

STUDIUM DER GRANNENBILDUNG BEI WEIZEN

- IM VERGLEICH MIT DEM BLATTWACHSTUM -



Abb.1: die begrannte Weizensorte 'Hermes'

Die Grannen sind charakteristische Organe bei Gräsern und Getreidearten. Bei der Kulturpflanze Weizen kommen begrannte und unbegrannte Sorten vor. Für die biologisch-dynamische Züchtung sind solche morphologischen Merkmale nicht ohne Bedeutung, weil sie auch über die Kräfteverhältnisse im Wachstum der Pflanze etwas aussagen. Dies wiederum hat Auswirkungen auf die Nahrungsqualität. Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, die Grannenbildung zum Typus der Gräser und Getreidearten in Beziehung zu setzen und in diesem

Abb.2: Spelzen und Grannen

Spelzen sind Blätter im Bereich der Ähre. Sie hüllen die Körner ein und können lange Grannen tragen.

In seitlicher Ansicht (links) wird der Übergang zur Granne besser sichtbar.



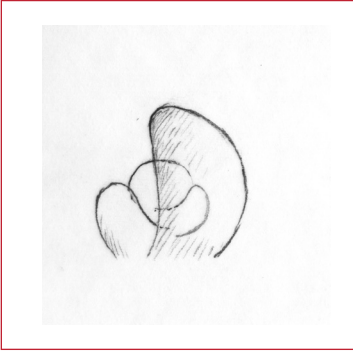


Abb.3: Vegetationskegel
mit drei Blattanlagen
(Pflanze im 2-Blatt-Stadium)

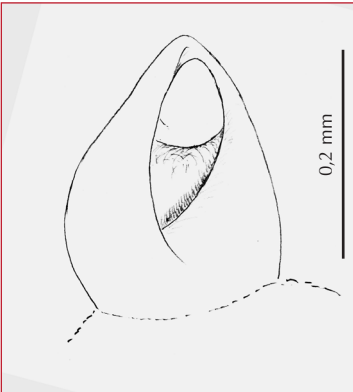


Abb.4: Vegetationskegel im
Übergang zur Ährenanlage,
eingehüllt von Blattanlagen
(Pflanze im 4-Blatt-Stadium)

Sinne qualitativ zu beurteilen.

Spelze und Granne können als Metamorphose des Gräserblattes aufgefasst werden (Abb. 2). Der morphologische Vergleich ist allerdings nicht ausreichend, um zu einem Verständnis der wirksamen Kräfte zu gelangen. Es wurde deshalb versucht, durch den Vergleich der Wachstumsgeste von Blatt und Granne den grundsätzlichen Unterschied dieser beiden

Glossar (siehe dazu die Abbildung rechts sowie Abb.25):

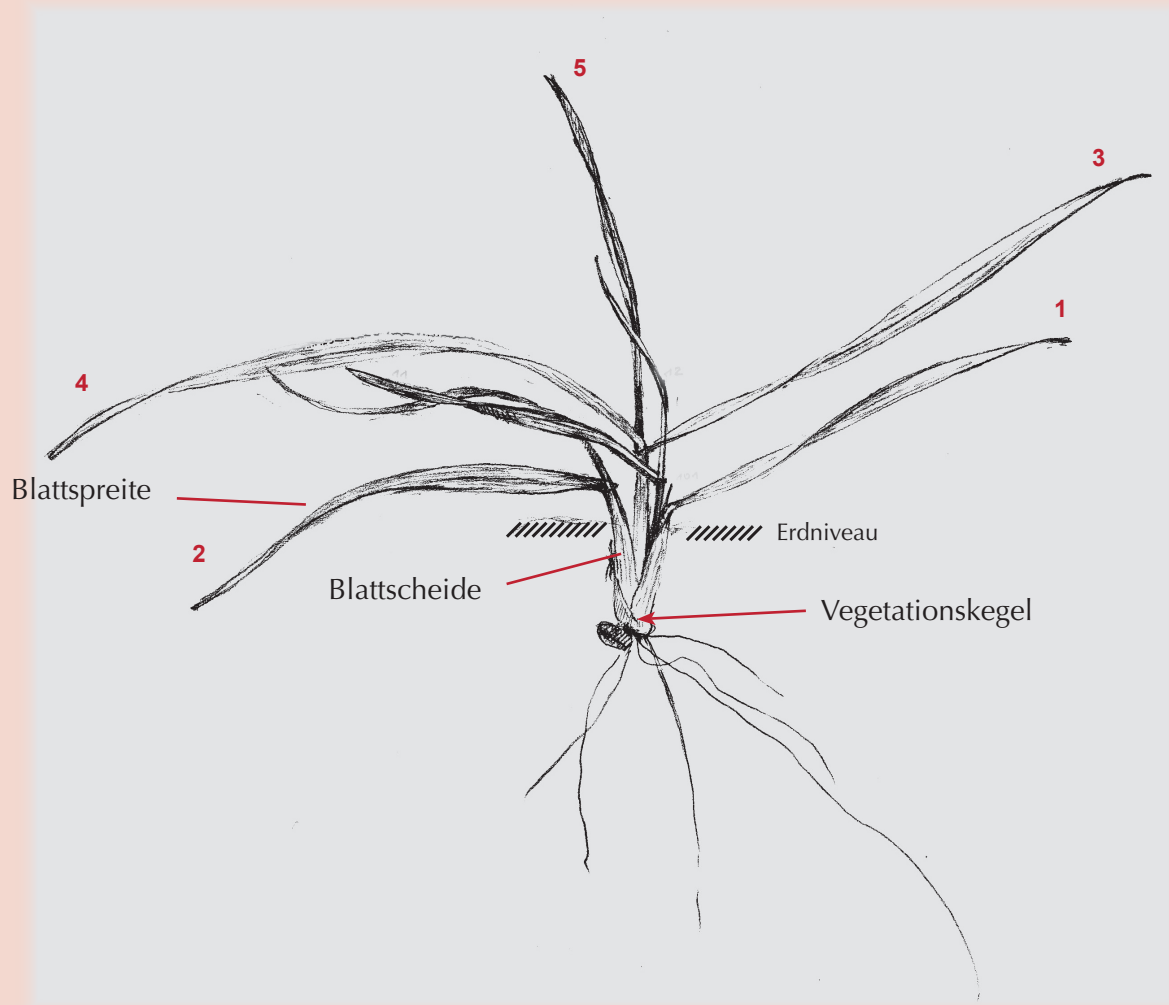
Vegetationskegel: Der Punkt im Pflanzenwachstum, wo die neuen Blätter gebildet werden, so z.B. das Innerste im Salat-Herz - mit dem Mikroskop betrachtet.

Beim Weizen liegt dieser Vegetationspunkt auch im Frühjahr (bevor die Ähren heraufgeschoben werden) noch unter der Erde.

5-Blatt-Stadium: Im vegetativen Zustand bleibt die Sprossachse gestaucht. Alle Blattansätze liegen unter der Erdoberfläche kurz unterhalb des Vegetationskegels. Die Abbildung zeigt eine gepresste Pflanze im 5-Blatt-Stadium. Die röhrenförmig ineinandersteckenden Blattscheiden wurden dabei auseinandergezogen; sie sind von Blatt 1 bis 3 einzeln sichtbar.

Die Spreite des 5. Blattes ist noch nicht vollständig herausgeschoben. Weitere Blätter sind in der Scheide des 5. Blattes verborgen.

Sichtbar sind ausserdem: der 1. und 2. Bestockungstrieb (aus Blattscheide 1 heraustretend mit 2 Blättern, aus Blattscheide 2 heraustretend mit 1 Blatt).



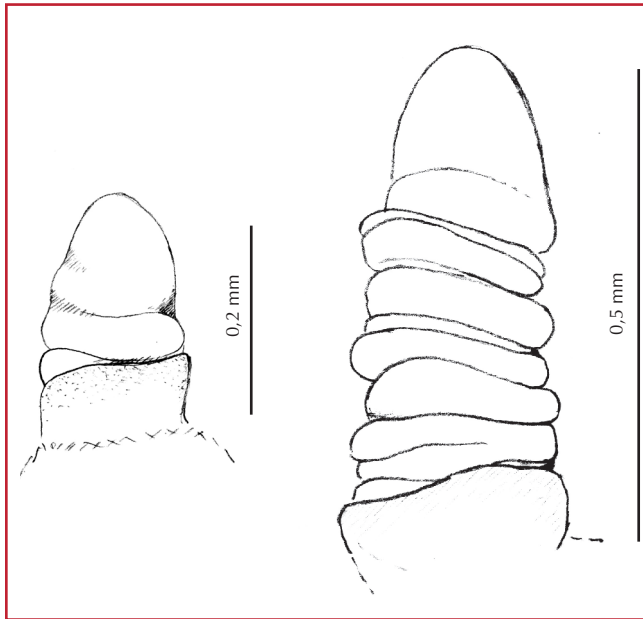


Abb.5 (links): Vegetationskegel im Übergang zur Ährenanlage. In diesem Stadium ist die Grenze zwischen Blattanlagen und beginnender Gliederung der Ährenanlage schwer zu erkennen.

Abb.6: Ährenanlage: erste Gliederung in Wülste, aus denen sich später die Ährchen bilden. - Ganz unten die Anlage des Fahnenblattes. (Pflanze im 5-Blatt-Stadium)

Organe verständlich zu machen, so dass nachvollziehbar wird, welche Kräfte bei der Grannenbildung wirksam sind.

