

# Die Entdeckung der Chloroplastenwanderung und andere Trouvailles aus dem Nachlass von Gustav Senn

Rosmarie Honegger

**The detection of chloroplast migration and other treasures in the scientific legacy of Gustav Senn:** In spring 2021 a collection of manuscripts and original scientific drawings of the young biologist Gustav Senn was deposited in the manuscript collection of the main library of the University of Basel. This material comprises, among others, the manuscripts of Senn's presentation at his PhD thesis exam and of his lecture held at the colloquium of his habilitation, but also scientific illustrations, e.g. of Senn's PhD thesis on colonial unicellular green algae, of his chapter on flagellates in Engler & Prantl (SENN 1900), etc. Senn was an outstanding microscopist and excellent scientific illustrator. Particularly interesting are the very accurate drawings of the practical course in botany held in 1895 by Prof. Georg Albrecht Klebs where Senn, as a student aged 20, discovered the movement of chloroplasts in leaf cells of *Vallisneria* sp. Later he thoroughly investigated this phenomenon and became world famous for this discovery.

Der Handschriftenabteilung der Universität Basel wurde im Sommer 2021 eine Sammlung von Manuskripten und Originalzeichnungen von Gustav Senn (Basel 9. 11. 1875–10. 7. 1945 Basel) überreicht. Dieses Material war 1973 bei der grossen Estrichentrümpelung im Botanischen Institut an der Schönbeinstrasse 6 in Basel bereits in einem Kehrichtsack gelandet, wurde aber von der Verfasserin dieses Artikels zusammen mit einem Meeresalgenherbar von 1851 herausgefischt und seither sorgfältig aufbewahrt (HONEGGER 2016). Es hatte auf dem Estrich des Institutsgebäudes in einem Kasten gelegen, in dem wahrscheinlich ein Teil des wissenschaftlichen Nachlasses von Gustav Senn nach der Räumung seines Büros aufbewahrt worden war; Senn war noch im Amt als Ordinarius und Direktor des Botanischen Instituts und des Botanischen Gartens der Universität Basel, als er am frühen Morgen des Tages seiner letzten Vorlesung vor der Emeritierung an einem Herzinfarkt verstarb (BECHERER 1945; FISCHER 1945). Leider hat niemand vor jener ominösen Entrümpelungsaktion 1973 das auf dem Estrich gelagerte Material gesichtet und Wertloses von Wertvollem getrennt.

Beim hier zu besprechenden Material handelt es sich um Dokumente des noch jungen, hoch begabten Wissenschafters, der 1895 als Zwanzigjähriger das Botanikpraktikum bei Prof. Georg Albrecht Klebs besucht, kurz vor der Jahrhundertwende seine Dissertation über koloniebildende einzellige Algen fertiggestellt (SENN 1899) und sich im Frühjahr 1901 im Alter von 26 Jahren an der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel habilitiert hat. 1908 wurde Senn zum ausserordentlichen, 1912 zum Ordentlichen Professor für Botanik der Universität Basel ernannt, als deren Rektor er von 1920–1921 amtierte (BECHERER 1945; FISCHER 1945).

## Keywords

history of science, practical course in botany 1895, chloroplast migration, preparation of scientific illustrations before 1900

## Adresse der Autorin

Prof. em. Dr. Rosmarie Honegger  
Institut für Pflanzen- und Mikrobiologie  
Universität Zürich  
Zollikerstrasse 107  
8008 Zürich/Schweiz  
rohnegg@botinst.uzh.ch

Angenommen 17. Mai 2021

Mehrere zusätzliche Fotografien, die Doktorrede usw. finden sich im elektronischen Zusatzmaterial (EZM) dieses Artikels. Es kann von der Website als Vorabversion unter [https://botges.ch/bauhinia/online\\_vorabversionen](https://botges.ch/bauhinia/online_vorabversionen) oder in der definitiven Version unter [https://botges.ch/bauhinia/aktuelle\\_ausgabe](https://botges.ch/bauhinia/aktuelle_ausgabe) heruntergeladen werden.

## Umfang und Qualität des Nachlasses

Das der Universitätsbibliothek Basel überreichte Material wurde in zwei Kartonschubern aufbewahrt. Diese enthalten Manuskripte und Briefumschläge, viele davon gebraucht, mit folgendem Inhalt:

> Zeichnungen aus dem Botanikpraktikum im Sommersemester 1895, gehalten von Prof. G. Klebs (siehe S. 5).

> Zeichnungen und Literaturstudien zur Dissertation über koloniebildende einzellige Algen (SENN 1899; siehe S. 7)

> Manuskript der «Doctorrede, gehalten in der Aula des Museums, Juni 1899» zum Thema «Methoden der syst. Botanik» (siehe S. 8).

