

v. d. l.

**J. W. MOLL.**

DE INVLOED

VAN

**CELDEELING EN CELSTREKKING OP DEN GROEI.**

Stoom-Snelpersdruk van de firma L. E. BOSCH & ZON, te Utrecht.

DE INVLOED

VAN

CELDEELING EN CELSTREKKING OP DEN GROEI.



DE INVLOED  
VAN  
CELDEELING EN CELSTREKKING OP DEN GROEI.

UNIVERSITY  
LIBRARY  
ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

Doctor in de Wis- en Natuurkunde,

AAN DE HOOGESCHOOL TE LEIDEN,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. JOHANNES HENRICUS SCHOLTEN,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GODGELEERDHEID,

op Dinsdag den 13<sup>en</sup> Juni 1876, des namiddags te 3 uren.

IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN

DOOR

JAN WILLEM MOLL,

geboren te Amsterdam.

---

UTRECHT,  
L. E. BOSCH EN ZOON,  
1876.

576.3

M73

ABRILIO  
YTEREYU  
YRARI

AAN MIJNE OUDERS.

JUN 13 1899

Stadsbibl. 404.102.

M 23 Dec 99

270462



## VOORWOORD.

---

Bij het einde mijner studiën aan het Amsterdamsch Athenaeum is het mij eene behoefte, een woord van dank te richten tot allen, die aan mijne opleiding een werkzaam aandeel hebben gehad.

In de eerste plaats denk ik hier aan het onderwijs, dat ik op het Gymnasium dezer stad mocht genieten. Al bewogen zich mijne studiën, na het verlaten dier inrichting, op een geheel ander gebied van wetenschap, steeds zal ik met warme erkentelijkheid den grooten invloed van het daar geleerde op mijne geheele vorming gedenken.

Maar niet minder acht ik mij verplicht aan de Hoogleraren der Philosophische en Medische Faculteit, die mij door woord en daad zoo krachtig in mijne studie behulpzaam waren. Twee hunner veroorloof ik mij hier te noemen.

Aan de Hoogleraren OUDEMANS en BERLIN ben ik, zoowel voor hun uitstekend onderwijs als voor hun persoonlijken omgang, den grootsten dank verschuldigd. Steeds zal ik gaarne den tijd gedenken, dien ik onder hunne leiding mocht doorbrengen.



—

Maar in het bijzonder nog een woord tot U, Hooggeleerde OUDEMANS. Uwe door klaarheid uitmuntende lessen en Uw voorbeeld hebben mijne liefde voor de Botanische wetenschap ontwikkeld en gevormd. De krachtige en belangelooze hulp, die Gij mij in zoo velerlei opzicht gedurende mijn geheelen studietijd en inzonderheid bij het bewerken mijner Dissertatie hebt verleend, kan ik niet genoeg waardeeren. Steeds zal ik het mij tot een eer rekenen, mij onder Uwe leerlingen te mogen tellen en mij gelukkig achten, wanneer Uwe belangstelling en Uwe vriendschap mij ook op mijn verderen levensweg zullen volgen.

Ten slotte dank ik den Hoogleeraar W. F. R. SURINGAR voor de groote bereidwilligheid, waarmede hij de taak op zich heeft genomen, mijn Promotor te zijn.

## INHOUD.

---

Inleiding . . . . .	Bladz. . . . .
	1.

### EERSTE HOOFDSTUK.

#### *Harting's onderzoek.*

§ 1. Algemeene beschouwing. . . . .	: 15.
§ 2. De diktegroei . . . . .	18.
§ 3. De lengtegroei. . . . .	33.

### TWEEDE HOOFDSTUK.

#### *Eigen onderzoek.*

§ 4. Methode van onderzoek . . . . .	42.
§ 5. Het aantal en de lengte der cellen in de verschillende internodiën eener jaarloot. . . . .	51.
§ 6. De cellengte binnen elk afzonderlijk internodium . . . . .	59.
§ 7. Onderzoek van nog groeiende jaarloten. . . . .	63.

—

## DERDE HOOFDSTUK.

*Theoretisch gedeelte.*

- § 8. Overzicht der empirische resultaten. . . . . 73.
- § 9. Vergelijking van de Lengte-periode der inter-  
nodiën en de Groote Periode van Sachs . . . . 77.



## INLEIDING.

---

Tot de belangrijkste verschijnselen van het plantenleven behoort zonder twijfel de groei. Van de laagste, éencellige, tot de hoogst georganiseerde, tweelobbige gewassen, is er geen enkel, dat, zonder groei, ook slechts gedacht kan worden.

Het kan dus geen verwondering baren, dat dit verschijnsel de opmerkzaamheid der natuurkundigen, zij het ook eerst sedert betrekkelijk weinige jaren, tot zich heeft getrokken. Evenals de geheele physiologie toch, is de leer der mechanica van den groei, en deze in het bijzonder, een vrucht van den nieuweren tijd. Zij zal de beste krachten van nog menig onderzoeker vereischen, vóór zij der rijpheid nabij is. Maar toch is reeds veel, wat vroeger duister was, opgehelderd, en is tegenwoordig de studie van alle verschijnselen, welke met den groei in eenig verband staan, aan de orde van den dag.

Het ligt niet in mijn plan, hier een overzicht te geven van hetgeen reeds in deze richting werd tot stand gebracht; voor ieder, die daaromtrent wenscht ingelicht te

worden, is de gelegenheid daartoe elders ruimschoots geopend.<sup>1)</sup>

Slechts één enkel verschijnsel, wensch ik hier eenigszins uitvoeriger te bespreken, waarvan de kennis noodzakelijk is, om den lezer de beteekenis der vraag duidelijk te maken, die ik mij in deze bladzijden ter beantwoording gesteld heb. Men denke zich den stengel eener kruidachtige plant, die aan zijn bovenste uiteinde nog in de lengte groeiende is. Brengt men dicht bij dien top, in dwarse <sup>2)</sup> richting, met Oost-Indischen inkt, twee streepjes aan, dan zal de afstand daarvan de grootte aangeven, door zeker groeiend stengeldeel op zeker bepaald oogenblik bereikt. Vervolgens late men de plant aan zich zelve over, en mete men den afstand der beide merkteekens eenige uren later nogmaals. Dan zal men bevinden, dat deze door den groei grooter is geworden. Het verschil der beide waargenomen afstanden worde nu opgeteekend en de meting van het afgebakende gedeelte, na gelijke tijdruimten herhaald, om daaruit bij vernieuwing de verlenging te berekenen. Indien men deze waarnemingen ook des nachts voortzet, verkrijgt men eene onafgebroken reeks van getallen, welke de verlengingen aangeven, die zeker bepaald deel van den stengel telkens na gelijke tusschenpoozen, door den groei ondergaan heeft.

Doet men deze waarnemingen in de open lucht en neemt men daarbij geene verdere voorzorgen, dan zal men in de meeste gevallen zien, dat de aldus gevondene, opeenvolgende getallen afwisselend grooter en kleiner zijn,

---

1) Sachs. Lehrb. d. Bot. 1874. IIIes Buch, Kapitel IV, en verder Sachs. Geschichte der Botanik. München. 1875. p. 578—608.

2) Onder dwars versta ik hier, zoowel als in alle andere gevallen: loodrecht op de langste as.

schijnbaar zonder eenige regelmaat. Men meene echter niet, dat men zich op deze wijze een zuiver beeld verschaft heeft van den invloed, door oorzaken, binnen de plant zelve werkzaam, en onafhankelijk van de afwisseling der uitwendige invloeden, op den groei uitgeoefend. Het tegendeel is waar: licht, warmte, vochtigheid van lucht en bodem, en andere omstandigheden in de omgeving der plant, hebben op al hare levensverschijnselen, en dus ook op den groei, een overwegenden invloed. Veranderen deze omstandigheden, dan wijzigt zich ook de groei. Vandaar dat een reeks van waarnemingen, als de zoo even beschrevene, dag en nacht voortgezet in de open lucht, onder den onmiddellijken invloed eener veranderlijke weersgesteldheid, niets met nauwkeurigheid leeren kan omtrent den lengtegroei in zijn eenvoudigsten vorm, d.i. omtrent het verloop van den groei, zooals dat door de plant zelve geregeld wordt, indien hare omgeving onveranderd blijft. En toch is het duidelijk, dat de kennis daarvan voor de studie der verschijnselen van den groei van groot belang is.

De weg om hiertoe te geraken is echter na het besprokene vrij eenvoudig: men herhale dezelfde waarnemingen, maar thans in eene gesloten ruimte, bij standvastige temperatuur en vochtigheid, en in voortdurende kunstmatige duisternis.

Op deze wijze onderzoekende, zal men weder een reeks van getallen verkrijgen, die de verlengingen in gelijke tijden aangeven; maar het verloop dezer reeks zal een geheel ander zijn dan het vroeger opgemerkte. Indien men slechts zorg heeft gedragen, bij den aanvang der waarnemingen, de dwarse streepjes dicht genoeg bij den top te plaatsen, zal men zien, dat het volgende geschied is:

Het cijfer voor de verlenging van het beschouwde stengeldeel, in de willekeurig gekozen eenheid van tijd,

neemt in den beginne toe, bereikt vervolgens een maximum, en begint daarna te dalen, om ten slotte gelijk nul te worden. Het laatste is het geval, zoodra de lengtegroei is opgehouden en het waargenomen gedeelte des stengels in dat opzicht volwassen is.

Dit verschijnsel is het eerst opgemerkt en beschreven door Sachs en door hem met den naam van Grootte Periode bestempeld <sup>1)</sup>).

Ter verduidelijking geef ik hierbij een zijner waarnemingsreeksen van een oorspronkelijk 3.5 mm. lang stengeldeel, dicht bij den top eens internodiums van *Phaseolus multiflorus* <sup>2)</sup>).

De verlenging bedroeg:

Op den 1 <sup>en</sup> dag	. . .	1,2 mm.
" " 2 <sup>en</sup> "	. . .	1,5 "
" " 3 <sup>en</sup> "	. . .	2,5 "
" " 4 <sup>en</sup> "	. . .	5,5 "
" " 5 <sup>en</sup> "	. . .	7,0 "
" " 6 <sup>en</sup> "	. . .	9,0 "
" " 7 <sup>en</sup> "	. . .	14,0 "
" " 8 <sup>en</sup> "	. . .	10,0 "
" " 9 <sup>en</sup> "	. . .	7,0 "
" " 10 <sup>en</sup> "	. . .	2,0 "

Zooals men ziet, stijgt de verlenging in de eenheid van tijd (hier één dag) van de eerste tot de zevende waarneming, en bereikt dan een maximum, om vervolgens vrij snel te dalen.

Daar elk deel van den groeienden stengel op zijne beurt de Grootte Periode doorloopt, spreekt het van zelf, dat ook elke stengel in zijne opeenvolgende groeiende

1) Dr. J. Sachs. Ueber den Einfluss der Lufttemperatur und des Tageslichts, etc. Arb. des Bot. Inst. in Würzburg. Band I, p. 102.

2) Arb. des Bot. Inst. in Würzburg. Bd. I, p. 128.

deelen, die periode in hare verschillende fasen zal ver-  
toonen. Hierdoor wordt men in staat gesteld, het be-  
schreven verschijnsel nog op eene andere wijze waar te  
nemen, en voor een gegeven tijdruimte de betrekkelijke  
snelheid van den groei op verschillende hoogten des sten-  
gels te leeren kennen.

Het middel hiertoe is het volgende: men verdeele, van  
den top uitgaande, een zeker deel des stengels, door  
dwarse streepjes, maar thans in grooten getale en op  
gelijke afstanden van elkander verwijderd, in een zeker  
aantal schijffjes. De plant plaatse men ook nu onder den  
invloed van kunstmatig gelijkblijvende omstandigheden,  
evenals hierboven beschreven is. Daarna late men haar  
weder gedurende eenige uren aan haar lot over en keere  
dan tot haar terug, om de afstanden der merkteekens  
opnieuw te meten. Door van elk der aldus verkregen  
grootheden den oorspronkelijken afstand tusschen twee  
deelstrepen af te trekken, verkrijgt men opnieuw een  
reeks van cijfers. Deze toonen de verlengingen aan van  
de opeenvolgende, oorspronkelijk gelijke deelen des sten-  
gels in de gegeven tijdruimte tusschen de beide metingen.

Ook bij deze cijfers vindt men, van den top des inter-  
nodiums uitgaande, aanvankelijk eene rijzing, totdat een  
maximum bereikt is. Vervolgens dalen zij, om ten slotte  
gelijk nul te worden. Het laatste komt echter alleen  
dan voor, wanneer de oorspronkelijke verdeling is voort-  
gezet tot beneden het punt, waar, bij den aanvang der  
waarneming, de lengtegroei reeds geheel was opgehouden.

We vinden hier dus de Grootte Periode van Sachs,  
aan de verschillende deelen eens stengels, in hare ver-  
schillende stadiën, terug. Vroeger namen wij haar waar,  
door een enkel stengelgedeelte van het begin tot het einde  
van zijn groei te vervolgen. Bovendien kan men door de  
laatst beschreven methode van waarneming voor elk in-



ternodium de plaats bepalen, waar, binnen zekere tijd-ruimte, het maximum der Grootte Periode bereikt is.

Als voorbeeld laat ik hier weder een reeks getallen volgen, door Sachs langs den beschreven weg verkregen <sup>1)</sup>.

Zij gelden voor hetzelfde internodium van *Phaseolus multiflorus*, als de waarnemingen die ik op bladz. 4 reeds overnam. Het internodium was verdeeld in 12 stukken, die oorspronkelijk elk 3.5 mm. lang waren.

Na verloop van 24 uren nam Sachs de volgende getallen voor de verlenging dier deelen waar. De Romeinse cijfers geven de volgnummers dezer laatsten aan, beginnende bij den top en zoo voortgaande naar de basis des internodiums. De verlenging was dan voor:

Deel	I	=	1.2 mm.
"	II	=	1.5 "
"	III	=	2.7 "
"	IV	=	3.9 "
"	V	=	3.3 "
"	VI	=	1.8 "
"	VII	=	1.1 "
"	VIII	=	0.6 "
"	IX	=	0.6 "
"	X	=	0.3 "
"	XI	=	0.3 "
"	XII	=	0.3 "

Het maximum der Grootte Periode was hier dus in het vierde deel van het internodium bereikt, dat oorspronkelijk op een afstand van 10.5 mm. van den top verwijderd was.

Wanneer men nu eenmaal weet, dat elk gedeelte van den groeienden stengel deze Grootte Periode doorloopt, dan volgt daaruit terstond, dat ook een geheele stengel,

---

1) Arb. des Bot. Inst. in Würzburg. Bd. I, p. 128.

ten minste aan het begin en het einde van zijn groei, hetzelfde vertoonen zal. In den beginne zal men de toenemende phase aan de oudste deelen waarnemen; omgekeerd zullen aan het einde de dan nog slechts groeiende bovenste deelen de afnemende phase doen zien. Dit is ook werkelijk het geval, ja zelfs doorloopt de geheele stengel de Groote Periode in een vorm, vrij wel overeenkomende met dien aan elk zijner deelen.

Deze Groote Periode van den gheelen stengel is reeds waargenomen en beschreven door den Hoogleeraar Harting <sup>1)</sup>, hoewel eerst Sachs hare beteekenis in het volle licht gesteld heeft. Zij treedt vooral duidelijk te voorschijn, waar Harting zijne waarnemingen over groote tijdruimten gecombineerd heeft, niettegenstaande zij allen in de open lucht geschied zijn. De onregelmatigheden, door de afwisseling der uitwendige omstandigheden veroorzaakt, neutraliseeren elkander echter, als men zeer vele waarnemingen vereenigt, genoegzaam, om ten minste de Groote Periode van den gheelen stengel duidelijk zichtbaar te laten worden.

Als voorbeeld diene eene waarnemingsreeks van Harting, <sup>2)</sup> ontleend aan een stengel van *Humulus Lupulus*, die gedurende de maand April eene lengte van 0.492 meter bereikt had, en op het einde van Augustus 7,263 meter lang was. De groei was over deze maanden aldus verdeeld :

Op het einde van April was de lengte	0.492 meter.
In de maand Mei bedroeg de verlenging	2.230 "
" " " Juni " " "	2.722 "

1) P. Harting. Waarnemingen over den groei der planten en de omstandigheden, die daarop invloed hebben. Tijdschr. voor natuurl. Gesch en Physiol. uitgeg. door v. d. Hoeven en de Vriese. 1842. Negende deel, bl. 310.

2) L. c. bl. 310.

In de maand Juli bedroeg de verlenging 1.767 meter.

” ” ” Augustus ” ” ” 0.052 ”

In de maand Juni viel dus het maximum der Grootte Periode.

Toegerust met de kennis van dit belangrijk verschijnsel, dat aan alle groeiende stengels en hun afzonderlijke deelen eigen is, kan het niet anders of de vraag: vertoont ook de volwassen stengel iets van de eigenaardige regelmatigte veranderingen, die in zijn groei hebben plaats gehad? moct zich als van zelf aan ons opdringen.

En te meer wint deze vraag aan gewicht, als we zien, dat alle uitgegroeide stengels en stammen een verschijnsel opleveren, waardoor wij onwillekeurig aan de Grootte Periode herinnerd worden.

Iedere stengel bestaat uit een zeker aantal internodiën, maar niet al die internodiën zijn even lang. Steeds is het onderste betrekkelijk klein, een opwaarts volgend iets grooter en zoo voort, totdat een maximum bereikt is; vervolgens worden zij naar den top weder allengs korter.

Dit verschijnsel is, naar ik geloof, algemeen bekend en, vooral bij de meeste onzer tweelobbige, houtachtige gewassen gemakkelijk waar te nemen. Zooals men weet, ontwikkelt zich elk jaar uit iederen winterknop onzer boomen een takje, dat uit eenige internodiën bestaat en een afgesloten geheel vormt, van boven en onder gewoonlijk scherp begrensd door de plaatsen van aanhechting der knopschubben. Zoodanige jaarloten doen in verreweg de meeste gevallen het verschijnsel, dat ik beschreef, ten duidelijkste te voorschijn komen.

Voor zoover ik weet, is het de eerste maal beschreven door Münter, <sup>1)</sup> die de volgende tabel geeft voor een jaarloot van *Aesculus Hippocastanum* :

---

1) F. (J.) Münter. Beobachtungen über das Wachstum verschiedener Pflanzentheile, Bot. Ztg. 1843. p. 73.

Internodiën tusschen de 3—4 paren litteekens der knopschubben	0.2''' — 0.5'''
Internodium " het bovenste paar schubben en het onderste bladpaar	7.5'''
" " " onderste en het tweede bladpaar . . . . .	28.0'''
" " " tweede " " derde " . . . . .	46.0'''
" " " derde " " vierde " . . . . .	42.0'''
" " " vierde " " vijfde " . . . . .	16.0'''
" " " vijfde " " onderste paar knopschubben . . .	1.0'''

Ook Sachs maakt van dit verschijnsel gewag. 1).

Ten overvloede geef ik hier nog een overzicht van eenige waarnemingen, door mijzelfen bij verschillende planten gedaan.

Nummers der intern. van onder af gerekend.								
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII
Sambucus nigra.	9.0	34.0	49.0	16.5				
Acer Pseudoplatanus.	10.0	40.0	45.0	3.5				
Fraxinus excelsior.	6.0	20.0	43.5	73.0	26.0			
Aesculus Hippocastanum.	5.0	62.5	130.5	85.0	11.5			
Fagus sylvatica.	1.5	4.5	14.0	37.0	51.0	52.0	25.0	
Tilia parvifolia.	4.0	16.5	40.0	56.7	69.5	61.5	51.0	
Cytisus Laburnum.	( <sup>2</sup> )6.0	38.0	59.0	64.0	59.0	48.5	32.5	14.5

De lengte is hier steeds in millimeters uitgedrukt. Ook doe ik nog opmerken, dat in deze en alle volgende opgaven omtrent de lengte der internodiën eener jaarloot, steeds de zeer kleine internodiën, aan de basis, tusschen de litteekens der knopschubben gelegen, buiten rekening zijn gebleven. Waar ik dus spreek van het onderste in-

1) Sachs. Lehrb. d. Bot. 1874. p. 793.

2) Onder dit internodium bevonden zich nog 4 bladlitteekens, waartusschen geheel onontwikkelde internodiën.

ternodium (Internodium I), bedoel ik het onderste internodium der jaarloot, dat makroskopisch nauwkeurig meetbaar is.

Dit regelmatige verschil in lengte der internodiën zal ik voortaan met den naam van Lengte-periode der internodiën bestempelen.

