

# DIE SIEBRÖHRENKRANKHEIT (PHLOËMNEKROSE, FLAGELLATOSE) DES KAFFEEBAUMES <sup>1)</sup>

GEROLD STAHEL

(Quinten am Walensee, Schweiz)

## ZUSAMMENFASSUNG

Bis heute ist die Siebröhrenkrankheit des Kaffeebaumes die einzige bekannte Flagellatose von Siebröhren geblieben. Es ist aber wahrscheinlich, dass, besonders in den Tropen, noch weitere Krankheiten von diesem Typus gefunden werden. Dass dies bis heute noch nicht der Fall war, dürfte mit der verborgenen Lebensweise dieser Protozoen zusammenhängen.

Die Rapporte über unsere Untersuchungen sind an 7 verschiedenen Stellen erschienen. Es dürfte darum von Nutzen sein, hier eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Resultate zu geben, ergänzt durch einige noch nicht publizierte Wahrnehmungen.

Von allen Krankheiten des Kaffeebaumes in Surinam verursachte die Siebröhrenkrankheit seit 1900 in jüngeren, kräftig wachsenden Anpflanzungen weit aus den grössten Schaden. Aber schon im Jahre 1770 wird berichtet, dass einzelne Kaffeebäume plötzlich absterben, ja ganze Felder zugrunde gehen und vertrocknen. Wiederholt hat man diese Krankheit untersucht ohne auch nur eine Spur eines möglichen Erregers entdecken zu können. Wohl fand man mitunter, dass die Haarwurzeln abgestorben waren, weshalb man von Wurzelkrankheit, in Demerara von "Wilt" sprach. In Ermangelung eines besseren nahm man an, das es eine physiologische Krankheit sei (KUYPER und FERNANDES; STOCKDALE und MARTYN).

Zwei Formen der Krankheit sind bekannt, nämlich die akute, bei der die Bäume ganz plötzlich verwelken und zugrunde gehen und die sehr viel häufigere chronische Form, bei der die Bäume ihre Blätter langsam abwerfen und erst nach vielen Monaten zugrunde gehen. Im Durchschnitt starben früher jährlich 1–3% der Bäume ab, hin und wieder bis 10, ja bis 30% und einmal erkrankte selbst ein ganzes Feld Baum für Baum zu gleicher Zeit.

Wenn in einer ganz gesunden Anpflanzung mitten zwischen dunkelgrünen, kräftigen Bäumen ein einzelner Baum plötzlich erkrankt und stirbt, dann ist die Erklärung, als sei dieser Vorgang von rein physiologischer Natur sicherlich unbefriedigend. Wir haben darum alle Teile von gesunden und kranken Bäumen vergleichend untersucht und dabei ein scharfes, sehr typisches und konstantes Merkmal gefunden, nämlich 5–6 Reihen multipelgeteilter Siebröhren, die nach aussen hin in Nekrose übergehen. Diese Siebröhren sind durch 2–7 meist tangentiale Querwände in sehr enge Röhren geteilt, die überdies nur ein viertel so lang sind wie normale. Wegen dieser sehr markanten anatomischen Abweichung wurde die Krankheit von 1920 ab Siebröhrenkrankheit oder Phloëmnekrose genannt.

Die multipel Teilung der Siebröhren wird offensichtlich durch die Stoffwechselproducte irgend eines Infektionskörpers verursacht. Da aber kein sichtbarer Erreger gefunden wurde, musste als Krankheitsursache ein Virus angenommen werden.

<sup>1)</sup> Von der Redaktion empfangen 25. August 1954.