Material und Methoden: Zum Studium der Grannenbildung wurden drei begrannte und zwei unbegrannte Weizensorten untersucht (begrannt: Inntaler,

PGR, Ure; unbegrannt: C15, PeJa55). Die in den Blättern eingehüllte Ährenanlage wurde frei präpariert und mit Hilfe eines Binokulars mit Fotoeinrichtung dokumentiert; zusätzlich wurden Details in Skizzen festgehalten. Außerdem wurde der Entwicklungszustand der Pflanze notiert, indem das Streckungswachstum im Halm (von Knoten zu Knoten) gemessen wurde.

Die Hauptserie der Pflanzen stammt aus dem Versuchsanbau 2000/2001 am Hof Rimpertsweiler (560 m ü.NN), ein kleinerer Teil vom Lichthof (720 m ü.NN). Abbildungen 3 bis 6 stammen aus früheren Versuchen.

Ergebnisse: Im vegetativen Zustand sondert der Vegetationskegel Blattanlagen ab, die die Sprossanlage zunehmend ringförmig umfassen (Abb.3 und 4). Dabei wird der Vegetationskegel von der Blattanlage kapuzenförmig eingehüllt, bevor diese stark in die Länge wächst. Die Bildung der Ährenanlage wird durch das Streckungswachstum des Vegetationskegels eingeleitet (Abb.5). Dann beginnt sich dieser zu gliedern. Charakteristisch ist das so genannte double-ridge-Stadium (Abb.6

Glossar

Fahnenblatt: Das letzte Blatt am Halm vor der Ähre. Bevor die Ähre erscheint, wird sie von der Blattscheide des Fahnenblattes eingehüllt.

Ährenspindel (Abb. links):

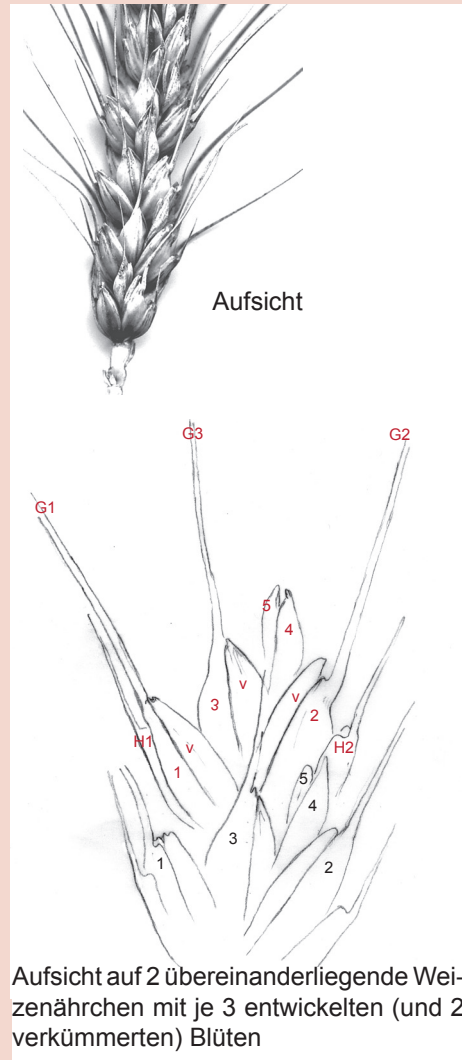
Der Weizenhalm geht über in die Ährenspindel oder Ährenachse, die wechselweise gegenüberstehend die einzelnen **Ährchen** trägt. In der Mitte wurden 6 Ährchen entfernt, so dass die Ährenspindel sichtbar wird (Seitenansicht).

Spelzen und Grannen:

Das Spelzengewirr (Ähre in Aufsicht, Abb. rechts) lässt sich entziffern (Abb. rechts unten):

Jedes einzelne **Ährchen** hat eine kurze Achse. Daran sitzen von unten nach oben:

2 **Hüllspelzen (H1, H2)** und wenige Blüten, die jeweils aussen von einer **Deckspelze (1 bis 5)** und innen von einer zarteren **Vorspelze (v)** eingehüllt sind. Deckspelze und Vorspelze hüllen dann auch das reifende Korn ein (jede Blüte bildet ein Korn). Die Deckspelzen der entwickelten Blüten tragen die **Grannen (G1, G2, G3)**. Hüllspelzen haben nur kurze Grannenansätze.



Aufsicht auf 2 übereinanderliegende Weizenährchen mit je 3 entwickelten (und 2 verkümmerten) Blüten

Abb.7: Ährenanlage

(0,95 mm), im unteren Teil eingehüllt von der Anlage des Fahnenblattes, des letzten Blattes vor der Ähre. (Pflanze im 7-Blatt-Stadium, kurz vor dem Schossen, Sorte PGR, 22.Mai, Lichthof)

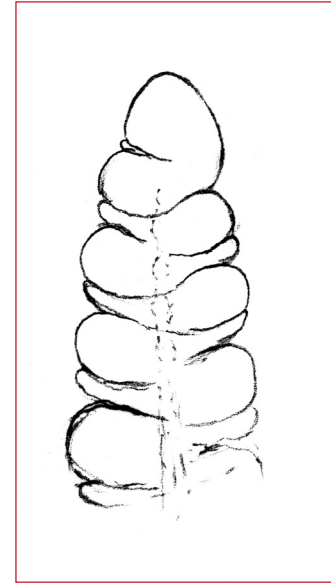
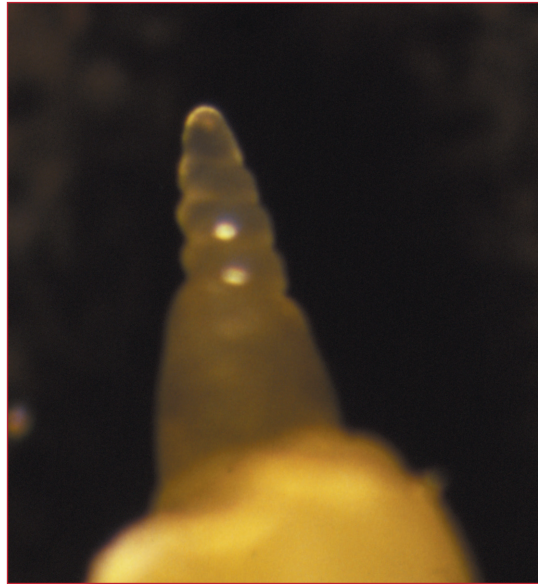


Abb.8 (rechts): gleiche Ährenanlage wie in Abb.7.

Erkennbar sind in diesem Zustand die Ährchenanlagen mit den darunterliegenden Tragblättern, die dann im Wachstum zurückbleiben. In der Mitte deuten sich erste Strukturen der Ährenspindel an.

und in etwas späterem Stadium Abb.7 und 8). Wülste, die die Ährenanlage weitgehend umfassen, bilden die Anlage der Ährchen. Im nächsten Schritt gliedern sich diese Ährchenanlagen und es werden schrittweise die Anlagen für Hüllspelze, Deckspelze und die Blütenorgane gebildet (siehe z.B. E.J.M. Kirby: Botany of the wheat plant, www.fao.org).

Am Anfang, wenn sich die Anlage für die Blüte noch nicht differenziert hat und nur als kugelförmige Erhebung sichtbar ist, ist auch die Grannenbildung noch nicht erkennbar (Abb.9 und 10). Wenn dann die einzelnen Blütenorgane gebildet werden (die drei Anlagen für die Staubbeutel und die Anlage des Fruchtknotens), wird die erste Anlage der Granne an der Deckspelze sichtbar (Abb. 11 und 12). Eine Differenzierung in verschiedene Zelltypen ist äußerlich zu dieser Zeit noch nicht erkennbar. Mit zunehmendem Größenwachstum eilt die Grannenent-



Abb.9: Gliederung der Ährchen

in die Hüllspelzen und mehrere Blütenanlagen mit Deckspelze und noch nicht differenzierten Blütenorganen.

Ähre 2,1 mm, begrannte Sorte Ure, 10. Mai;
beginnendes Schossen: Streckung 0,8 cm
(1.Knoten)

wicklung voran und die Granne grenzt sich immer deutlicher von der darunter liegenden Deckspelze ab (Abb.13 und 14). Auch an der Hüllspelze ist ein Grannenansatz zu erkennen. Dieser nimmt aber nur wenig an Größe zu.