De overeenkomst tusschen deze en de Grootte Periode van Sachs is zeer duidelijk, en doet als van zelf het vermoeden ontstaan, dat wij in beide gevallen eigenlijk hetzelfde verschijnsel waarnemen, maar in een verschillenden vorm. De Grootte Periode van Sachs schijnt haren vroegeren invloed en haren aard zichtbaar te maken in de Lengte-periode der internodiën; de volwassen stengel schijnt den stempel te dragen van de eigenaardige wijze zijner ontwikkeling.

In de botanische literatuur vinden we dan ook hier en daar aanduidingen in dezen zin, hoewel het verband tusschen de beide besproken verschijnsels tot heden nog aan geen nauwkeurig onderzoek werd onderworpen.

De duidelijkste verklaring daaromtrent vinden wij bij Münter, waar hij, onmiddellijk na zijne tabel der internodiën van *Aesculus*, (zie p. 9) laat volgen:

„Daraus folgt, das nicht bloss das Einzel-Internodium, während seines Wachsens, die Periode der Zunahme, der Höhe und der Abnahme an Intensität zeige (d. i. de Grootte Periode, die Münter voor afzonderlijke internodiën reeds waarnam (1)), sondern dass dies auch für die isochronisch im Wachsthum begriffenen Internodien, und endlich auch für die ganze einjährige Pflanze und den letztjährigen Trieb unsrer Waldbäume seine volle Gültigkeit hat, indem der Schluss von dem quantitativen Verhältniss (d. i. hier Längenmaass) auf das qualitative (d. i.

---

1) Sachs. Arb. des Bot. Inst. in Würzburg. Bd. I, p. 102 en p. 179.

die Kraft, die Energie, womit es geschiedt) zweifels-  
ohne gerechtfertigt ist <sup>1)</sup>. Het kwam mij echter op  
verschillende gronden voor, dat de identiteit van de  
Groote Periode en de Lengte-periode der internodiën nog  
wel eenig nader onderzoek behoefde; en dat dit niet over-  
bodig was, zal den lezer aan het einde van deze ver-  
handeling duidelijk worden.

Het was daarom, dat ik besloot, eene poging in het  
werk te stellen, om dit vraagstuk tot eene oplossing te  
brengen.

Ik redeneerde namelijk aldus: indien de Groote Periode in  
werkelijkheid hetzelfde verschijnsel is als de Lengte-periode  
der internodiën, dan is het ook waarschijnlijk, dat de  
inwendige, anatomische bouw der verschillende internodiën  
daarvan de sporen zal vertoonen. En inzonderheid meende  
ik, dat de kennis van de betrekkelijke grootte der cellen  
in alle deelen des stengels, zoowel in den volwassen, als  
in den nog groeienden toestand, de noodige gegevens  
zou aanbieden, om eenig licht over dit punt te versprei-  
den.

Van deze overwegingen uitgaande, vormde ik het  
plan, mij, voor zoover zulks mogelijk was, een getrouw  
beeld te ontwerpen van de betrekkelijke celgrootte in de  
verschillende internodiën des stengels, zoowel gedurende  
als na het tijdperk van den lengtegroei. Ik bepaalde mij  
daarbij voorloopig tot het onderzoek van de jaarloot  
onzer boomen.

Aangenaam was het mij, bij den aanvang van mijn  
arbeid te bemerken, dat in deze richting reeds een uit-  
voerig en zeer goed onderzoek had plaats gehad, zoodat  
ik op de uitkomsten daarvan met de meeste gerustheid  
voort kon bouwen.

---

1) Münter. Bot. Ztg. 1843. p. 73.

De Hoogleraar P. Harting <sup>1)</sup> namelijk, wiens verdiensten voor de leer van den groei aan ieder bekend zijn, <sup>2)</sup> gaf in het jaar 1844 eene verhandeling in het licht, getiteld: „Over de ontwikkeling der elementaire weefsels, gedurende den groei van den éénjarigen dicotyledonischen stengel” <sup>3)</sup>. Daarin werd, door tal van mikroskopische metingen, de celgrootte in de verschillende internodiën, gedurende den groei, bepaald.

Voor al voor de kennis van den met den lengtegroei gelijktijdigen diktegroei, werden hier zeer belangrijke uitkomsten wereldkundig gemaakt, en al bepaalde de schrijver zich bij zijn onderzoek niet tot de jaarloot der houtachtige planten, daar hij ook twee kruidachtige stengels onderzocht, zoo verhoogde dit slechts de waarde van zijn arbeid, ook voor het doel, dat ik mij had voorgesteld. Immers verkreeg de Heer Harting zoowel voor kruidachtige stengels als voor jaarloten, in hoofdzaak volkomen dezelfde uitkomsten.

Hoewel Harting's werk zich in eene Duitsche en eene Fransche vertaling mocht verheugen, <sup>4)</sup> schijnt het toch,

---

1) Voor zoover ik weet is deze natuurkundige de eenige, die zich met celmetingen, in den door mij besproken zin, heeft bezig gehouden. Unger gaf in de Bot. Zeitung van 1844 eenige metingen in eene verhandeling, getiteld: „Ueber das Wachsthum der Internodien von anatomischer Seite beobachtet.” Deze zijn evenwel voor mijn onderwerp van weinig belang, zoowel als eenige metingen van Grisebach in Wiegmann's Archiv für Naturgeschichte 1843. Erster Band, p. 271.

2) cf. Sachs. Arb. des Bot. Inst. in Würzburg. Bd. I, p. 178 ss. en Sachs Geschichte der Botanik 1875. p. 605.

3) Tijdschrift voor natuurl. Geschied. en Physiol., uitgegeven door J. van der Hoeven en W. H. de Vriese. Elfde deel. Leiden 1844

4) De Duitsche verscheen in Linnæa, Bd. XIX, onder den titel van: Mikrometrische Untersuchungen über die Entwicklung der Elementartheile des jährlichen Stammes der Dicotylen von P. Harting. Aus dem Französischen übersetzt von Karl Müller. — De Fransche vertaling is te vinden in: Annales des Sc. nat., tom. IV. 1845. p. 210-275. •

dat in den tegenwoordigen tijd de inhoud dezer, voor de leer van den groei zoo gewichtige verhandeling niet meer algemeen bekend mag heeten. Ten minste vinden we in de onderzoeking van Sachs, ter plaatse waar Harting's twee jaren vroeger in het licht gegeven verhandeling uitvoerig besproken wordt, <sup>1)</sup> van deze, vooral niet minder leerrijke bijdrage geen melding gemaakt.

Om twee redenen meen ik, dat het wenschelijk zal zijn, Harting's arbeid hier uitvoerig te bespreken; vooreerst wijl het nauwe verband daarvan met mijn eigen onderzoek niet te miskennen valt, ten tweede, omdat misschien deze of gene er door opgewekt zal worden, de lezing van eene zoo gewichtige bijdrage tot de leer van den groei niet te verzuimen.

Naar aanleiding van het hierboven besprokene wensch ik nu in het eerste gedeelte dezer verhandeling mede te deelen, wat mij in Harting's onderzoek het belangrijkste is voorgekomen, waarbij ik de opmerkzaamheid vooral zal vestigen op hetgeen daarin tot mijn eigen werk in betrekking staat. In het tweede gedeelte hoop ik dan de empirische resultaten van mijn eigen onderzoek te vermelden en de middelen te beschrijven, waardoor ik ze verkregen heb.

Ik stel mij voor, dat deze beide hoofdstukken een zoo veel mogelijk volledig beeld zullen geven van den anatomischen bouw der geheele, groeiende, zoowel als der volwassen jaarloot, in zooverre die bouw bepaald wordt door de afmetingen der cellen in hoogte, lengte en breedte.

Ten slotte zal ik trachten, den lezer de theoretische beteekenis duidelijk te maken van wat in de beide vorige hoofdstukken werd vastgesteld. Mijn hoofddoel

---

1) Sachs. Arb. des Bot. Inst. in Würzburg. Bd. I., p. 178. ss.



zal daarbij wezen, de medegedeelde empirische resultaten aan te wenden ter beantwoording der hierboven reeds besprokene vraag: Zijn de Groote Periode van Sachs en de Lengte-periode der internodiën eener jaarloot beiden gevolgen van dezelfde werkingen in de plant? Ja of neen.

---

## EERSTE HOOFDSTUK.

---

### **Harting's onderzoeking.**

§ 1. ALGEMEENE BESCHOUWING. Eer ik overga tot het bespreken der uitkomsten, door den Hooggeleeraar Harting verkregen, wensch ik het doel, dat hij zich voorstelde, eenigszins nader te omschrijven en het standpunt toe te lichten, waarop hij zich bij zijn onderzoek plaatste. Ook stel ik mij voor, hier met een enkel woord over des schrijvers methode van waarnemen te spreken, in zooverre ik de kennis daarvan voor den lezer noodzakelijk acht.

De schrijver stelde zich ten doel, langs een weg, die vóór hem nog door niemand betreden was, eenig meerder licht te verspreiden over den groei des stengels.

Hij trachtte namelijk, door een groot aantal mikroskopische metingen, de groeiwijze te leeren kennen van de verschillende weefsels, waaruit een stengel bestaat. Daarbij ging hij uit van eene stelling, die hij als waarheid aannam en die in zijne eigene woorden aldus luidt: 1)

„Een eenjarige dicotyledonische stengel kan beschouwd worden als eene vereeniging van individus (internodia)

---

1) L. c. p. 238.

van verschillenden leeftijd, maar van volkomen dezelfde oorspronkelijke anatomische zamenstelling, zoodat het jongere individu slechts eene herhaling in al deszelfs deelen van het oudere is, en men gevolgelijk regt heeft, om uit het onderzoek der verschillende internodia van één en denzelfden stengel te besluiten tot de veranderingen, die elk internodium op deszelfs verschillende levensstijdperken ondergaat."

De schrijver zoekt, aan het einde zijner verhandeling, het bewijs dezer stelling door middel der gezamenlijke uitkomsten van zijn onderzoek te leveren.

Ik bepaal mij hier tot de mededeeling, dat hij er werkelijk volkomen in slaagt aan te toonen, dat elk jonger internodium, ten minste wat zijn anatomischen bouw in dwarse richting betreft, in alle opzichten eene herhaling van het oudere is. Wat hetzelfde bewijs voor den bouw in overlangsche richting aangaat, daarop hoop ik in het Derde Hoofdstuk terug te komen. Tevens wensch ik daar de vraag te behandelen of men werkelijk uit de waarneming der opeenvolgende groeiende internodiën met Harting tot de veranderingen mag besluiten, die elk internodium gedurende den groei ondergaat.

Het voorgaande zij voldoende om den lezer duidelijk te maken, door welk grondbeginsel de schrijver zich bij zijne onderzoekingen liet leiden.

Nu nog een woord over Harting's methode van onderzoek. Voorop stelde hij het juiste beginsel, dat de betrekkelijke grootte, die de cellen eens stengels ten opzichte van elkander bezitten, slechts gevonden kan worden, door gemiddelden uit vele metingen te nemen. De grootte der cellen in een weefsel moge zeer verschillend zijn, zij is steeds binnen zekere grenzen besloten, en de gemiddelden uit een genoegzaam aantal waarnemingen zullen steeds waarden opleveren, die onderling zeer goed vergelijkbaar

zijn. Overigens verwijs ik naar § 4.

Het getal metingen, waaruit Harting zijne gemiddelden bepaalde, bedroeg op zijn minst vijf. Het bewijs dat dit aantal groot genoeg was, om bruikbare getallen te verkrijgen, wordt wel niet onmiddellijk geleverd, maar de groote gelijkheid der verkregen uitkomsten geeft m. i. zeer voldoende waarborgen, dat dit het geval was.

De metingen zelve verrichtte hij door middel der „méthode de la double vue”. De vergrootingen, waarbij gemeten werd, waren voor een zekeren afstand nauwkeurig bepaald, en op dienzelfden afstand werd het beeld der cellen boven een vel wit papier gemeten, door middel van een dubbelen passer, die de maten aan het tegengestelde uiteinde vijfmalen vergroot aangaf. Uit de aldus verkregen grootheden leerde de schrijver door eene eenvoudige deeling de ware grootte der cellen kennen. Bij vele metingen van een ruimte van 0.1 mm., bij eene vergrooting van 530 malen, bedroeg de aanmerkelijkste fout  $\frac{1}{1500}$  mm.

In dit opzicht laat de nauwkeurigheid, voor een onderzoek als dit, niets te wenschen over.

Als eenheid, waarin alle door microscopische meting verkregen grootheden zijn uitgedrukt, koos Harting zich de lengte van 0.001 millimeter, door hem met den naam van Micromillimeter bestempeld, en door het teeken mmm. aangeduid. 1). Daarin heb ik hem ook bij mijne eigene onderzoeking gevolgd, zoodat voor alle hieronder te vermelden microscopische maten de micromillimeter als eenheid is aangenomen.

De door den schrijver onderzochte (uitsluitend tweelobbig) planten zijn: *Tilia parvifolia*, *Humulus Lupulus*,

---

1) De Hoogleeraar W. F. R. Suringar, heeft in de plaats van mmm, korthedshalve het teeken  $\mu$  ingevoerd. *Observ. phycol.* 1857. Voor micromillimeter wordt thans veelal de naam micron, mv. micra, gebruikt.

Aristolochia Siphon, Phytolacca decandra en ten slotte, voor een deel: Sempervivum arborescens. Hij bespreekt zijne waarnemingen voor elk dezer planten afzonderlijk, om aan het einde zijner verhandeling de gezamenlijke uitkomsten te vermelden, waartoe zij hem geleid hebben.

Om den lezer het overzicht gemakkelijk te maken en om een meer geleidelijken overgang tot mijn eigen onderzoek te verkrijgen, wensch ik echter eene andere volgorde in acht te nemen.

Allereerst behandel ik dan de uitkomsten, die op den diktegroei (d. i. de groei in radiale en peripherische richting) betrekking hebben, en zal ik deze, voor zoover mij zulks wenschelijk toeschijnt, door aan Harting ontleende voorbeelden toelichten. Vervolgens bespreek ik in een afzonderlijke paragraaf, de door hem waargenomen verschijnselen van den lengtegroei.

Ten slotte vermeld ik nog, dat de oorspronkelijke metingen bij elkander te vinden zijn in vier tafels, aan het einde der verhandeling geplaatst. In den tekst komen slechts de daaruit berekende getallen voor en tot het gebruik van deze zal ik mij voornamelijk bepalen, waar ik tot verduidelijking of om andere redenen eenige van des schrijvers waarnemingen overneem.

§ 2. De diktegroei. In de eerste plaats wil ik trachten aan te toonen, tot welke belangrijke uitkomsten des schrijvers metingen in radiale richting hem gevoerd hebben, om daarna hetzelfde voor die in de richting van den omtrek na te gaan.

De dikte des stengels neemt, gedurende den lengtegroei, bij de meeste planten aanmerkelijk toe. Harting trachtte nu te bepalen, op hoedanige wijze elke cel en elke uit cellen bestaande laag des stengels aan deze vergrooing het hare toebrengt.

Vooreerst bepaalde hij, bij dwarse doorsneden, de betrek-

kelijke ruimte, die de verschillende wefelslagen des stengels, het radiale cellenaantal, waaruit zij bestaan, daargelaten, ten opzichte van den diameter des internodiums innemen. Deze waarden verkreeg hij, door de dikte van elke laag te deelen op den diameter van het geheele internodium. Op deze wijze ontstonden cijfers voor de verschillende lagen, die tevens de betrekking aanwezen tusschen deze onderling.

Hij komt hier tot dit besluit: „De uitzetting der cellen in de radiale rigting gedurende den groei van het internodium is zeer gelijkmatig, zoodanig dat, zoolang er geen verhouting der celwanden plaats heeft, alle de cellenlagen, (merg, vaatbundellaag, bastcellenlaag, schorscellaag, collenchym en opperhuid) tot elkander onderling dezelfde verhouding bewaren.” <sup>1)</sup>.

Het bewijs hiervoor vinden we in al zijne metingen, en in het bijzonder zal eene tabel, aan het einde van zijn opstel geplaatst <sup>2)</sup>, den lezer een goed denkbeeld kunnen geven van de waarnemingen, waarop dit besluit steunt. De hier bedoelde zijn ontleend aan het onderzoek des stengels van *Phytolacca decandra*. Deze bestond, toen hij werd afgesneden, uit twaalf internodiën, en had een jongen bloemtros aan den top. Slechts aan de jongste tien internodiën werden metingen verricht; de drie onderste daarvan hadden reeds hun volwassen lengte bereikt; de zeven overige verkeerden nog in groeienden toestand. Zooals bekend is, bezit *Phytolacca* eene mergholte, aanvankelijk door een aantal dwarse tusschenschotten verdeeld, die in later tijd echter geheel verdwijnen. Deze holte vertoonde zich reeds in het vierde groeiende internodium, van den top af. Overal waar zij bestaat, is de betrekkelijke dikte der cellenlagen ten opzichte der dikte van den

---

1) L. c. bl. 322. n°. 5.

2) L. c. bl. 317.

stengelwand, en niet ten opzichte van den diameter des geheelen internodiums bepaald, omdat de met lucht gevulde ruimte tot dezen behoort. In de tabel vermeldt de schrijver de dikte der verschillende lagen, berekend ten opzichte eener wanddikte van duizend deelen. Daar, gedurende de vorming van het mergkanaal, het radiale aantal mergcellen zeer afneemt, is de dikte der merglaag alleen voor de vijf oudste internodiën in aanmerking gekomen, want in deze is dit aantal weder onveranderd hetzelfde geworden. Internodium III is het onderste en oudste, Internodium XII het jongste der onderzochte internodiën.

Nummers der Intern.	Dwarse diameters der Intern.	Van 1000 deelen worden ingenomen door de				
		Merg- laag.	Vaat- bundel- laag.	Bast- cellen- laag.	Schors- laag.	Collen- chym- laag.
III [oudste] (1)	35.0 m.m.	626	94	63	150	67
IV	29.25 —	630	97	60	159	54
V	23.4 —	636	98	61	154	51
VI	20.0 —	620	115	61	166	48
VII	17.9 —	630	109	62	144	55
VIII	13.5 —		101	62	160	49
IX	10.25 —		95	72	145	60
X	7.95 —		116	60	141	55
XI	5.15 —		87	59	175	51
XII [jongste]	3.6 —		103	58	160	51
Algemeene gemiddelde			101.5	61.8	155.4	54.1
Gemiddelde van III tot VII		628.2	102.6	61.4	154.6	55.0
Gemiddelde v. VIII tot XII			100.4	62.2	156.2	53.2

1) Wat hier en elders tusschen [ ] staft, is van mijne hand.

Zooals men bespeurt, is de verhouding der lagen in alle internodiën ongeveer dezelfde. Vooral treedt dit zeer duidelijk te voorschijn, wanneer men de gemiddelden berekent uit de getallen voor de vijf jongste en voor de vijf oudste internodiën, zooals onder aan de tabel geschied is.

Volkomen gelijkvormigheid mag men uit den aard der zaak niet verwachten, maar de hier medegedeelde getallen toonen duidelijk aan, dat Harting's besluit volkomen juist is. Terwijl bijv. Internodium XII slechts ongeveer een tiende der dikte van Internodium III bezat en het laatste in lengte reeds volwassen was, is toch het verschil tusschen de voor beiden gevondene getallen betrekkelijk gering te noemen.

In geen enkel der volwassen internodiën van deze plant had echter eene aanmerkelijke verdikking van sommige celwanden plaats gehad, en daarmede komt de hier waargenomen, groote gelijkmatigheid in de uitzetting der verschillende lagen overeen. Zooals reeds uit de hierboven van Harting overgenomen zinsnede blijken kan, heeft men dezelfde gelijkmatigheid niet langer te verwachten, wanneer deze verdikking (verhouting heet het bij den schrijver) een aanvang genomen heeft, hetgeen echter bij de onderzochte planten nooit het geval was, vóórdat de lengtegroei had opgehouden.

