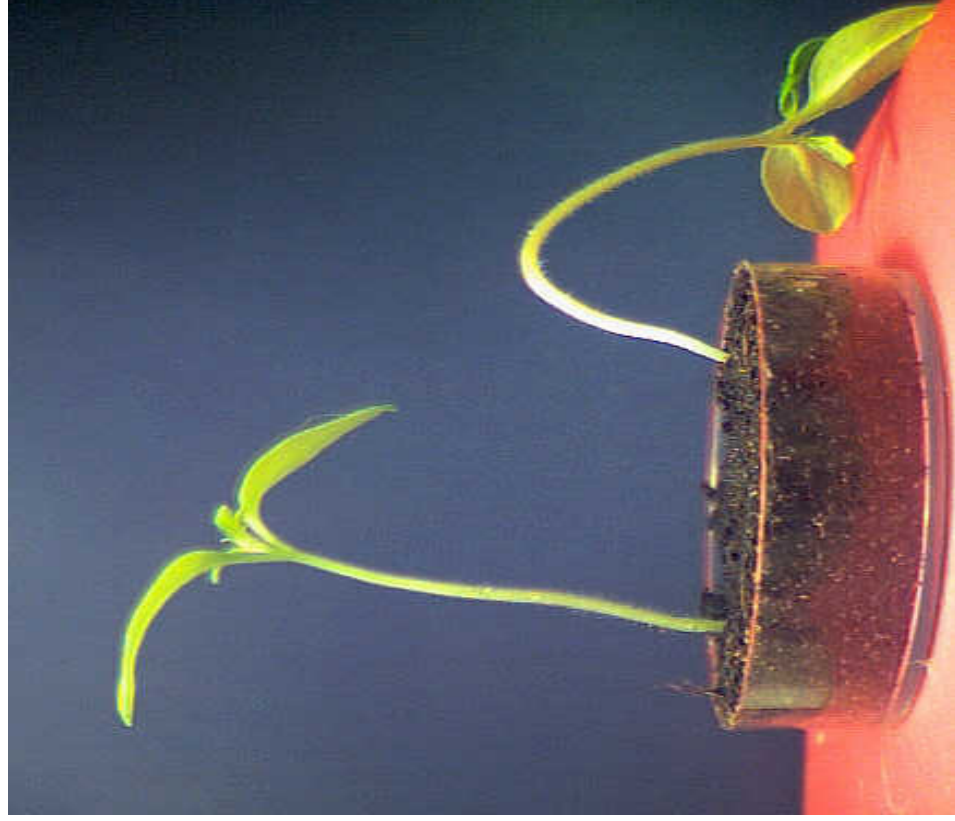
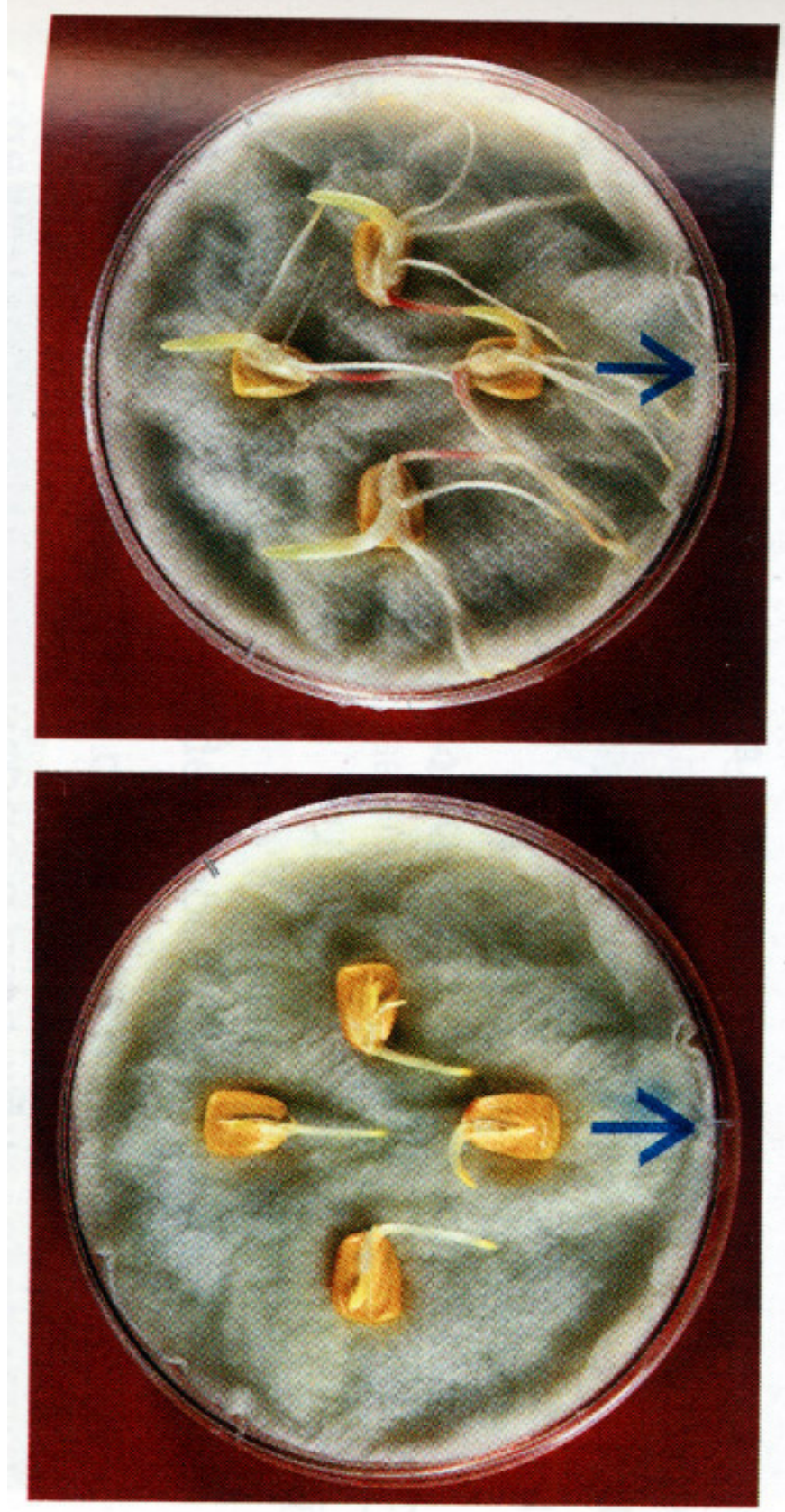