Im weiteren Verlauf des Grannenwachstums

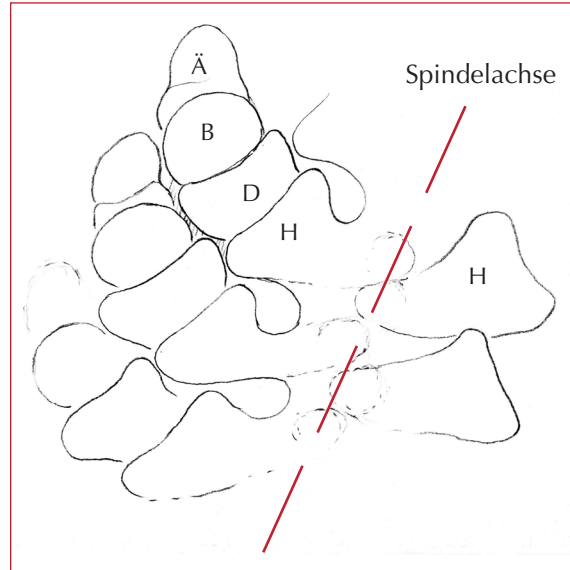
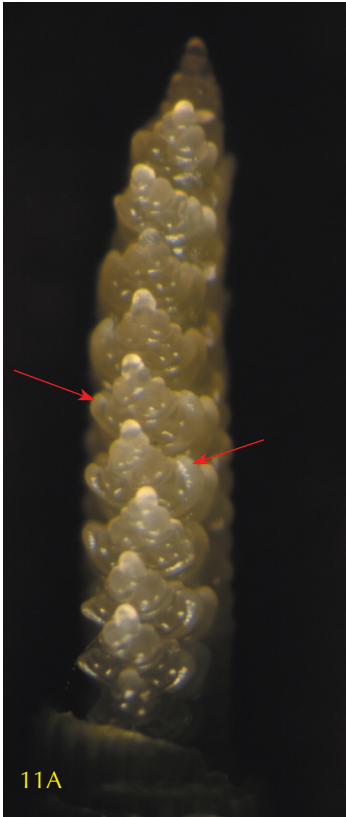


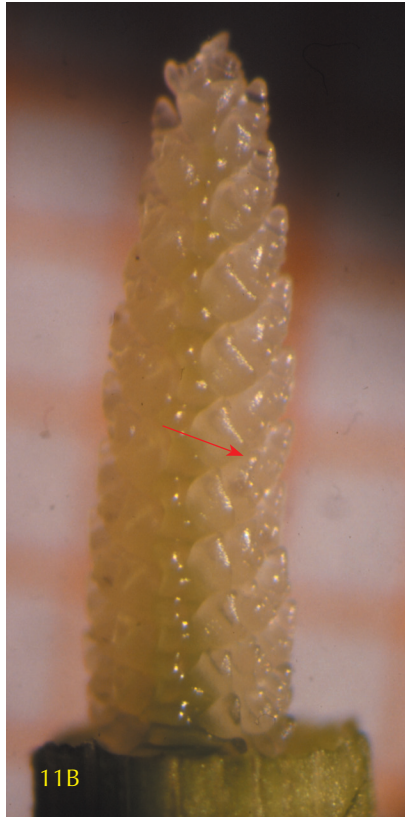
Abb.10: Seitliche Ansicht der Ährchen entsprechend Abb.9

Erkennbar sind die Hüllspelze (H), die Deckspelze (D) und die dazugehörige noch undifferenzierte Blüte (B). Die Ährchenspitze (Ä), die dahinter darüber hinausragt, bildet noch weitere Blütenanlagen. Grannenansätze sind noch nicht erkennbar. (Sorte Ure, 10. Mai)

ist im Spitzenbereich der Grannen eine Gewebedifferenzierung zu erkennen. Dies zeigt sich besonders an den schon kräftig entwickelten und aus der Epidermis herausragenden Kieselzellen (Abb.13B und 15). Weiter unten sind diese Kieselzellen erst als kugelförmige Höcker erkennbar, und an der Grannenbasis hat



11A



11B

Abb.11: Beginnendes Grannenwachstum

Auffällig in diesem Stadium ist die noch stark wachsende und hervortretende Spitze im Zentrum jedes Ährchens. Hierzu seitlich gelagert sind die zuerst gebildeten Blütenanlagen. Deren Deckspelzen tragen im mittleren Ährenbereich kleine Nasen, erste Ansätze für das Grannenwachstum (Pfeile).

Abb.11A (Aufsicht): Ure, 17. Mai, Ähre 4 mm, Schossen 5,6 cm bis Ährenbasis

Abb.11B (Ansicht schräg seitlich): PGR, 11. Mai, Ähre 4,1 mm, Schossen 6 cm bis Ährenbasis

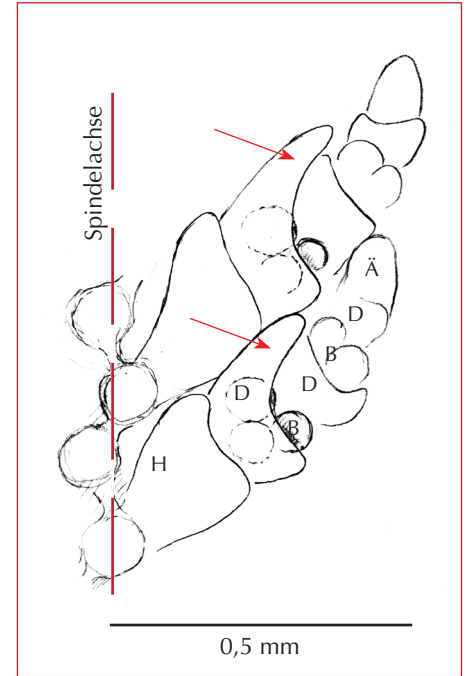


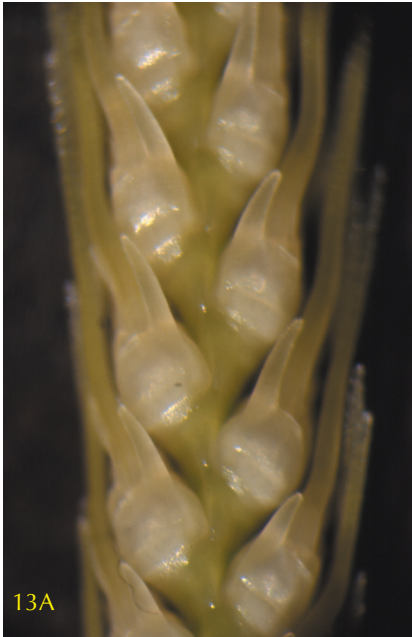
Abb.12: Beginnendes Grannenwachstum und fortschreitende Gliederung des Ährchens

- Detail entsprechend Abb.11B -

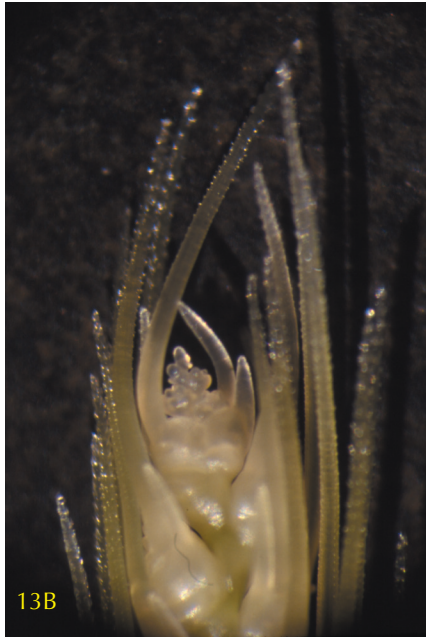
Das Ährchen hat sich in mehrere Blüten gegliedert und die von der Deckspelze mehr oder weniger verdeckten Blütenorgane anfänglich ausdifferenziert.

An den im Ährchen seitlich gelagerten, unteren Blüten beginnt an der Deckspelze das Grannenwachstum (Pfeil).

Beschriftung wie Abb.10.



13A



13B

Abb.13: Die Granne als eigenständiges Organ

In seitlicher Ansicht (Abb.13A) ist die Ährenspindel sichtbar und im Vordergrund die Hüllspelzen mit kurzen Grannenansätzen. Dahinter hat an den Deckspelzen starkes Grannenwachstum eingesetzt - ausgehend von einem eigenen Bildege-
webe am oberen Spelzenrand, das nun die Granne herausschiebt.

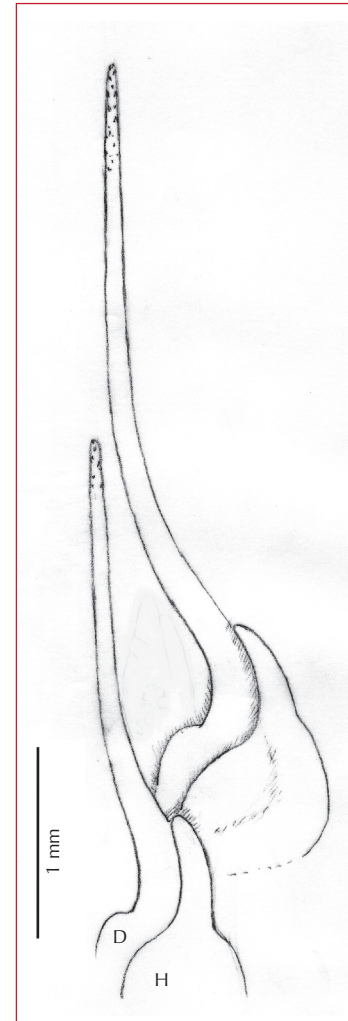
An den Grannenspitzen beginnt schon die Zelldifferenzierung, sichtbar an der Bildung der Kieselzellen (Ährenspitze, Abb.13B).

PGR, 16. Mai, Ähre 10 mm, Schossen 13 cm bis Ährenbasis

Abb.14 (rechts): Detail

von 2 übereinanderliegenden Ährchen entsprechend Abb.13. Die Grannen erreichen im Mittel eine Länge von 3,5 mm (0,5 mm an der Hüllspelze).

Die Spelzen haben eine Höhe von 0,5 bis 0,6 mm.