Nader omschreven vinden we deze zaak nog aldus:

„De zich verhoutende lagen (vaatbundellaag, bastcel-lenlaag, collenchym) vangen eerst dan aan zich in verhouding tot de merg- en schorslagen aanmerkelijker in de richting van den straal uit te breiden, wanneer de wanden van derzelve cellen zich beginnen te verdikken.” 1)

Als een zeer sprekend voorbeeld, neem ik hier des schrijvers

---

1) L. c. bl. 322. no. 6.



getallen over, die betrekking hebben op het houtgedeelte des vaatbundels van *Aristolochia Siphon*. Hij zegt daaromtrent:

„De verhouding tusschen den doormeter van de vaatbundellaag en dien van het internodium is in:

Intern.	VI [oudste]	als 1 :	9.8
"	VII	" 1 :	11.0
"	VIII	" 1 :	13.6
"	IX	" 1 :	13.4
"	X	" 1 :	17.1
"	XI [jongste]	" 1 :	17.9

In het [aller]jongste internodium (XII) waren de vaatbundels niet duidelijk genoeg begrensd, om eene meting te veroorloven." 1)

In de internodiën X en XI was derhalve de betrekkelijke dikte der houtlaag ongeveer dezelfde, waarmede het feit in overeenstemming is, dat deze beide nog in de lengte groeiden. Bij de overigen echter had de lengte-groei geheel opgehouden en zien we de houtlaag dan ook eene betrekkelijk grootere dikte verkrijgen.

Dat dit verschijnsel hier niet toe te schrijven is aan de vorming van secundair hout, en dus afhankelijk is van eene vermeerdering van het aantal cellen dezer laag, spreekt de schrijver uitdrukkelijk uit. Hij doet dit vooral op grond van eene andere, onmiddellijk hierachter te bespreken uitkomst van zijn onderzoek. Het is in overeenstemming met deze beschouwing, dat hij uit zijne waarnemingen ook meent te mogen afleiden, dat het aantal vaten in elken bundel hetzelfde blijft. 2)

1) L. c. bl. 277.

2) Evenwel veroorloof ik mij hier het volgende op te merken: bij mij heeft zich de vaste overtuiging nog niet gevestigd, dat we in dit geval

Hebben we door het voorgaande de overtuiging verkregen, dat ten minste gedurende den lengtegroei, de stengel in radiale richting eene zeer gelijkmatige vergrooing zijner verschillende weefsels ondergaat, thans komen we ongemerkt tot een ander vraagstuk. Het wordt namelijk van belang te weten, of, gedurende den lengtegroei, alleen eene uitzetting van bestaande cellen in radiale richting plaats vindt, dan wel, of er tevens eene gelijkmatige vermeerdering van het aantal cellen in die richting tot stand komt. Ook aangaande deze vraag deelt de schrijver ons zijne bevindingen uitvoerig mede.

Indien men den gemiddelden radialen diameter der cellen, waaruit eenige weefsellaag bestaat, deelt op den radialen diameter van zoodanige laag in haar geheel, dan verkrijgt men natuurlijk het gemiddeld aantal cellen, waaruit zij is samengesteld. Op deze wijze leerde Harting, uit zijne metingen, dat aantal voor elk der verschillende wefsellagen van den stengel, kennen. Ook deze waarnemingen deed hij bij de onderzochte planten aan een groot aantal internodiën. Zij voerden hem tot eene uitkomst, die hij gedeeltelijk aldus uitdrukt:

„Zoodra een internodium uit den knoptoestand is te voorschijn getreden, is alle celvorming in radiale richting opgehouden. Het aantal der concentrische cellenreeksen, die op overdwarse doorsneden elk der verschillende lagen

---

(en ook bij *Tilia*) niet met een begin van secundaire houtvorming te doen hebben. Ik meen, dat nadere onderzoekingen wenschelijk zouden zijn, om dit punt geheel tot helderheid te brengen.

Niettegenstaande ik dezen twijfel koester, koos ik toch de medegedeelde verhoudingen als voorbeeld, daar de voor de bastlaag derzelfde plant gewouwen getallen mij toeschijnen de zaak nog minder in een duidelijk licht te plaatsen, en aan andere planten geene waarnemingen hieromtrent door den schrijver gedaan werden.

zamenstellen, blijft derhalve gedurende den [lengte]groei <sup>1)</sup> onveranderd <sup>2)</sup>.”

Een voorbeeld ontleen ik aan zijne waarnemingen bij *Aristolochia Siph.* De daarvan onderzochte loot bestond uit twaalf ontwikkelde internodiën, waarvan alleen aan de zeven bovenste metingen werden verricht. Van deze laatsten groeide een drietal nog in de lengte, terwijl de overigen in dat opzicht reeds den volwassen toestand bereikt hadden. De volgende tabel geeft in de verticale kolommen het aantal cellen, waaruit eenige lagen des stengels waren samengesteld. Uit den aard der zaak is de opperhuid in alle internodiën slechts één cel dik, en is deze dus hierbij niet opgenomen. Het oudste onderzochte internodium is n°. VI, het jongste daarentegen: n°. XII.

Nummers der Internod.	Merg.	Laag tusschen hout en bast.	Bastcellen- laag.	Schorscel- lenlaag.
VI (oudste)	17.9	9.3	9.8	6.5
VII	17.1	10.3	9.0	7.1
VIII	17.9	9.7	9.1	7.0
IX	17.0	9.7	9.0	6.2
X	16.7	9.0	9.0	6.6
XI	17.4	—	9.0	7.5
XII (jongste)	16.6	—	—	—

1) En ook daarna. Voor de meeste lagen behoeft dit geen betoog. In hout en bast heeft echter, zooals men weet, later de vorming van secundaire lagen plaats. Ook hier schijnt echter, volgens des schrijvers waarnemingen aan *Aristolochia* en *Phytolacca*, ten minste gedurende eenigen tijd vadat de lengtegroei heeft opgehouden, nog geene vermeerdering van het radiale cellenaantal plaats te vinden. Men vergelijkte echter de noot op bl. 22.

2) L. c. bl. 321. n°. 3.

Deze getallen komen in elke verticale reeks zoo nauwkeurig met elkander overeen, als men dat van gemiddelden in zulk een geval verlangen kan; het radiale aantal cellen in elke laag is derhalve in alle internodiën hetzelfde.

Mischien zal echter de vraag bij den lezer oprijzen, hoe in dit opzicht de verhouding der mergcellen bij die planten is, waar eene mergholte ontstaat, want, zooals men weet, gaat de vorming daarvan steeds gepaard met verdroging en verscheuring van het binnenste gedeelte des stengels. Ook op deze vraag heeft de schrijver het antwoord gereed.

Hij toont aan, dat bij het ontstaan der mergholte, in radiale richting vele mergcellen verloren gaan, maar dat al spoedig voor alle internodiën hetzelfde aantal overblijft en gedurende den verderen lengtegroei niet meer verandert. Zoo had de onderzochte stengel van *Humulus Lupulus* vijf groeiende internodiën, waarvan reeds het jongste in zijn onderste helft een mergkanaal had aan te wijzen. Het aantal mergcellen in radiale richting was nu, van het jongste afdalende, voor de verschillende internodiën:

19.3—13.0—12.6—12.8—12.2.

Men ziet dus, hoe, in het eerste tijdperk na den knop-toestand, een aantal cellen verdween; in de vier overige groeiende internodiën bleef het onveranderd.

Indien men nu bedenkt, dat de schrijver bij alle onderzochte planten dezelfde uitkomsten verkreeg, dan zal niemand aarzelen, de uitkomst, waartoe hij geraakte, als waarheid aan te nemen. Er heeft derhalve, gedurende den lengtegroei, geene vorming van nieuwe cellen plaats in de richting van den straal; de gelijktijdige diktegroei is eenvoudig een gevolg van de gelijkmatige uitzetting der cellen.

We bespeuren hier een groot onderscheid in vergelijking met de vorming van nieuwe cellen in de lengte-richting;

althans in het begin van den groei vindt deze, zooals blijken zal, nog veelvuldig plaats.

Evenwel is het duidelijk, dat de in radiale richting aanwezige cellen toch eenmaal ontstaan moeten zijn. Vragen we nu, wáár deze celvermenigvuldiging wel heeft plaats gehad, dan is slechts één antwoord denkbaar, luidende: in den knoptoestand. Als de lengtegroei begint, heeft alle celvermeerdering opgehouden: vóór dien tijd moet zij dus tot stand zijn gekomen. De hierboven, op bladzijde 23, gedeeltelijk overgenomen zinsnede, doet de schrijver dan ook met deze woorden aanvangen:

„De radiale celvorming heeft alleen in den knop plaats.”

Door redeneering komt men, zooals we zagen, reeds tot dit besluit, maar Harting bewijst de zaak ook door onmiddellijke waarneming. Te dien einde maakte hij eene overlangsche doorsnede door een eindknop van een groeienden stengel. De plant, die hij voor deze waarneming koos, was *Sempervivum arborescens*; de doorsnede was natuurlijk zoodanig genomen, dat de as des stengels nauwkeurig in haar vlak viel. Ik laat hieronder des schrijvers oorspronkelijke tabel volgen en neem de daarbij behorende verklaring in haar geheel over <sup>1)</sup>.

„De metingen moesten zich alleen bepalen tot het merg, daar de overige lagen met de aanvangen der bladeren ineengesmolten zijn. Zij bevatten eene ruimte van 10 millim., van de uiterste kegelvormig toeloopende spits van het merg af gerekend. Op dezen afstand bevonden zich aan weërszijden der doorsnede zeven aanvangen van bladeren, welke echter niet juist tegen elkander overstaan, omdat, zooals men weet, de bladeren hier geene krans- maar eene spiraalstelling hebben. De plaatsen,

1) L. c. bl. 311.

waarop de volgende metingen verrigt werden, beantwoorden min of meer nauwkeurig aan den oorsprong der bladeren. In de laatste kolom is het getal cellen opgeteekend, hetwelk in de middellijn van het merg gelegen is, en verkregen werd door den doormeter der cellen in dien van het merg te deelen."

	Afstand van de spits van het merg.		Doormeter van het merg.		Radiale doormeter der mergcellen.		Getal der in de middellijn bevatte cellen.
1.	50	mmm.	270	mmm.	12	mmm.	22.5
2.	83	---	340	---	13	---	26.2
3.	805	---	1150	---	33	---	34.8
4.	1360	---	1970	---	53	---	37.2
5.	2920	---	3250	---	73	---	44.5
6.	6100	---	5400	---	119	---	45.4
7.	10000	---	6300	---	144	---	43.7

Hier leert ons derhalve de onmiddellijke waarneming, dat, gedurende den knoptoestand, celvermenigvuldiging in de richting van den straal plaats vindt. Daarbij merkt de schrijver ook op, dat, indien de metingen nog dichter bij den stompen top van het merg waren aangevangen, het verschil nog aanmerkelijk grooter zou geweest zijn. Tevens ziet men, dat reeds op een afstand van ongeveer drie millimeters van den stengeltop het radiale aantal cellen niet meer toeneemt.

Naar aanleiding van de tot nu toe beschrevene waarnemingen komt Harting tot het gewichtige besluit, dat elk internodium eener dicotyle plant, gedurende zijn éénjarigen groei, drie hoofdtijdperken doorloopt:

- I. Dat van den knoptoestand.  
Alleen gedurende den knoptoestand heeft celvermeerdering in de richting van den straal plaats. De lengtegroei is dan van geene beteekenis.
- II. Dat van den lengtegroei en gelijktijdigen diktegroei.  
In radiale richting heeft alleen celuitzetting plaats; de uitgebreidheid der verschillende weefsellagen ten opzichte van elkander blijft onveranderd dezelfde. In overlangsche richting zoowel celdeeling als celstrekking.
- III. Het tijdperk nadat de lengtegroei geheel is opgehouden.  
Thans verkrijgen hout- en bastlaag, ten opzichte der overige lagen, eene sterkere uitbreiding in de richting van den straal.

Wenden we ons nu tot de beschouwing van des schrijvers uitkomsten ten opzichte van den inwendigen bouw der verschillende groeiende internodiën in peripherische richting.

In dit opzicht bestaat er, blijkens zijn onderzoek, een aanmerkelijk verschil tusschen die stengels, welke gedurende den groei een centrale mergholte bekomen, en dezulke, waar dit verschijnsel zich niet openbaart. Het zal dus wenschelijk zijn, beide gevallen afzonderlijk te bespreken, en daartoe kies ik in de eerste plaats des schrijvers uitkomst bij zulke stengels, wier merg gedurende den groei niet verloren gaat. Deze luidt als volgt:  
„Bij die planten, in welker merg zich geene holte ontwikkelt (*Tilia*, *Aristolochia*), heeft in het merg, de vaatbundellaag, de bast- en schorslaag geene peripherische celvorming plaats. De nieuwe cellen vormen zich bij deze

planten [gedurende het tijdperk van den lentegroei] alleen in de rigting der lengte-as. In het collenchym en de opperhuid bestaat echter ook bij deze planten eene peripherische vermeerdering der cellen <sup>1)</sup>.”

Het eerste gedeelte van deze gevolgtrekking vindt zijn bewijs in eenige waarnemingen aan de vaatbundel-, bast- en schorslaag van *Aristolochia Siphon* <sup>2)</sup>.

Het aantal vaten in elken vaatbundel is waarschijnlijk voor alle internodiën dezer plant hetzelfde <sup>3)</sup>, waaruit dus volgt, dat het zich ook in peripherische richting niet vergroot. De verhouding tusschen den peripherischen diameter der schorscellen en den diameter van de verschillende internodiën is als volgt:

in Internodium	VI (oudste)	als	1 : 84
"	"	VII	" 1 : 84
"	"	VIII	" 1 : 87
"	"	IX	" 1 : 82
"	"	X	" 1 : 83
"	"	XI (jongste)	" 1 : 84

Het allerjongste internodium (XII) liet geene nauwkeurige meting toe. Men ziet hieruit, dat het aantal schorscellen in de richting van den omtrek ongeveer hetzelfde blijft.

Op deze wijze wordt ook de verhouding der bastcellen bij *Aristolochia* nagegaan, welk onderzoek dezelfde uitkomst oplevert.

Het tweede gedeelte der hierboven genoemde gevolgtrekking, — dat ook bij planten zonder mergholte in collenchym en opperhuid peripherische celvermeerdering

1) L. c. bl. 324. n<sup>o</sup> 9.

2) Van *Tilia* vermeldt de schrijver geene waarnemingen in dezen zin, evenmin omtrent het merg van *Aristolochia* (vergelijk evenwel hier onder bl. 32).

3) L. c. bl. 278.



plaats vindt — wordt gestaafd door metingen aan het collenchym van *Tilia* en aan de opperhuid van *Aristolochia*. In beide gevallen werd het volstrekte aantal cellen berekend, door den tangentiaal diameter der cellen in elk internodium te deelen op den omtrek daarvan. Als voorbeeld geef ik hier de getallen, die betrekking hebben op het collenchym van *Tilia*. Het aantal cellen, in den omtrek begrepen, bedroeg:

in Internodium	I [oudste]	614
" "	II	550
" "	III	525
" "	IV	452
" "	V	363
" "	VI	333
" "	VII [jongste]	321

In ieder ouder internodium is dit aantal grooter en in het oudste heeft het zich ongeveer verdubbeld.

Ik ga thans over tot des schrijvers waarnemingen omtrent den bouw in peripherische richting, voor zoover zij betrekking hebben op stengels, van een mergholte voorzien. Zooals men weet, onderzocht hij twee zulke planten, namelijk *Humulus Lupulus* en *Phytolacca decandra*. Slechts omtrent de laatste vinden we echter in Harting's onderzoeking waarnemingen in deze richting vermeld. Hij vat zijne bevindingen in de volgende woorden samen:

„Bij planten waar zich eene mergholte ontwikkelt (*Humulus*, *Phytolacca*) heeft in alle lagen eene vermenigvuldiging der cellen in de rigting van den omtrek plaats; ook het aantal der vaten wordt hoogst waarschijnlijk in deze rigting vermeerderd.”<sup>1)</sup>

De schrijver bepaalde door rechtstreeksche telling het aantal der vaten, die den buitensten kring in het hout-

1) L. c. bl. 325. n<sup>o</sup>. 11.

gedeelte des vaatbundels vormen. Hij vond eene aanmerkelijke vermeerdering; het aantal bedroeg:

in Internodium III (oudste)	529
" " IV	525
" " V	504
" " VI	549
" " VII	522
" " VIII	416
" " IX	456
" " X	380
" " XI[jongste]	304

In internodium XII gelukte de telling niet.

De schrijver voegt hieraan toe:

„Ofschoon het nu niet te ontkennen is, dat in de jongere internodia eenige der kleinere vaten aan de telling ontsnapt kunnen zijn, zoo schijnt echter het verschil te groot, als dat men niet genoodzaakt zijn zoude aan te nemen, dat bij deze plant in de oudere internodia werkelijk een grooter aantal vaten in de rigting van den omtrek bevat is, dan in de jongere gedeelten van den stengel, hetgeen eene vermeerdering gedurende den groei zeer waarschijnlijk maakt. 1).”

De hier volgende tabel zal den lezer verder de noodige gegevens aanbieden, om zich van de peripherische celvermenigvuldiging in schors, collenchym en opperhuid derzelfde plant eene voorstelling te vormen 2). In de verticale kolommen is voor elk dezer weefsellagen het peripherisch aantal cellen opgeteekend, zooals dat in de verschillende internodia voorkomt:

---

1) L. c. bl. 300.

2) Voor het merg schijnt de schrijver ook hier geene metingen verricht te hebben.

Nummers der Internodiën.	Aantal Schorscellen.	Aantal Collenchym- cellen.	Aantal opperhuid- cellen.
III (oudste).	1130	3663	2768
IV.	1009	3167	2753
V.	917	3199	2449
VI.	918	2730	1966
VII.	923	2810	2678
VIII.	621	1926	2230
IX.	558	1899	1609
X.	644	1470	1190
XI.	430	1347	851
XII (jongste).	409	942	595

Omtrent den bouw des stengels in de richting van den omtrek leerde Harting's onderzoek derhalve, dat peripherische celvorming, gedurende den groei van een stengel zonder mergkanaal, niet plaats vindt (uitgenomen in collenchym en opperhuid). Bij stengels met eene mergholte schijnt omgekeerd, in alle wefsellagen peripherische vermeerdering der cellen voor te komen. De bevestiging van dit laatste vinden we ook nog in eene waarneming des schrijvers aan het merg en de schors van *Phytolacca*. In beide deze lagen vertoonde elk groeiend internodium een aantal cellen met jeugdige tusschenschotten in radiale richting. Deze leveren het rechtstreeksche bewijs, dat aldaar gedurende den groei het aantal cellen zich in de richting van den omtrek vermeerderd had.

Vatten we thans alles te zamen, wat omtrent den diktegroei (radiaal en peripherisch) uit Harting's onderzoe-

king gebleken is, dan kunnen we in het algemeen aannemen, dat de bouw van een internodium in dwarse richting, gedurende den met den lengtegroei gelijktijdig plaats hebbenden diktegroei, in elk opzicht onveranderd blijft. Eene uitzondering op dezen regel vormen dan de beide buitenste weefsellagen des stengels, ten opzichte van den bouw in de richting van den omtrek, en, bij de aanwezigheid van een mergkanaal, ook alle overige lagen.

§ 3. DE LENGTEGROEI. In het voorgaande bracht ik te zamen, wat mij in Harting's onderzoeking onder de uitkomsten, verkregen door metingen in dwarse richting, het belangrijkste is toegeschenen. Thans wil ik nog in hoofdzaak vermelden, tot welke besluiten de schrijver geraakte, door middel van metingen in de richting der lengteas.

Deze metingen konden echter niet, zooals de dwarse, aan alle weefsellagen plaats vinden; we lezen daaromtrent:

„Zoo ook is de overlangsche ontwikkeling alleen bij het merg, de schors en de opperhuid, door metingen met volkomen zekerheid kunnen bepaald worden, daar de houten bastcellen eenen te geringen dwarsen doormeter hebben, om bij de metingen altijd zeker te zijn, dat men werkelijk de uiteinden van eene enkele vezelcel en niet die van twee boven elkander gelegene, waarvan de eene door de andere heen schemert, voor zich heeft.” 1)

Dat echter overlangsche metingen aan deze drie weefsels volkomen volstaan kunnen, om van de ontwikkeling eens internodiums een denkbeeld te verkrijgen, zal in het vervolg nader blijken. 2)

In de eerste plaats leveren des schrijvers metingen hier het bewijs, dat, gedurende het tijdperk van den

---

1) L. c. bl. 239.

2) Men vergelijk § 4.

lengtegroei, eene aanmerkelijke vermeerdering van het aantal cellen in de richting van de lengteas des stengels voorkomt. In dit opzicht verschilt dus de groei in overlangsche richting zeer aanmerkelijk van dien in dwarse richting.