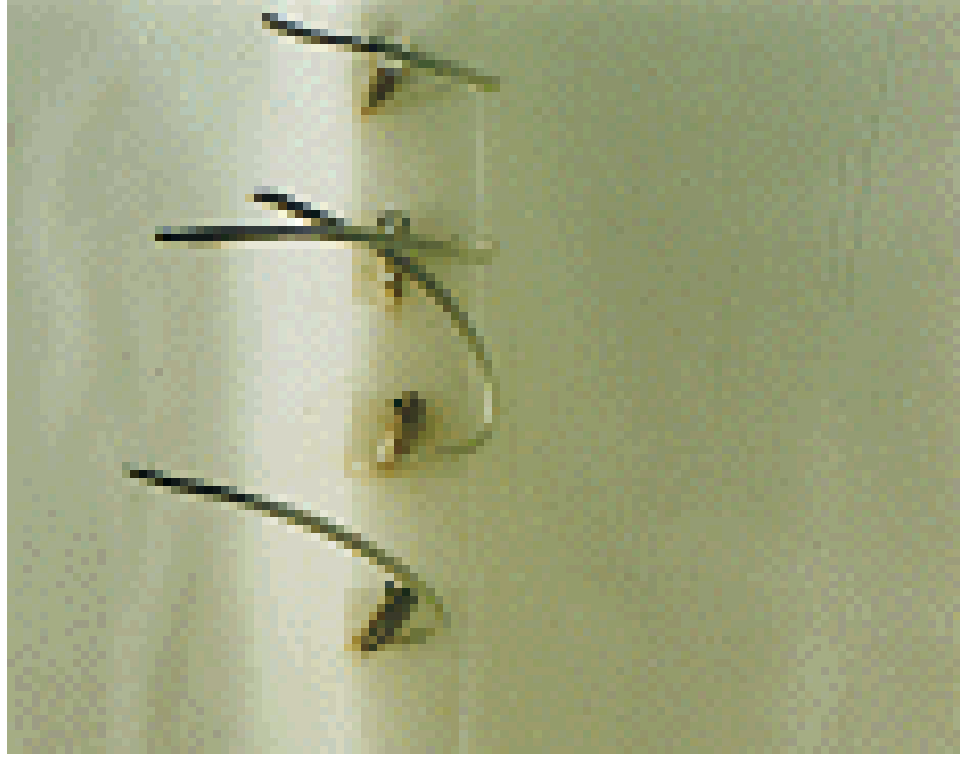
Gravitropismus



Gravitropismus

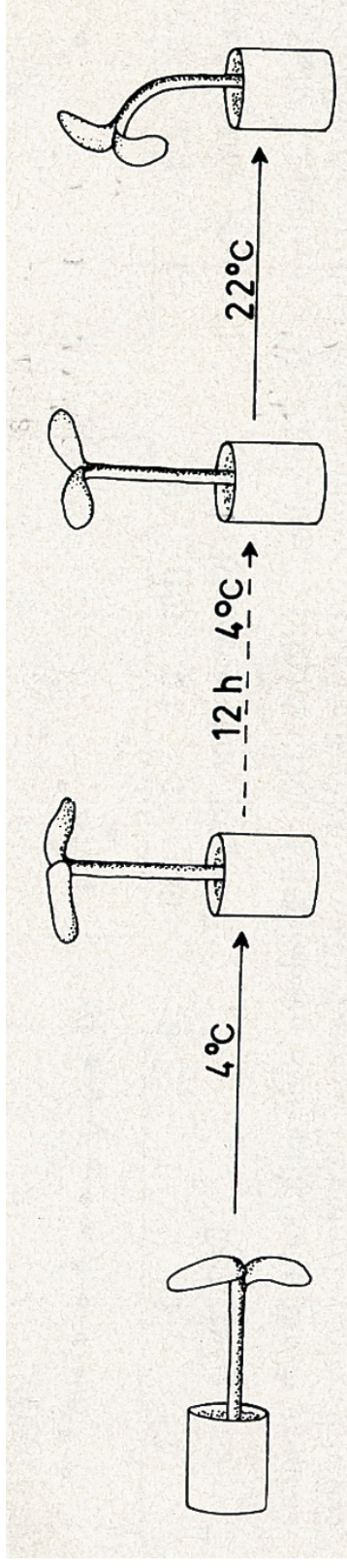


Gravitropismus



- Roggensamen wurden im Dunkeln zur Keimung gebracht.
- Nach Austreten der Radicula wurden sie umgedreht
- Rechts: die Koleoptile wächst negativ geotrop.

Gravitropische Experimente mit Sonnenblumenkeimlingen

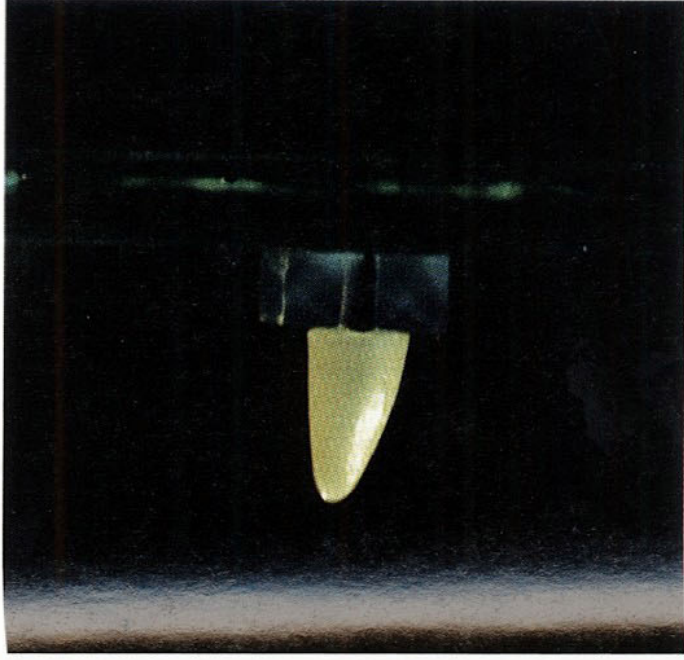


- Die Perzeption des Signals erfolgt auch bei niedrigen Temperaturen
- Das Signal kann gespeichert werden
- Die Zellstreckung erfolgt erst bei höheren Temperaturen.

Auxin-Verteilung nach gravitropen Reiz



(A)



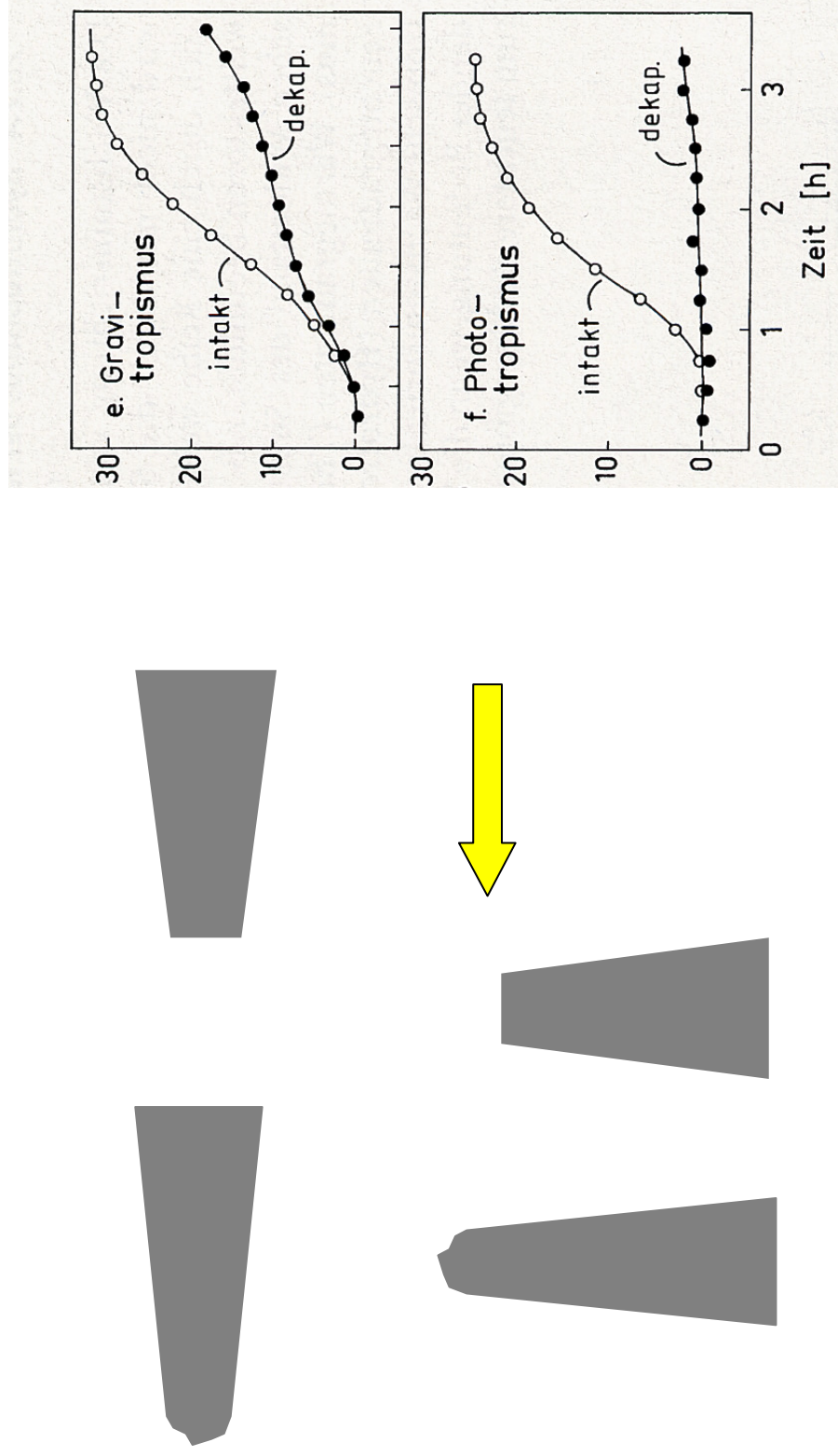
(B)