> Zeichnungen von Flagellaten (Beispiele in Abb. 1a, b) für den umfangreichen Beitrag in «Engler & Prantl», Band 1, Abt. 1a (SENN 1900). Senn präsentiert nicht nur photosynthetisch aktive Flagellaten, sondern auch tierpathogene; zuvor hatte er gemeinsam mit Theodor von Wasielewski Trypanosomen im Rattenblut untersucht (VON WASIELEWSKI & SENN 1900). Humanpathogene Trypanosomen wurden erst im 20. Jahrhundert entdeckt.

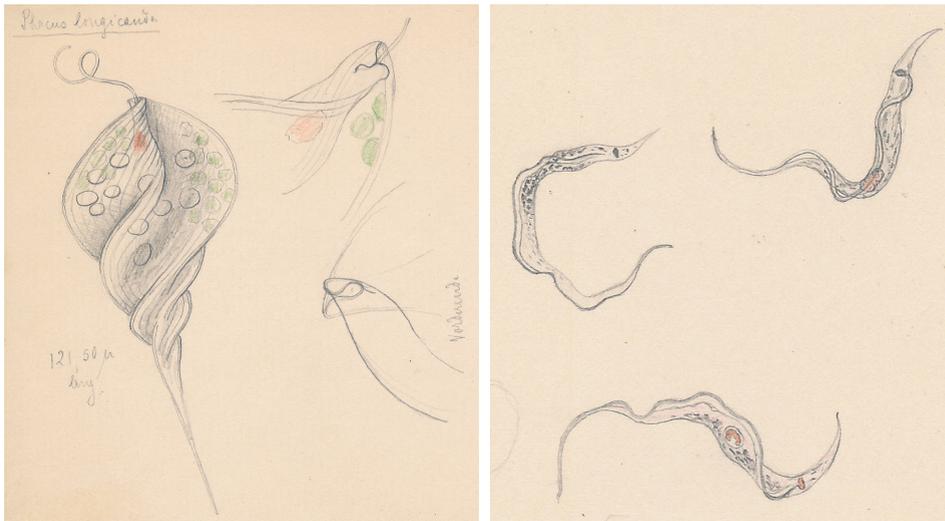
> Texte und Zeichnungen zur Grünalpengattung *Trentepohlia* und zu Vertretern verwandter Gattungen. Dieses sehr umfangreiche Material wurde nie publiziert, mit Ausnahme einer kurzen Mitteilung (SENN 1911)

> Verschiedene Zeichnungen von Meeres-, Süßwasser- und Bodenalgen

> Ein Umschlag, beschriftet mit «Exzerpte zur Fortpflanzung von Gymnospermen Spermatozoide». Japanische Wissenschaftler hatten Ende der 1890er Jahre erstmals die Entwicklung von Spermatozoiden bei *Ginkgo biloba* (HIRASE 1896; FUJII 1898, 1899) und *Cycas revoluta* (IKENO 1897) beschrieben. Auf diese Studien weist Senn kurz in seiner Doctorrede hin. Die beiden einzigen Gruppen von Samenpflanzen mit begeißelten Gameten dürften Senn im Zusammenhang mit seinen Studien der Flagellaten für seinen Beitrag in «Engler & Prantl» (SENN 1900) besonders interessiert haben, weshalb er sämtliche Publikationen zum Thema zusammenfasste und viele der publizierten Abbildungen kopierte.

> 2 Mikrofotografien ab Mikroskop in mehreren Abzügen (schwarzweiss), eine runde Zelle und ein Detail davon darstellend. Leider ist nicht festgehalten worden, was genau aufgenommen wurde und in welcher Vergrößerung. Mit hoher Wahrscheinlichkeit handelt es sich um ein chemisch fixiertes Spermatozoid von *Ginkgo biloba* und ein Detail von seinem spiralig gewundenen Basalapparat (Blepharoplast), dem die zahlreichen Geißeln entspringen.

> Manuskript des Vortrags, «gehalten im Regenzimmer der Universität, vor der mathem.-naturw. Abteilung der Philosophischen Fakultät aus Anlass des Colloquiums bei der Habilitation 1901» (siehe Seite 9).



**Abb. 1 a, b.** Die hohe Qualität der Zeichnungen Gustav Senns am Beispiel zweier Originalzeichnungen zu seinem Beitrag über Flagellaten in «Engler & Prantl» (SENN 1900).

**a** (links): *Phacus longicauda*;

**b**: die ebenfalls zu den Euglenozoa gehörende, tierpathogene *Trypanosoma* vom Hamster (wahrscheinlich *T. cruzi*).

### Zur Qualität der Zeichnungen

Für seine Originalzeichnungen arbeitete Senn mit Bleistift und kolorierte mit Farbstift, seltener mit Aquarellfarbe. Schon während dem Studium war Senn nicht nur ein ausgezeichnete Beobachter und Mikroskopiker, sondern auch ein hervorragender wissenschaftlicher Zeichner. Angesichts der Tatsache, dass kontraststeigernde Verfahren in der Lichtmikroskopie erst wesentlich später entwickelt wurden (Phasenkontrastmikroskopie durch Frits Zernicke 1935; Differentialinterferenzkontrastmikroskopie durch Georges Nomarski in den 1950er Jahren) beeindrucken Senns überaus detaillierte Darstellungen der Feinstruktur der Zellen und Gewebe, insbesondere der Flagellaten (Abb. 1a, b).