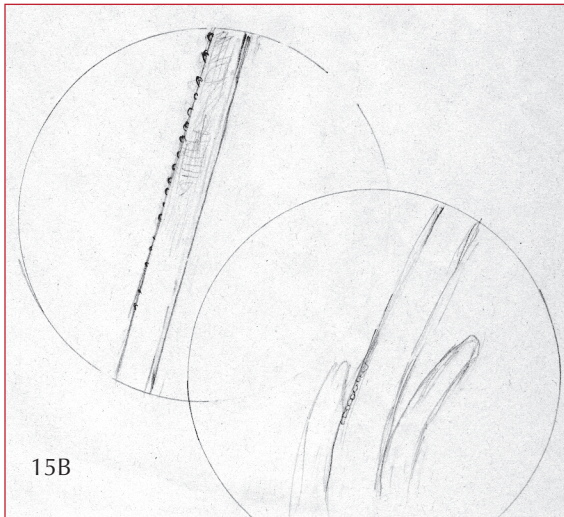
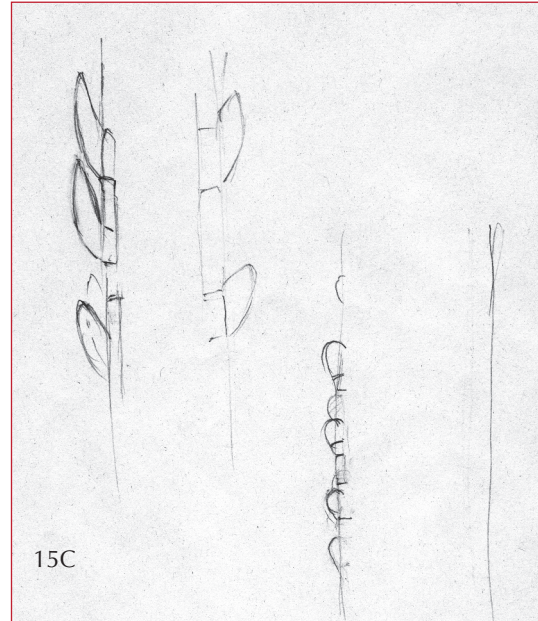
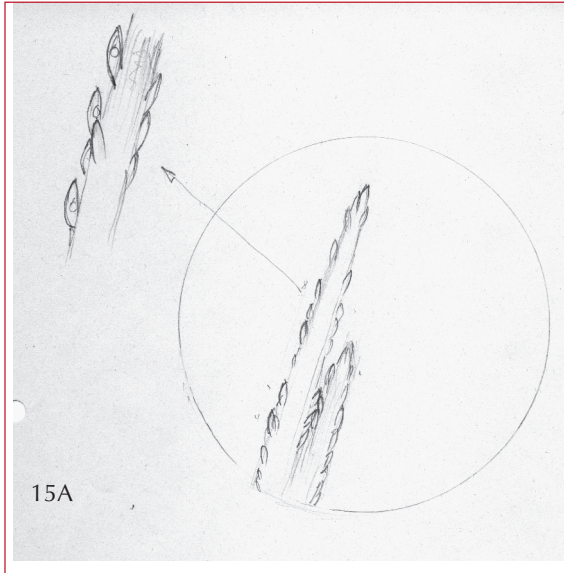


Abb.15: Hervortreten der Kieselzellen an den Grannen

- Skizzen bei 100-facher Vergrößerung im Mikroskop -

An der Grannenspitze sind die Kieselzellen schon weit entwickelt (Abb.15A und 15C links), ein Zeichen dafür, dass das Wachstum (Zellteilung) abgeschlossen ist. Im mittleren Bereich beginnt die Zelldifferenzierung, es sind rundliche Erhebungen zu erkennen (15B links und 15C rechts).

Im unteren Bereich sind Zellgrenzen nur schwer erkennbar (15B rechts). Hier befindet sich ein noch stark wachsendes Gewebe mit kleinen Zellen ohne sichtbare Differenzierung.

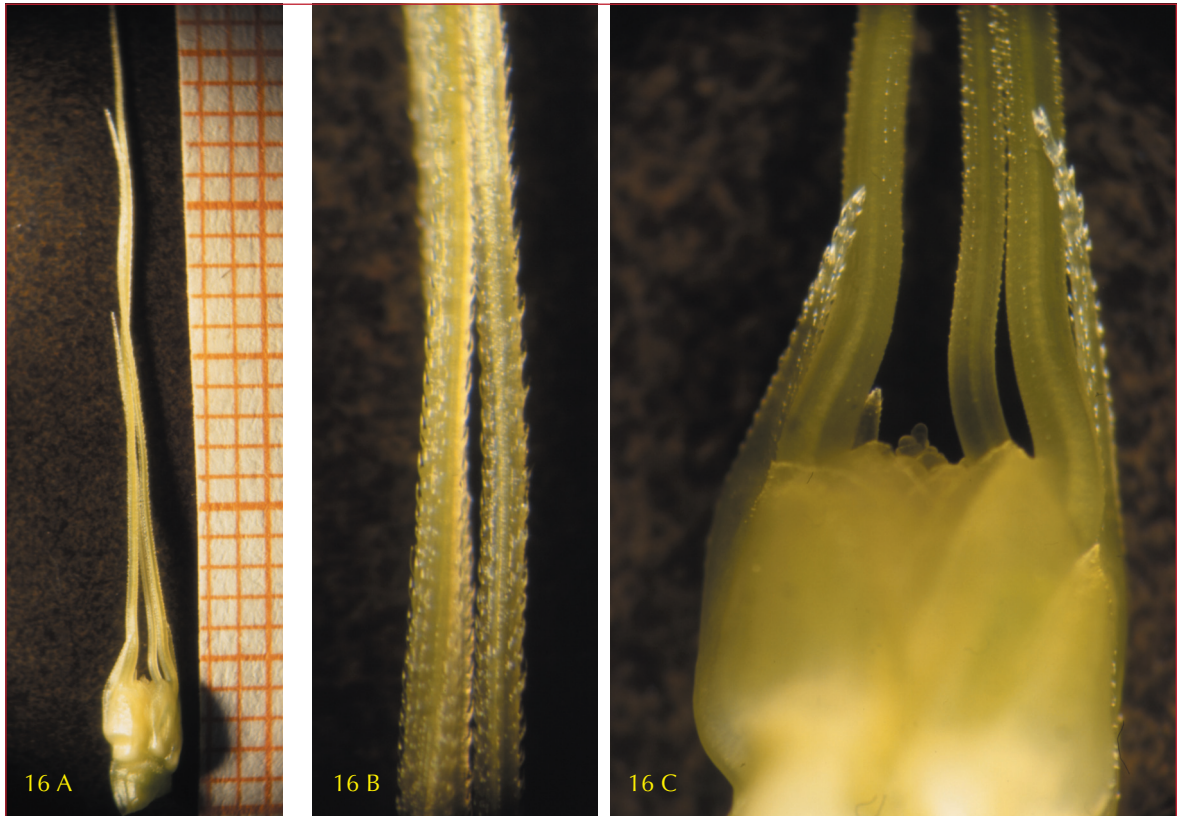


Abb.16: Wachstum und Differenzierung schreiten fort

- Einzelnes Ährchen von PGR, 24. Mai, Ähre 42 mm, Schossen 28 cm bis Ährenbasis -

Die Grannen erreichen das acht- bis zehnfache der Spelzlänge (Decksp. 2,5 mm; Granne bis 26 mm). Die Kieselzellen treten noch stärker hervor (16 B). Die Grannenbasis bleibt noch weitgehend undifferenziert (16 C), obwohl der Differenzierungsprozess schon weiter nach unten vorrückt. Im Bild kaum sichtbar: auch der obere Teil der Spelzen beginnt, sich auszdifferenzieren.



Abb.17: Ährenspitze von 'Inntaler'

Auch hier steht die Differenzierung der Grannen, die von den darunterliegenden Ährchen hinaufragen, im Kontrast zu der noch wachsenden Basis der Grannen am Terminalährchen. (Die Hüllspelzen am Terminalährchen tragen keine Grannenansätze.)

30. Mai, Ähre 55 mm, Schossen 32 cm bis Ährenbasis (etwa gleiches Stadium wie Abb.16 - 'Inntaler' ist später!).

die Differenzierung noch gar nicht eingesetzt. Offenbar handelt es sich hier um ein noch stark teilungsfähiges Bildegewebe, dessen Aktivität lange anhält (Abb.16C und 17).

Währenddessen ist aber im benachbarten Gewebe des oberen Spelzenrandes an einzelnen hervorragenden Kieselzellen die beginnende Differenzierung sichtbar. Entsprechend verlagert sich das Spelzenwachstum in den unteren Teil. Grannen- und Spelzwachstum halten noch an, bis die Grannen über die Fahnenblattscheide hinausragen und die Ähre seitlich aus der Umhüllung der Scheide austritt (Abb.18).

Bei den unbegrannten Weizensorten ist die erste Gliederung in Spelze und Grannenansatz auch erkennbar. Das Hervorschieben der Granne wird aber schon bald eingestellt. Sowohl an der kleinen Grannenspitze als auch am oberen Spelzenrand sind dann Differenzierungsprozesse erkennbar. Ein eigenes Bildungs-gewebe, das die Granne weiter heraus-schieben könnte, erlischt schon sehr früh.

Diskussion:

Bildegewebe an der Basis der Granne

Die Bilderfolgen von den drei begrannten Weizensorten haben gezeigt, dass sich in einer ersten Phase nur die Anlage für das Spelzblatt ausgestaltet. Dann gliedert sich am oberen Spelzenrand ein Bildegewebe ab, das nun mit zunehmender Intensität die Granne nach oben schiebt.

Es könnte angenommen werden, dass die Granne durch ein Bildegewebe an ihrer Spitze weiter nach oben verlängert wird. Im Gegensatz dazu erlischt aber das Bildegewebe an der Spitze sehr bald, nur an der Basis bleibt es aktiv und schiebt die Granne von der Basis her weiter nach oben. Man spricht hier von einem interkalaren Meristem, einem Bildegewebe, das eingeschoben ist zwischen sonst schon stärker differenziertes Gewebe.