Lower half

Upper half

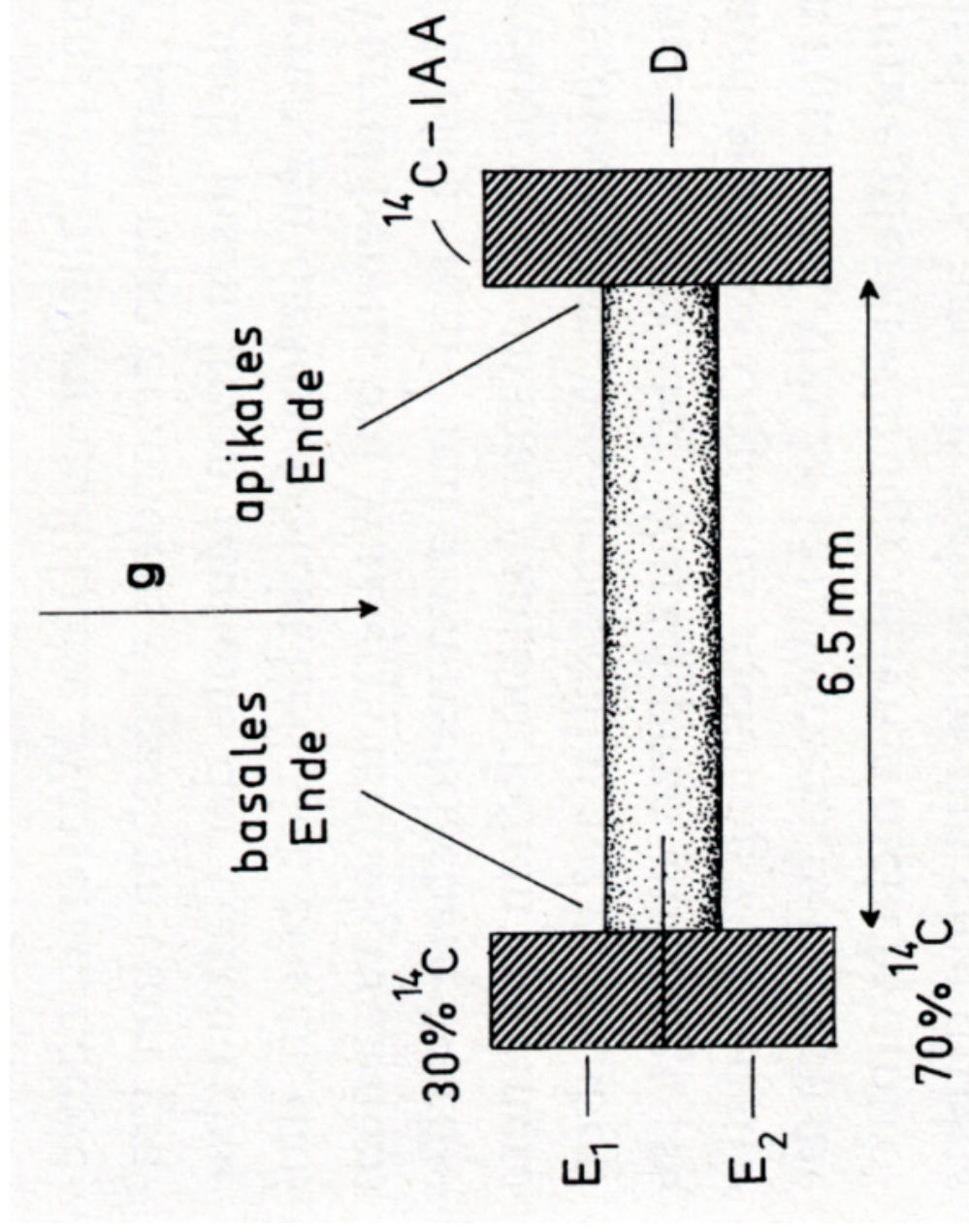


Experimentelle Verifizierung der Cholodny-Went-Hypothese



Die Wahrnehmung der Erdanziehungskraft ist nicht auf die Spitze beschränkt.

Asymmetrische Auxin-Verteilung bei gravitropischem Reiz



Cholodny-Went-Hypothese



- 1928

Das gravi- und phototropische Krümmungswachstum wird mit einer Lateralverschiebung von Auxin erklärt.

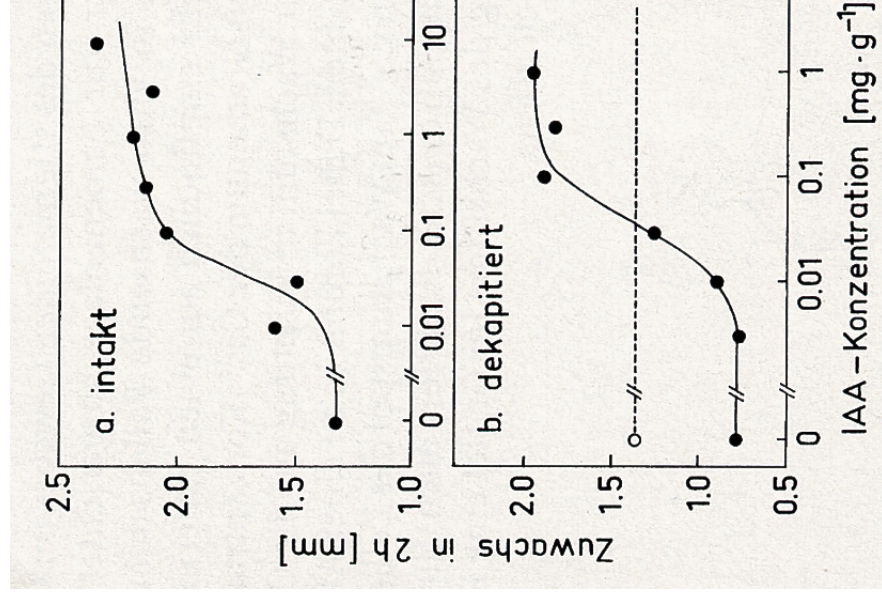
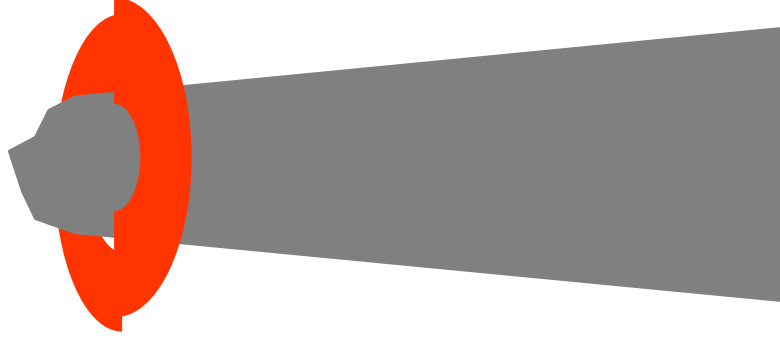
Experimenteller Beweis:

Annahme: Wenn die gravi- oder phototropische Krümmung durch einen lateralen Auxingradienten verursacht wird, dann muss sie durch Zufuhr allseitig wachstumssättigender Auxinkonzentrationen oder Entfernung der Koleoptilspitze gehemmt werden.

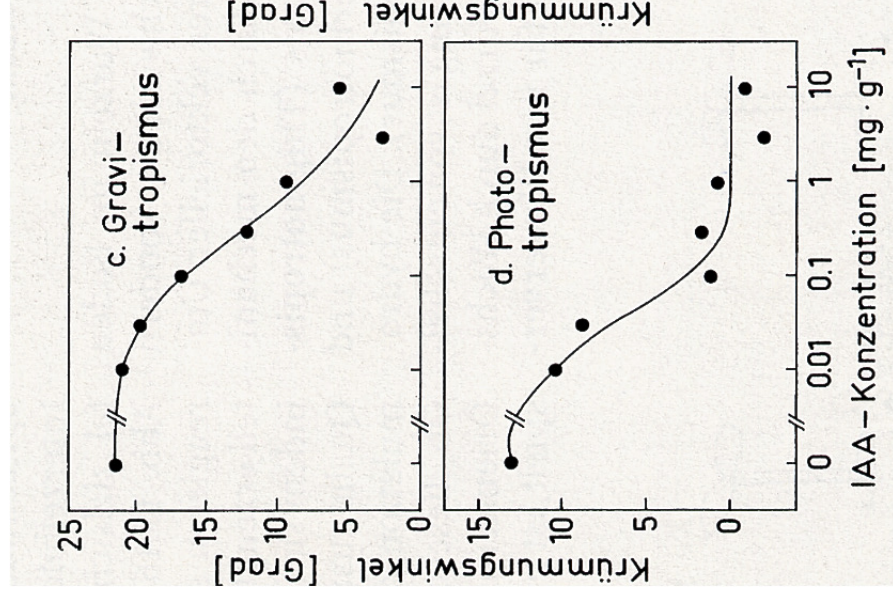
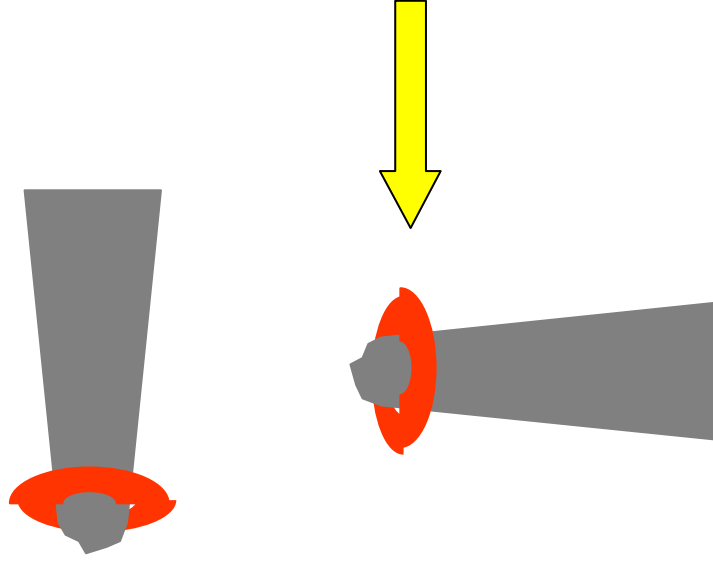
Experimentelle Verifizierung der Cholodny-Went-Hypothese