Tot voorbeeld kies ik den door den schrijver waargenomen stengel van *Humulus Lupulus*. De lengte der meeste internodiën verschilt bij deze plant in volwassen toestand zeer weinig; evenzoo het aantal cellen, waaruit zij in de richting der langste as zijn samengesteld, zooals de meting leerde <sup>1)</sup>. Men kan dus gerustelijk aannemen, dat ten minste de onderste, nog groeiende internodiën (in 't geheel bedroeg hun aantal vijf) ongeveer dezelfde lengte zouden bereiken en dat deze gepaard zou gaan met de vorming van een overeenkomstig aantal cellen. Wanneer we nu daarbij waarnemen, dat het aantal cellen in de nog groeiende internodiën zelfs vele malen geringer is dan in de volwassene, dan ligt het besluit voor de hand, dat er nog eene aanmerkelijke celvermeerdering te wachten moet zijn, als de lengtegroei een aanvang neemt.

Het aantal cellen bedroeg bij de bedoelde plant:

in Internodium	V (oudste)	2204
"	"	IX 2075
"	"	X 1848
"	"	XI 953
"	"	XII 481
"	"	XIII 260
"	"	XIV (jongste) 115

In het oudste der onderzochte internodiën was dit cijfer zelfs twintigmaal zoo groot als in het jongste, en meer

---

1) En zooals ook nog overtuigender uit mijne eigene waarnemingen blijken zal.

dan tweemaal zoo groot als in n°. XI, d. i. op één na het oudste groeiende. Met den schrijver komen we derhalve tot de overtuiging, dat de lengtegroei des stengels gepaard gaat met eene sterke vermenigvuldiging van het aantal cellen in de richting van dien groei.

Wat de lengte der cellen binnen elk groeiend internodium aangaat, daaromtrent zegt de schrijver het volgende:

„..... in de nog overlans groeiende internodia, waar celuitzetting plaats heeft, zijn altijd de cellen aan den top korter, dan die aan de basis, en deze wederom korter, dan de cellen aan den top van het volgende oudere internodium. Wanneer de uitzetting der cellen aan de basis [van het oudste der groeiende internodiën] reeds heeft opgehouden, gaat dezelve nog eenigen tijd aan den top voort 1).”

Dit besluit is afgeleid uit de waarnemingen aan de jaarloot van *Tilia*. In drie der groeiende internodiën werd hier de cellengte van merg en schors op meer dan ééne plaats bepaald. De volgende tabel bevat de bedoelde getallen voor beide lagen:

Nummers der Intern.	Plaats der meting.	Cellengte. Schors.	Cellengte. Merg.
III (oudste).	basis.	97 mmm.	49 mmm.
	top.	71 —	35 —
IV.	basis.	60 —	35 —
	top.	46 —	29 —
V (jongste).	basis.	40 —	28 —
	midden. top.	37 — 36 —	26 — 24 —

1) L. c. bl. 328, n°. 15.

Bovendien zal men in mijn eigen onderzoek nogmaals door talrijker metingen voor een andere plant hetzelfde bevestigd vinden.

Reeds uit de hier vermelde cijfers ziet men, dat ook de gemiddelde cellengte, in elk lager gelegen groeiend internodium der loot, grooter is dan in het eerstvolgende, meer naar boven gelegene en dus jongere. Door de geheele groeiende loot schijnt dus dezelfde onafgebroken vermindering der cellengte naar den top te bestaan, als in elk afzonderlijk internodium.

Daar dit punt voor mijne theoretische beschouwingen aan het einde dezer verhandeling (vergelijk Hoofdstuk III § 9) van het hoogste gewicht is, heb ik alle hieromtrent door Harting verrichte waarnemingen in de onderstaande tabellen bijeengebracht. Ik hoop daardoor den lezer de overtuiging te schenken, dat men bij de meest verschillende, groeiende planten, en in de meest verschillende tijdperken van den lengtegroei, ten opzichte van de lengte der cellen hetzelfde waarneemt: De allerjongste internodiën bestaan uit de kortste cellen, in elk daarop volgend ouder zijn zij iets langer, totdat zij in het bovenste der volwassen internodiën eene zekere grootte bereikt hebben, die nu niet meer verandert.

In de tabellen doen de verticale kolommen de gemiddelde cellengte in de verschillende internodiën zien. Al deze grootheden zijn weder in micromillimeters uitgedrukt. Ook doe ik nog opmerken, dat in elke tabel het onderste der opgeteekende internodiën reeds had opgehouden in de lengte te groeien.

**Tilia parvifolia.**

Nummers der Intern.	Cellengte. Merg.	Cellengte. Schors.
II (oudste).	45	111
III.	42	84
IV.	32	53
V.	26	38
VI.	18	35
VII.	15	20
VIII (jongste).	16	17

**Humulus Lupulus.**

Nummers der Intern.	Cellengte. Merg.
IX (oudste).	120
X.	85
XI.	64
XII.	52
XIII.	50
XIV (jongste).	52

**Aristolochia Sipho.**

Nummers der Intern.	Cellengte. Merg.	Cellengte. Schors.	Cellengte. Opperhuid.
IX (oudste).	107	60	23
X.	89	44	15
XI.	45	37	9
XII (jongste)	33	34	8



**Phytolacca decandra.**

Nummers der Intern.	Cellengte. Merg.	Cellengte. Schors.	Cellengte. Opperhuid.
V (oudste).	83	77	30
VI.	67	65	31
VII.	47	52	22
VIII.	51	63	16
IX.	49	64	16
X.	38	44	13
XI.	22	29	11
XII (jongste).	18	29	10

In al deze gevallen ziet men, dat de lengte der cellen vrij regelmatig naar de basis van stengel of loot toeneemt. Evenwel moet men hierbij opmerken, dat zij in de allerejongste, het dichtst bij den top gelegen internodiën ongeveer dezelfde blijft, en de eigenlijke celstrekking eerst later aanvangt, om niet te eindigen vóór het internodium zijne volwassen lengte bereikt heeft.

Van de veranderlijke lengte der cellen in de groeiende internodiën verkrijgen we zoodoende door des schrijvers waarnemingen eene duidelijke voorstelling. Maar thans wordt het de vraag, hoe zij zich voordoet in den volwassen toestand; vertoonen verschillende internodiën hieromtrent ook eenig verschil, of zijn zij alle in dit opzicht aan elkander gelijk? Deze vraag beantwoordt Harting op meer dan eene plaats in zijne verhandeling. Zoo lezen we op bladzijde 320:

„Aan een en denzelfden stengel zijn de internodia dikwerf van zeer ongelijke lengte, doch het is gebleken, dat deze verschillende lengte niet afhangt van een ver-

schil in lengte der afzonderlijke cellen, maar alleen van derzelve aantal" <sup>1)</sup>).

Gaan we nu echter na, op welke waarnemingen dit besluit steunt, dan twijfel ik niet, of de lezer zal met mij de overtuiging deelen, dat deze stelling een vernieuwd onderzoek vereischt.

Uit den aard der zaak was het aantal volwassen internodiën, door den schrijver onderzocht, gering, daar het hem hoofdzakelijk om ontwikkelingstoestanden te doen was. Zoo bezat de jaarloot van *Tilia* er slechts twee. Daar echter van het onderste dezer beiden de totale lengte niet wordt opgegeven, is het onmogelijk hieruit eenig besluit te trekken. <sup>2)</sup>

Van *Humulus Lupulus* werden eveneens twee volwassen internodiën onderzocht, het eene 260, het andere 249 millimeter lang. Dit verschil in lengte is natuurlijk veel te gering, om, in verband met de onvermijdelijke onzuiverheden der waarneming, tot eenig resultaat te leiden. Geheel hetzelfde geval treffen we bij *Phytolacca decandra* aan, waar de drie onderzochte internodiën eene respectieve lengte van 62, 78 en 55 millimeter bezaten.

Bij geen dezer waarnemingen vermeldt de schrijver dan ook, dat zij hem tot de bovengenoemde gevolgtrekking schijnen te leiden. Slechts bij de opsomming der metingen aan de mergcellen van *Aristolochia Siphon* is dit het geval. Van deze plant werden vier volwassen internodiën onderzocht. De hier volgende tabel geeft de lengte van deze in millimeters, benevens het aantal cellen, waaruit de schors en het merg in de lengterichting bestaan.

---

1) Vergelijk verder: t. a. pl. bl. 276, 330 en 331.

2) Bovendien was de gemiddelde lengte der schorscellen, volgens de waarneming in het onderste 66 mmm., in het bovenste daarentegen 101 mmm.; dus een vrij aanmerkelijk verschil.

Nummers der Intern.	Lengte der Intern.	Aantal cellen. Merg.	Aantal cellen. Schors.
VI (oudste).	186 mm.	1822	3260
VII.	246 —	2425	4030
VIII.	187 —	1968	2750
IX (jongste).	194 —	1810	3230

Hierbij vinden we aangeteekend:

„Onder de vier volwassen internodia onderscheidt zich n°. VII door deszelfs buitengewone lengte. Deze wordt niet veroorzaakt door eene grootere lengte der cellen, maar door haar grooter aantal”. 1)

Het bedoelde internodium was echter midden op den stengel tusschen veel kortere gelegen, had waarschijnlijk slechts aan een toevalligen samenloop van omstandigheden die grootere lengte te danken, en behoorde tot een stengel met onregelmatig afwisselende internodium-lengte (blijkens de tabel). Plaatsen we ons daarbij het verschijnsel voor den geest, dat ik in de Inleiding met den naam van Lengte-periode der internodiën bestempelde, en dat aan alle stengels en jaarloten in meerder of minder mate wordt waargenomen, dan is het duidelijk, dat des schrijvers gevolgtrekking, zonder nader onderzoek, op dit verschijnsel niet mag worden toegepast. Uit de waarneming van één enkel, toevallig iets grooter internodium mag men niet besluiten tot de verhouding bij een zoo regelmatig en standvastig verschijnsel als de Lengte-periode.

Nog meer wint deze overtuiging veld, wanneer we de getallen beschouwen, die ik in de Inleiding (bl. 9) als

1) L. c. bl. 276.

voorbeelden voor de Lengte-periode gaf, en opmerken, hoe hier het eene internodium tot zelfs twintigmaal de lengte bezit van een ander derzelfde loot. Daarbij zinkt het lengteverschil der door Harting onderzochte internodiën van Aristolochia, geheel in het niet, want in het gunstigste geval was hier de verhouding als 1 : 1, 3.

En toch was het mij, om in de Inleiding besproken redenen, van het grootste belang, nauwkeurig bekend te zijn met de lengte der cellen in de volwassen internodiën eener jaarloot, die de Lengte-periode duidelijk vertoont. Om deze reden besloot ik, door eigen waarneming, het ontbrekende aan te vullen.

Tevens meende ik, dat het wenschelijk was, het aantal metingen zeer uit te breiden, om daardoor niet alleen een beeld te verkrijgen van de cellengte in de verschillende internodiën, maar tevens uit te maken, of die lengte binnen elk afzonderlijk internodium, op alle punten dezelfde is, dan wel eenige, misschien regelmatige veranderingen vertoont.

De uitkomsten van dit onderzoek vindt de lezer in het volgende Hoofdstuk vermeld.

---

## TWEEDE HOOFDSTUK.

---

### **Eigen onderzoek.**

§ 4. METHODE VAN ONDERZOEK. Zooals ik reeds zeide, was het in de eerste plaats mijn doel, de gemiddelde lengte der cellen te leeren kennen in elk internodium eener volwassen jaarloot. Zou ik hiertoe geraken, dan was een groot aantal metingen bij verschillende planten noodzakelijk. Buitendien echter was het mij geenszins onverschillig, die lengte te kennen op verschillende hoogten van een en hetzelfde internodium. Ten einde dit tweeledig doel te bereiken, verdeelde ik alle internodiën eener jaarloot, die ik voor het onderzoek bestemd had, door dwarse streepjes in een aantal deelen. Deze streepjes waren telkens op een afstand van vijf millimeter van elkander verwijderd; een internodium van een decimeter lengte werd dus in twintigen verdeeld. Van elk dezer deelen werden dan eenige overlangsche doorsneden gemaakt, waaraan de cellen gemeten konden worden; was dit laatste geschied, dan kende ik derhalve voor een eenigszins grooter internodium de gemiddelde lengte der cellen op een aantal bepaalde plaatsen en was het bovendien ge-

makkelijk, uit deze getallen die lengte voor het geheel te berekenen.

Nu werd het evenwel de vraag, hoeveel cellen op elk dier punten gemeten moesten worden, om cijfers te verkrijgen, waarop men staat kon maken.

Bij de beantwoording dezer vraag ging ik, evenals de Hoogleraar Harting, uit van de stelling, dat de lengte der cellen in eenig weefsel, al moge ze ook zeer verschillend zijn, toch binnen zekere grenzen besloten ligt. Een blik op de doorsnede van merg of schors eener willekeurig gekozen plant, zal aan ieder de overtuiging schenken, dat dit het geval is. Alle cellen van eenig weefsel te meten en zodoende de ware gemiddelde grootte te vinden, zou echter veel te tijdroovend zijn en daarbij op groote technische bezwaren stuiten. Bovendien is het geenszins noodzakelijk, het aantal metingen zoozeer uit te breiden. Alles hangt hierbij af van het doel, dat men voor oogen heeft.

Zooals men weet, bestaat bij voorbeeld eene Vaucheria-plant uit ééne enkele cel, die soms eene zeer aanzienlijke lengte bereiken kan. Wil men nu eenvoudig weten of deze planten in het algemeen langer of korter zijn, dan de cellen in het merg eener dicotyle plant (*Aesculus* bijv.), dan zal de meting van ééne enkele cel bij beide volkomen voldoende zijn. Ook de langste mergcel zal vele malen korter zijn dan eene middelmatige Vaucheria-plant. Men zou zich des noods reeds met het bloote oog hiervan kunnen overtuigen; ook het geringste aantal metingen kan hier volstaan. Anders is het gelegen, indien het verschil, dat men wil leeren kennen, niet zoo verbazend groot is als in dit geval. Wil men bij voorbeeld, met Harting, het lengteverschil der cellen bepalen in de opvolgende internodiën eens groeienden stengels, dan kan men met de meting eener enkele

cel in elk van deze niet ver komen. Trof men bijv. in het jongere groeiende internodium eene bijzonder groote, in het oudere eene bijzonder kleine cel, dan zou het kunnen geschieden, dat het verschil al zeer gering uitviel en in geenen deele een voorstelling gaf van de werkelijke verhouding. Men moet hier dus meer metingen doen en daaruit de gemiddelde grootte berekenen. Zoo nam Harting steeds gemiddelden uit vijf metingen en, zooals ik in § 1 reeds opmerkte, zijne uitkomsten schijnen mij het beste bewijs te leveren, dat dit aantal hier voldoende was.

Mij was het echter tevens om de kennis van waarschijnlijk nog kleinere verschillen te doen, namelijk om die van de betrekkelijke cellengte op verschillende plaatsen van één en hetzelfde internodium. Daarom scheen het mij wenschelijk toe, het aantal metingen, waaruit ik mijne gemiddelde getallen zou bepalen, veel grooter te nemen. Dientengevolge besloot ik, telkens vijftig cellen aan de meting te onderwerpen en uit de aldus gevonden getallen de gemiddelde grootte van één cel te berekenen.

De volgende overwegingen mogen den lezer de overtuiging schenken, dat op deze wijze een met mijn doel overeenkomende graad van nauwkeurigheid bereikt werd. Ik vervaardigde tien verschillende overlangsche doorsneden van het volwassen merg van *Acer Pseudoplatanus*, allen nauwkeurig op dezelfde hoogte der jaarloot (binnen eene ruimte van vijf millimeter) gelegen. Aan ieder van deze werden nu vijftig cellen gemeten. De gemiddelde cellengte uit elk dezer tien reeksen berekenende, verkreeg ik de volgende waarden, in micromillimeters uitgedrukt:

46—49—44—46—47—45—43—46—47—48.

Zooals men ziet, vertoonen zich hier verschillen, maar deze zijn binnen zekere grenzen (43 en 49) besloten.

Daarbij moeten we bedenken, dat de ware gemiddelde grootte ergens tusschen de beide uitersten der meting zal gelegen zijn <sup>1)</sup>, zoodat het getal 43 te klein, het getal 49 daarentegen te groot zou wezen. Dit in aanmerking nemende, kan men zich ongeveer eene voorstelling vormen van den graad van nauwkeurigheid, dien men aan een gemiddelde uit 50 metingen in dit geval mag toekennen.

Wanneer ik derhalve, door de gemiddelde cellengte uit 50 metingen te bepalen, voor het eene deel van ditzelfde merg eene waarde van 46 mmm. verkreeg, voor het andere deel daarentegen eene van 48 mmm., dan mocht ik daaruit niet besluiten, dat dit de werkelijke verhouding der gemiddelden was. Even goed was het dan mogelijk, dat op beide plaatsen de lengte der cellen dezelfde en het verschil eenvoudig aan waarnemingsfouten te wijten was.

Daarom heb ik bij het opmaken van besluiten uit mijne metingen, zooals den lezer blijken zal, slechts gebruik gemaakt van zoodanige lengteverschillen, die veel grooter waren dan de hierboven beschrevene en die bovendien in alle onderzochte gevallen in denzelfden zin voorkwamen.

Zoo verkreeg ik de zekerheid, dat mijne uitkomsten niet afgeleid zijn uit toevallige onzuiverheden der waarneming, maar uit werkelijk bestaande verschillen tusschen de gemiddelde grootte der cellen op verschillende hoogten des stengels; en tevens, dat het aantal der door mij verrichte metingen overeenkomstig was met het doel dat ik beoogde. Dat ik op deze wijze voor de gemiddelde cel-

---

1) Zoo was bijv. de gemiddelde cellengte op deze zelfde plaats van het merg, uit 1000 metingen berekend = 45.3 mmm. Deze waarde komt zeker nader bij de ware gemiddelde, dan de meeste uit slechts 50 metingen gewonnen getallen.



lengte van een geheel internodium tot zeer nauwkeurige waarden kwam, behoeft geen betoog.

Eindelijk wil ik hier nog een paar voorbeelden bijbrengen van de oorspronkelijke tabellen (de meting van 50 cellen bevattende), waaruit de gemiddelde cellengte steeds berekend werd. Zij dienen om den lezer eenige voorstelling te geven van het lengte-verschil, dat men tusschen de afzonderlijke cellen op dezelfde hoogte des stengels aantreft en waardoor, zooals ik boven reeds zeide, het gebruik van gemiddelde waarden noodzakelijk wordt gemaakt. Aan elk getal, dat ik bij de bespreking mijner uitkomsten vermelden zal, ligt minstens eene zoodanige waarnemingsreeks ten grondslag; vele getallen zijn echter weder gemiddelden uit deze gemiddelden. Alleen bij ééne enkele der onderzochte planten (*Sambucus*) zijn de gemiddelden van de meting van slechts 30 cellen afkomstig; bij de groeiende loot van *Aesculus pallida* daarentegen werd de lengte op alle punten uit de meting van 100 cellen bepaald.

In de tabellen bevat de eerste kolom het aantal cellen, dat telkens gelijktijdig gemeten werd, de tweede het aantal deelen van den oculairmicrometer (zie beneden), dat deze gezamenlijk lang waren. Door optelling van beide kolommen verkrijgt men dus de lengte van 50 cellen, en daaruit wordt door deeling de gemiddelde lengte van één cel berekend.

**Acer Pseudoplatanus.**

Aantal cellen.	Aantal micrometer-deelen.
3 =	31.5
2 =	36.5
3 =	34.0
3 =	36.0
2 =	28.0
4 =	38.5
4 =	40.0
3 =	31.0
4 =	32.0
4 =	33.5
5 =	39.0
2 =	30.0
3 =	32.5
2 =	22.5
4 =	40.5
2 =	20.5

50 — 50 = 526.0  
 1 = 10.52

**Aesculus Hippocastanum.**

Aantal cellen.	Aantal micrometer-deelen.
5 =	38.0
4 =	38.0
3 =	30.0
4 =	37.0
3 =	39.5
2 =	27.0
4 =	31.0
3 =	38.0
3 =	31.0
3 =	37.0
3 =	38.0
4 =	32.0
4 =	36.0
4 =	32.0
1 =	11.0

50 — 50 = 495.5  
 1 = 9.91

Eene eenvoudige vermenigvuldiging, waarover ik nog nader spreken zal, is nu genoegzaam om deze waarden in micromillimeters uit te drukken. Zoo verkreeg ik hier voor *Acer*: 1 = 45.1 mmm., voor *Aesculus* 1 = 42.5 mmm.