Diese Art des Wachstums kann bei den Blättern einkeimblättriger

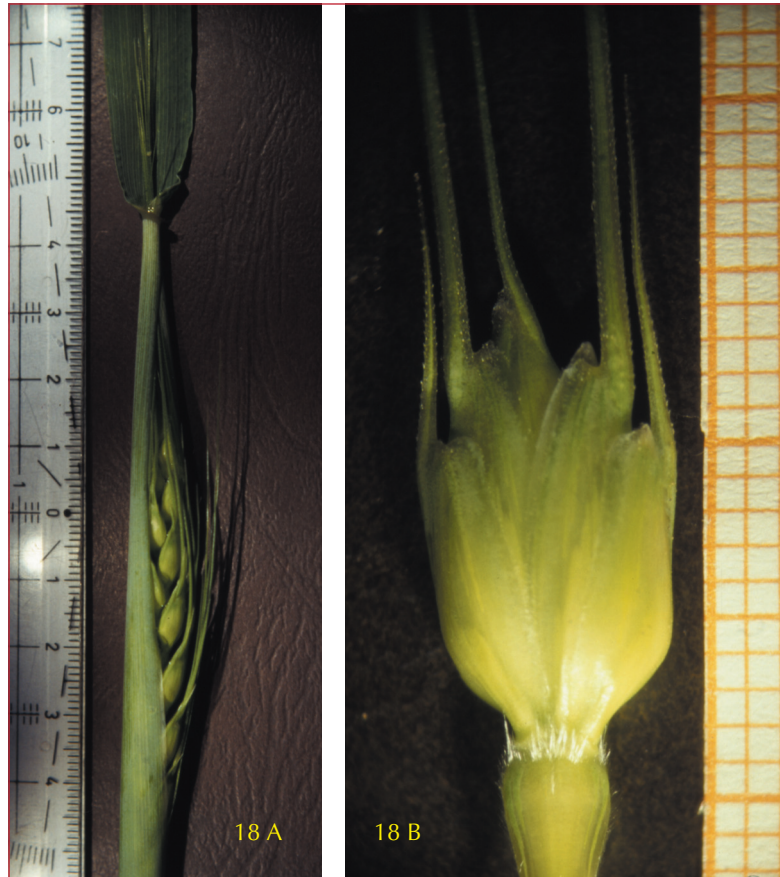


Abb.18: Die ausgewachsene Ähre - hervortretend aus der Blattscheide des Fahnenblattes (PGR, 6.Juni)

Granne und Ährchen sind ausgewachsen (Deckspelze 10 mm, Granne 65 mm). Die Zelldifferenzierung ist bis zur Grannenbasis fortgeschritten. Die Spelzen hatten im unteren Teil noch einen Wachstumsschub (einzelnes Ährchen, Abb.18B).

Bei der Sorte PGR haben auch die Hüllspelzen deutliche Grannenansätze !

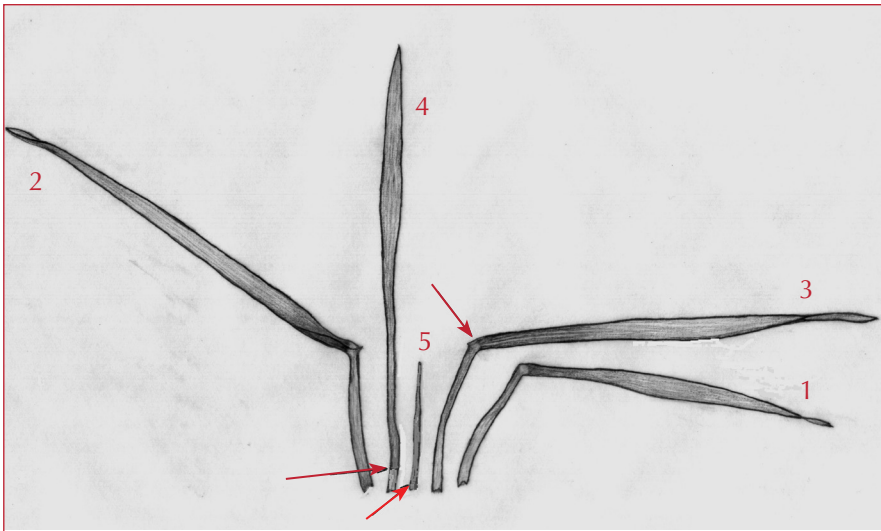


Abb. 19: Blattentwicklung beim Weizen

Die Blätter 1 bis 3 sind ausgewachsen. Bei Blatt 4 beginnt die Entwicklung der Scheide, bei 5 wird noch die Spreite gebildet. Diese und alle weiteren (nicht gezeichneten) Blätter stecken röhrenförmig ineinander (die Blattscheide von 1 bildet die äussere Umhüllung).

Der Wachstumspunkt liegt ganz unten am sogenannten Bestockungsknoten, dem gestauchten Spross, von dem vor dem Schossen alle Blätter (und auch die nicht gezeichneten Bestockungstriebe) entspringen (Seite 19). Der Pfeil markiert den Übergang von Spreite zu Scheide.

Pflanzen generell beobachtet werden. Bei den Gräsern werden auch die Halmabschnitte zwischen den Knoten (die Internodien) in dieser Art gebildet. Jeweils wird das Organ - Blatt oder Internodium - von diesem unten gelegenen Bildgewebe nach oben heraus geschoben (siehe: 'Schossendes Getreide' in Heft Nr.16, 2001).

Das zweiteilige Blatt

Interessant ist nun, die Blattorgane im Ährenbereich – also Spelzen und Grannen - mit den normalen Blättern zu vergleichen. Das Blatt der Gräser und Getreide ist zweiteilig: es gliedert sich in die Blattscheide und die Spreite. Die Scheide bildet anfangs die röhrenförmige

Hülle für die nachfolgenden jungen Blätter. Wenn sich beim Schossen der Halm streckt und die Ähre heraus geschoben wird, umfassen die Scheiden der oberen Blätter den Halm. Die Scheide geht nach oben - durch ein "Gelenk" abgewinkelt - in die langgestreckte Spreite über. Diese breitet sich flächig aus, ist aber nicht so stark wie die Blätter der zweikeimblättrigen Pflanzen in die Waagerechte eingeordnet, sondern bei jüngeren Pflanzen

leicht gedreht, beim Schossen aufgerichtet oder überhängend, später unterschiedlich stark abgewinkelt. Das Gelenk entsteht durch Flächenwachstum quer zur Längsrichtung des Blattes mit Bildung von Öhrchen, die an der Spreitenbasis den Halm mehr oder weniger umfassen. Außerdem ist an dieser Stelle die innere Epidermis der Scheide durch ein nach oben herausragendes Häutchen verlängert (die Ligula).

Vergleich von Spelzen und Blättern

Die Spelzen im Ährenbereich sind mit der Blattscheide zu vergleichen, weil auch sie die weiter innen gelegenen Organe einhüllen. Entsprechend wird die Granne mit der Blattspreite verglichen und auch als homologe Bildung angesehen². Wie die Spreite stellt sie sich in den durchlichteten Raum hinein.

Beim Vergleich der Bildung der Blätter mit Spelz- und Grannenwachstum zeigen sich aber doch deutliche Unterschiede, die auch zu einer besseren Charakterisierung der Granne beitragen können. Wir beschränken uns hier auf den Weizen, wo sich - anders als bei der Gerste - die Granne deutlich von der Deckspelze absetzt.

Betrachten wir nun zuerst das Wachstum der normalen grundständigen Blätter bzw. der

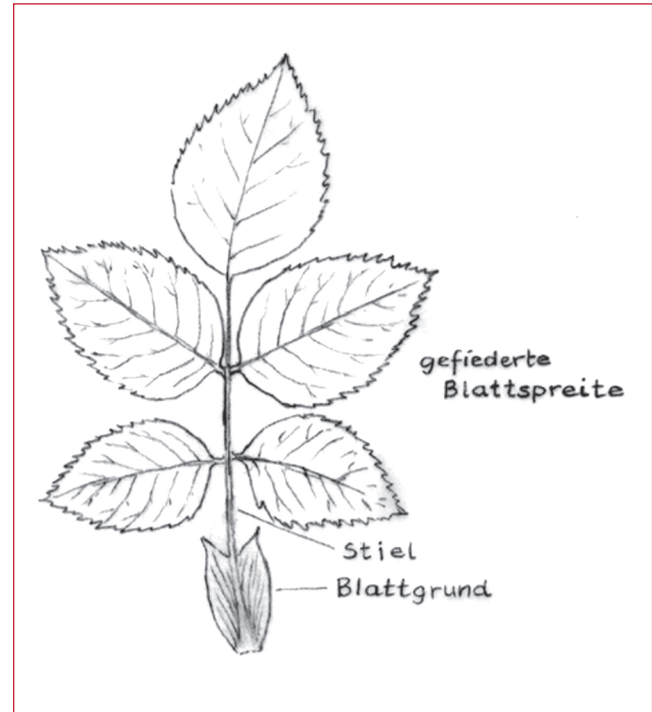


Abb.20: Rosenblatt, als Beispiel für den Aufbau eines Blattes der Zweikeimblättrigen Pflanzen

² E. Strasburger: Lehrbuch der Botanik, 31. Aufl. Stuttgart 1978 (S. 846)

Nach dieser Auffassung wäre die Granne aus dem gleichen "Material" gebildet wie die Spreite – so wie im Skelett des Vogelflügels die Arm- und Handknochen wiederzufinden sind. Grannenlose Sorten würden im Ährenbereich also nur den Scheidenanteil ausbilden. Auf Grund der hier dargestellten Unterschiede im Wachstumsverlauf kann diese Auffassung allerdings in Frage gestellt werden.