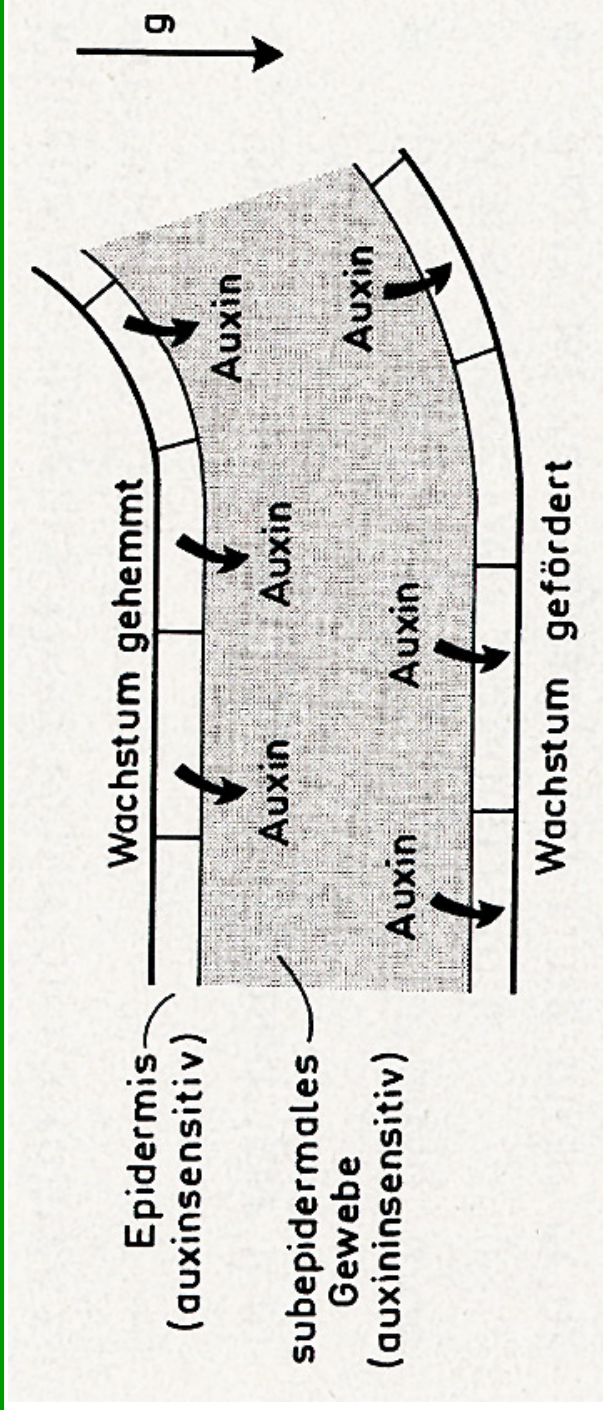
Lanolinring mit
unterschiedlichen
Auxin-Mengen



Experimentelle Verifizierung der Cholodny-Went-Hypothese

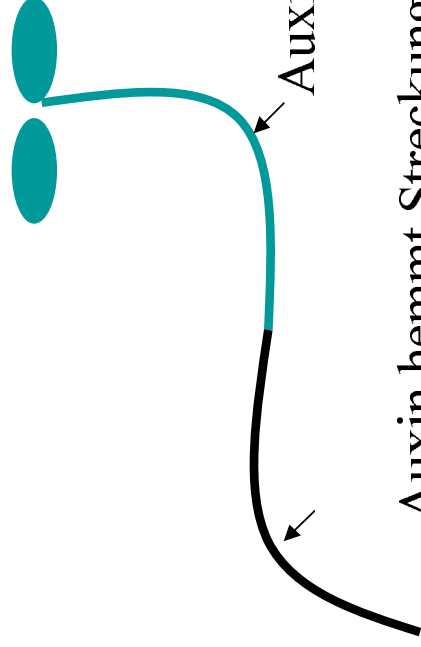
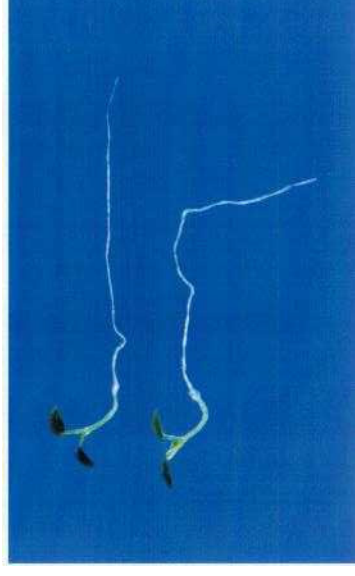
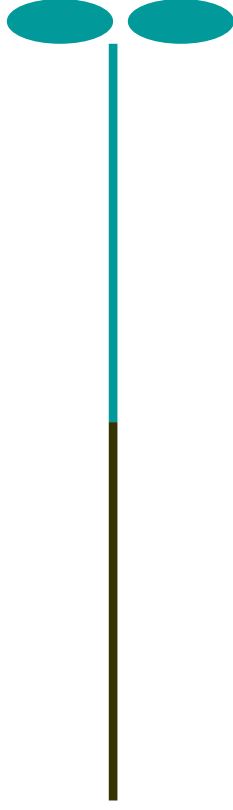


Verfeinerte Cholodny – Went-Hypothese



- Unter dem Einfluss der Schwerkraft kommt es zum lokalen Export von Auxin aus den Epidermiszellen der Oberseite und zu einem lokalen Import an der Unterseite
- Wahrnehmung des Reizes durch Amyloplasten, die in bestimmten Zellen des Stengels (in Verlängerung der Endodermis der Wurzel) lokalisiert sind

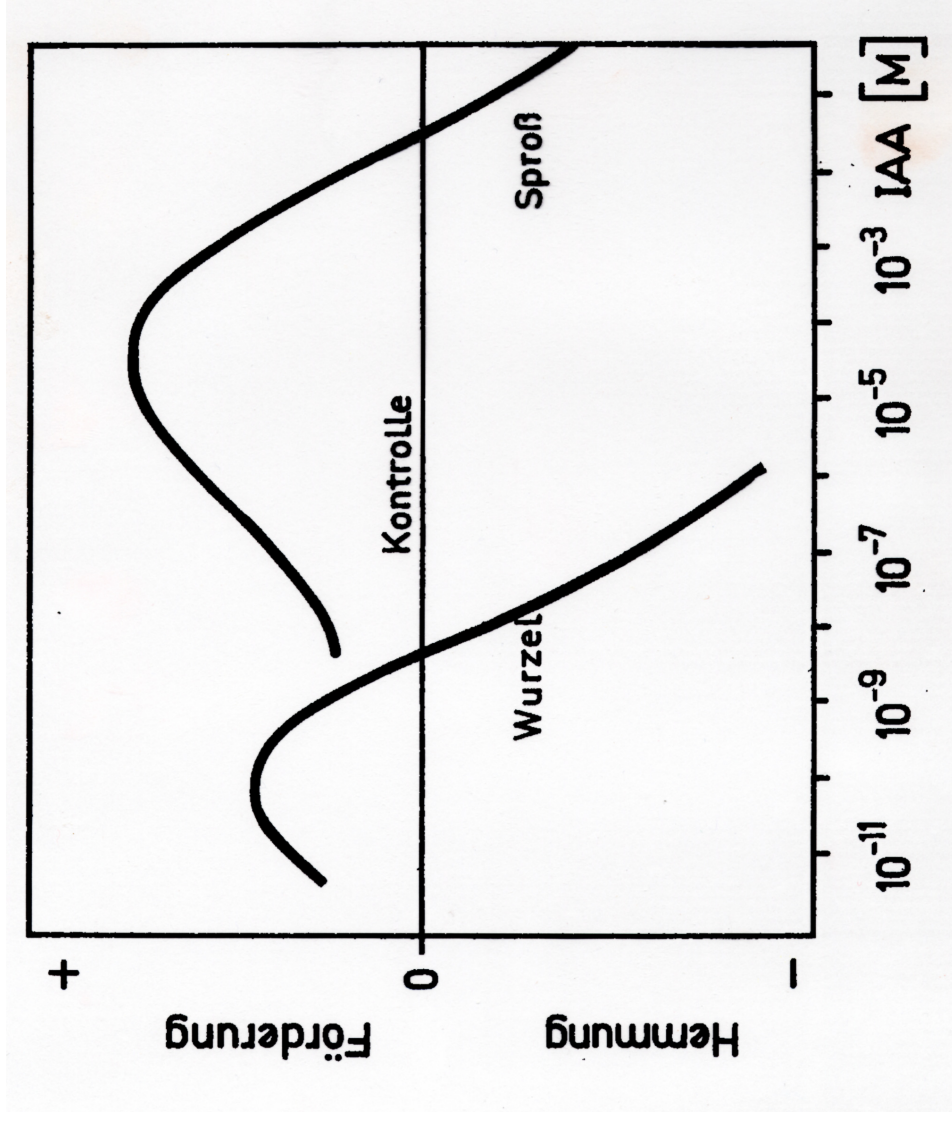
Wie wir die Schwerkraft wahrnehmen?