Genaueres Abzeichnen unterschiedlichster Objekte wurde im 19. Jahrhundert auf der Gymnasialstufe unterrichtet. Zwar war die Fotografie schon 1826 erfunden worden; bereits vor 1840 wurde erstmals eine Kamera auf ein Mikroskop montiert und damit erste Mikrofotografien (Daguerreotypien) erzielt (DONNÉ 1844–1845); trotzdem blieb die akkurate Zeichnung ab Mikroskop bis ins frühe 20. Jahrhundert in den Naturwissenschaften die Methode der Wahl, um mikro- und makroskopische Beobachtungen festzuhalten. Dies umso mehr, als Fotografien als solche bis in die 1880er Jahre nicht gedruckt werden konnten, sondern manuell in Lithografien, Holz- oder Kupferstiche umgesetzt werden mussten. Erst die Erfindung der Autotypie (Klischees als Druckvorlage durch Auflösung der Halbtöne in Raster) durch den deutschen Kupferstecher Georg Meisenbach 1881 ermöglichte den Druck von Fotos im Buch- und Zeitungsdruck (EDER 1928; PETERS 2007; KUNDE 2014). Dreischicht-



## Zeichnungen aus dem Botanikpraktikum von 1895

Im Nachlass von Gustav Senn befindet sich ein gelbes Couvert, beschriftet mit «Zeichnungen aus dem botan. Practicum geleitet von Prof. G. Klebs SS 1895» (Abb. 2). Es enthält 17 beidseitig benutzte, meistens nummerierte Halbkartonbögen im Format 21×13 cm mit Zeichnungen zur Zellstruktur und Anatomie der Pflanzen. Die dargestellten Objekte werden in Tabelle 1 (EZM) zusammengefasst.

Der damals 48-jährige Gustav Albrecht Klebs (Neinburg, Ostpreussen, heute Nidzica, Polen 1857–1918 Heidelberg) präsentierte seinen Studenten eine breit gefächerte Palette an Beispielen zu Zellform, Zellinhalten, Wandstrukturen und Gewebetypen von den Moosen bis zu den Blütenpflanzen; sogar zwei Flechten wurden untersucht.

### Plastiden

Von besonderem Interesse sind Senns Zeichnungen der unterschiedlichen Plastiden; auch Chloroplasten verschiedener Algenarten, die sich in ihrer Form wesentlich von jenen der Moose und Gefäßpflanzen unterscheiden, wurden im Praktikum untersucht. Senn stellt überdies Teilungsstadien von Chloroplasten in den Zellen eines Lebermooses dar (Abb. 3a). Zweifellos hat Klebs seinen Schülern die bahnbrechenden Untersuchungen des jungen Strassburger Botanikers Andreas Franz Wilhelm Schimper (Strassburg 1856–1901 Basel) vorgestellt, der bereits in den 1880er Jahren den Ausdruck Plastiden eingeführt und erkannt hat, dass alle lebenden Pflanzenzellen Plastiden enthalten, welche je nach Zelltyp entweder als Proto-, Chloro-, Leuko- oder Chromoplasten ausgebildet sind und sich in der Zelle durch Zweiteilung vermehren (SCHIMPER 1883, 1885).

In diesem Zusammenhang ist Senns Darstellung eines Filaments der Cyanobakterie (Blualge) *Nostoc* interessant (Abb. 3b). Senn unterscheidet photosynthetisch aktive Zellen von stickstoffbindenden

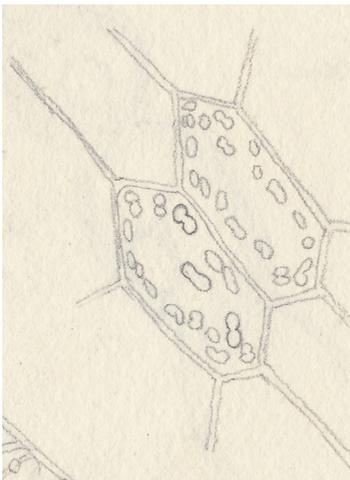


Abb. 3a

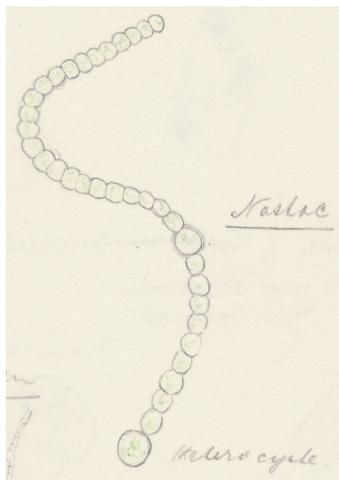


Abb. 3b

Heterocysten, sah aber keine Teilungsstadien. Ob ihm sonst die Ähnlichkeit mit sich teilenden Plastiden in Pflanzenzellen aufgefallen wäre?