Blätter, die am Halm in die Höhe gehoben werden: Die Blattanlage, die sich vom Vegetationskegel abgrenzt, verbreitert sich nach beiden Seiten und umschließt den Vegetationskegel ringförmig wie eine kleine Kapuze (Abb.4). Schon bald erlischt das Bildgewebe an der Spitze. Das Blatt wird nun durch ein teilungsfähiges Gewebe an der Basis weiter

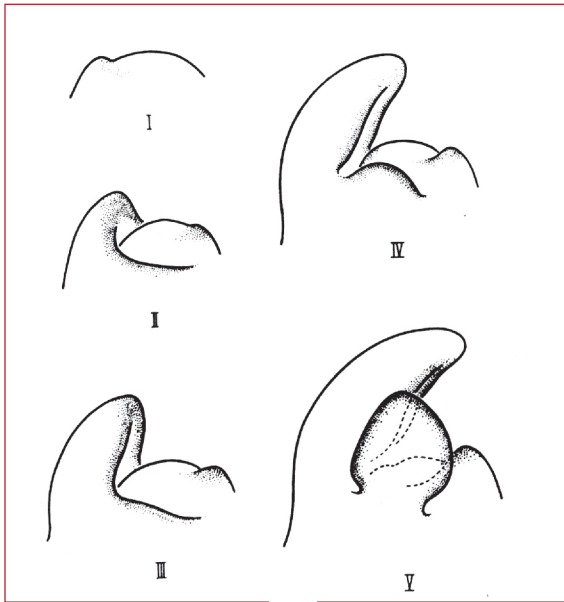


Abb.21: Entwicklung einer Blattanlage (schematisch): Der mittlere Teil bildet das Oberblatt. Der Blattgrund verbreitert sich und bildet seitliche Flügel. nach W. Hagemann: Studien zur Entwicklungsgeschichte der Angiospermenblätter, Bot.Jb 90, 1970

ausgebildet, indem die neugebildeten Zellen in längsgerichtetes Streckungswachstum übergehen. Weil nun an jedem Ort (bezogen auf den Blattquerschnitt) jeweils gleiche Zelltypen gebildet werden, entsteht das langgestreckte, parallelnervige Blatt. Die beschriebene Gliederung in Spreite und Scheide wird relativ früh angelegt, wenn das Blatt wenige Millimeter lang ist. Dennoch wird anfangs nur die Spreite gebildet.³ Erst wenn diese weitgehend ausgewachsen ist, wird das Meristem an der Scheidenbasis aktiv (Abb.19). Durch Zellteilung und anschließendes Streckungswachstum bildet sich jetzt die Blattscheide - so dass die Spreite dadurch weiter heraus geschoben wird und sich schließlich durch das zusätzliche Wachstum im Bereich der Öhrchen mehr oder weniger in die Waagerechte abwinkelt.

Trotz der zweiteiligen Struktur des Blattes entsteht die Blattfläche in einem kontinuierlichen Prozess, der von der Blattspitze bis zur Basis fortschreitet. Übertragen auf Spelz und Granne, wäre zu erwarten, dass sich zuerst die Granne weitgehend ausbildet, bevor das Wachstum der Spelze einsetzt. Ein solcher kontinuierlicher Wachstumsprozess von der Spitze zur Basis ist aber nicht zu beobachten. Erst wenn die Grundstruktur der Spelze vorhanden ist, gliedert sich die Grannenanlage

mit einem eigenen Meristem ab. Unabhängig vom weiteren Spelzenwachstum wird nun das Grannenwachstum stark beschleunigt.

Offenbar gelten hier oben im Ährenbereich andere Gesetze als in der Blattregion. Würde sich die Anlage des Spelzblattes blatt-typisch weiterentwickeln, so müsste der obere Rand bald jedes weitere Wachstum einstellen und erste Differenzierungsprozesse zeigen. Stattdessen quillt an dieser Stelle ein neues Bildgewebe hervor, das dann allerdings die Granne wieder – wie beschrieben – blattartig von unten her austreibt.

Vergleich mit zweikeimblättrigen Pflanzen

Für eine qualitative Betrachtung müssen die Phänomene in einen größeren Zusammenhang eingeordnet werden. Wir gehen von der allgemeinen Struktur des Blattes aus, die wir von den zweikeimblättrigen Pflanzen kennen (Abb.20). Das vollständige Blatt gliedert sich in Blattgrund, Stiel und Spreite (wobei es üblich ist, Stiel und Spreite zusammenfassend als Oberblatt zu bezeichnen). Trotz der vielfältigen Variationen bei der Ausgestaltung der Blätter ist folgende Struktur charakteristisch: der Blattgrund gliedert sich von der ersten Blattanlage flügelartig auf beiden Seiten ab



Abb.22: Parallelnervigkeit im Blütenblatt

In den Blütenblättern der Pfingstrose dominiert wie in fast allen Blüten die parallelnervige Struktur.

(Abb.21) und bildet später entweder nur eine Verbreiterung am Grunde des Blattstiels oder aber zwei deutlich sichtbare Stipel oder Nebenblätter an seiner Basis. Aus dem mittleren Bereich der Blattanlage entwickelt sich das Oberblatt, anfangs als einheitliches meristematisches Gewebe, später so, dass das Bil-



Abb.23: Ableitung des Blütenblattes aus dem Blattgrund

Die Blattmetamorphose der Nieswurz zeigt den Übergang zum Blütenblatt: Am Blüentrieb tritt der Blattstiel und das Oberblatt zurück. Aus dem tendenziell parallelnervigen Blattgrund bildet sich schliesslich das Blütenblatt.

degewebe mehr in die oberen Randzonen verlagert wird. Dadurch entsteht eine Blattfläche mit Zentralnerv und davon eventuell mehrfach abzweigenden Seitennerven (netznerbiges Blatt). Der untere Teil dieser mittleren Blattanlage streckt sich ohne Flächenwachstum und bildet den Blattstiel.

Die Nebenblätter oder Stipel haben meist par-

allelnervige Struktur. Offensichtlich werden sie wie die Blätter der einkeimblättrigen Pflanzen durch ein basales Meristem gebildet. Auch die Blütenblätter sind überwiegend parallelnervig (Abb.22). Es gibt Beispiele, wo der Übergang zwischen Blatt und Blüte als Metamorphose erkennbar ist, wie z.B. bei der Pfingstrose und der Nieswurz, *Helleborus fo-*

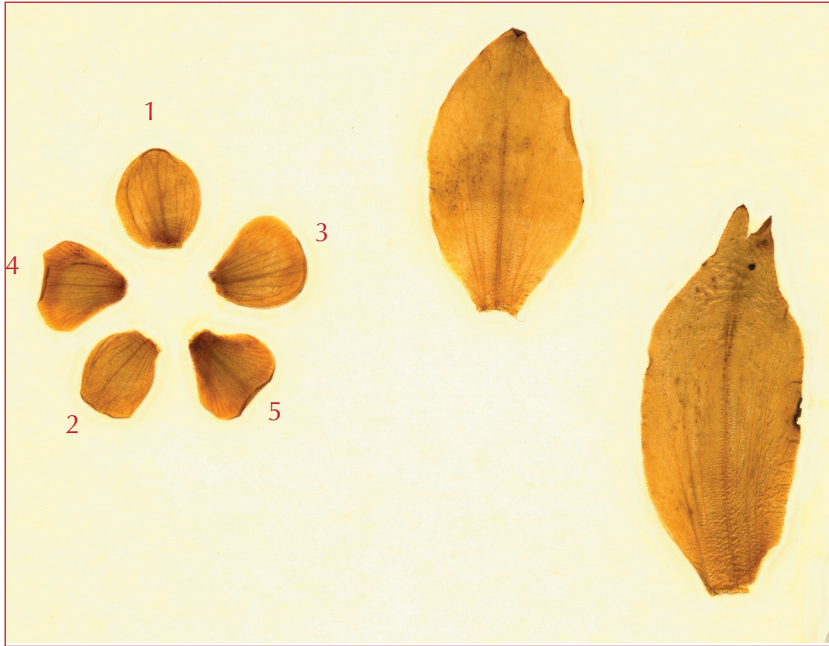


Abb.23A
(Ausschnitt aus Abb.23)

Die Metamorphose setzt sich von den Hochblättern am Blütentrieb in die 5 Blütenblätter fort (2/5-Stellung!). Dort nimmt die Parallelernervigkeit, die Zweiflügeligkeit (Motiv des Blattgrundes) und die hier nicht mehr sichtbare Farbigkeit weiter zu.

tidus (Abb.23 und 23A). Dabei wird schrittweise das Oberblatt zurückgenommen und der Blattgrund stärker ausgebildet, bis dieser schließlich als einheitliche Fläche das Blütenblatt bildet. Auch am Blütentrieb vieler Pflanzen ist bei den oberen (blüthenahen) Blättern der Blattgrund oft stärker betont, während sich das Oberblatt zusammenzieht (Abb.24). Im Gegensatz dazu haben die ersten Blätter einer vegetativen Pflanze (wie zum Beispiel die Blätter einer jungen Blattrosette) meist eine lang gestielte, rundliche Spreite - der Hinweis

auf einen randständiges Meristem, das die Blattfläche nach allen Seiten hin ausdehnt.