Na op deze wijze den lezer te hebben uiteengezet, op welk een graad van nauwkeurigheid mijne metingen, naar ik meen, aanspraak kunnen maken, ga ik thans over tot de bespreking van de middelen, welke mij bij de meting

van dienst zijn geweest en van de wijze, waarop ik die heb toegepast.

Alle metingen zijn geschied onder een microscoop van Nachet, bij eene vergrooting van ongeveer 300 malen (op een afstand van 250 mm.), verkregen door het gebruik van objectief n°. 3 en oculair n°. 2. Op het diaphragma van dit laatste bevond zich een glas-micrometer van denzelfden maker, waarop een afstand van 5 millimeters in  $\frac{1}{10}$  millimeters verdeeld was. Deze deelstrepen werden dus gelijktijdig gezien met de cellen, die gemeten moesten worden, waardoor het gemakkelijk was, de lengte van een of meer cellen te leeren kennen, in deelen van den oculairmicrometer uitgedrukt.

De in micromillimeters uitgedrukte afstand onder den microscoop, waarmede elk dezer deelen overeenkwam bij de gebruikte vergrooting, werd door middel van een zoogenaamden object-glas-micrometer bepaald, die eveneens door Nachet was vervaardigd. Op dezen was eene ruimte van één millimeter in honderd deelen verdeeld. Deze verdeling werd als object onder den microscoop gebracht, en bood zoo de gelegenheid aan, om het aantal  $\frac{1}{100}$ <sup>ste</sup> millimeters te bepalen, dat overeenkwam met één deel des oculairmicrometers. Uit 120 waarnemingen, overeenkomende met regelmatig afwisselende plaatsen van beide micrometers, werd nu de gemiddelde waarde van één deel des oculairmicrometers bepaald, en daarvoor 0.00429 millimeter of 4.29 micromillimeter gevonden. Wanneer ik nu de lengte van een of meer cellen kende, in deelen van den oculairmicrometer uitgedrukt, behoefde ik dit getal dus eenvoudig te vermenigvuldigen met 4.29, om de ware lengte dier cellen in micromillimeters te bekomen. Op deze wijze heb ik al mijne metingen verricht.

Bij niet alle weefsellagen des stengels is het even gemakkelijk, de microscopische meting harer cellen te ver-

richten. Voornamelijk de vaatbundels bieden in dit opzicht, zoowel in het xyleem- als in het phloëemgedeelte, den onderzoeker menige zwaarigheid aan. Daarentegen is het merg voor zulke waarnemingen uiterst geschikt en bezit bovendien voor mijn onderzoek nog een ander voordeel. Zooals ik in de Inleiding reeds heb uiteengezet, was het mijn doel, de grootte der cellen in eene jaarloot te leeren kennen, om daaruit eenige besluiten te kunnen trekken, omtrent verschijnselen van den lengtegroei. Nu speelt, naar men weet, juist het merg bij den lengtegroei een hoofdrol, ja moet zelfs als de eigenlijke „motor van den groei ")” beschouwd worden. Heeft men dus in ééni<sup>g</sup> weefsel kans, iets omtrent den groei uit de lengte der cellen te leeren, dan is die kans zeker bij het merg het grootst. Daarom besloot ik, mijn onderzoek in hoofdzaak tot dit gedeelte des stengels te beperken; verreweg het grootste aantal mijner waarnemingen heeft dus betrekking op mergcellen. Evenwel kwam het mij niet ondienstig voor, bij een paar planten het schorsgedeelte van het grondweefsel en bij eene enkele ook de opperhuid te onderzoeken. Zooals nader blijken zal, leverden deze drie weefsels echter in alle opzichten dezelfde uitkomsten.

Daar in het merg de cellen aan den omtrek in 't algemeen een weinig korter zijn dan in het midden, droeg ik zorg, gedurende de meting van 50 cellen, waaruit een gemiddelde berekend werd, steeds zooveel mogelijk de geheele breedte van het merg te doorloopen, om zodoende de gelijkmatigheid der waarneming op alle hoogten der jaarloot te bevorderen. Verder maakte ik het mij tot een regel, nooit de gemiddelden uit mijne waarnemingen te berekenen, voordat deze over de geheele loot hadden plaats gehad. Zodoende was ik gedurende

---

1) Men vergelijkte: Sachs. Lehrb. d. Bot. 1874. p. 772.

de meting steeds onkundig van de uitkomsten, die ik reeds verkregen had en werd derhalve de mogelijkheid uitgesloten, dat ik onwillekeurig de keuze der te meten cellen niet geheel aan het toeval overliet, 't welk ze, bij het verschuiven in dwarse richting, juist onder mijn oog voerde.

Tot het onderzoek hebben mij jaarloten gediend van de volgende planten: *Acer Pseudoplatanus*, *Aesculus Hippocastanum*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia parvifolia*, *Sambucus nigra* en *Aesculus pallida* Spach. Slechts de laatsten verkeerden nog in het tijdperk van den lengtegroei, de overigen waren geheel volwassen en voor een deel zelfs in den winter afgesneden. Bij al deze jaarloten vertoonde zich de Lengte-periode der internodiën in een zeer duidelijken vorm, zooals o. a. de tabel op bl. 9 doet zien, die voor het grootste deel uit de waarneming dezer loten is samengesteld.

De empirische resultaten van mijn onderzoek, heb ik getracht den lezer zichtbaar te maken, door middel der hierachter toegevoegde graphische voorstellingen. De lijn der abcissen is in een aantal deelen verdeeld, die elk eene ruimte van 5 mm. op de jaarloot voorstellen. Op het midden van elk dezer deelen is als ordinaat de gemiddelde cellengte geplaatst, zooals die voor elk schijfje van 5 millimeter uit 50 cellen is berekend. Door de op deze wijze verkregen punten te vereenigen, is de gebroken lijn verkregen, die derhalve eene voorstelling geeft van de afwisselende lengte der cellen op de verschillende punten van elk internodium der loot.

Een deel der aldus zichtbaar wordende lengteverschillen is aan waarnemingsfouten te wijten en zou zijn weggelaten, indien dit mogelijk ware geweest, zonder in andere opzichten aan de juistheid der voorstelling te kort te doen. Andere verschillen zijn echter zoo aanzienlijk en daarbij zoo regelmatig, dat ze een vrij nauwkeurig denkbeeld geven van werkelijk bestaande verhoudingen.

Omtrent dit alles zal ik nog overvloedig gelegenheid hebben den lezer in te lichten, bij de beschrijving mijner waarnemingen. Overigens verwijs ik ook naar de bij de platen gevoegde verklaringen. Alleen doe ik hier nog opmerken, dat de plaatsen, waar de knoopen des stengels met de aanhechtspunten der bladeren gelegen zijn, door de verticale zwarte lijnen zijn aangegeven en dat de horizontale zwarte lijnen door haren afstand van de lijn der abscissen de gemiddelde cellengte voor ieder geheel internodium aantoonen.

Ten slotte vermeld ik nog, dat ik van al mijne waarnemingen, zonder onderscheid, op dezelfde wijze graphische voorstellingen heb vervaardigd. Zonder deze toch is het niet wel mogelijk, zich eene juiste voorstelling te vormen van de uitkomsten, die uit zoodanig onderzoek, als ik deed, kunnen worden afgeleid <sup>1)</sup>. Daar echter al deze figuren in hoofdzaak geheel met elkander overeenstemmen, mogen de beide aan het slot van mijn opstel geplaatste den lezer genoegzaam zijn.

§ 5. HET AANTAL EN DE LENGTE DER CELLEN IN DE VERSCHILLENDE INTERNODIËN EENER JAARLOOT. In de hier volgende tabellen zal de lezer voor elk internodium de gemiddelde lengte der cellen opgeteekend vinden, zooals die berekend is uit de gemiddelden van 50 cellen, die ik voor elken afstand van 5 millimeter verkreeg. Aan de hier opgegeven getallen ligt dus een zeer groot aantal waarnemingen ten grondslag, evenredig aan de lengte van het onderzochte internodium. Door telkens de zoo gevonden cellengte te deelen op de totale lengte van het daarbij behoorende internodium, verkreeg ik het gemiddeld aantal cellen, waaruit dit in de lengterichting is samengesteld. De nummers der internodiën zijn van de

1) Men vergelijke hieromtrent ook: Sachs. Arb. des Bot. Inst. in Würzburg. Bd. I, p. 126.

basis der loot uitgaande gerekend, zoodat Internodium I het onderste is. Ik heb dit bovendien tot gemak des lezers in elke tabel aangegeven, door de woorden top en basis bij de cijfers van het bovenste en onderste internodium te plaatsen. Overigens behoeven de tabellen, naar ik meen, geene verdere verklaring en mogen zij voor zich zelve spreken.

### **Aesculus Hippocastanum.**

Nummers der Intern.	Lengte der Intern.	Cellengte. Merg.	Aanta cellen.
I (basis).	5,0 mm.	28,5 mmm.	175
II.	62,5 —	36,9 —	1694
III.	130,5 —	37,6 —	3471
IV.	85,0 —	31,2 —	2724
V (top).	11,5 —	22,4 —	513

Vergelijk ook de horizontale, zwarte lijnen op Plaat II.

### **Acer Pseudoplatanus.**

Nummers der Intern.	Lengte der Intern.	Cellengte. Merg.	Aantal cellen.
I (basis).	10.0 mm.	36.3 mmm.	275
II.	40.0 —	43.4 —	922
III.	45.0 —	38.5 —	1169
IV (top).	3.5 —	18.9 —	185

Vergelijk de zwarte, horizontale lijnen op Plaat I.

**Fraxinus excelsior.**

Aan deze jaarloot werden zoowel merg als schors aan het onderzoek onderworpen.

In de eerste tabel vindt men de metingen, die op het merg betrekking hebben, in de tweede, die voor de schors.

*Merg.*

Nummers der Intern.	Lengte der Intern.	Cellengte.	Aantal cellen.
I (basis).	6.0 mm.	20.5 mmm.	293
II.	20.0 —	26.6 —	752
III.	43.5 —	29.3 —	1485
IV.	73.0 —	29.2 —	2500
V (top).	26.0 —	25.2 —	1032

*Schors.*

Nummers der Intern.	Lengte der Intern.	Cellengte.	Aantal cellen.
I (basis).	6.0 mm.	23.5 mmm.	255
II.	20.0 —	27.2 —	735
III.	43.5 —	29.5 —	1474
IV.	73.0 —	29.2 —	2500
V (top).	26.0 —	26.8 —	970



**Sambucus nigra.**

Hier werden niet alleen de cellen van merg en schors, maar ook die der opperhuid gemeten. Van deze laatste werden echter geene overlansche doorsneden gemaakt, maar er werd eenvoudig op de te meten plaatsen een stukje afgelicht en dit onder den microscoop gebracht. Op deze wijze laat de lengte der cellen zich gemakkelijk bepalen, terwijl het maken van radiale doorsneden in genoegzaam aantal hier zeer tijdroovend zou zijn.

Overigens merk ik nog op, dat bij deze plant de gemiddelden op de verschillende punten der internodiën telkens door de meting van 30 cellen verkregen zijn. Het voornaamste resultaat der metingen stemt echter ook hier, zooals blijken zal, volkomen overeen met dat bij de overige onderzochte planten, waar steeds 50 cellen werden gemeten.

*Merg.*

Nummers der Intern.	Lengte der Intern.	Cellengte.	Aantal cellen.
I (basis).	9.0 mm.	50.4 mmm.	179
II.	34.0 —	64.7 —	525
III.	49.0 —	70.7 —	693
IV (top).	16.5 —	— —	—

*Schors.*

Nummers der Intern.	Lengte der Intern.	Cellengte.	Aantal cellen.
I (basis).	9.0 mm.	61.1 mmm.	147
II.	34.0 —	70.8 —	480
III.	49.0 —	73.5 —	667
IV (top).	16.5 —	71.0 —	232

*Opperhuid.*

Nummers der Intern.	Lengte der Intern.	Cellengte.	Aantal cellen.
I (basis).	9.0 mm.	58.0 mmm.	155
II.	34.0 —	72.0 —	472
III.	49.0 —	67.8 —	723
IV (top).	16.5 —	64.1 —	257

**Tilia parvifolia.**

Van deze plant werden weder alleen mergcellen aan de meting onderworpen.

Nummers der Intern.	Lengte der Intern.	Cellengte. Merg.	Aantal cellen.
I (basis).	4.0 mm.	33.6 mmm.	119
II.	16.5 —	35.1 —	470
III.	40.0 —	37.9 —	1055
IV.	56.7 —	36.5 —	1553
V.	69.5 —	35.3 —	1969
VI.	61.5 —	35.2 —	1747
VII (top).	51.0 —	28.3 —	1802

Zien we thans, tot welke uitkomsten deze getallen ons leiden kunnen.

Indien wij in de tabellen die cijfers in oogenschouw nemen, welke het aantal cellen in de lengterichting aangeven, dan zien we terstond, dat de hier opgeteekende getallen, voor de verschillende internodiën derzelfde loot, onderling zeer groote verschillen aanbieden. Daarbij merken we op, dat elk langer internodium ook uit meer

cellen bestaat dan een kleiner derzelfde loot <sup>1)</sup>. Nemen we daarentegen de lengte der cellen in de verschillende internodiën waar, dan zien we, dat tusschen de daarvoor verkregen cijfers wel eenig onderscheid bestaat, maar veel geringer dan bij die voor het aantal cellen. Zoo bijv. is bij *Aesculus Hippocastanum*: Internodium III 26 maal zoo lang als Internodium I. Het aantal cellen in n°. I is: 175, in n°. III: 3471, d. i. eene verhouding als 1 : 19.8. Daarentegen is de verhouding tusschen de lengte der cellen in beiden als 1 : 1, 3. Geheel hetzelfde leeren de tabellen ook in alle overige gevallen; steeds gaat met de meerdere lengte van eenig internodium eene groote vermeerdering van het aantal cellen gepaard, maar is de lengte der cellen, in 't algemeen gesproken, ongeveer dezelfde, hoewel ook hier zekere verschillen bestaan, waarover ik later spreken zal.

Passen we dit nu toe op het verschijnsel, dat ik de Lengteperiode der internodiën genoemd heb en dat zich aan alle onderzochte planten, blijkens de tabellen, zeer duidelijk vertoonde, dan komen we tot het volgende besluit: de Lengteperiode der internodiën gaat gepaard met een zeer aanmerkelijk verschil in aantal cellen, zoodanig, dat een langer internodium uit veel meer cellen bestaat dan een korter. Daarentegen zijn de cellen in alle internodiën der jaarloot ongeveer even lang, of liever, zij vertoonven verschillen, die, ten opzichte van haar verschil in aantal, uiterst gering te noemen zijn.

Op deze uitkomst vestig ik zeer de aandacht van den lezer, daar zij bij mijne theoretische beschouwingen eene hoofdrol te vervullen heeft.

Gaan we nu echter de lengte der cellen eenigszins

1) Een uitzondering maken alleen Intern. VI en VII van *Tilia*. Deze schijnbare onregelmatigheid zal hieronder opgehelderd worden.

nauwkeuriger na, zooals die in de tabellen is opgeteekend. Op het eerste gezicht zal het wellicht schijnen, dat deze in de verschillende internodiën eener jaarloot onregelmatig afwisselt. Zoo zien we bijv. bij Aesculus (zie Plaat II), dat het langere internodium n°. III langere cellen heeft dan n°. I. Daarnevens echter zien we, dat ook een langer internodium uit kleinere cellen opgebouwd kan zijn dan een korter, door bijv. n°. I en n°. V of n°. II en n°. IV derzelfde plant te vergelijken.

Toch bestaat hier in waarheid geene onregelmatigheid, zooals uit het volgende blijken zal. Uitgaande van de basis en den top der jaarloot, ziet men de cellengte in de meer naar het midden gelegen internodiën steeds grooter en grooter worden, tot ergens een maximum bereikt is. Dit is bij alle onderzochte loten het geval.

Maar geenszins is daarmee gezegd, dat elk grooter internodium ook langere cellen bevat, zooals den oppervlakkigen beschouwer misschien toe kan schijnen. Dat dit in werkelijkheid niet zoo is, wordt reeds duidelijk, wanneer men ziet, dat het maximum der Lengte-periode en het maximum der cellengte in eene loot volstrekt niet behoeven samen te vallen, zooals bijv. uit Pl. I blijkt. Maar zelfs dan, wanneer het langste internodium ook de langste cellen bezit (zie Plaat II) kan het zeer goed geschieden, dat een langer internodium toch kortere cellen bevat, zooals de hierboven omtrent Aesculus vermelde verhoudingen reeds aantoonen. Evenwel vinden we bij eene opmerkelijke beschouwing ook hier weder een algemeenen regel.

Steeds zien we namelijk, dat de lengte der cellen naar den top der loot betrekkelijk geringer wordt, zoodat dikwijls een grooter, maar meer naar den top gelegen internodium kortere cellen bevat dan een kleiner, maar dat dichter bij de basis gelegen is. Het omgekeerde daarentegen komt nooit voor. In alle onderzochte gevallen, bevat

steeds een langer internodium aan de basis der loot ook langere cellen dan een korter en meer naar den top gelegen internodium. Men vergelijkte hiervoor de beide platen en overigens de tabellen.

Het moge dus in vele gevallen waar zijn, dat een langer internodium ook uit langere cellen is samengesteld, een algemeene regel is dit niet, want naar den top der loot wordt de cellengte betrekkelijk geringer, en zodoende kan door vergelijking van een internodium bij den top met een bij de basis gelegen, juist de omgekeerde verhouding te voorschijn komen.

Omtrent de lengte der cellen in de verschillende internodiën eener jaarloot komen we dus tot deze twee conclusiën:

1°. Indien men van het onderste en het bovenste internodium eener loot uitgaat, ziet men de lengte der cellen in elk opvolgend internodium, naar het midden der loot grooter worden, totdat een maximum bereikt is. Ook de lengte der cellen vertoont dus in elke jaarloot eene zekere periode, waarvan het maximum echter geenszins samen behoeft te vallen met dat der Lengte-periode.

2°. Aan den top der jaarloot is de cellengte betrekkelijk geringer dan aan de basis, dat wil zeggen: een langer, maar meer naar den top gelegen internodium is zeer dikwijls uit kleinere cellen samengesteld dan een korter internodium, dat echter meer in de nabijheid der basis ligt.

Ten slotte wil ik hier nog met een enkel woord spreken over de verhoudingen, die de lengte van opperhuid-, schors- en mergcellen volgens mijne metingen tot elkander bezitten. Beschouwen we hiertoe in de eerste plaats de getallen, voor merg en schors van *Fraxinus* gevonden, dan valt het onmiddellijk in het oog, dat voor beide weefsels de cellengte in bijna alle internodiën ongeveer dezelfde is. Stellig zijn de verschillen zoo gering, dat zij binnen de grenzen der waarnemingsfouten vallen,

Slaan we thans het oog op de getallen, voor alle 3 de bedoelde weefsels bij *Sambucus* verkregen, dan zijn hier schijnbaar eenigszins grootere verschillen. Evenwel vertoonen zich deze niet steeds in een bepaalde richting; bijv. in het eene internodium schijnen de opperhuidcellen langer te zijn dan de schorscellen, in het andere is het omgekeerde waar, enz. Bedenken we daarbij, dat hier slechts gemiddelden uit 30 gemeten cellen zijn genomen, zoodat de waarnemingsfouten hier grooter zijn dan bij de andere behandelde planten, dan verkrijgen we de overtuiging, dat ook hier de cellen der 3 weefsels ongeveer dezelfde lengte bezitten. Uit mijne metingen kom ik derhalve tot het besluit, dat merg, schors en opperhuid in de volwassen jaarloot dezelfde cellengte vertoonen.

Zooals de lezer later zien zal, kwam de Hoogleraar Harting tot eenigszins afwijkende resultaten; doch daarover nader.

§ 6. DE CELLENGTE BINNEN ELK AFZONDERLIJK INTERNODIUM. In de hier volgende tabellen zal men voor elk internodium, van vijf tot vijf millimeter afstand, telkens de gemiddelde cellengte vinden opgeteekend, zooals die berekend werd uit de meting van 50 cellen. Uit den aard der zaak, kunnen hier slechts die internodiën in aanmerking komen, welke groot genoeg waren, om in verscheidene deelen van 5 millimeter verdeeld te worden. Waar dit mogelijk was, zullen we steeds een regelmatig verschil in de lengte der cellen waarnemen. Deze is namelijk bij de knopen steeds geringer dan in de meer naar het midden gelegen deelen des internodiums.