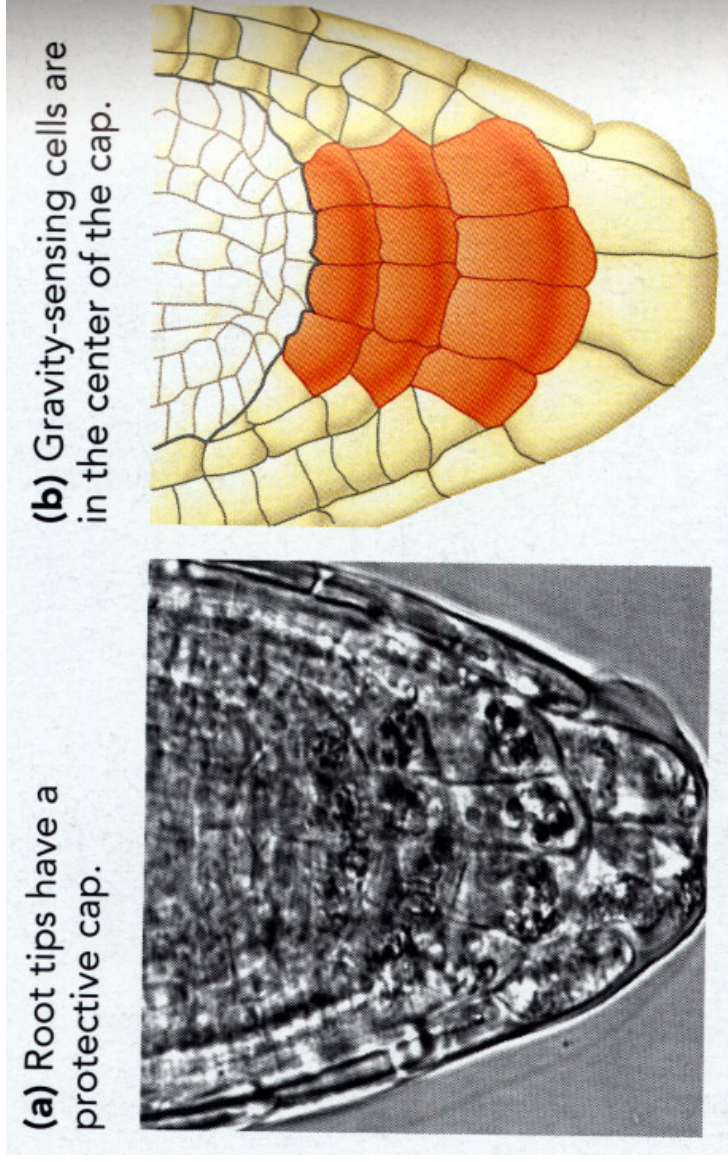
positiv geotrop

negativ geotrop

Sensitivität der Wurzel gegenüber Auxin



Zellen der Wurzelhaube nehmen die Schwerkraft wahr

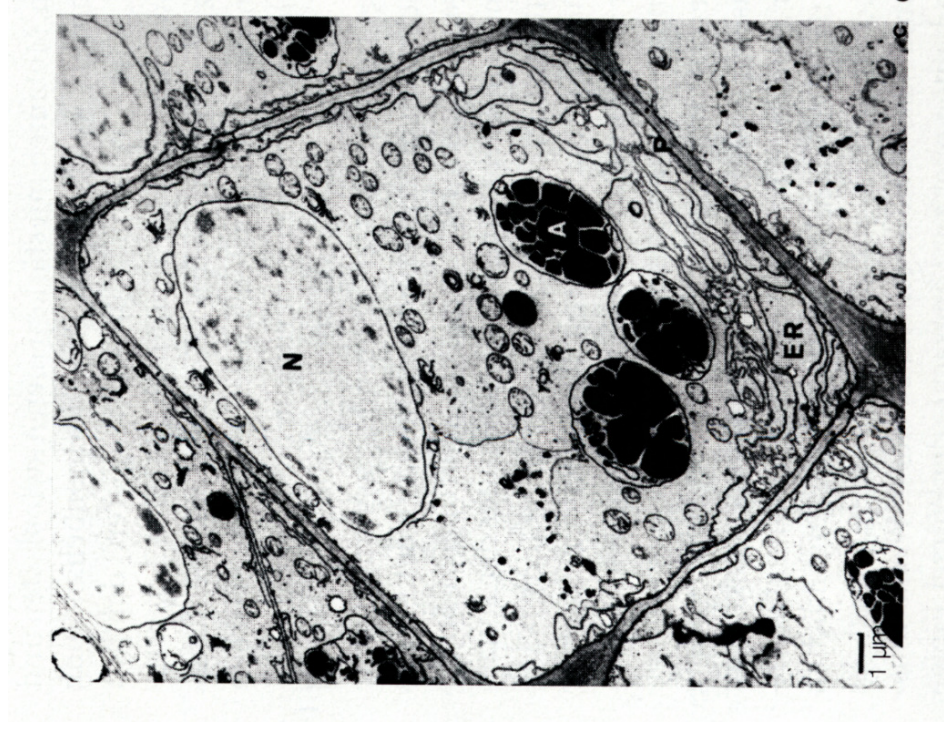


- Wurzeln wachsen positiv geotrop
- Bei Entfernung der Wurzelhaube geht diese Orientierung verloren