Es wurden darum in grosser Zahl grüne Zweige, Wasserschosse und Rindenstücklein von kranken auf gesunde Bäume transplantiert, aber selbst nach Jahresfrist war kein einziger Baum erkrankt. Zur selben Zeit wurden von allen Teilen von gesunden und kranken Bäumen Präparate gemacht, die mit Osmiumsäure behandelt waren, in der Hoffnung darin Viruskörperchen finden zu können. All diese Versuche verliefen völlig ergebnislos. Als aber zu allerletzt noch ein Präparat von der Plantage Geyersvlijt durchmustert wurde, erschienen darin die Siebröhren dicht gefüllt mit Flagellaten vom Typus *Leptomonas davidi*, die im Milchsaft von *Euphorbia*-Arten weit verbreitet ist. Hiermit konnten zum ersten Mal Flagellaten in Siebröhren festgestellt werden.

Es war nun deutlich, warum die Transplantationen keinen Erfolg haben konnten. Im Gegensatz nämlich zu den dickeren Zweigen sind die grünen immer frei von multipelgeteilten Siebröhren. In den Rindenstücklein aber stirbt der Weichbast ab und verwächst nicht mit der Unterlage.

Ungefähr zu gleicher Zeit wurden fingerdicke Stücke von kranken Wurzeln von 5–10 cm Länge, die multipel geteilte Siebröhren enthielten, auf Wurzeln gesunder Bäume gepfropft. Von 34 so behandelten Bäumen zeigten nach 5 Monaten 15 oder 44% die äusseren und inneren Krankheitserscheinungen.

Hierauf wurden aufs Neue 12 Bäume mit kranken und 10 mit gesunden Wurzeln gepfropft. Die kranken Wurzeln waren zuvor an der Hand von Mikrotompräparaten auf das Vorkommen von reichlichen Mengen lebender Flagellaten untersucht. Auf jeden der 22 Bäume wurden 6 Wurzelstücke gepfropft. Die 12 Bäume mit kranken und die 10 mit gesunden Wurzelstücken standen neben einander auf demselben Beet. 5 Monate später erkrankten alle 12 Bäume zur gleichen Zeit, während die 10 mit gesunden Wurzeln dauernd gesund blieben.

Im Laufe der weiteren Untersuchungen wurden sehr zahlreiche Infectionen gemacht, die fast immer Erfolg hatten, im Falle man sich zuvor überzeugt hatte, dass die verwendeten Wurzelstücklein auch wirklich reichliche Mengen lebender Flagellaten enthalten.

Zu Beginn der Untersuchungen mussten jeweils Mikrotomschnitte angefertigt werden um die Flagellaten feststellen zu können. Später zeigte es sich, dass man die Flagellaten schon innert weniger Minuten nach der Entnahme aus dem kranken Baum lebend beobachten kann. Von den Rindenstücklein in Ringerscher Lösung wurden Handschnitte angefertigt und diese in der Lösung unter der Ölimmersion beobachtet. Der ganze Inhalt der kranken Siebröhren erscheint nun in lebhafter Bewegung, die wellenförmig und etwas ruckweise ist. Selbst in nicht sehr dünnen Schnitten kann man in der Tiefe die durch die Flagellaten bewegten Siebröhren leicht erkennen. Meist wurden die dünnsten Schnitte in einer Schale mit Ringerscher Lösung ausgesucht. Wurden sie aber direct vom Rasiermesser auf den Objectträger gebracht, dann konnte man einzelne Flagellaten auch frei in der Lösung herumschwimmen sehen.

Erst diese schnelle und bequeme Methode machte es möglich die Ausbreitung der Flagellaten Schritt für Schritt verfolgen zu können. Während sie in den isolierten Rindenstücklein, selbst in Ringerscher Lösung, nur kurze Zeit im Leben bleiben, haben sie in abgeschnittenen feucht und kühl gelagerten Wurzeln selbst nach mehreren Wochen nichts von ihrer Beweglichkeit eingebüsst.

Erst etwa nach 5–6 Wochen treten die Flagellaten aus der gepfropften Wurzel in den gesunden Baum hinüber. Normaler Weichbast hat 10–12 Reihen Sieb-

röhren, die nach aussen in gewöhnliche Nekrose übergehen. Die Flagellaten erscheinen nun zuerst in den ältesten Siebröhren in welchen sie mit einer Geschwindigkeit von 35–40 cm per Woche vorausseilen, wobei sie also jede Stunde 8–10 Siebplatten passieren.