In de verticale kolommen vindt men nu de cellengte per 5 millimeter, in micromillimeters uitgedrukt, opgeteekend. De opeenvolgende plaatsen der meting zijn door de nummers, links in de tabel, aangegeven, in dier voege dat het cijfer 1 het deel van 5 millimeter beteekent, dat aan de internodium-basis gelegen is, terwijl elk volgend getal overeenkomt met een meer naar den top gelegen schijfje.

Als ik voor de lengte van eenig internodium in millimeters een getal verkreeg, dat niet juist door 5 deelbaar was, heb ik òf het onderste, òf het bovenste schijfje iets langer of korter dan 5 millimeter genomen.

**Aesculus Hippocastanum.**

Lengte van Intern.	II =	62.5	mm.
"	"	III =	130.5 —
"	"	IV =	85.0 —

*Merg.*

Nummers der schijfjes.	Cellengte voor Internodium :		
	II (onder).	III.	IV (boven).
1 (basis).	33.4	24.1	23.4
2	35.6	38.3	31.3
3	38.7	43.4	34.1
4	38.2	42.4	37.6
5	37.8	42.5	34.9
6	38.3	41.1	34.4
7	37.9	40.2	33.8
8	39.6	39.4	33.7
9	37.2	38.4	32.1
10	39.1	39.2	33.0
11	36.1	37.1	31.8
12	31.1	36.1	30.8
13	—	39.8	30.8
14	—	37.1	30.8
15	—	39.5	29.0
16	—	38.0	28.1
17	—	40.1	21.1
18	—	40.5	—
19	—	37.7	—
20	—	39.2	—
21	—	37.4	—
22	—	37.1	—
23	—	36.8	—
24	—	35.9	—
25	—	30.3	—
26 (top).	—	25.9	—

Vergelijk de gebroken lijn op Plaat II, die eene aanschouwelijke voorstelling dezer getallen geeft.

**Acer Pseudoplatanus.**

Lengte van Intern. II = 40.0 mm.

" " " III = 45.0 "

*Merg.*

Nummers der schijfjes.	Cellengte voor Internodium :	
	II (onder).	III (boven).
1 (basis).	37.2	40.9
2	42.2	39.4
3	49.3	40.9
4	48.9	45.2
5	47.7	43.8
6	46.8	41.4
7	41.5	35.6
8	33.5	35.8
9 (top).	—	23.6

Vergelijk Plaat I.

**Fraxinus excelsior.**

Lengte van Intern. II = 20.0 mm.

" " " III = 43.5 "

" " " IV = 73.0 "

" " " V = 26.0 "

*Merg.*

Nummers der schijfjes.	Cellengte voor Internodium :			
	II (onder).	III.	IV.	V (boven).
1 (basis).	25.4	26.8	26.9	25.2
2	27.7	29.6	32.9	27.7
3	27.8	29.5	32.7	26.7
4	25,7	29.9	30.8	23.7
5	—	30.9	30.8	22.5
6	—	31.0	29.7	—
7	—	30.1	29.7	—
8	—	27.0	29.5	—
9	—	—	27.8	—
10	—	—	28.1	—
11	—	—	28.8	—
12	—	—	28.4	—
13	—	—	26.9	—
14 (top).	—	—	26.0	—



**Sambucus nigra.**

Lengte van Intern. II = 34.0 mm.

" " " III = 49.0 "

Nummers der schijfjes.	Cellengte voor de Internodiën van:					
	Merg.		Schors.		Opperhuid.	
	II	III	II	III	II	III
1 (basis).	52.9	56.7	60.0	52.2	59.1	52.5
2.	61.0	62.5	72.0	69.7	75.3	70.7
3.	69.1	71.2	73.1	78.4	75.9	72.7
4.	72.4	76.3	75.0	81.0	79.0	71.5
5.	75.1	77.3	76.7	80.4	79.0	71.0
6.	68.6	76.3	79.4	80.5	74.8	72.4
7.	53.7	69.2	59.4	72.7	60.7	72.5
8.	—	71.6	—	73.4	—	65.8
9.	—	73.5	—	69.6	—	69.2
10 (top).	—	72.1	—	76.4	—	60.2

**Tilia parvifolia.**

Lengte van Intern. IV = 56.7 mm.

" " " V = 69.5 "

" " " VI = 61.5 "

" " " VII = 51.0 "

*Merg.*

Nummers der schijfjes.	Cellengte voor Internodium:			
	IV (onder).	V.	VI.	VII (boven)
1 (basis).	34.4	32.1	31.7	26.3
2.	37.3	34.6	35.9	28.1
3.	36.8	36.5	35.5	29.8
4.	39.8	35.3	36.1	30.7
5.	37.7	34.4	34.9	30.2
6.	35.4	35.5	37.5	30.3
7.	35.9	36.5	36.3	30.8
8.	37.2	36.2	34.7	27.8
9.	36.9	37.9	34.4	26.2
10.	35.2	36.7	35.6	23.3
11.	35.3	36.6	36.8	—
12.	—	36.6	33.3	—
13.	—	35.6	—	—
14 (top).	—	30.0	—	—

Uit deze getallen volgt thans vanzelf het resultaat, dat ik zoo even reeds ter loops mededeelde. Steeds neemt de lengte der cellen, van de knoopen uitgaande, naar het midden des internodiums toe. Wanneer men nu daarbij bedenkt, dat mijne metingen nooit aan de knoopen zelve geschied zijn, maar steeds op 2 à 3 millimeter afstand van deze, dan zal men nog des te meer de overtuiging verkrijgen, dat de cellen hier betrekkelijk veel kleiner zijn dan in de meer naar het midden des internodiums gelegen deelen.

Op de beide platen is deze verhouding overigens zichtbaar voorgesteld. Daarbij verzoek ik den lezer, zijne aandacht slechts tot den algemeenen loop der gebroken lijnen te bepalen, waarbij de afdaling naar de knoopen duidelijk te voorschijn komt. De kleinere onregelmatigheden dezer lijnen, vooral op Plaat II in grooten getale voorhanden, berusten voor het grootste deel op de onzuiverheden der waarneming en zouden, zooals ik hierboven reeds opmerkte, op de platen niet zijn aangegeven, wanneer dit mogelijk ware geweest, zonder aan de juistheid der voorstelling te kort te doen.

#### § 7. ONDERZOEK VAN NOG GROEIENDE JAARLOTEN.

Nadat ik de voorgaande uitkomsten verkregen had, kwam het mij wenschelijk voor, ook aan de nog groeiende jaarloot eenige metingen te verrichten. In de eerste plaats was het mij hierbij van belang, zoodanig tijdperk van den lengtegroei te onderzoeken, waarin nog geen enkele cel, in de geheele loot, hare volwassen lengte bereikt had. Ik wenschte namelijk, om later te vermelden redenen, de vraag te beantwoorden, of, in zoodanigen toestand, in de verschillende internodiën, reeds in meerdere of mindere mate het verschillend aantal cellen voorkomt, waarmede de Lengte-periode der internodiën in volwassen toestand, zooals we hierboven zagen, steeds gepaard gaat.

Tot dit onderzoek koos ik mij twee jaarloten van *Aesculus pallida* Spach., in de lente van het jaar 1875 afgesneden, en wel zoodanige, die aan haren top van een jeugdigen bloemtros voorzien waren. Beide bestonden uit 4 internodiën, waaraan toen reeds de Lengte-periode uitwendig was waar te nemen, zooals men in de beide eerstvolgende tabellen zien kan.

Evenwel verkeerde ook zelfs het onderste en oudste internodium, bij de eene zoowel als bij de andere dezer loten nog in groeienden toestand. De internodiën van beiden werden verdeeld in deelen van 4 à 5 millimeter lengte, en van elk dezer schijfjes werden thans 100 cellen gemeten, om eene groote mate van nauwkeurigheid te verkrijgen. De metingen bepaalden zich in beide gevallen uitsluitend tot het merg.

In de volgende tabellen zal de lezer weder het aantal en de lengte der cellen voor elk geheel internodium opgeteekend vinden, benevens de lengte der opvolgende internodiën. De eerste loot is door de letter A, de tweede door B aangegeven.

### ***Aesculus pallida* Spach.**

#### A.

Nummers der Internodiën.	Lengte der Internodiën.	Cellengte. Merg.	Aantal cellen.
I (basis).	3.5 mm.	30.1 mmm.	116
II.	12.0 —	30.2 —	397
III.	28.0 —	26.1 —	1073
IV (top).	15.0 —	20.4 —	735

## B.

Nummers der Internodiën.	Lengte der Internodiën.	Cellengte. Merg.	Aantal cellen.
I (basis).	3.4 mm.	33.5 mmm.	101
II.	13.5 —	30.5 —	443
III.	22.4 —	25.1 —	892
IV (top).	11.3 —	19.4 —	582

Beide tabellen voeren tot het besluit, dat reeds in dit tijdperk van den groei, het aantal cellen in de verschillende internodiën aanmerkelijke afwijkingen vertoont. Tegelijk echter ziet men, dat de lengte der cellen geenszins in alle internodiën dezelfde is, maar naar den top der loot onafgebroken kleiner wordt, zoodat oudste en jongste internodium in dit opzicht een vrij groot verschil vertoonen.

Zooals we uit het voorgaande weten, zijn in den volwassen toestand alle cellen ongeveer even lang. Door de strekking der hier reeds aanwezige cellen, zal dus de Lengte-periode ten slotte een anderen vorm vertoonen dan thans aan de groeiende loot het geval is. Dezen vorm heb ik getracht door berekening te bepalen, om den lezer zodoende de overtuiging te schenken, dat werkelijk reeds in het hier onderzochte tijdperk van den lengtegroei de internodiën zoozeer in aantal cellen verschillen, dat alleen door de strekking van deze eene Lengte-periode ontstaan kan, zooals die menigvuldig aan volwassen jaarloten derzelfde plant voorkomt. Daarbij laat ik geheel in het midden, of in de onderzochte jeugdige takken de celdeeling in alle internodiën reeds geheel was afgeloopen en dus de berekende absolute lengte dezer jaarloten nauwkeurig overeenkomt met die, welke zij in volwassen toestand

werkelijk zouden bezeten hebben. Het is mij hier slechts om de *betrekkelijke* lengte der internodiën onderling te doen, want daarvan alleen is de *Lengte-periode* afhankelijk.

In de eerste plaats bepaalde ik dan de cellengte in de verschillende internodiën eener volwassen jaarloot van hetzelfde exemplaar van *Aesculus pallida*. Deze loot bestond ook uit 4 internodiën; van het onderste en het tweede werden van elk 100 cellen gemeten, van het derde en vierde 200. De gemiddelden uit deze waarnemingen vindt men in de volgende tabel opgeteekend. De hier onderzochte loot kenmerk ik door de letter C.

## C.

Nummers der Internodiën.	Lengte der Internodiën.	Cellengte. Merg.
I (basis).	10.5 mm.	38.8 mmm.
II.	37.5 —	40.1 —
III.	86.5 —	40.9 —
IV (top).	69.0 —	38.2 —

De verschillen in cellengte zijn hier, zooals men ziet, zeer gering.

Het was nu slechts de vraag of ik aan mocht nemen, dat de cellen in de onderzochte groeiende takken ongeveer deze zelfde lengte bereikt zouden hebben, als ze de gelegenheid gehad hadden om volwassen te worden. In dit geval was het mogelijk door eenvoudige vermenigvuldiging, de verhoudingen te berekenen, die in volwassen toestand uit het reeds aanwezige verschil in aantal cellen zouden zijn te voorschijn gekomen.

Het was dus slechts de vraag, of de cellengte in alle volwassen jaarloten van het onderzochte individu ongeveer dezelfde was. Bleek dit het geval te zijn, dan mocht ik ook aannemen, dat deze zelfde cellengte eenmaal in mijne groeiende takjes bereikt zou zijn.

Ter beantwoording dezer vraag, nam ik van vijf verschillende volwassen jaarloten vijf internodiën (van elk één), die weinig verschil in totale lengte bezaten. Van elk van deze werden 100 cellen gemeten en daaruit de gemiddelden berekend, die men in onderstaande tabel vindt opgeteekend :

Lengte der Internodiën.	Cellengte. Merg.
68.0 mm.	41.2 mmm.
59.0 —	41.5 —
84.0 —	41.0 —
75.0 —	43.7 —
29.5 —	41.3 —

De verschillen zijn zeer gering en bovendien komt de hier gevonden volwassen cellengte geheel overeen met die in de vorige tabel. Het langste internodium toch bezat dáár cellen, die 40.9 mmm. lang waren. We mogen dus gerustelijk aannemen, dat bij deze plant in alle jaarloten, die in hetzelfde jaar ontstaan zijn, de mergcellen in volwassen toestand ongeveer dezelfde lengte bezaten <sup>1)</sup>.

1) Eenige voorloopige metingen doen mij vermoeden, dat ook oudere jaarloten dezer plant in haar merg dezelfde cellengte bezitten. Het zou

Thans had ik eenvoudig te berekenen, hoe lang elk internodium der groeiende takjes A en B zou zijn, indien de daarin aanwezige cellen hare normale lengte bereikt zouden hebben. Ik legde bij deze berekening de voor de volwassen loot C gevonden waarden ten grondslag. Op deze wijze vond ik, dat de internodiën alleen door strekking der reeds aanwezige cellen hier ongeveer de volgende lengten bereikt zouden hebben, in millimeters uitgedrukt:

Internodiën.	I (basis).	II.	III.	IV (top).
Loot A.	4.5	15.9	43.9	28.1
Loot B.	3.9	17.8	36.5	22.2

Ik laat onbeslist, of deze getallen nog in den loop van den groei niet eenige wijzigingen zouden ondergaan hebben, door vermeerdering van het absolute en misschien ook van het betrekkelijke aantal cellen. Ik constateer alleen, dat in de door mij onderzochte groeiende takjes de verschillende internodiën reeds zoozeer in aantal cellen van elkander afweken, dat door enkele celstrekking eene zeer duidelijke Lengte-periode der internodiën kon ontstaan. De volgende tabel moge nu den lezer nog overtuigen, dat de hier berekende vorm der Lengte-periode eene zoodanige is, als aan jaarloten derzelfde plant zeer dikwijls voorkomt. In deze tabel vindt men voor eenige volwassen jaarloten, ieder eveneens uit vier internodiën bestaande, de lengte van deze in millimeters opgeteekend.

---

niet van gewicht ontbloeit zijn, door middel van talrijker metingen aan vele planten uit te maken, of werkelijk ieder weefsel des stengels in ieder deel derzelfde plant dezelfde specifieke cellengte bezit.

Internodiën.	I (basis).	II.	III.	IV (top).
Jaarloot n°. 1.	10.5	37.5	86.5	69.0
— n°. 2.	5.0	29.5	83.0	81.0
— n°. 3.	2.5	18.0	59.0	48.0
— n°. 4.	4.2	20.0	66.5	39.0
— n°. 5.	3.5	14.0	56.0	22.0

Vergelijken we thans de hier verkregen getallen met die, welke door berekening voor de groeiende jaarloten A en B zijn gevonden. De totale berekende lengte van deze is aanmerkelijk geringer dan die van de meeste volwassene takken; waarschijnlijk was dus alle celvermenigvuldiging in het onderzochte stadium van den groei nog niet opgehouden. Dit in het midden latende, trekt het echter dadelijk onze aandacht, dat de betrekkelijke lengte der internodiën in beide gevallen ongeveer dezelfde is. Steeds is n°. I het kleinste, n°. III het grootste internodium, en ook verder vertoonen de lengteverhoudingen tusschen de internodiën van dezelfde loot zeer veel overeenkomst bij de waargenomene en de berekende volwassen jaarloten. De lezer kan, door eene vergelijking van beide tabellen, zich gemakkelijk daarvan overtuigen.

We zien dus, dat in het door mij waargenomen stadium van den groei de Lengte-periode der internodiën in hoofdzaak reeds aanwezig was.

Het hier behandelde kunnen we op de volgende wijze formuleeren:

Groeiende jaarloten, wier cellen nog in geen enkel internodium hare volwassen lengte bereikt hebben, maar die de Lengte-periode der internodiën uitwendig reeds min of meer duidelijk doen zien, hebben in hare verschillende



internodiën ook een zeer verschillend aantal cellen. Berekent men nu voor elk internodium de lengte, die het door eenvoudige strekking zijner cellen in volwassen toestand bereiken zal, dan verkrijgt men de Lengte-periode in zoodanigen vorm, waarin zij aan volwassen jaarloten derzelfde plant menigvuldig is waar te nemen. In jeugdigen toestand is dus in hoofdzaak het verschillend aantal cellen reeds aanwezig, waarmede de Lengte-periode in volwassen toestand gepaard zal gaan.

In de hierboven medegedeelde tabellen voor de groeiende takjes A en B (zie bl. 64) zagen we reeds, dat de cellengte per internodium berekend, in de richting van den top, voortdurend afneemt. Hier ziet men dus, door zeer talrijke metingen, volkomen bevestigd, wat Harting reeds heeft gevonden. Zooals we zagen, komt deze schrijver daarnevens nog tot het besluit, dat in elk groeiend internodium de cellengte aan den top geringer is dan aan de basis, hier weder geringer dan aan den top van het naastoudere internodium, enz. Ook hieromtrent hebben mijne metingen geheel hetzelfde geleerd, waarvan de volgende tabellen ten bewijze mogen strekken. In de verticale kolommen zijn de gemiddelde lengten der cellen op de verschillende punten der internodiën opgeteekend. De schijfjes, waarin elk internodium verdeeld was en waarvan doorsneden gemaakt werden, waren hier 4 à 5 millimeter hoog; de nummers daarvan vindt men in de kolom aan de linkerkant der tabel, waarbij het cijfer 1 weder het aan de internodium-basis gelegen schijfje aangeeft.

De lengte der cellen is natuurlijk weder in micromillimeters uitgedrukt.

## A

Lengte van Intern.	I =	3.5 mm.
" " "	II =	12.0 "
" " "	III =	28.0 "
" " "	IV =	15.0 "

Nummers der schijfjes.	Cellengte in Internodium:			
	I(basis).	II.	III.	IV(top).
1 (basis).	30.1	31.5	27.6	20.6
2.	—	31.0	26.9	21.1
3.	—	28.2	26.6	19.6
4.	—	—	26.9	—
5.	—	—	26.2	—
6 (top).	—	—	22.4	—

## B

Lengte van Intern.	I =	3.4
" " "	II =	13.5
" " "	III =	22.4
" " "	IV =	11.3

Nummers der schijfjes.	Cellengte in Internodium:			
	I(basis).	II.	III.	IV(top).
1 (basis).	33.5	32.0	27.3	19.4
2	—	32.4	26.5	19.5
3	—	27.2	25.3	—
4 (top).	—	—	21.2	—

Zoals men ziet, bezit de basis van elk internodium langere cellen dan de top, en is daarbij ook door de ge-

heele loot heen eene vrij regelmatige vermindering der cellengte in de richting van den top waar te nemen. Omtrent deze zaak vinden we dus de meest volkomen overeenstemming tusschen de uitkomsten, door den Hoogleeraar Harting en die door mij verkregen.

---

In het voorgaande heb ik getracht, eene bijdrage te leveren tot de anatomie des stengels, voor zoover die van de grootte der cellen afhankelijk is. Terwijl de Heer Harting door zijne metingen meer bepaald de toestanden gedurende den lengtegroei heeft onderzocht, was het in het bijzonder mijn streven, de lengte der volwassen cellen te leeren kennen, al heb ik mij daarbij ook niet uitsluitend bepaald.

Ik wil niet beweren, hier een volledig beeld geleverd te hebben van de grootte der cellen in den groeienden zoowel als in den volwassen stengel of jaarloot, maar naar ik hoop, zal hetgeen ik den lezer mededeelde genoegzaam blijken te zijn om de vraag op te lossen, die ik mijzelven in de Inleiding gesteld heb.

In het volgende Hoofdstuk zal ik nu, steunende op de hier verkregen feiten, beproeven uit te maken, in hoeverre er verband bestaat tusschen de Groote Periode van Sachs en de Lengte-periode der internodiën.

---

## DERDE HOOFDSTUK.

### Theoretisch Gedeelte.

§ 8. OVERZICHT DER EMPIRISCHE RESULTATEN. In de beide vorige Hoofdstukken heb ik getracht, den lezer een beeld te verschaffen van de verschillende stadiën, die de grootte der cellen gedurende den groei doorloopt en vervolgens van den bouw der volwassen internodiën eener jaarloot, voor zoover celmetingen daarover licht kunnen verspreiden. Thans rust nog de veel zwaardere taak op mij, om het belang der aldaar verkregen uitkomsten voor de beantwoording der vraag aan te toonen, die ik in de Inleiding gesteld heb, en zodoende naar mijn vermogen te trachten, iets bij te dragen tot den opbouw der wetenschap.