Richtungen im Wachstum

Die Pflanze ist eingeordnet in den Raum zwischen Erde und Kosmos. Für eine qualitative Beurteilung der Blattformen ist unmittelbar einleuchtend, dass die rundlichen Formen der wurzelnahen Blätter mehr von irdischen Kräften geprägt sind (Sie spiegeln in der Gestalt das Ausfüllen mit irdischer Substanz wieder.). Dagegen ist das Gliedern und Spitzwerden

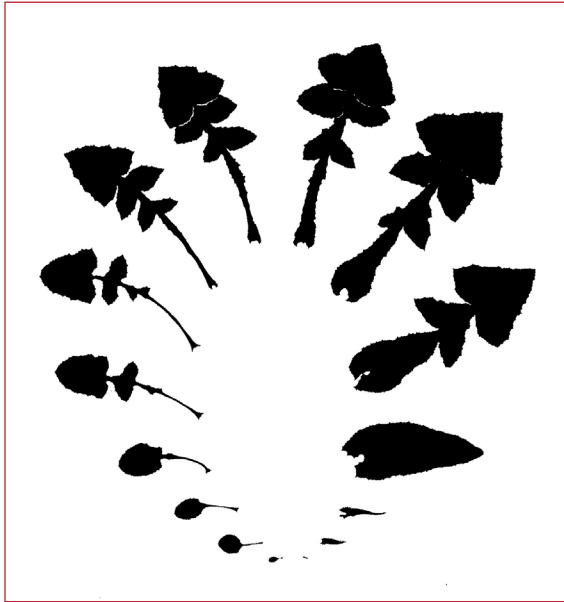


Abb.24: Blattmetamorphose der Kohl-Gänsedistel

Am Blütentrieb (rechte Seite) nimmt der Blattgrund, der den Stengel umfasst, anfangs noch an Größe zu, während sich das Oberblatt schon zusammenzieht.

der blütennahen Blätter ein Ausdruck der Formkräfte durch die Wirkungen von Licht und Wärme. In der Blüte mit Duft, Farbe und Innenraumbildung sind zusätzlich seelische Qualitäten zu erleben. Diese Zusammenhänge werden in der botanisch-goetheanistischen Literatur an vielen Stellen dargestellt. Die sichtbare Gestalt ist Hinweis auf Kräfte,

die im Lebensprozess plastizierend tätig sind. Messbar sind diese Kräfte nicht; nur ihre Wirkungen sind wahrnehmbar. Dabei stellt sich jede Pflanzenart „arttypisch“ in die Kräftepolarität von Erde und Kosmos hinein. Jede Art öffnet sich spezifisch, ihrem Wesen entsprechend, für irdische und kosmische Kräfte.

Als ein Urphänomen in dieser irdisch-kosmischen Kräftepolarität kann der Umschlag vom vegetativen zum generativen Wachstum erlebt werden. Irdische Kräfte fördern das vegetative Wachstum bis hin zur Baumbildung. Es überwiegen die Aufbauprozesse, das Ausfüllen mit irdischer Substanz. Dieses Wachstum wird begrenzt durch die Anlage der Blüte – in der Regel eine Lichtwirkung (z.B. als Folge zunehmender Tageslänge). Mit der Ausformung der Blüte wird die Gestalt abgeschlossen. Zunehmend setzen auch Abbauprozesse ein. Dies führt bei einjährigen Pflanzen bis hin zum Absterben der ganzen Pflanze.

Das Abschließen der Gestalt bedeutet aber gleichzeitig, dass sich die Pflanze im Blühen nach außen, zum lichterfüllten Umraum der Erde öffnet. Die Pflanzenwelt als Ganzes bildet eine lebendige Haut für den Erdorganismus, durch die sich die Erde einerseits zum Kosmos abgrenzt, andererseits im Blühen zum Kosmos wendet. Die Blüten können wie Sin-

nesorgane der Erde aufgefasst werden. Entsprechend spricht Rudolf Steiner vom Augen-Öffnen und Augen-Verschließen der Erde⁴. In vielfältiger Weise nimmt die Erde Beziehung zu ihrer kosmischen Umgebung auf, in jeder Blüte spricht sich dabei eine andere seelische Nuance aus.

Räumlich ist dies begleitet vom In-die-Blüte-Schießen. Die Wachstumsrichtung kehrt sich um, wenn sich das vegetative Wachstum mit der Blütenanlage abschließt. Die zur Erde gewendete Substanzbildung schlägt um in nach außen drängendes Wachstum, bis hin zur Auflösung in Farbe, Duft und Blütenstaub.

Wir finden also zwei polare Prinzipien im Wachstum der Pflanze: zur Erde gewendetes vegetatives Wachstum, das die Pflanzensubstanz, und damit auch Erdensubstanz bildet – und: zum Kosmos gewendetes Wachstum, das in der Blüte wie ein Sinnesorgan Beziehung zum Kosmos herstellt. - So wie die Sinnestätigkeit beim Menschen den Leib abbaut und ermüdet, begrenzt das Blühen den Aufbau des Erdenleibes und verbraucht mehr oder weniger die im vegetativen Wachstum vorher gebildete Substanz.

Im Hinblick auf diese räumliche Ordnung –

die Pflanze, die hineingestellt ist zwischen Erde und Kosmos – wollen wir von irdischem und kosmischem Wachstum sprechen. Das irdisch-vegetative Wachstum wird unterhalten durch aufbauende, Leben spendende Kräfte. Das zum Kosmos gewendete Wachstum und die Blütenbildung muss als seelische Wirkung verstanden werden, die die Lebenskräfte zurückdrängt und gleichzeitig Organe hervorbringt, die das Pflanzenwachstum für den Kosmos aufschließen.

Diese räumliche Umkehr ist im Schossen von Gras und Getreide besonders stark ausgeprägt⁵: die Wachstumspunkte an den Knoten schieben den darüber liegenden Halmabschnitt nach oben. Neue Zellen werden nicht zur Erde (vegetatives Wachstum) sondern zum Kosmos hin abgesondert (generatives Wachstum im Schossen des Halmes).

Gegenseitige Durchdringung irdischer und kosmischer Kräfte

Wir hatten Gräser und Getreide als Pflanzen charakterisiert, in denen die blütenhaft-kosmische Qualität stark zum Ausdruck kommt wie bei allen einkeimblättrigen Pflanzen. So wird auch hier wie bei einem Liliengewächs der Sprossvegetationspunkt unter die Erdoberfläche gedrängt (Abb.25). Andererseits sind

⁴ R. Steiner (Vortrag 3. Jan. 1921), Das Verhältnis der verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebiete zur Astronomie, Dornach 1983 (GA 323)

⁵ B. Heyden: Schossendes Getreide, Mitteilungen Keyserlingk-Institut, Heft Nr. 16, Salem 2001



Abb.25: Weizenpflanze mit Bestockungstrieben.

Der Vegetationspunkt liegt unter der Erde - typisch für viele lilienerwandte (einkeimblättrige) Pflanzen. Der Pfeil weist auf den sogenannten Bestockungsknoten, aus dem alle Blätter und Seitentriebe entspringen. - Eigentlich sind es viele dicht zusammengedrängte Knoten, solange die Sprossachse vor dem Schossen noch stark gestaucht bleibt.

die vegetativen Kräfte so stark, dass sehr früh eine Sprossverzweigung einsetzt: Es werden in den Blattachseln Seitentriebe gebildet, Bestockungstriebe, die sich selbständig bewurzeln und entsprechend kräftig entwickeln können. Auch im Blüentrieb kommt das Vegetative stark zur Geltung. Während bei Lilien – und noch stärker bei Orchideen – das Seelische in die Blütegestalt hineinwirkt, ist bei den Gräsern das Eigenseelische der Blüte zurückgenommen. Der farbige Innenraum ist

aufgelöst. Mit den Spelzen geht das grüne Blatt bis hinauf in den Blütenbereich. Die Lebenskraft wird hier vom Seelischen der Blütensphäre nur wenig zurückgedrängt.

So geht das Wachstum stark hinein in den schossenden Halm, aber nicht im Sinne der Erdbildung (wie im vegetativen Wachstum), sondern durch den Richtungswechsel bewirkt es im Schossen selber das Hinwenden zum Kosmos. Das lebendige Wachstum wird selber blütenhaft.

Wir finden also in allen Phasen des Wachstums ein starkes Ineinanderverwirken von vegetativen und blütenhaften Gestaltungsimpulsen. Kosmische Kräfte wirken hinunter bis in den vegetativen Bereich; irdische Kräfte wirken hinauf in den Blütenbereich. Dies gilt allgemein für Gräser und Getreidearten⁵.

Irdische und kosmische Qualitäten im Blatt

Blicken wir nun wieder auf die Blattgestalt, so finden wir auch hier diese zwei Richtungen (Abb.26): Bei den zweikeimblättrigen Pflanzen dehnt

sich die Blattfläche des Oberblattes aus, indem durch ein überwiegend randständiges Meristem Zellteilung und Stoffbildung nach innen, zur Sprossachse hin, stattfindet. Dies ist die Wirkung irdischer Kräfte. Die Gegenrichtung - vom Spross nach außen - ist in reinsten Form bei den Einkeimblättrigen verwirklicht, denn diese öffnen sich besonders stark für die Wirkung kosmischer Kräfte. Hier werden von dem Meristem an der Blattbasis jeweils neue Zellen gebildet, die aber unmittelbar von Formkräften aus dem Umraum ergriffen werden, so dass die parallelnervige Struktur entsteht. Die Gräser und Getreidepflanzen sind hierfür ein gutes Beispiel. Wir finden diese Offenheit zum Kosmos (und entsprechend die Parallelnervigkeit) sonst auch bei den Blütenblättern, bei Hochblättern unter der Blüte, aber auch bei Niederblättern und Knospenschuppen – was deren Blütenqualität offenbart.

