräsentative und genaue Aussage eine größere Anzahl Proben erforderlich ist, ist der Aufwand entsprechend hoch.
- Vergleichsweise einfach ist die Beurteilung der Abreife im Korn mit Hilfe des Daumennagels. Milch- Teig- und Vollreife lassen sich je nach Kornhärte feststellen. Tritt beim Verdrehen der Maisstängel der Saft nur schäumend aus, ist ein günstiger Reifegrad für die Silomaisbeerntung erreicht.

4.2 Konservierung

Häufig ist es nicht wirtschaftlich, Pflanzen auf Teilflächen in Abhängigkeit ihrer TS-Gehalte zu beernten. Nester mit bereits stark verdorrten Pflanzen stellen ein Risiko für eine fachgerechte Konservierung dar und sollten bei der Silomaisbeerntung ausgespart bleiben. Pflanzen mit teilweise trockenen Blättern und Lieschen erfordern

eine Reduktion der Häcksellänge auf 4–6 mm. Bereits im praktischen Einsatz sind Feldhäcksler, die auf eine Veränderung im TS-Gehalt mit einer Veränderung der Schnittlänge reagieren.

Die Befüllung der Silos muss mit besonderer Sorgfalt geplant und durchgeführt werden. Trockenes Erntegut sollte in den unteren Schichten im Silo abgelegt werden. Intensives Festwalzen und der Einsatz von geeigneten Silierzusätzen verringern das Risiko von Nachgärverlusten.

Beprobungen von Maissilagen zeigen häufig eine zu geringe Verdichtung, so dass eine Kontrolle über die Bestimmung des Raumgewichtes sinnvoll sein kann.



Abb. 16: Verdichtung des Erntegutes im Silo

Ist der Bestand für eine Beerntung verloren, muss eine möglichst rasche Verrottung durch das Einarbeiten der Pflanzenreste angestrebt werden, um eine Gefährdung durch Schadpilze für die Folgekulturen so gering wie möglich zu halten.

5. Schlusswort

Die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion ist an die natürlichen Möglichkeiten des Standortes gebunden. Gesellschaftliche und wirtschaftliche Veränderungen erfordern ständige Anpassungen. Auch die in dieser Publikation vorgestellten Verfahren haben

das Ziel, die Produktivität des Standortes zu erhalten bzw. mit vertretbarem Aufwand zu steigern. Erinnerung sei an die allgemeine Wirkungsgleichung nach VON BOGUSLAWSKI (1990): „Die Produktivität des Standortes ergibt sich aus dem Ertrag im Durchschnitt vieler Jahre. Sie ist eine Funktion (f) von Witterung (Witt.), Boden (Bd.), Fruchtfolge (fl.) und Bewirtschaftung (Bew.) im Durchschnitt der Jahre.

$$\text{Ertrag/Zeit} = f \times (\text{Witt.} \times \text{Bd.} \times \text{Fl.} \times \text{Bew.})/\text{Zeit}$$

6. Literatur

Bayerisches Landesamt für Landwirtschaft: : //www.lfl.bayern.de/agm/start.php

Estler, M., Knittel, H.: Praktische Bodenbearbeitung. 1996 - DLG-Verlag

Günther, R.: [Zur Wasserausnutzung landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturen.](#) BAL Bericht, 2003

Hugger, H.: Berechnung zu Körnermais. MAIS 4/2003, S. 137–139

Jäger, F.: Mais Anbauplaner. 2004

Laurenz, L.: Maissortenwahl im Klimaraum Nordwestdeutschland. Acker- und Saatbauverein Münsterland e. V. 2006

Lütke Entrup, N., Oehmichen, J.: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 1: Grundlagen

Nitsche, O. et al.: Hochwasserschutz durch Pflugverzicht. Landwirtschaft ohne Pflug–1/2003

Presterl, T. et al.: Genetische Basis der Stickstoffeffizienz bei Mais. BAL Bericht, 2003

Rath, J.: MaisProg – Abreife und Ernte von Silomais schätzen. MAIS 3/2005 S. 94-96

Zscheischler, J.: Handbuch Mais, 1990