Schimpers Beobachtungen zur Persistenz und Vermehrung der Plastiden in Pflanzenzellen bildeten die Grundlage zur Endosymbiontentheorie, die 1905 erstmals von Konstantin Sergejewitsch Mereschkowsky aufgestellt wurde. Dieser postulierte, die Plastiden seien cyanobakterielle Endosymbionten, welche sich im Laufe der Evolution ans Leben in der eukaryotischen Wirtszelle angepasst haben (MERESCHKOWSKY 1905). Erst in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die Endosymbiontentheorie mit elektronenmikroskopischen und insbesondere mit molekulargenetischen Untersuchungsmethoden bestätigt (MCFADDEN et al. 1995; GOULD et al. 2008; ARCHIBALD 2009, 2015). Bis heute bleibt die Erforschung der Plastidenevolution voller Überraschungen, insbesondere bei der Suche nach den nächsten Verwandten der pflanzlichen Plastiden unter den heute lebenden Cyanobakterien (MCFADDEN & VAN DOOREN 2004; PONCÉ-TOLEDO et al. 2017).

Schimper, der auch einer der vier Begründer des Lehrbuchs «Strasburger» war, wurde 1898 als Nachfolger von Gustav Adolf Klebs zum ordentlichen Professor für Botanik und Direktor des Botanischen Gartens der Universität Basel ernannt. Leider konnte er dieses Amt nur während knapp drei Jahren ausüben, zumal er als Teilnehmer an der Deutschen Valdivia-Expedition 1898–1899 durch den Atlantischen und Indischen Ozean schwer an Malaria und weiteren Infektionen erkrankt und nach seiner Rückkehr daran verstorben ist (SCHENCK 1901).

### Die Entdeckung der Chloroplastenwanderung

Unter den Zeichnungen aus dem Botanikpraktikum von 1895 ist Senns Beobachtung der Chloroplastenbewegung in Zellen einer Wasserschraube (*Vallisneria* sp.) von besonderem Interesse. Als guldiger Beobachter sah er, wie die Chloroplasten unter der gelben Beleuchtung im Mikroskop langsam ihre Lage verändern und zeichnete die Bewegungsrichtung mit Pfeilen ein (Abb. 3a). In dieser Darstellung liegt der Fokus in der Zellmitte; an der Zelloberfläche wäre zu sehen gewesen, wie die Chloroplasten vom periklinen zum antiklinen Zellwandbereich wegdriften, sozusagen vom prallen Licht an der Zelloberfläche in den Schatten entlang der Seitenwände. Mit dem Phänomen der Chloroplastenwanderung hat sich Senn nach seiner Habilitation intensiv befasst und die Ergebnisse seiner Untersuchungen 1908 in einem bis heute geschätzten Klassiker publiziert (SENN 1908); dieses knapp 400 Seiten umfassende Werk wurde 2015 ins Japanische übersetzt (KATAOKA 2015a, b). Erst im 21. Jahrhundert konnte mit ultrastrukturellen, molekularbiologischen und immunologischen Methoden gezeigt werden, welche Mechanismen die Chloroplastenwanderung in der Zelle ermöglichen: es sind Actin-Filamente, wie sie zum Beispiel auch in tierischen Muskeln vorliegen, die an der Plastidenoberfläche in Richtung der Plastidenwanderung gehäuft assemblieren und über ein spezielles Protein an der Plasmamembran andocken (KADOTA et al. 2009; WADA & KONG 2018).

## Zeichnungen und Literaturstudien zur Dissertation über koloniebildende einzellige Algen

Ein Briefumschlag enthält die Originalzeichnungen, die Senn im Rahmen seiner Studien zur Dissertation über koloniebildende einzellige Algen gemacht hat, dazu die Druckvorlagen und die Kopien von Abbildungen aus der Literatur. Dieses Material ist auch insofern interessant, als es einen Einblick in die Arbeitsmethoden bietet bevor die Fotografie, der Fotokopierer und insbesondere der Computer und das Internet die Arbeit der Biolog/innen erleichterten.

Den Ausschlag zu dieser Themenwahl hatte Senns Entdeckung einer nicht einheimischen, koloniebildenden Grünalge im Bassin des Gewächshauses des Clavel-Gutes in Kleinhüningen gegeben. Diese Art war zuvor von Pierre Augustin Dangeard im Wasserpflanzenbecken des Botanischen Gartens von Caen entdeckt und als *Hariotina reticulata* beschrieben worden (DANGEARD 1889). Senn transferierte sie in die Gattung *Coelastrum* Nägeli; *C. reticulatum* (P.A. Dangeard) Senn war die bis zu Beginn des 21. Jahrhunderts gültige Bezeichnung. Gemäss molekulargenetischen Untersuchungen sind die Gattungen *Hariotina* und *Coelastrum* phylogenetisch verschieden, weshalb *H. reticulata* P.A. Dangeard die heute wieder gültige Bezeichnung ist (HEGEWALD et al. 2010; XU et al. 2019; WANG et al. 2017; WANG et al. 2020).