5 Wochen nach erfolgter Infection hat die Avantgarde der Flagellaten in den ältesten Siebröhren einen Abstand von 180–200 cm abgelegt. Sie sind hier besonders dick und in fortwährender Teilung begriffen.

Auf halbem Weg, also 100 cm von der Pfropfstelle entfernt, sind zu dieser Zeit schon fast alle primären Siebröhren von Flagellaten überschwemmt. Ob diese von den älteren Siebröhren aus durch die seitenständigen Siebplatten eingewandert sind oder zum Teil auch in den jüngeren Siebröhren selbst hierher gelangten, ist nicht mit Sicherheit fest zu stellen. An dieser Stelle hat das Kambium schon die erste multipelgeteilte Siebröhre gebildet als eine Folge des herbeiströmenden, mit Stoffwechselprodukten der Flagellaten verunreinigten Siebröhrensaftes.

In der Nähe der Pfropfstelle sind zu dieser Zeit alle primären Siebröhren tot. Das Kambium hat hier schon 6 Reihen multipelgeteilter Siebröhren gebildet, von welchen die äusserste in Nekrose übergegangen und reichlich mit glänzendem, gelben Wundgummi impägniert ist. Die 4te und 5te dieser vielfach geteilten Röhren ist mit zahlreichen besonders kleinen Flagellaten dicht vollgestopft.

Haben die Flagellaten den Stamm erreicht, dann steigen sie mit der gleichen Geschwindigkeit in diesem empor bis in die Krone und zwar in einem schmalen Streifen von der Breite der Wurzel beim Übergang in den Stamm. Dieser Streifen verbreitert sich von unten her erst dann, wenn die Flagellaten aus den beiden benachbarten Wurzeln emporklettern.

Wenn die Flagellaten die Stammbasis der gepfropften Wurzel erreicht haben, dann dauert es noch etwa 3 Wochen bis sie an der gleichen Stelle der beiden Nachbarwurzeln erscheinen, obwohl der directe Abstand höchstens 10 cm beträgt, ein Abstand der sonst in Wurzel und Stamm in 2 Tagen abgelegt wird. Sie dringen von der Unterseite der kranken Wurzel in der kurzen, sich schnell verjüngenden Pfahlwurzel hinab, um von dort aus die Nachbarwurzeln von unten her zu erreichen. Von hier eilen sie centrifugal nach den dünneren Teilen der Wurzel und über diese gelangen sie auf die Oberseite und zuletzt zur Stammbasis. Die Flagellaten müssen also einen grossen Umweg machen um auf die Oberseite der Nachbarwurzeln zu gelangen, da die seitliche Ausbreitung offensichtlich sehr träge von statten geht.

Haben die Flagellaten zuletzt alle Wurzeln durchwandert und die der gepfropfte gegenüberliegende erreicht, dann erst wird der Baum äusserlich sichtbar krank. Es war darum ein grosser Zufall, dass in den mit Osmium behandelten Präparaten eine Wurzel gefunden wurde, in der noch primärkranke Siebröhren vorkamen. Solchen Weichbast kann man auch im Feld noch am ehesten entdecken, wenn man die Rinde des Stammes ringsum untersucht. Im Sector in dem noch keine Nekrose vorkommt, dürfte man noch Flagellaten in primären Siebröhren finden können.

Das Endstadium mit den 5 Reihen multipel geteilten Siebröhren, dauert meistens viele Monate lang, sodass diese Siebröhren noch für einen beschränkten Nahrungstransport Dienst tun können. Die Reservestärke im Stamm kann darum zu einem grossen Tell noch entleert werden.