Alvorens ik daartoe overga, meen ik echter, dat het wenschelijk is, hier nog kortelijk een overzicht te geven van de empirische resultaten, die ik door mijn eigen onderzoek (in het Tweede Hoofdstuk besproken) meen verkregen te hebben.

Zij zijn in korte woorden de volgende:

1. De Lengte-periode der internodiën van een volwassen jaarloot gaat gepaard met

een zeer verschillend aantal cellen in de lange en in de korte internodiën. Daarentegen is de lengte der cellen in alle internodiën ongeveer dezelfde, of liever: zij vertoont enkel verschillen, die, ten opzichte van het verschil in aantal, uiterst onbetekenend te noemen zijn.

2. Steeds is de lengte der cellen in de internodiën, die aan den top en de basis der jaarloot gelegen zijn, kleiner dan in de meer naar het midden gelegene en derhalve langere internodiën. De cellengte neemt dus naar het midden der loot toe. (Plaat I en II, horizontale, zwarte lijnen).

3. De cellengte is in de internodiën, aan den top der jaarloot gelegen, betrekkelijk kleiner dan aan de basis het geval is; zoodat zelfs zeer dikwijls een meer naar den top gelegen, grooter internodium uit kortere cellen is samengesteld dan een aanmerkelijk kleiner, maar meer naar de basis gelegen internodium derzelfde loot. (Plaat I en II).

4. De cellengte binnen elk afzonderlijk internodium verschilt in dier voege, dat aan de knopen steeds kortere cellen gelegen zijn dan in de meer naar het midden gelegen deelen. Wanneer men zich derhalve, van de knopen uit, naar het midden des internodiums begeeft, ziet men de lengte der cellen toenemen. (Plaat I en II, de gebroken lijnen).

5. In een nog groeiende jaarloot (zonder een enkel volwassen internodium) neemt de lengte der cellen van de basis naar den top der loot onafgebroken en vrij regelmatig af. Tot dezelfde gevolgtrekking kwam reeds de Hoogleeraar Harting.

6. Indien aan zoodanige groeiende jaarloot, waarin nog geen enkele cel de lengte van haar volwassen toestand bereikt heeft, de Lengte-periode der internodiën uitwendig

reeds is waar te nemen, dan verschillen ook de langere en de kortere internodiën reeds zeer aanmerkelijk in het aantal hunner cellen. Indien men dan voor elk internodium de lengte berekent, die het door eenvoudige strekking zijner cellen (zonder verdere celdeelingen) bereiken zou, verkrijgt men de Lengte-periode der internodiën in zoodanigen vorm, als die aan volwassen jaarloten derzelfde plant menigvuldig is waar te nemen.

De meerdere celdeelingen, die met de grootere internodium-lengte naar het midden der volwassen jaarloot gepaard gaan, hebben dus voor het meerendeel reeds plaats, voordat de cellen in eenig internodium der loot de lengte bereikt hebben, die zij aan het einde van den groei zullen bezitten.

---

Wat eindelijk de betrekkelijke lengte betreft der cellen van opperhuid, schors en merg, daaromtrent is het voorloopig niet mogelijk een algemeenen regel vast te stellen. In de eerste plaats bestaat hier eenig verschil tusschen de uitkomsten, door den Hoogleraar Harting en die door mijzelf verkregen, en bovendien vond Harting bij verschillende planten ook afwijkende verhoudingen. Hij onderzocht de lengte der opperhuidcellen in twee gevallen <sup>1)</sup> en vond haar in beide aanmerkelijk kleiner dan die van merg- en schorscellen. Zoowel in den groeienden, als in den volwassen toestand was dit het geval.

Wat de verhouding van merg- en schorscellen betreft, deze was niet bij alle onderzochte planten dezelfde. Bij *Tilia* waren de schorscellen langer dan de mergcellen, <sup>2)</sup>

---

1) *Aristolochia Siph* en *Phytolacca decandra*, l. c. Taf. III en IV.

2) L. c. Taf. I en bl. 252.

zowel in de jeugdige, als in de uitgegroeide internodiën. Bij *Aristolochia Siphon* daarentegen, vond hij juist het omgekeerde. Terwijl in de jongere internodiën, aan den top der loot, merg- en schorscellen ongeveer dezelfde lengte hadden, waren in de volwassen internodiën de cellen van het merg zeer veel langer dan die van de schors <sup>1)</sup>. Ten slotte deed zich bij *Phytolacca decandra* een derde geval voor. Hier waren namelijk, gedurende den groei, de schorscellen een weinig langer dan die van het merg, maar op later leeftijd waren beide soorten van cellen ongeveer even lang <sup>2)</sup>.

Dit laatste geval sluit zich aan het door mij gevondene aan. Daar ik echter ten opzichte van deze zaak slechts volwassen jaarloten onderzocht heb, zoo heeft deze uitkomst ook daarop alleen betrekking. In het bijzonder vestig ik op dit feit de opmerkzaamheid, daar het naar mijn inzien zeer goed mogelijk is, dat de lengte-verhouding van merg-, schors- en opperhuidcellen in volwassen toestand eene andere kan zijn als gedurende den groei. De metingen van Harting geven ook aan, dat dit hoogstwaarschijnlijk het geval is. Bij mijne metingen aan *Fraxinus* en *Sambucus* vond ik, dat schors- en mergcellen zeer weinig in lengte verschillen en als gemiddeld even lang beschouwd mogen worden. Eene meting der opperhuidcellen heb ik slechts bij *Sambucus* in het werk gesteld; zij voerde mij tot geheel dezelfde gevolgtrekking.

Hoe dit te rijmen is met Harting's metingen aan *Tilia* en *Aristolochia*, moet voorloopig onbeslist blijven. Nadere onderzoekingen moeten dit uitmaken en zullen misschien aantoonen, dat de bedoelde verhoudingen bij verschillende

1) L. c. Taf. III en bl. 289.

2) L. c. Taf. IV. — Bij *Humulus Lupulus* werd de lengte van schors en opperhuidcellen niet bepaald.

planten ook verschillend zijn. De toekomst zal dit wellicht aan het licht brengen.

§ 9. VERGELIJKING VAN DE LENGTE-PERIODE DER INTERNODIËN EN DE GROOTE PERIODE VAN SACHS. In het voorgaande heb ik getracht de empirische bouwstoffen bijeen te brengen, die, naar ik meende, noodzakelijk waren, om de vraag te beantwoorden, of de Groote Periode van Sachs en de Lengte-periode der internodiën naar haren aard gelijksoortige verschijnselen zijn.

Thans is het mijne taak, de theoretische beteekenis der bijeengebrachte bouwstoffen zooveel mogelijk in een helder licht te stellen en te beproeven, langs dien weg een bevredigend antwoord op de gestelde vraag te verkrijgen. Daartoe is het in de eerste plaats wenschelijk, datgene van mijne beschouwingen uit te sluiten, wat daarop geen invloed kan oefenen.

Harting's waarnemingen hebben geleerd, dat de celvermeerdering in radiale richting uitsluitend tot den eindknop des stengels beperkt is. Of het mogelijk is, dat deze vermeerdering eenigen invloed uitoefent op de Groote Periode van Sachs, of op de Lengte-periode der internodiën, is voorloopig niet uit te maken; dit feit kan derhalve over de vraag naar de identiteit van beide verschijnselen geen licht verspreiden. Vervolgens heeft Harting geleerd, dat gedurende den lengtegroei de uitzetting der cellen in radiale richting zeer gelijkmatig is, zoodat gedurende dien groei de verhouding der verschillende weefsellagen onderling volkomen dezelfde blijft. In dit opzicht verandert dus de anatomische bouw hoegenaamd niet. Bijna evenzoo is het gelegen met den groei in de richting van den omtrek. Bij planten toch, die geene mergholte bezitten (en tot het onderzoek van deze heb ik mij uitsluitend beperkt) heeft gedurende den groei geene peripherische celvorming plaats, dan alleen in collenchym en opperhuid.



Uit dit alles volgt, dat de geheele diktegroei, nadat het internodium den knoptoestand is te boven gekomen, noch op de Groote Periode, noch op de Lengte-periode der internodiën van overwegenden invloed kan zijn. Bij de vergelijking van beide verschijnselen, zijn de uitkomsten omtrent den diktegroei dus buitengesloten.

Wenden wij ons echter tot de verschijnselen, bij den lengtegroei waargenomen, dan zal het spoedig blijken, dat deze tot een antwoord op onze vraag de noodige gegevens aanbieden.

In de eerste plaats vestig ik hier de opmerkzaamheid op het feit, dat het aantal cellen, in de lange en in de korte internodiën van een jaarloot zeer aanmerkelijk verschilt, terwijl de lengte der cellen in alle internodiën nagenoeg dezelfde kan genoemd worden, of ten minste betrekkelijk zeer geringe verschillen vertoont. Indien men nu mocht aannemen, dat de meerdere celdeelingen in de grootere, middelste internodiën der loot werkelijk de meerdere lengte dier internodiën tot gevolg hebben gehad, dan zouden we reeds een stap verder gekomen zijn. Indien het namelijk waar was, dat het grooter aantal cellen voor een langer, middelst internodium noodzakelijk is, om die aan top en basis der loot in lengte te overtreffen, dan zou daaruit volgen, dat de Lengte-periode der internodiën voor een groot deel afhankelijk is van het aantal celdeelingen in de verschillende internodiën. De middelste internodiën zouden in dat geval langer zijn, omdat er meer celdeelingen in plaats hadden dan in die aan top en basis der loot. In korte woorden zou men dit dan aldus kunnen uitdrukken: de Lengte-periode der internodiën is een verschijnsel van celdeeling.

Laat ons deze stelling voor een oogenblik als waarheid aannemen, maar tevens bedenken, dat daaruit in geen deele volgt, dat de Lengte-periode in geen enkel opzicht afhankelijk is van celstrekking.

Het spreekt immers van zelf, dat een langer internodium, in zijn geheel eene grootere mate van strekking heeft ondergaan dan een korter derzelfde loot. Maar, wanneer de grootere lengte niet zonder een grooter aantal cellen tot stand kon komen, dan volgt daaruit, dat de strekking voor elke afzonderlijke cel (per cel gerekend) in beide internodiën dezelfde moet geweest zijn. Slechts in dezen zin mogen we de bewering opvatten, dat de Lengteperiode niet van celstrekking, maar wel van celdeeling afhankelijk is; slechts in dezen zin kunnen we dit uitdrukken door de woorden: de Lengteperiode is een verschijnsel van celdeeling.

Beschouwen we thans de Grootte Periode van Sachs een weinig nader, om zoodoende tot een punt van vergelijking tusschen beide verschijnselen te geraken. Daarbij bepaal ik mij uitsluitend tot de Grootte Periode, zooals zij zich aan de afzonderlijke deelen van stengel of internodium vertoont en laat die van geheele stengels of internodiën buiten rekening.

In de Inleiding besprak ik de wijze, waarop men dit verschijnsel kan waarnemen, uitvoerig. Het behoeft thans geen betoog, dat de vergrooting van den afstand der dwarse streepjes op een stengeldeel, alleen een gevolg van celstrekking zijn kan. Of in zekeren bepaalden tijd de verlenging grooter of kleiner is, dan in eene vorige gelijke tijdruimte, hangt eenvoudig af van de meerdere of mindere verlenging, die de cellen in het waargenomen stengelgedeelte ondergaan hebben. Het aantal cellen is daarbij volmaakt onverschillig; celdeelingen hebben met dit verschijnsel niets te maken. De zaak is eenvoudig deze: dat de celstrekking in den beginne betrekkelijk langzaam is, daarna sneller wordt, tot een maximum bereikt is, om vervolgens weder langzamer te worden, tot zij geheel is opgehouden. In korte woorden kan ik dit aldus uitdruk-

ken: de Grootte Periode van Sachs is een verschijnsel van celstrekking.

Indien derhalve de stelling, die ik hierboven nederschreef, waarheid bevat, indien de Lengte-periode der internodiën een verschijnsel van celdeeling is, dan volgt daaruit onmiddelijk de beantwoording onzer vraag. Dan zien we toch ten allerduidelijkste, dat de beide besproken verschijnsels in hun aard geheel verschillend zijn; het eene is in hooge mate afhankelijk van celdeeling, het andere uitsluitend van celstrekking. Het is dus slechts de vraag of het bewijs te leveren is, dat verschil in aantal celdeelingen noodzakelijk is, voor het tot stand komen van de Lengte-periode der internodiën. Met andere woorden: om de vraag op te lossen naar de betrekking tusschen de Grootte Periode van Sachs en de Lengte-periode der internodiën, moet men eerst het antwoord kennen op de volgende, tegenover elkander staande vragen:

Zijn meerdere deelingen in de middelste internodiën noodzakelijk, om hen langer te maken dan die aan top en basis der loot?

Of vormen die meerdere deelingen slechts een bijkomend verschijnsel, dat met het wezen van de Lengte-periode der internodiën niets te maken heeft?

Deze laatste vraag zal den oppervlakkigen beschouwer misschien eenigszins vreemd en overbodig toeschijnen. Hij zal aldus redeneeren: Wij weten, dat de cellen in eene jaarloot slechts eene bepaalde lengte kunnen bereiken, onverschillig in welk internodium zij voorkomen, want steeds zijn in alle volwassen internodiën de cellen ongeveer even lang. Er blijft dus niets anders over, dan de meerdere lengte van een internodium toe te schrijven aan het grooter aantal cellen, d. i. aan de meerdere celdeelingen, die er, zooals de waarneming leert, hebben plaats gehad.

Schijnbaar moge deze redeneering juist zijn, in waar-

heid is dit geenszins het geval. Om dit in te zien, heeft men zich de zaak eenvoudig op de volgende wijze voor te stellen.

Men neme aan, dat oorspronkelijk en in zeer jeugdigen toestand alle internodiën van een jaarloot hetzelfde aantal cellen in de lengterichting bevatten, hetzij die internodiën aan den top, of de basis, of in het midden der loot gelegen zijn. Vervolgens neme men aan, dat gedurende de strekking der cellen de Lengte-periode der internodiën te voorschijn komt, maar eenvoudig doordien de cellen in de grooter wordende, middelste internodiën eene vele malen grootere lengte bereiken, dan de cellen in de klein blijvende internodiën. Ten slotte denke men zich, dat, na afloop der celstrekking, dus wanneer de loot haar volwassen lengte bereikt heeft, in die langere cellen tusschenschotten ontstaan, tengevolge van de meerdere strekking, die daar heeft plaats gehad of door eenige andere oorzaak. De meerdere celdeelingen hebben dan plaats, eerst nadat de Lengte-periode der internodiën te voorschijn is gekomen, en we moeten in dat geval de Lengte-periode even goed als de Groote Periode een verschijnsel van celstrekking noemen. Al veroorzaken de deelingen op deze wijze, dat in alle internodiën der jaarloot op het einde van den groei dezelfde cellengte heerscht, toch zijn zij klaarblijkelijk op de Lengte-periode van geen invloed geweest, maar vormen zij slechts een bijkomend verschijnsel.

Na deze beschouwingen zal het den lezer duidelijk zijn, dat men de stelling: „de Lengte-periode der internodiën is een verschijnsel van celdeeling”, niet mag aannemen, als eene van zelf sprekende waarheid. Het bewijs daarvoor moet wel degelijk geleverd worden en ik zal beproeven dit hier te doen. Ik zal trachten aan te toonen, dat de meerdere celdeelingen in de langere internodiën geen secundair verschijnsel vormen, maar dat zij op de vol-

wassen lengte der internodiën ongetwijfeld een overwegenden invloed uitoefenen.

Heb ik dit bewijs eenmaal geleverd, dan volgt daaruit terstond, dat de Groote Periode van Sachs en de Lengteperiode der internodiën, hoewel schijnbaar gelijksoortig, toch in den grond geheel verschillende verschijnselen zijn <sup>1)</sup>.

---

Indien de Lengteperiode veroorzaakt wordt door een verschil in celstrekking (per cel gerekend), dan volgt daaruit natuurlijkerwijze, dat de cellen in de langere, middelste internodiën, gedurende den groei eene grootere lengte bereikt moeten hebben, dan de cellen in de kleinere internodiën, zelfs in den volwassen toestand, ooit bezitten.

Maar omgekeerd: indien men zoodanige oververlenging der cellen in de langere internodiën gedurende den groei nooit waarneemt, dan volgt daaruit ook, dat het aantal celdeelingen van invloed is op de verschillende lengten der volwassen internodiën.

Lengte en aantal der cellen bepalen immers de totale lengte van een internodium volkomen. Is dus de cellengte in twee verschillend groote, volwassen internodiën dezelfde en heeft zij ook gedurende den groei in beiden dezelfde lengtestadiën doorloopen, dan is men genoodzaakt het lengteverschil dier internodiën als een gevolg van hun verschillend aantal cellen te beschouwen. Met andere woorden: als het eene internodium vele malen langer is dan het andere, kan deze meerdere lengte het gevolg zijn:

---

1) De lezer houde echter in het oog, dat het hiermede geenszins mijne bedoelingzal zijn, te beweren, dat beide verschijnselen in geen enkel opzicht tot elkander in verband staan of wijzigend op elkander inwerken. Het komt mij zelfs waarschijnlijk voor, dat dit in sommige opzichten het geval zal zijn, al zijn beide ook afhankelijk van zeer verschillende werkingen in de plant.

1° van eene grootere lengte der cellen, of 2° van een grooter aantal cellen, of 3° van eene grootere lengte en een grooter aantal der cellen. Wanneer nu de cellen in het langere internodium gedurende den groei nooit langer worden dan de cellen in het kortere internodium, maar allen zich op dezelfde wijze ontwikkelen, dan blijft er derhalve niet anders over als de meerdere internodium-lengte aan het grooter aantal cellen toe te schrijven. De onder 1° en 3° genoemde mogelijkheden vallen dan weg, alleen het onder 2° genoemde geval blijft over.

Indien er dus gedurende den groei nooit oververlenging der cellen in de langere internodiën voorkomt, dan mag men beweren, dat de Lengte-periode der internodiën een verschijnsel van celdeeling is.

Ik zal nu uit de waarneming trachten aan te toonen, dat een dergelijk verschil in celstrekking (per cel gerekend) in de verschillende internodiën eener jaarloot niet voorkomt. 1)

In de eerste plaats herinner ik hier aan den algemeenen regel, dat men zich namelijk den groeienden stengel in drie verschillende streken verdeeld moet denken:

1° het vegetatiepunt, waar zich nieuwe cellen vormen, maar weinig celstrekking plaats heeft;

2° de streek, die voornamelijk uit zich strekkende cellen bestaat en waar weinig of geene celdeelingen meer plaats hebben;

3° de niet meer in de lengte groeiende, in die richting volwassen streek. 2)

Volgens dezen regel hebben derhalve de celdeelingen

1) Dat blijktens de waarneming in de middelste volwassen internodiën de cellen een weinig langer zijn, dan in die aan top en basis der loot, is, zooals uit het volgende blijken zal, een verschijnsel, dat zich eerst openbaart, nadat alle celdeelingen hebben plaats gehad. In geringe mate zal het dan natuurlijk den vorm der Lengte-Periode wijzigen.

2) Zie Sachs. Lehrb. der Bot. 1874. p. 787.

in 't algemeen allen plaats voordat de eigenlijke celstrekking begint. Daaruit volgt terstond, dat dan ook de celdeelingen, die met de Lengte-periode der internodiën gepaard gaan, plaats moeten hebben voordat er gelegenheid aan de cellen der middelste internodiën gegeven is, om zich meer te strekken dan de cellen in de kortere internodiën zich ooit strekken zullen.

Evenwel zou men zich kunnen voorstellen, dat het ontstaan van de Lengte-periode der internodiën met eene uitzondering op dezen regel gepaard gaat. Dat dit echter geenszins het geval is, zal de volgende beschouwing ons leeren.

Zooals we in het tweede Hoofdstuk gezien hebben, voeren de metingen, door den Hoogleraar Harting in overlangsche richting aan groeiende stengels verricht, zonder onderscheid tot een en hetzelfde besluit. In elk ouder en derhalve lager gelegen groeiend internodium is de lengte der cellen grooter dan in het naastvolgende jongere. Van den top eens stengels uitgaande, ziet men dus door alle groeiende internodiën heen de cellengte onafgebroken en vrij regelmatig toenemen, totdat men het bovenste der volwassen internodiën bereikt heeft. Alle verder volgende volwassen internodiën vertoonen dan, zooals ik uitvoerig bewees, ongeveer dezelfde lengte hunner cellen.