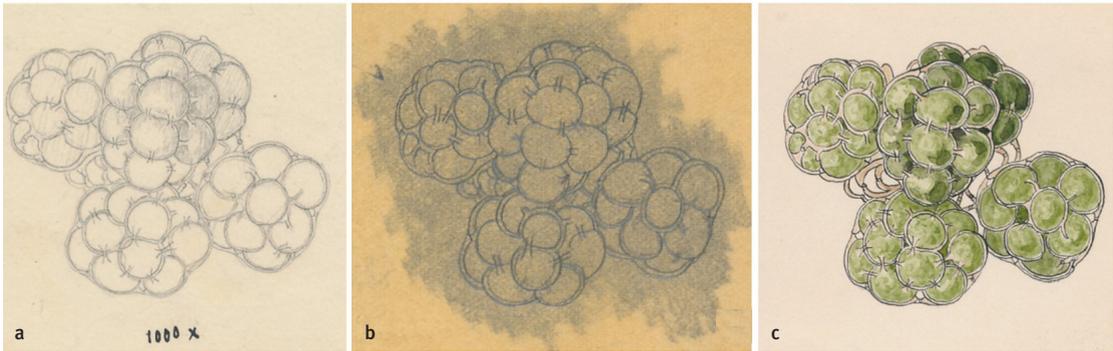
### Originalzeichnungen

Auf 37 Blättern unterschiedlicher Grösse und Papierqualität hat Senn seine lichtmikroskopischen Untersuchungen aufgezeichnet. Zweifellos hat er mit einem Zeichenspiegel gearbeitet; nur so lässt sich die Vergrösserung möglichst genau festhalten. Sämtliche Abbildungen wurden mit spitzem Bleistift ausgeführt, viele mit Farbstift koloriert. Mit überaus zierlicher, kleiner Schrift wurden Vergrösserung und Besonderheiten notiert.

Weitaus die meisten Abbildungen zeigen *Coelastrum reticulatum*: 12 Blätter mit insgesamt 61 Einzelzeichnungen; in der Publikation wurden davon 8 schwarzweiss im Text und 10 in Farbe auf Tafel II veröffentlicht (SENN 1899), ferner *C. microporum* (3/14), *C. proboscideum* (3/17) und *C. sphaericum* (2/10), ausserdem *Scenedesmus acutus* (2/8), *S. caudatus* (1/1), *S. quadricauda* (2/8), *Dictyosphaerium pulchellum* (6/56), *Oocardium stratum* (8/45).

### Abbildungen für die Publikation

Für den Druck musste Senn dem Lithografen eine akkurate Vorlage liefern. Er legte ein Transparentpapier auf die Originalzeichnung (Abb. 4a, b) und zeichnete die Zellumrisse mit spitzem Bleistift durch. Danach wurde die Rückseite des Transparentpapiers mit weichem Bleistift flächig geschwärzt, wodurch es sozusagen zum Kohlepapier wurde (Abb. 4b); anschliessend wurde diese Zeichnung auf ein Stück Halbkarton durchgepaust. Hier wurden die Zellumrisse mit feinem Tintenstrich nachgezeichnet und der Zellinhalt mit Aquarellfarbe koloriert (Abb. 4c). Solche Vorlagen konnten nicht direkt gedruckt werden, sondern wurden vom Lithografen umgesetzt.



**Abb. 4 a–c:** Herstellung der Vorlage zu Fig. 1 in der Publikation von Senns Dissertation (SENN 1900, S. 40) ab Originalzeichnung. *Coelastrum reticulatum*:

**a:** Originalzeichnung ab Mikroskop.

**b:** Die Zellumrisse wurden auf Transparentpapier durchgezeichnet, welches anschliessend auf der Rückseite mit weichem Bleistift geschwärzt wurde.

**c:** Nach dem Durchpausen mit Bleistift ab Transparentpapier auf Halbkarton wurden die Zellumrisse mit Tinte nachgezogen und die Zellinhalte aquarelliert. Solche Vorlagen konnten nicht direkt gedruckt werden, sondern dienten dem Lithografen als Vorlage.