Das Kambium bildet in diesem Stadium immer neue multipel geteilte Siebröhren, angeregt durch die Stoffwechselproducte der Flagellaten in der 4ten und 5ten Röhre und zu gleicher Zeit wird nach aussen zu die Zone der intensief mit Wundgummi imprägnierten Siebröhren breiter und breiter.

Bei der akuten Form stirbt das Phloëm ganz plötzlich ab, die Haarwurzeln verhungern und das Entleeren der Stärkevorräte im Stamm unterbleibt. „Diese Form kommt hauptsächlich in der Trockenzeit vor, wenn der Siebröhrensaft etwas konzentrierter sein dürfte.“

In Surinam kommen oft Anpflanzungen vor, in denen auf den Kaffeewurzeln Läuse gefunden werden (*Rhizoëcus coffeae*). Erst vermutete man, sie könnten die Überträger der Krankheit sein. Als man aber fand, dass die Läuse in Feldern, die ganz gesund sind, oft in grossen Mengen vorkommen, während sie in kranken Feldern fehlen, gab man diese Hypothese auf. Auch haben die Saugborsten von *Rhizoëcus* einen Saugkanal, der weniger als  $1\ \mu$  weit ist, also selbst durch die kleinsten Flagellaten in den multipelgeteilten Siebröhren nicht passiert werden kann.

In kranken Kaffeefeldern kommt, doch eher spärlich, eine Wurzelwanze vor. Es ist *Lincus spathuliger* (nicht *securiger*), eine *Pentatomide*, die eben unter der Erdoberfläche am oberen Teil der Pfahlwurzel lebt. Nur in den frühen Morgenstunden kann man sie über dem Boden am untersten Teil des Stammes wahrnehmen. Da sie aber von einer Ameise, *Pheidole spec.*, besucht wird, die ihr Nest oberflächlich zwischen toten Blättern in der Nähe der Wanzen anlegt, sind diese meist nicht allzuschwer zu finden. Am Stamm können sie nicht saugen, weil hier die Rinde mit mehreren harten Sclerenchymplatten gepanzert ist. Bei volltragenden, kräftig wachsenden Kaffeebäumen ist die Wurzelrinde dagegen frei oder fast frei von solchen Platten.

Der Kanal der Saugborste ist bei *Lincus*  $4\ \mu$  weit, dürfte also selbst die dicksten Flagellaten leicht passieren lassen. Überdies werden die Flagellaten im Milchsaft von *Euphorbia* ebenfalls durch Wanzen übertragen. Es ist aber höchst unwahrscheinlich, dass dies bei Siebröhren durch eine andere Gruppe von Insecten bewerkstelligt wird.

Wir machten darum eine Reihe von Infectionsversuchen, indem wir die Wanzen in Kästchen aus Kupfergase brachten, die dicht um dickere, Flagellaten enthaltende, Wurzeln befestigt wurden. Zur bequemeren Kontrolle bedeckten wir sie nur mit totem Laub. Nach einer Woche brachten wir die Kästchen mit den Wanzen, von denen wir allerdings keine saugen sahen, auf gesunde Wurzeln. Keiner dieser Bäume wurde krank. Vielleicht sagten den Wanzen die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit oder Temperatur nicht zu, vielleicht auch fehlten ihnen die Ameisen. Weitere Versuche die Wanzen auch an die Pfahlwurzel zu bringen, scheiterten ebenfalls aus technischen Gründen. Erneute Infectionsversuche haben darum sorgfältig mit diesen Schwierigkeiten zu rechnen.