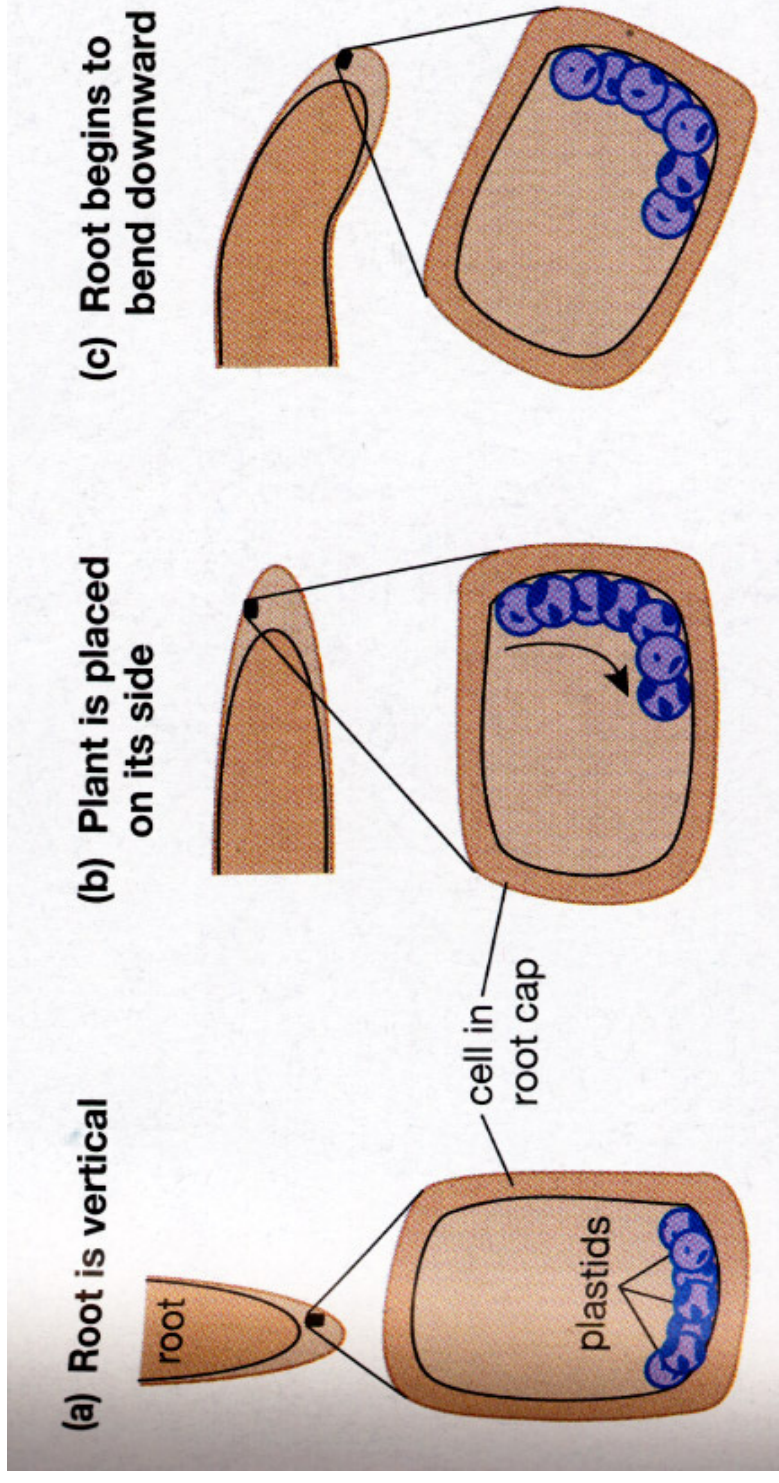
Wie wird die Schwerkraft wahrgenommen?



- Wurzeln wachsen positiv geotrop
- Bei Entfernung der Wurzelhaube geht diese Orientierung verloren
- b) spezielle Zellen, die Statocyten enthalten Amyloplasten als Statolithen
- c) unter den Statolithen ist das ER angeordnet, der Zellkern befindet sich darüber



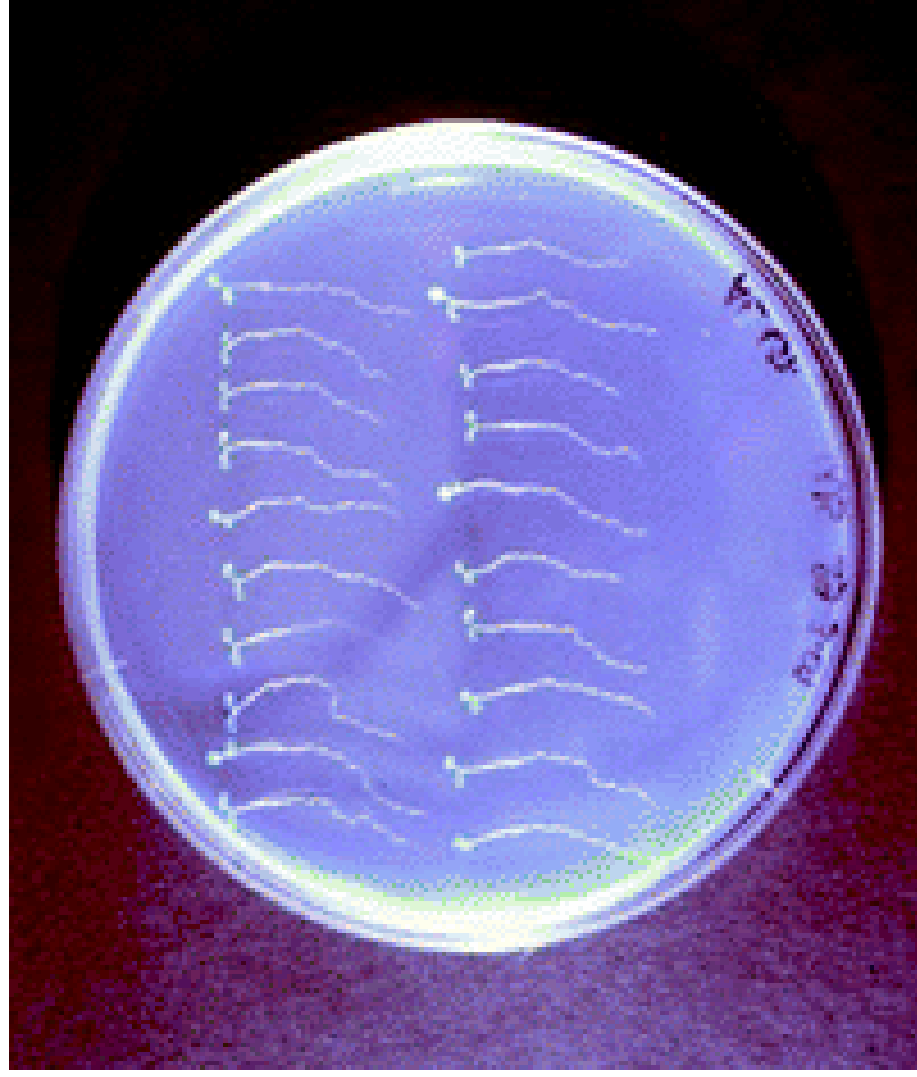
Statolithen-Hypothese



Der Druck der Statolithen auf das ER, Actinfilamente oder Druckrezeptoren verändert sich.

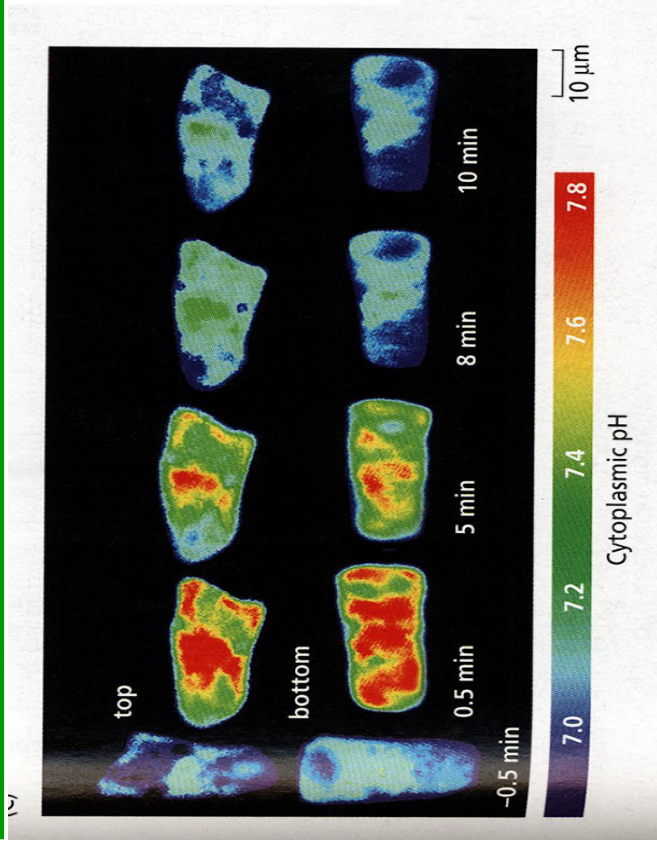
Eine lokale freisetzung von Ca-Ionen wird beobachtet.