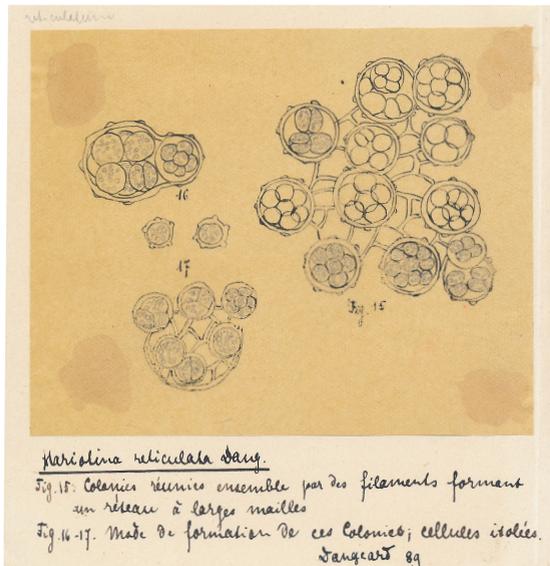
### Durchgepauste Abbildungen aus der Literatur

Bei seinen ausgedehnten Literaturstudien hat Senn unzählige Abbildungen mit Tinte auf Transparentpapier durchgezeichnet, die Abbildungslegenden abgeschrieben (Abb. 5) und z.T. eigene Kommentare beigefügt, so zum Beispiel bei der Abbildung von *Hariotina reticulata* aus der Publikation von CHODAT & HUBER 1894: «in Fig. 4–5 unzählige Verlegenheitsstriche! Fig. 6 überhaupt ungenau». Senn hat 26 Abbildungen, bestehend aus 1–24 Einzelabbildungen aus 21 Publikationen kopiert.

### Die Doctorrede

Auf 20 halbseitig mit Tinte beschriebenen Bögen im Format 22.2×17.8 cm, welche oben links perforiert und mit einem Bändchen zusammengehalten wurden (Abb. 5), diskutiert Senn im Lichte von Darwins Deszendenztheorie ausführlich die verschiedenen Methoden, die einst und jetzt in der Pflanzensystematik eingesetzt wurden; sogar Theophrasts Methode, mit dessen naturwissenschaftlichen Schriften er sich später intensiv auseinandergesetzt hat, wird erwähnt. Die Transkription des Manuskripts kann im EZM eingesehen werden.

Zur 1898 gehaltenen Doctorrede Senns zu den «Methoden der systematischen Botanik» gilt es zu beachten, dass bis weit ins 20. Jahrhundert neben den Pflanzen auch die Bakterien, Pilze und Algen zum Pflanzenreich gezählt wurden. Senn kommt zum Schluss: «Allgemein gültige Recepte lassen sich somit auch hier nicht feststellen. Es ist aber zu erwarten, dass mit Hilfe der nunmehr klar erkannten Mittel das Ziel der botan. Systematik, die Genealogie der Pflanzen schliessl. doch erreicht werde. – Bei dieser Aufgabe bestrebt sich die morphologisch-anatomische Methode, den Platz, an welchem eine bestimmte Pflanzenart hingehört, festzustellen;



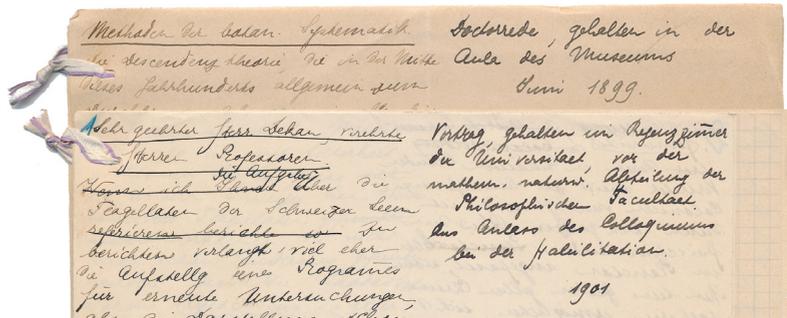
**Abb. 5:** Literaturstudien zur Dissertation über koloniebildende einzellige Algen. Publierte Abbildungen wurden mit Tinte auf ein Transparentpapier durchgezeichnet und die Abbildungslegende abgeschrieben.

Hier: die Abbildungen zur Originalbeschreibung von *Hariatina reticulata* Dang. auf Tafel VII in DANGEARD 1889. Abbildungslegende: «Fig. 15. Colonies réunies ensemble par des filaments formant un réseau à larges mailles. Fig. 15-17. Mode de formation de ces colonies; cellules isolées. Dangeard 89».

die entwicklungsgeschichtliche Methode, sucht vom Stamme des Baumes ausgehend die zu dieser Stelle hin führenden Aeste herauszufinden und die physiologische Methode, sowie die geographisch-morphologische Methode endlich sind bestrebt die Verbindung der äussersten Zweigspitzen mit den älteren Aesten des Baumes herzustellen». Erst die molekulare Genetik, in Kombination mit morphologisch-anatomischen Studien, hat im letzten Viertel des 20. Jahrhunderts die Erstellung von Stammbäumen (Phylogenien) ermöglicht. Senn wäre begeistert über die Möglichkeiten, die sich heutigen Biolog/innen bieten.