Es kann kaum daran gezweifelt werden, dass die Flagellaten in einem in Surinam wildwachsenden Baum gefunden werden, dessen Siebröhren vielleicht weniger durch diese Protozoën geschädigt werden als die von Kaffee. Oft hat man bemerkt, dass einige Monate, nachdem das strauchartig aufgeschossene Unkraut niedergehauen war, die Siebröhrenkrankheit besonders bösartig auftrat, vornehmlich dann, wenn das Feld zu gleicher Zeit umgespatet worden war. Ausserordentlich eindrucksvoll war aber ein solches Sterben auf einer

Plantage am oberen Surinamfluss. Während des zweiten Weltkrieges war es nämlich längere Zeit nicht möglich Kaffee zu exportieren, weshalb die Anpflanzungen mehr oder weniger verwahrlost werden mussten. Nach Kriegsende begann man das hohe Strauchgewächs, das oft in Sekundärwald übergegangen war, niederzuhauen. In einem dieser Felder, das nicht lang zuvor gesäubert worden war, erkrankten nun alle Bäume zugleich und die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass sie siebröhrenkrank waren.

In diesem Feld muss ein Strauch oder kleinerer Baum in grösseren Mengen gestanden haben, dessen Siebröhren Flagellaten enthielten. Als diese Bäume umgehauen waren, siedelten die auf deren Wurzeln lebenden Wanzen in grosser Zahl auf den benachbarten Kaffee über. Nur so ist dieses allgemeine und gleichzeitige Sterben zu erklären. Hier wäre wohl heute noch die ursprüngliche Wirtspflanze mit den Flagellaten und Wanzen zu finden, zu der uns vielleicht die *Phaidole* Ameise den Weg weisen könnte.

Erst dann, wenn man diese Pflanze kennt, kann man sie systematisch in den Kaffeefeldern ausrotten und die Siebröhrenkrankheit bleibend von den Anpflanzungen fern halten.

Die Phloëmnekrose kommt auch im benachbarten Demerara und in Pernambuco vor. Das Alkoholmaterial, das wir von dort erhielten, zeigte typische multipele Teilung und Nekrose. Auch die Beschreibung des Krankheitsverlaufes liess keinen Zweifel übrig, dass auch dort die Siebröhrenkrankheit vorkommt.

Vor Jahren erhielten wir auch aus San Salvador von Plantage Cerro Redondo Bericht über eine verherende Kaffeekrankheit, an der selbst ein ganzes Feld in kurzer Zeit zugrunde gegangen war. Die Beschreibung der äusseren Krankheitserscheinungen stimmte bis in Einzelheiten mit unserer Siebröhrenkrankheit überein. Im Alkoholmaterial von kranken Wurzeln konnte wohl vorzeitige Nekrose, nicht aber das Vorhanden sein von multipelgeteilten Siebröhren festgestellt werden. Nur eine Untersuchung an Ort und Stelle könnte näheren Aufschluss geben.

Auch aus Columbia hatten wir einst Bericht von einer ähnlichen Krankheit empfangen.

#### LITERATUR

- STAHEL, GEROLD: *Meded. Landbouwproefstation, Suriname*, 1917, no. 20.  
— —: *Bull. Dep. Landbouw, Suriname*, 1920, no. 40.  
— — und H. BÜNZLI: *Overdrukken, Indische Merkuur, Amsterdam*, 1930, no. 1a.  
— —, — —: *Phytopatholog. Zeitschrift, Bonn*, 4 (1930).  
— —: *Phytopatholog. Zeitschrift, Bonn*, 4 (1932).  
— —: *Phytopatholog. Zeitschrift, Bonn*, 6 (1933).  
— —: *Mededeling (Nieuwe Serie), Landbouwproefstation, Suriname*, 1934, no. 7.

#### Nachschrift

Vor Kurzem hat N. J. VAN SUCHTELEN (1953) eine Krankheit von älteren Kaffeebäumen beschrieben, die durch einen Pilz verursacht wird, der bis ins Holz durchdringt und dort graue Flecken bildet. Die Krankheit gleicht äusserlich etwas der Siebröhrenkrankheit, multipele Teilung fehlt aber ganz. Die Krankheit ist also nicht identisch mit der Siebröhrenkrankheit, weshalb sie VAN SUCHTELEN als "Stammkanker" bezeichnete.

SUCHTELEN, N. J. VAN: Koffiekanker, *De Surinaamse Landbouw*, 1 (1953) 48–51.