Genauer betrachtet, müssen wir allerdings bei Gras und Getreide auch beim Blatt von einer Durchdringung irdischer und kosmischer Kräfte sprechen. Die lang anhaltende Aktivität des basalen Blattmeristems ist Ausdruck der irdischen Kräfte. Der unmittelbar einsetzende Gestaltabschluss ist Ausdruck kosmischer Kräfte. Nur durch Streckungswachstum, aber ohne weitere Zellteilung entsteht die Endgestalt. Die lineare, parallelnervige Form ist die Folge.

Schwer zu verstehen ist die deutliche Zweiteilung des Weizenblattes in Scheide und Spreite. Nach dem bisher Gesagten hat das gesamte Blatt den kosmischen Cha-

rakter mit parallelnerviger Struktur. Im Vergleich von Spreite und Scheide haben wir bei der Spreite qualitativ noch einen Rest von Oberblattcharakter der Zweikeimblättrigen, indem diese nicht (wie bei einer Schwertlie) einfach nach oben heraus gescho-

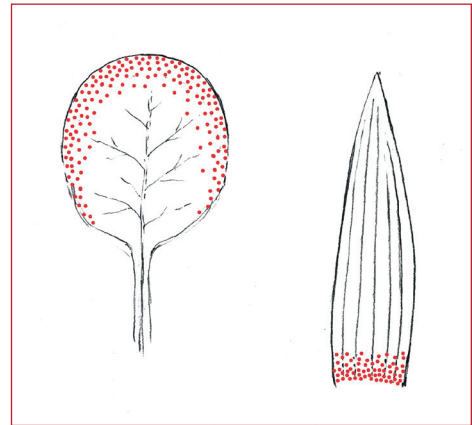


Abb.26:

Polare Gestaltungsprinzipien im Blattwachstum (schematisch)

Die Bildgewebe sind rot punktiert.

Randständiges, flächig ausgebreitetes Wachstum führt zu einem netznervigen Blatt (z.B. die ersten rundlichen Blätter vieler einjähriger Pflanzen). - Wachstum an der Basis führt zu einem parallelnervigen Blatt (typisch für die Einkeimblättrigen Pflanzen).

ben wird, sondern sich wie das Blatt der Zweikeimblättrigen mehr oder weniger in die Waagerechte hinein stellt und sich mit der Fläche dem Licht zuwendet. Die einhüllende Geste der Blattscheide ist mehr ein Ausdruck der kosmischen Kräfte.

Vergleichen wir dies mit Spelze und Granne, so ist auch hier die Zweiteiligkeit vorhanden. Auch die Granne öffnet sich in den Lichtraum wie die Spreite, aber die Formkräfte sind hier noch stärker. Die Flächenbildung wird noch mehr zurückgenommen und es überwiegt das lineare Herausschieben der Granne. Insofern ist die Granne noch stärker kosmisch geprägt als die Spreite. Schauen wir aber auf ihre Bildung ausgehend vom Randmeristem der Spelze, so finden wir hier eine Wachstumsbeziehungsweise Zellteilungsaktivität, die jene des Spelzblattes um ein Vielfaches übersteigt. Die gegenseitige Durchdringung irdischer und kosmischer Kräfte wird hier oben in der Grannenbildung also noch weiter gesteigert: durch weit hinauf stoßende irdisch-vegetative Kräfte bekommt das basale Grannenmeristem am Spelzenrand eine besonders große Schubkraft. Unmittelbar wie von außen dagegen wirken aber die starken Formkräfte, die die flächige Ausdehnung der Gestalt verhindern.

Die lineare Charakter der Granne setzt das Motiv fort, das insgesamt im Schossen des schlanken, elastischen Halmes zu entdecken ist: blütenhaftes, zum Kosmos gewendetes Wachstum.

Sinnesqualitäten der Granne

Oben wurde in Bezug auf das Blühen (entsprechend den Darstellungen Rudolf Steiners) vom ‚Augen-Öffnen‘ gesprochen. Es sind die Augen des Erdorganismus, die sich im Blühen zum Kosmos öffnen. Jede Pflanze bildet in diesem Sinne die Sinnesorgane der Erde.

Dieses Motiv finden wir nun als Konzentrat im Charakter des Grannenwachstums wieder. Das Grannenwachstum ist ein Augen-Öffnen besonderer Art. Intensives Wachstum öffnet sich unmittelbar dem Einfluss kosmischer Kräfte. Wo sonst das Blühen im farbigen Blüteninnenraum noch seelisch tingiert ist, ist hier das Blühen reiner Lebensprozess. Quellendes Wachstum wird unmittelbar von der Formkraft de Kosmos ergriffen; es gerinnt in die lineare Gestalt der Granne. Die Grannenbildung ist damit sichtbar gewordene Verbindung von Erde und Kosmos, beziehungsweise sichtbar gewordene Gestalt der Kräfte von Erde und Kosmos, die hier unvermittelt ineinandergreifen.

Die Formkraft, die wir als Linse und Glaskörper beim menschlichen Auge finden, entspricht der Bildung scharfer Kieselzellen an den Grannen - hier aber ganz nach außen gewendet.

Der Kiesel beteiligt sich als Stoff selber an diesem 'Augen-Aufschliessen' der Erde. Der Kiesel, der als Gestein den Hauptteil der Erdkruste bildet, wird vom Weizen und von allen Getreide- und Gräserarten bis in die Blütenregion hinauf getragen und besonders stark in den Kieselzellen der Grannen wieder abgelagert. Auch in diesem Sinne öffnet sich die Erde dem Licht.

Grannenbildung ist, so gesehen, auch Bild für den Kieselprozess, der mit Rudolf Steiners Worten so charakterisiert werden kann:⁶

"Das Kieselige schließt auf das Pflanzenwesen in die Weltenweiten hinaus und erweckt die Sinne des Pflanzenwesens so, dass aufgenommen wird aus allem Umkreise des Weltenalls dasjenige, was diese erdenfernen Planeten ausgestalten ..."

Aus dieser Betrachtung ergibt sich: der Bewuchs mit Gräsern und Getreide ist nicht unbedeutend für die Erde in ihrer Beziehung zum Kosmos. Und die Grannen haben wesentlichen Anteil an dieser Verbindung.

Bedeutung der Grannen für die Getreideernährung?

In Bezug auf den Menschen und die menschliche Ernährung ergeben sich Fragen, die den Rahmen dieses Beitrags sprengen würden. Denn es ist nicht leicht, von den Kräften im Pflanzenwachstum die Brücke zum menschl-



Abb.27: Grannenweizen

⁶ R. Steiner (Vortrag 7.Juni 1924): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft, Dornach 1963 (GA 327)

chen Organismus zu schlagen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, wie Rudolf Steiner über die Bedeutung der Kieselsäure im menschlichen Organismus spricht. In dem Buch "Grundlegendes zu einer Erweiterung der Heilkunst", XIV. Kapitel, wird dargestellt, dass die Kieselsäure gebraucht wird, um im menschlichen Leib den Raum zu gestalten, in dem sich das Ich-Bewusstsein entfalten kann. Nach außen hin grenzt sich dieser Raum durch die Sinnesorgane ab. Für deren Funktion ist notwendig, dass sich das Leben hier zurückzieht.

So finden wir in dieser Beschreibung den Kieselsäureprozess als Grundlage für die Sinnestätigkeit beim Menschen. Das gleiche Motiv konnten wir für den Erdorganismus in der Grannenbildung finden, dort wo die Erde an den Kosmos grenzt. An dieser Grenze verdichtet sich der Kiesel zu sichtbaren Kristallen.

Zusammenfassung: die Granne entsteht zwar aus einer Blattanlage, sie ist aber nicht ohne weiteres aus dem Bildeprinzip der Stängelblätter abzuleiten. Sie grenzt sich mit einem starken Bildegewebe räumlich und zeitlich als eigenständige Bildung von dem darunterliegenden Spelzblatt ab. Eine Homologisierung mit der Blattspreite kann deshalb infrage

gestellt werden. Qualitativ hat die Granne mehr Stängel- als Blattcharakter. Die Halmbildung - das Schossen - findet qualitativ in der Grannenbildung seine Fortsetzung. Jeweils ist das Wachstum zum Kosmos gewendet.

Als Typusmerkmal der Süßgräser (Poaceae) - zu denen auch die Getreidearten gehören - kann das Prinzip der Durchdringung irdischer und kosmischer Kräfte angesehen werden. In der Grannenbildung tritt dieses Prinzip besonders deutlich hervor: Vegetative Wachstumsimpulse drängen bis in den Blütenbereich hinauf und ermöglichen das eigenständige Grannenmeristem an den Spelzrändern. Die Form der Granne ergibt sich aus den starken, die Gestalt abschließenden Differenzierungsprozessen.

Wenn das Pflanzenwachstum als Teil des Erdorganismus angesehen wird, wird mit dem Blühen die Grenze zum Kosmos gebildet, die verglichen werden kann mit der Sinnestätigkeit beim Menschen. Auch in der Grannenbildung ist Blütenqualität erlebbar, aber in einer reinen Form, in der sich das Leben der Erde unmittelbar zum Kosmos öffnet.

Bertold Heyden



Abb.28: Grannenweizen im Abendlicht