Wurzeln korrigieren ihre Wachstumsrichtung



Wachstum in Schlangenlinien

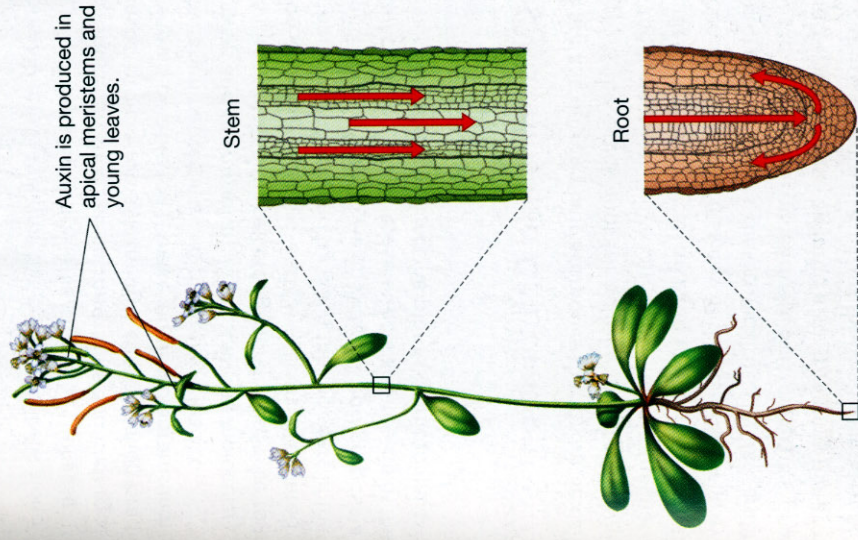
Schnelle Veränderungen des pH Wertes



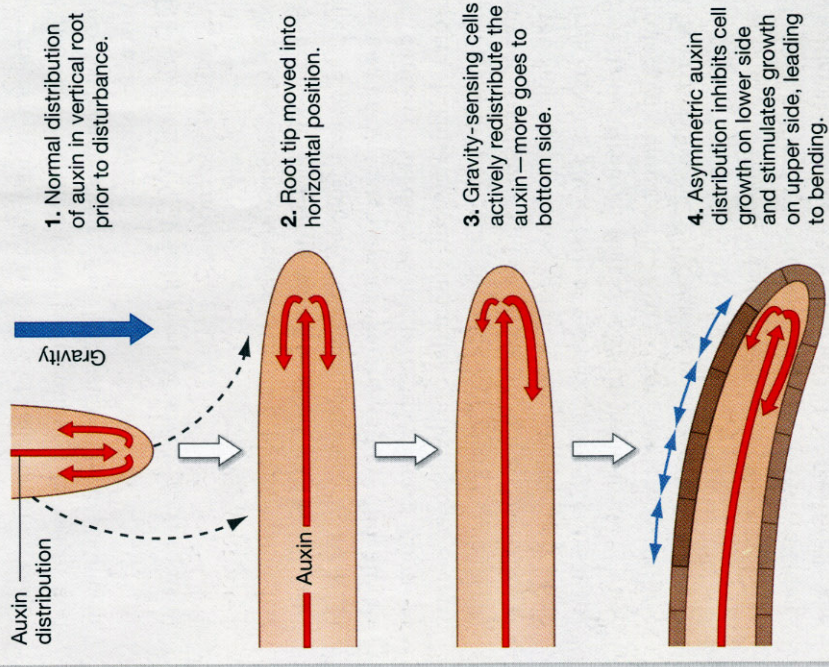
- Protonenexport vom Cytosol in den Apoplasten durch aktivierte ATPase
- Besserer Auxin-Import



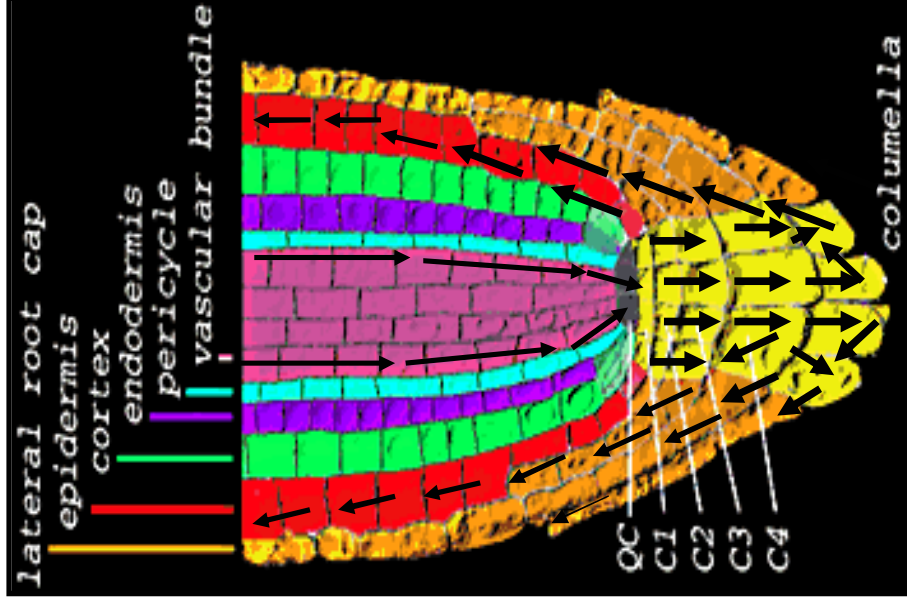
(a) Polar transport of auxin



(b) AUXIN REDISTRIBUTION AND GRAVITROPISM

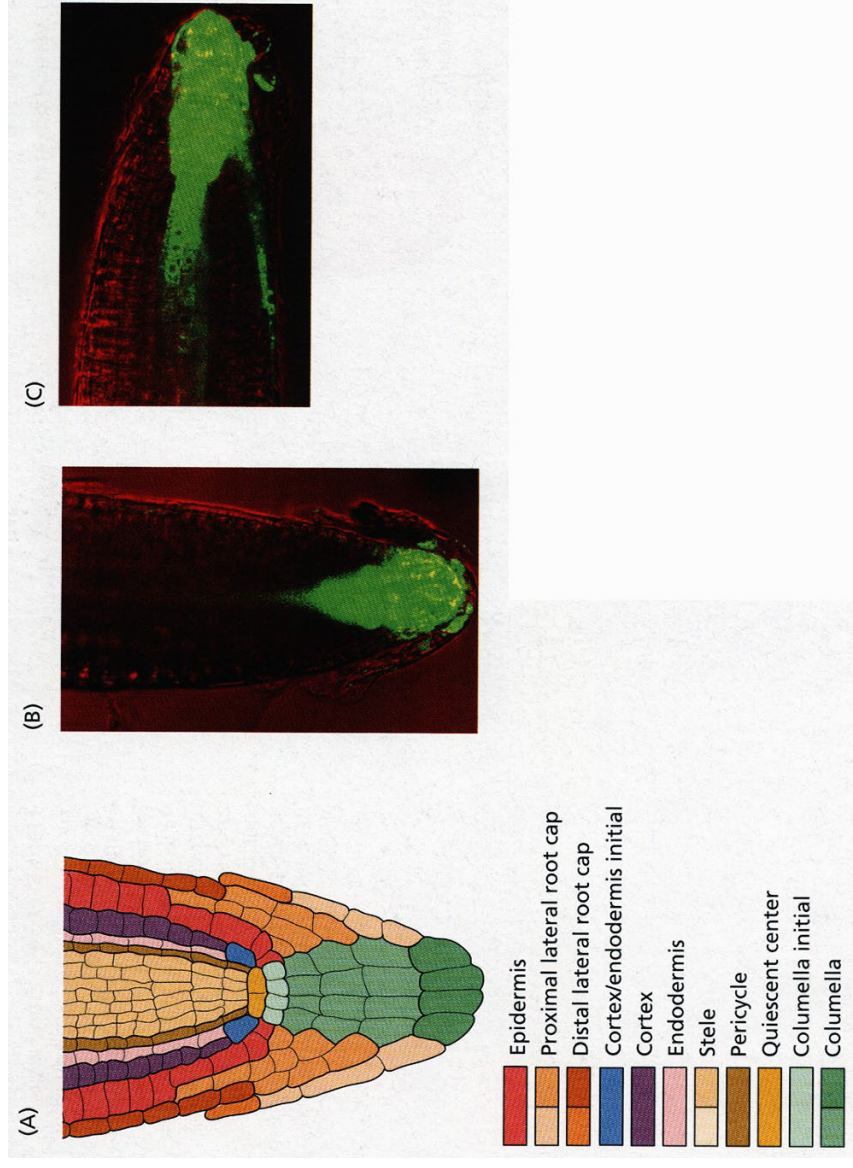


Auxin Transport in der Wurzel



- Auxin wird im Apex synthetisiert und durch polaren Transport in den Auxin-insensitiven Parenchymzellen des Zentralzylinders transportiert.
- In der Wurzelhaube wird das Auxin je nach Schwerkraftreiz umgeleitet.
- Auf der unteren Seite findet ein höherer Transport statt.