Tot geheel dezelfde uitkomst voerde het groote aantal celmetingen, die ik aan twee groeiende jaarloten van *Aesculus pallida* ten uitvoer bracht. 1) Ook hier nam de cellengte regelmatig af, van de basis der loot naar den top, door alle internodiën heen.

En toch werden zeer verschillende stengels en jaarloten, in zeer verschillende tijdperken van den groei, aan het onderzoek onderworpen. Harting verrichtte bijvoorbeeld metingen aan een stengel van *Phytolacca*, die reeds door een jongen

---

1) Zie § 7.

bloemtros aan zijn top was afgesloten en dus geene nieuwe internodiën meer vormen zou. <sup>1)</sup> Bij *Humulus* daarentegen was dit niet het geval, en derhalve de mogelijkheid van het ontstaan van nieuwe internodiën geenszins uitgesloten. Zoo ook bestond de door dien schrijver onderzochte jaarloot van *Tilia* uit acht internodiën, waarvan de twee ondersten hunne volwassen lengte reeds bereikt hadden. Daarentegen waren de door mij onderzochte jaarloten van *Aesculus pallida* elk uit vier internodiën samengesteld, waarvan in beide gevallen zelfs het oudste uit nog in de lengte groeiende cellen bestond.

Bij verschillende planten en in zeer verschillende tijdperken van den groei des stengels vinden we derhalve, dat de cellen in de groeiende internodiën, van den top der loot naar het oudere of volwassen deel, onafgebroken in lengte toenemen. Bij veel verschil, is dit verschijnsel aan alle waargenomen groeiende stengels en jaarloten gemeenschappelijk.

Daarom mogen we gerustelijk aannemen, dat het in de lengte groeiende deel van iederen stengel of jaarloot, in ieder tijdperk van zijn groei, hetzelfde zal vertoonen. Ware het mogelijk geweest de takjes van *Aesculus pallida*, die ik onderzocht, ook in een vroeger en ook in een later tijdperk van hun groei, te onderzoeken, dan zouden we hetzelfde verschijnsel steeds hebben teruggevonden.

Hieruit volgt nu terstond, dat, op een gegeven oogenblik, elk groeiend internodium eene cellengte bezit, zoodanig als het naastliggend oudere in een vorig tijdperk van den groei vertoonde en het naastliggend jongere in een volgend tijdperk van den groei vertoonen zal. Met andere woorden blijkt uit de algemeenheid van het verschijnsel, dat de cellengte van de jongere naar de

---

1) L. c. bl. 291.



oudere internodiën onafgebroken toeneemt, het volgende:

de lengte der cellen in de opeenvolgende groeiende internodiën van een stengel of jaarloot geeft ons, van het jongste beginnende, een samenhangend beeld van de veranderingen, welke die lengte in elk afzonderlijk internodium gedurende den groei ondergaat <sup>1)</sup>.

Uit deze geschiedenis van den lengtegroei der cel, waargenomen aan de opeenvolgende groeiende internodiën, blijkt nu, dat nergens oververlenging der cellen plaats heeft. We zien, dat nooit door de cellen van het eene internodium eene lengte bereikt wordt, grooter dan de volwassen cellengte in een ander internodium; integendeel ontwikkelen zich alle cellen geleidelijk in de lengterichting, totdat zij in dit opzicht haar volwassen toestand bereikt hebben.

Dit vertoont zich niet alleen bij zoodanige groeiende internodiën, die ten slotte ongeveer dezelfde lengte zullen bereiken, maar ook in alle opeenvolgende internodiën van jaarloten, die in volwassen toestand de Lengte-periode in een duidelijken vorm zullen bezitten (*Tilia parvifolia*, *Aesculus pallida*).

Zoo ziet men derhalve door onmiddellijke waarneming

---

1) Zooals men ziet, wordt hier het bewijs geleverd voor de stelling, waarvan de Hoogleeraar Harting bij zijn onderzoek uitging, in zooverre die betrekking heeft op den lengtegroei der cellen. Op dezelfde wijze is uit de door dien schrijver verrichte metingen gemakkelijk hetzelfde bewijs voor den groei der cellen in dwarse richting te leveren. Na al het voorgaande kan ik overigens hier volstaan met de opmerking, dat die stelling niet van kracht is, wat het overlansche aantal cellen in elk internodium betreft. Geenszins mag men uit het aantal cellen in een ouder internodium besluiten, dat het naastliggend jongere in een volgend tijdperk van den groei een dergelijk aantal bezitten zal. De Lengte-periode der internodiën gaat, zooals we zagen, gepaard met een zeer verschillend aantal cellen in de verschillende internodiën.

ten duidelijkste, dat in de middelste, langere internodiën van een jaarloot, de cellen nooit door oververlenging gedurende den groei eene grootere lengte bereiken, dan die, welke in de volwassen jaarloot aanwezig is, om eerst daarna door tusschenschotten verdeeld te worden. De strekking per cel gerekend is in alle internodiën eener loot geheel dezelfde, zoowel in de korte als in de lange en evenzoo is het, volgens mijne waarneming, ook met de volwassen lengte der cellen gesteld.

Na al het hierboven reeds besprokene, blijft ons derhalve niet anders over dan aan te nemen, dat het verschil in lengte der internodiën, door mij met den naam van Lengte-periode der internodiën bestempeld, afhankelijk is van het aantal celdelingen, die in de verschillende internodiën plaats hebben.

De bevestiging hiervan vinden we ook nog in de uitkomst van mijn onderzoek aan groeiende loten van *Aesculus pallida* 1). We zagen daar, dat het verschillende aantal cellen, waarmede de Lengte-periode der internodiën gepaard gaat, in hoofdzaak reeds aanwezig is in takken, waarin nog geen enkele volwassen cel voorkomt. De meerdere deelingen der langere internodiën hebben derhalve reeds zeer vroegtijdig plaats, in een tijdperk, wanneer er van voorafgaande oververlenging der cellen geen sprake kan zijn. Zoo komen we dus tot het besluit: de Lengte-periode der internodiën is een verschijnsel van celdeling.

Thans is, zooals ik hierboven reeds aantoonde, het antwoord niet langer twijfelachtig, op de vraag naar de betrekking van de Lengte-periode der internodiën tot de Groote Periode van Sachs. Wij zagen, dat dit laatste verschijnsel uitsluitend afhankelijk is van celstrekking,

---

1) Zie § 7.

ten minste als men zich bepaalt tot de Groote Periode van afzonderlijke stengelgedeelten. De eerste daarentegen is een verschijnsel van celdeeling.

Beide verschijnselen zijn derhalve naar hun aard volkomen verschillend en hebben tot op zekere hoogte niets met elkander te maken, hoe gelijksoortig ook hun uiterlijk voorkomen den oppervlakkigen beschouwer moge toeschijnen.

In weinige woorden kan ik nu het antwoord op de vraag, die ik mijzelven bij den aanvang van mijn arbeid stelde, aldus samenvatten:

De Groote Periode van Sachs is een verschijnsel van celstrekking, de Lengte-periode der internodiën daarentegen is een verschijnsel van celdeeling. Beide verschijnselen zijn derhalve naar hun aard geheel verschillend en zijn de slechts schijnbaar gelijksoortige gevolgen van zeer verschillende werkingen in de plant.

---

Hiermede geef ik mijn arbeid over aan de beoordeeling van den welwillenden lezer.

EINDE.

# STELLINGEN.

---

## I.

Door middel der bestaande methoden van waarneming is het tot nog toe niet mogelijk geweest de plaats op den stengel te bepalen, waar de groeisnelheid der cellen haar maximum bereikt heeft.

## II.

De uitdrukking „Secundaire mergstralen” moet uit de wetenschap geweerd worden.

## III.

Dat lenticellen in vele gevallen bij de gaswisseling de functie van huidmondjes vervullen, is langs anatomischen weg volkomen bewezen.

—

IV.

Antheren mogen noch als vervormde bladlaminae, noch als vervormde stengeldeelen beschouwd worden.

V.

Celdeeling is nooit een oorzaak van den groei.

VI.

Groei \*gaat bij de plant steeds gepaard met vermeerdering van gewicht en volumen.

VII.

Groei bij de plant is celstrekking.

VIII.

Van het woord cel, zooals dat in de wetenschap gebruikelijk is, bestaat geene juiste definitie.

IX.

In het belang der wetenschap moet in den tegenwoordigen tijd het onderzoek der natuurkundigen niet tot hoofddoel hebben, eenig natuurverschijnsel te verklaren.

X.

Van eene microscopische teekening mag men in hoofdzaak slechts verlangen, dat zij des teekenaars bedoeling met juistheid wedergeve.

—

## XI.

Onjuist is de bewering van Wundt: „Die künstliche Nachbildung der Naturerscheinungen ist immer das letzte Ziel der experimentellen Methode”.

## XII.

De inrichting der gebruikelijke commutatoeren moet in vele opzichten gebrekkig genoemd worden.

## XIII.

De benaming „chemische stralen” voor de blauwe en violette stralen van het spectrum moet ten strengste uit de wetenschap geweerd worden.

## XIV.

Onjuist is Holzner's bewering, dat het zuringzuur in de plant een product der proteïnstoffen is, bestemd om den phosphorzuren en zwavelzuren kalk te ontleden, terwijl de kalk slechts de bestemming heeft om aan de plant phosphorzuur en zwavelzuur toe te voeren.

## XV.

Elk organisme, dat volledig bekend wordt, zal blijken niet door Generatio spontanea te ontstaan.

## XVI.

Rudimentair beteekent „rückgebildet” niet „unausgebildet.”

---

## XVII.

Onjuist is het de Dipnoi als eene afzonderlijke werveldierklasse te beschouwen.

## XVIII.

De natuurlijke historie als leervak bij het middelbaar onderwijs, moet bij voorkeur dienstbaar gemaakt worden aan de ontwikkeling van het waarnemingsvermogen.



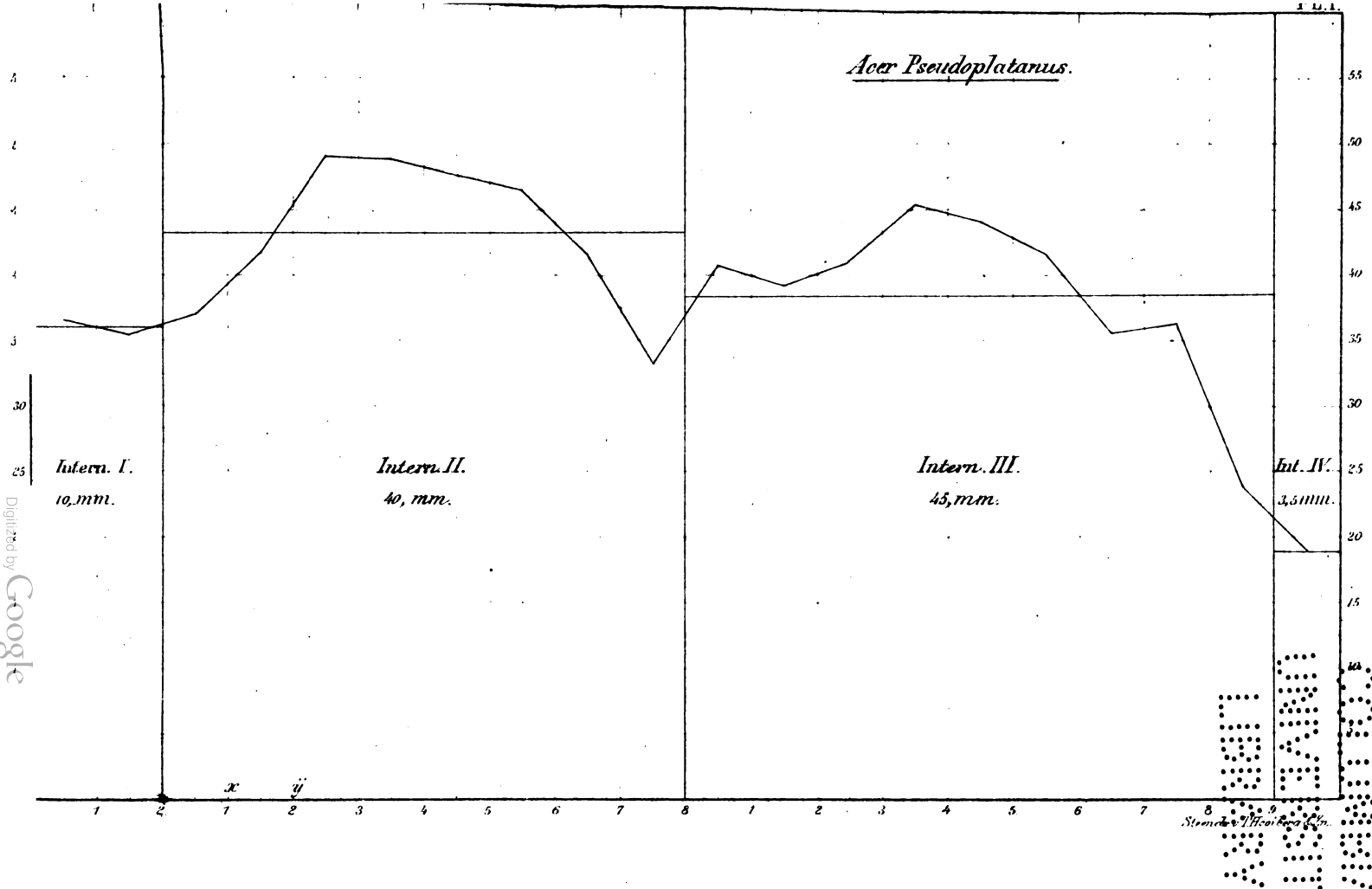


## VERKLARING VAN PLAAT I.

### **Acer Pseudoplatanus.**

De gebroken zwarte lijn geeft eene voorstelling van de gemiddelde cellengte op telkens 5 mm. van elkander verwijderde punten der jaarloot. Op de lijn der abscissen is de geheele jaarloot voorgesteld. De verticale zwarte lijnen geven de plaatsen aan, waar de knoopen gelegen zijn; Internodium I is het onderste en oudste, Internodium IV het bovenste en jongste. Elk internodium is in een zeker aantal deelen  $xij$  verdeeld, schijfjes van 5 mm. lengte op de jaarloot voorstellende. De cijfers langs de lijn der abscissen geven de volgnummers dezer deelen aan, telkens aan de internodium-basis beginnende. Op het midden van elk deel  $xij$  is de voor het overeenkomstige schijfje gevonden cellengte (in micromillimeters, zie de cijfers rechts en links) als ordinaat geplaatst; door vereeniging der aldus verkregen punten is de gebroken lijn ontstaan. De horizontale zwarte lijnen geven door haar afstand van de lijn der abscissen de gemiddelde cellengte voor elk geheel internodium aan, zooals die berekend is uit de gemiddelden voor de afzonderlijke schijfjes. — Internodium IV is om de wille der gelijkvormigheid betrekkelijk een weinig te lang genomen.

Acer Pseudoplatanus.



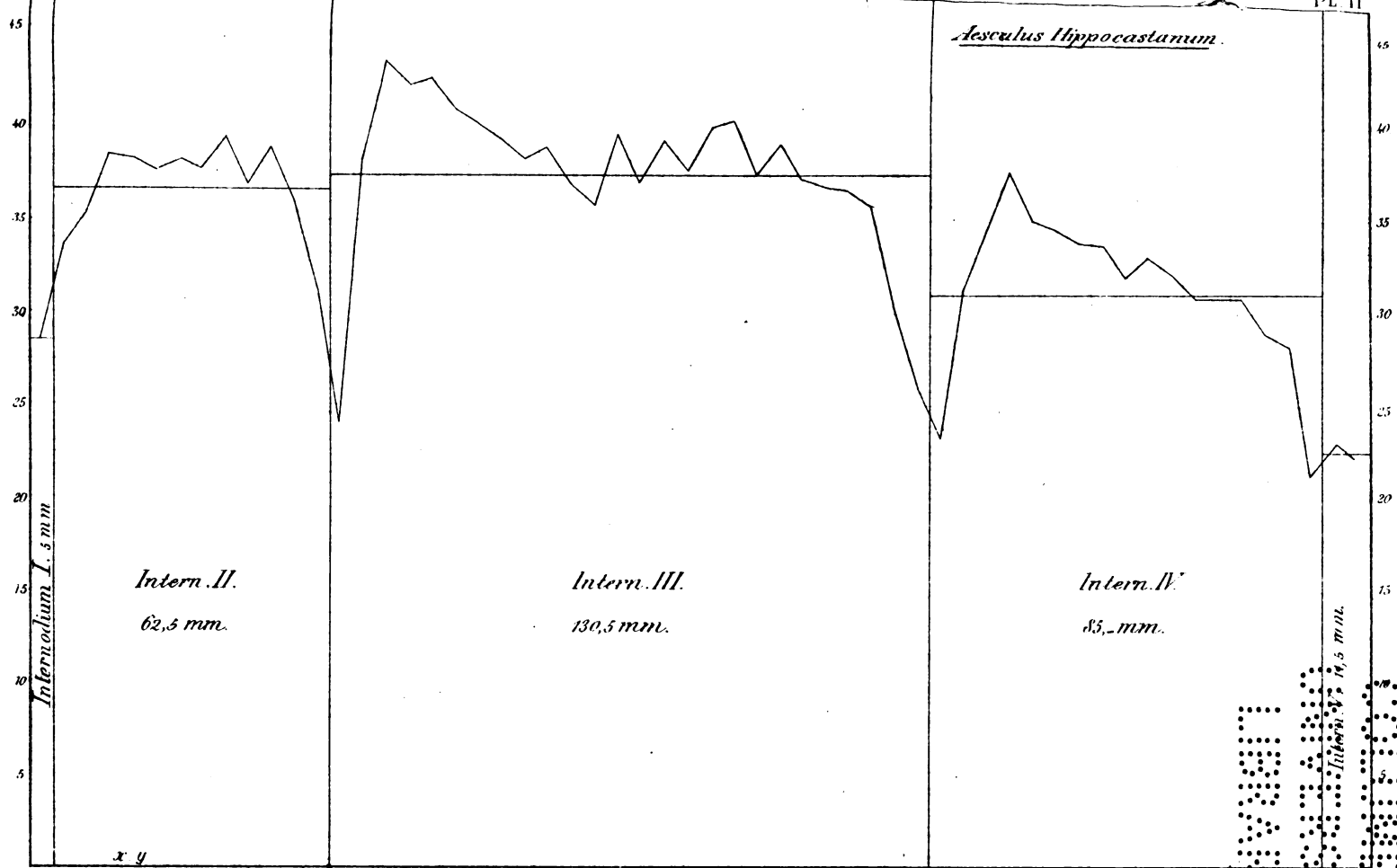
## VERKLARING VAN PLAAT II.

### **Aesculus Hippocastanum.**

De gebroken zwarte lijn geeft eene voorstelling van de gemiddelde cellengte op telkens 5 mm. van elkander verwijderde punten der jaarloot. Op de lijn der abscissen is de geheele jaarloot voorgesteld. De verticale zwarte lijnen geven de plaatsen aan, waar de knopen gelegen zijn: Internodium I is het onderste en oudste, Internodium V het bovenste en jongste. Elk internodium is in een zeker aantal deelen  $xij$  verdeeld, schijfjes van 5 mm. lengte op de jaarloot voorstellende. De cijfers langs de lijn der abscissen geven de volgnummers dezer deelen aan, telkens aan de internodium-basis beginnende. Op het midden van elk deel  $xij$  is de voor het overeenkomstige schijfje gevonden cellengte (in micromillimeters, zie de cijfers rechts en links) als ordinaat geplaatst; door vereeniging der aldus verkregen punten is de gebroken lijn ontstaan. De horizontale zwarte lijnen geven, door haar afstand van de lijn der abscissen, de gemiddelde cellengte voor elk geheel internodium aan, zooals die berekend is uit de gemiddelden voor de afzonderlijke schijfjes.

De volgende deelen  $xij$  waren in werkelijkheid op de jaarloot iets langer dan 5 mm : Intern. II n°. 12 = 7.5 mm., Intern. III n°. 1 = 5.5 mm., Intern. V n°. 2 = 6.5 mm.

Aesculus Hippocastanum.



*Intern. II.*  
62,5 mm.

*Intern. III.*  
130,5 mm.

*Intern. IV.*  
85 mm.

Internodium I. 1,5 mm

Internodium V. 14,5 mm.

x y

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20.

Steinbock, J. Herbarium Berlin