## Der «Vortrag, gehalten ... aus Anlass des Colloquiums bei der Habilitation 1901»

Gustav Senn wurde am 12. März 1901 habilitiert. Im Vortrag, den er «im Regenzimmer der Universität vor der mathemat. naturw. Abteilung der Philosophischen Facultaet» halten musste (Abb. 6), fokussierte er auf seine Studien der Flagellaten der Schweizer Seen; sie waren Teil seines umfangreichen Beitrages zur Systematik der Flagellaten in Engler & Prantls Monumentalwerk «Die Natürlichen Pflanzenfamilien» (SENN 1900). Wie Senn anlässlich seiner Habilitation darlegt, interessierte ihn neben der Biodiversität der Flagellaten vor allem deren Biologie, die jahreszeitliche Periodizität ihres Auftretens und die damit verbundenen Formenwechsel. Er betont, dass der Einfluss externer Faktoren erst geklärt werden kann, wenn diese faszinierenden Einzeller in Kultur genommen und exakt definierten Bedingungen ausgesetzt werden können. Die Transkription des Manuskripts kann im EZM eingesehen werden.



**Abb. 6:** Ausschnitt aus den Manuskripten zur «Doctorrede» von 1899 und zum «Vortrag, gehalten... aus Anlass des Colloquiums bei der Habilitation 1901». Transkripte der beiden Manuskripte können im EZM eingesehen werden.

## Ausblick

Dass ein Zwanzigjähriger in einem Praktikum im Grundstudium eine Entdeckung macht, mit der er später weltberühmt wird, wie im Falle von Senns Beobachtung der Chloroplastenwanderung, war damals und wäre auch heute aussergewöhnlich.

Auch heute noch gehört ein mikroskopisch-anatomisches Praktikum, oft abschätzig als Schnipselkurs bezeichnet, zur Grundausbildung angehender Botaniker/innen. Es werden zum Teil die gleichen Objekte untersucht wie zu Gustav Senns Zeiten (z.B. der Sprossquerschnitt des Pfeifenstrauchs *Aristolochia siphon*). Im genauen Zeichnen der beobachteten Strukturen sind heute die wenigsten Student/innen geübt; vielmehr hält man die Linse des Smartphones ans Okular und drückt ab. Allerdings fehlt heutigen Student/innen neben den vielen anderen prüfungsrelevanten Fächern oft die Zeit zu sorgfältigen mikroskopischen Studien. Fortgeschrittenen Biolog/innen stehen heute Mikroskope mit hervorragender Optik und eingebauter Digitalkamera zur Verfügung.

Das nun in der Basler Universitätsbibliothek deponierte Material ist nicht nur für Botaniker/innen, Wissenschaftshistoriker/innen und Didaktiker/innen von Interesse, sondern auch für wissenschaftliche Illustrator/innen.

## Dank

Ein herzliches Dankeschön gebührt meinen liebenswürdigen Studienkolleginnen Dora Meier-Küpfer, die mich 1973 auf den Kehrichtsack hinwies, in dem das vorliegende Material bereits gelandet war, und Dr. Annekäthi Heitz-Weniger für die kritische Durchsicht dieses Manuskripts.