Lateral Auxin-Transport



Möglicher Mechanismus des Gravitropismus in Wurzeln

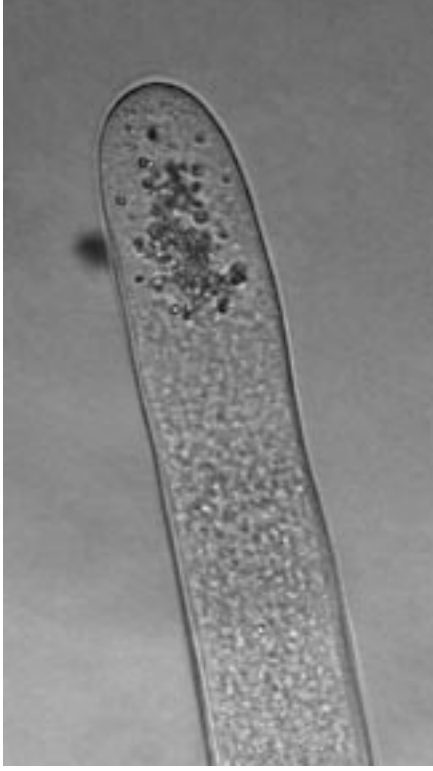


- Amyloplasten werden nach einem neu auftretenden gravitropischen Reiz auf den Boden der Zellen der Wurzelhaube sedimentiert.
- Die Amyloplasten wirken auf entweder ER, Cytoskelett oder Druckrezeptoren, wodurch der Vesikeltransport zu dieser Seite dirigiert wird.
- In den Vesikeln wird das PIN Protein (Auxin Exportprotein) transportiert
- Dadurch kommt es zur Akkumulation des PIN Proteins auf der Unterseite, vermehrter Auxin-Transport, Inhibition des Wachstums

Gravitropismus bei Chara



- Rhizoide von Chara sind einzelne Zellen, die die gleiche Funktion wie Wurzeln haben (Verankerung, Nährstoffaufnahme)
- Eine einzelne Zelle kann Signal wahrnehmen und auch reagieren
- Statolithen sind Bariumsulfatkristalle



Plagiogravitropismus



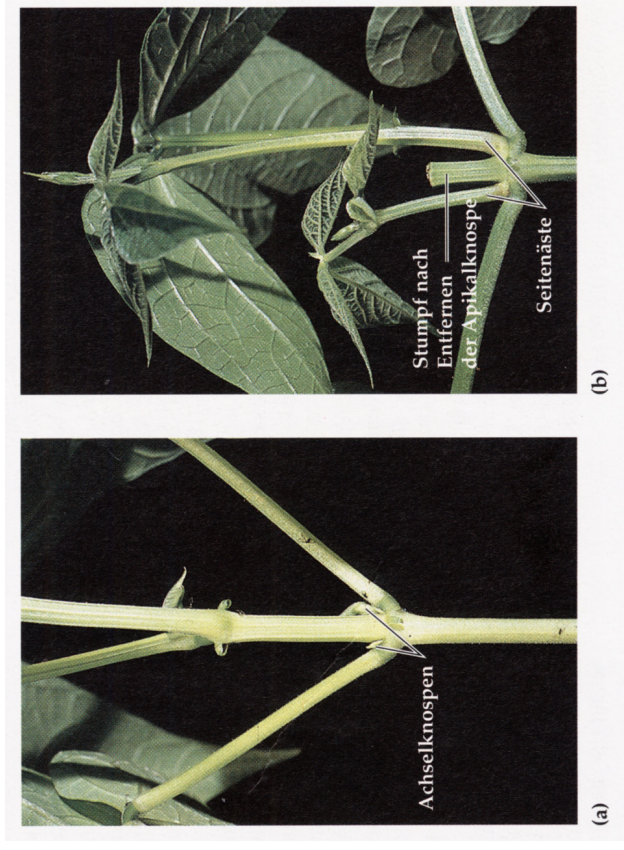
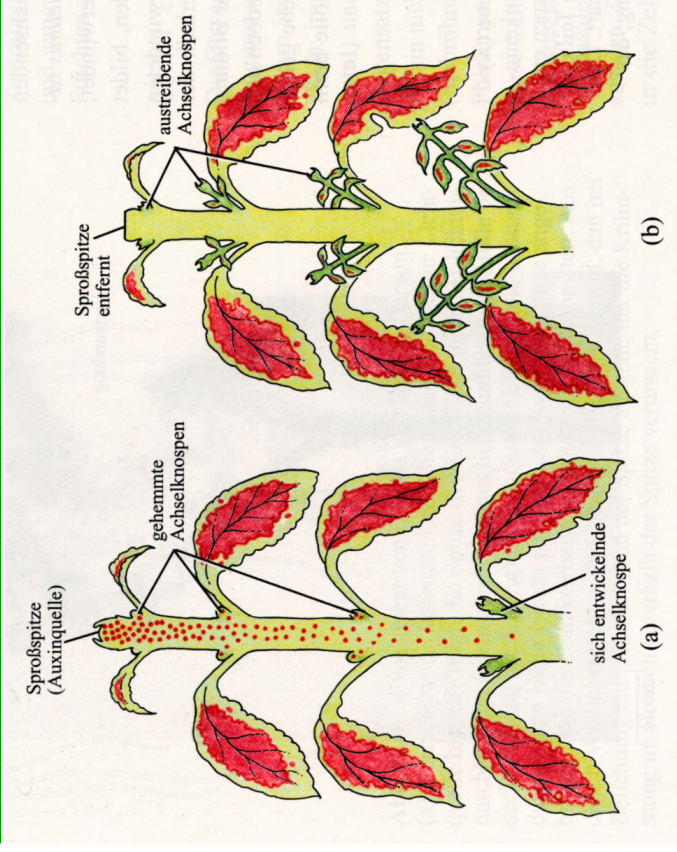
- Das Wachstum erfolgt im rechten Winkel.

Zellstreckung



- Auxin
 - Auxin induzierte Dehnbarkeit der Zellwand erlaubt Streckung
 - Wachstum der Koleoptile
 - Zellstreckung beim gerichteten Wachstumsbewegungen (Tropismen)
- Gibberellinsäure
 - GA-induzierte Dehnbarkeit der Zellwand während der Keimung erlaubt Wasseraufnahme und Sprengen der Samenschale
 - Zellstreckung der Internodien
 - Gregor Mendels kleinwüchsigen Erbsenmutanten hatten einen Defekt in der Gibberellinsäuresynthese, das Biosynthesegen steht allerdings unter der Kontrolle von Auxin
 - Kleinwüchsige Weizensorten haben einen Defekt in der Gibberellinsäure-induzierten Signaltransduktion (Grüne Revolution)

Apikaldominanz



Gabe von Cytokininen in die Achselmeristeme bewirkt das

Austreiben der Seitensprosse

Gabe von Auxin auf den dekapitierten Spross inhibiert das

Austreiben von Seitensprossen

Apikaldominanz



Wurzelbildung



Fruchtfleischentwicklung



(a)

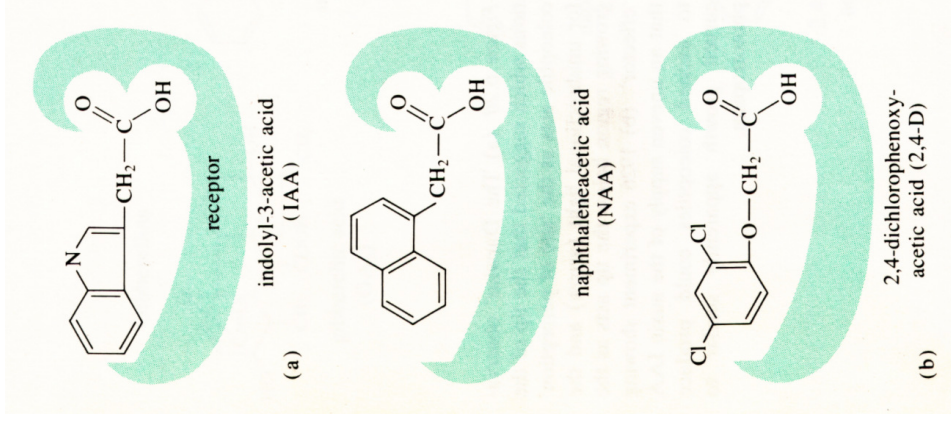


(b)



(c)

Synthetische Auxine als Herbizide



- Agent Orange:
 - Mischung der n-Butyl-ester von 2,4-D und 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure und einem weiteren synthetischen Auxin
- In Vietnam als Entlaubungsmittel eingesetzt

Wirkungen von Auxin



- Etablierung der Apikal-Basalen Achse im Embryo
- Zellstreckung
- Wurzelbildung
- Entwicklung des Fruchtfleisches
- Förderung der Apikaldominanz
- Stimulation des sekundären Dickenwachstums von Bäumen
- Regulation der Sensitivität der Abscissionszone gegenüber Ethylen (Entlaubung)
- Differenzierung des Leitgewebes:
 - Auxin + 1.5-2,5% Saccharose: Xylem
 - Auxin + 4% Saccharose: Phloem