## Literatur

- ARCHIBALD JM (2009) The puzzle of plastid evolution. *Current Biology* 19: R81–R88
- ARCHIBALD JM (2015) Genomic perspectives on the birth and spread of plastids. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 112: 10147–10153
- BECHERER A (1945) Gustav Senn 1875–1945. *Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* 125: 376–380 + 1 Portrait
- CHODAT R & HUBER J (1894) Sur le développement de l'*Hariotina* Dangeard. *Bulletin de la Société Botanique de France* 41: CXLII–CXLVI, DOI:10.1080/00378941.1894.10831671
- DANGEARD P-A (1889) Mémoire sur les algues. *Le Botaniste* 1: 127–174 + Tafeln
- DONNÉ AF (1844–1845) *Cours de microscopie complémentaire des études médicales: anatomie microscopique et physiologie des fluides de l'économie* 550 pp. + (1845): Atlas, 20 pl. gravées par Oudet ont été calquées sur les images photographiques exécutées par Léon Foucault au moyen du microscope-daguerréotype. J.-B. Baillière, Paris
- EDER JM (1928) Die theoretischen und praktischen Grundlagen der Autotypie. Wilhelm Knapp, Halle, 93 pp.
- FISCHER H (1945) Gustav Senn: 9. November 1875–10. Juli 1945. *Gesnerus (Swiss Journal of the History of Medicine and Sciences)* 2: 169–172
- FUJII K (1898) Has the spermatozoid of *Ginkgo* a tail or none? *Botanical Magazine, Tokyo* 12: 287–290
- FUJII K (1899) On the morphology of the spermatozoid of *Ginkgo biloba*. *Botanical Magazine, Tokyo* 13: 260–266
- GOULD SB, WALLER RF & MCFADDEN GI (2008) Plastid evolution. *Annual Review of Plant Biology* 59: 491–517
- HEGEWALD E, WOLF M, KELLER A, FRIEDL T & KRIENITZ L (2010) ITS2 sequence-structure phylogeny in the Scenedesmeaceae with special reference to *Coelastrum* (Chlorophyta, Chlorophyceae), including the new genera *Comasiella* and *Pectinodesmus*. *Phycologia* 49: 325–335
- HIRASE S (1896) On the spermatozoid of *Ginkgo*. *Botanical Magazine, Tokyo* 10: 325–328
- HONEGGER R (2016) Ein gebundenes Meeresalgenherbar von 1851 aus Basler Privatbesitz. *Bauhinia* 26: 15–23
- IKENO S (1897) Vorläufige Mitteilung über Spermatozoiden bei *Cycas revoluta*. *Botanisches Zentralblatt* 69: 1–3
- KADOTA A, YAMADA N, SUETSUGU N, HIROSE M, SAITO C, SHODA K, ICHIKAWA S, KAGAWA T, NAKANO A & WADA M (2009) Short actin based mechanism for light-directed chloroplast movement in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 106: 13106–13111
- KATAOKA H (2015a) Gustav Senn (1875–1945): the pioneer of chloroplast movement research. *Journal of Integrative Plant Biology* 57: 4–13
- KATAOKA H (2015b) *Yohryokutai no Hikari-ten'i-undou* (japanese translation of Senn 1908). Tohoku University Press, Sendai
- KUNDE O (2014) *Geschichte des modernen Fotojournalismus: Ursprünge und Entwicklung 1850–1990*, disserta Verlag, Hamburg, 140 pp.
- MCFADDEN GI, GILSON PR & WALLER RF (1995) Molecular phylogeny of chlorarachniophytes based on plastid rRNA and rbcL sequences. *Archiv für Protistenkunde* 145: 231–239
- MCFADDEN GI & VAN DOOREN GG (2004) Evolution: Red algal genome affirms a common origin of all plastids. *Current Biology* 14: R514–6; DOI: 10.1016/J.CUB.2004.06.041.
- MERESCHKOWSKY KS (1905) *Ueber Natur und Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreich*. *Biologisches Centralblatt* 15: 593–604, 690–691.
- PETERS D (2007) Die Welt im Raster. Georg Meisenbach und der lange Weg zur gedruckten Photographie. In: A. Gall (ed.) *Konstruieren, Kommunizieren, Präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik*. Wallstein, Göttingen, 181–244
- PONCÉ-TOLEDO RI, DESCHAMPS P, LÓPEZ-GARCÍA P, ZIVANOVIC Y, BENZERARA K & MOREIRA D (2017) An early-branching freshwater cyanobacterium at the origin of plastids. *Current Biology* 27: 386–391
- SCHENCK H (1901) A. F. Wilhelm Schimper. *Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft* 19: 54–70
- SCHIMPER AFW (1883) *Ueber die Entwicklung der Chlorophyllkörner*

und Farbkörper. *Botanische Zeitung* 41: 105–112, 122–131, 137–146, 153–162

SCHIMPER AFW (1883) Über die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper. *Botanische Zeitung* 41: 105–14, 121–31, 137–46, 153–62

SCHIMPER AFW (1885) Untersuchungen über die Chlorophyllkörper und die ihnen homologen Gebilde. *Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik* 16: 1–247 + 5 Tafeln

SENN G (1899) Ueber einige coloniebildende einzellige Algen. *Botanische Zeitung* 57: 39–104 + 2 Tafeln

SENN G (1900) Flagellata. In: Engler HGA & Prantl KAE (eds.) *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. Wilhelm Engelmann, Leipzig. I, 1a: 93–188

SENN G (1908) Die Gestalts- und Lageveränderung der Pflanzen-Chromatophoren. Mit einer Beilage: Die Lichtbrechung der lebenden Pflanzenzelle. Engelmann, Leipzig, VI + 397 pp.

SENN G (1911) Physiologische Untersuchungen an *Trentepohlia*. *Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft*, 94. Jahrestagung Solothurn I: 281–2 82

VON WASIELEWSKI T & SENN G (1900) Beiträge zur Kenntniss der Flagellaten des Rattenblutes. *Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten* 33: 444–472.

WADA M & KONG S-G (2018) Actin-mediated movement of chloroplasts. *Journal of Cell Science* 131: 8 pp., jcs210310 doi: 10.1242/jcs.210310

WANG Q, LIU X, LI S, XIONG Q, HU Z & LIU G (2020) Cryptic species inside the genus *Hariotina* (Scenedesmeaceae, Sphaeropleales), with descriptions of four new species in this genus. *European Journal of Phycology* 55: 373–383

WANG ZK, HE LJ, HU F & LIN XT (2017) Characterization of the complete mitochondrial genome of *Coelastrum* sp. F187. *Mitochondrial DNA Part B Resources* 2: 455–456

XU Y, LI L, LIANG H, MELKONIAN B, LORENZ M, FRIEDL T, PETERSEN M, LIU H, MELKONIAN M & WANG S (2019) The draft genome of *Hariotina reticulata* (Sphaeropleales, Chlorophyta) provides insight into the evolution of Scenedesmeaceae. *Protist* 170: article 125684, 6 pp; DOI.ORG/10.1016/J.PROTIS.2019.125684