

HENRI VAN HEURCK MUSEUM

VERZAMELING HISTORISCHE MICROSCOPEN

Vergrondend en oplossend vermogen van de niet-achromatische enkelvoudige
en samengestelde microscopen
van de achttiende en het begin van de negentiende eeuw

DOOR ED. FRISON

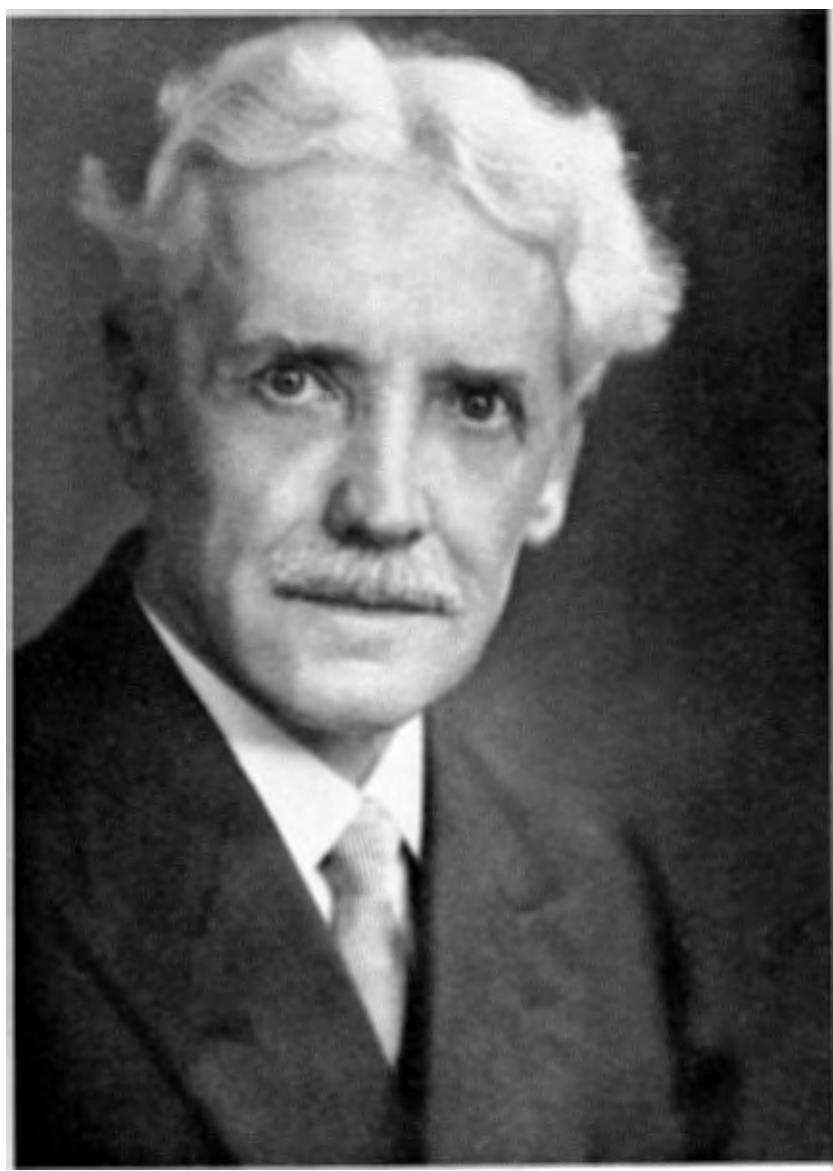


PRO NATURA ET SCIENTIA

TRADUCTION FRANÇAISE
DEUTSCHE ÜBERSETZUNG
ENGLISH TRANSLATION

Publicatie

Koninklijke Maatschappij voor Dierkunde van Antwerpen
met de medewerking van het Stadsbestuur van Antwerpen



Karel Edward Frison, geboren te Meerhout, 24 november 1888
(foto 1958)

HENRI VAN HEURCK MUSEUM

VERZAMELING HISTORISCHE MICROSCOPEN

Vergrotend en oplossend vermogen van de niet-achromatische enkelvoudige
en samengestelde microscopen
van de achttiende en het begin van de negentiende eeuw

DOOR ED. FRISON



PRO NATURA ET SCIENTIA

TRADUCTION FRANÇAISE
DEUTSCHE ÜBERSETZUNG
ENGLISH TRANSLATION

Publicatie

Koninklijke Maatschappij voor Dierkunde van Antwerpen
met de medewerking van het Stadsbestuur van Antwerpen

D/1971/0422/1
ANIE ←

PROF. DR. K.J. VAN CAMP
BIOMEDISCHE FYSICA
UNIVERSITEIT Antwerpen RUCA

TEN GELEIDE

Toen de heer Ed. Frison in 1966 het handschrift van zijn Geïllustreerde inventaris van de historische microscopen, onderdelen en uitrusting overhandigde, deelde hij ons tevens mede dat hierop een vervolg zou komen, gewijd aan het vergrotend en oplossend vermogen van de 18e eeuwse microscopen.

Het speet ons toen wel dat deze nieuwe verhandeling niet tezamen met de „Geïllustreerde inventaris” zou verschijnen maar de heer Frison overtuigde er ons onmiddellijk van dat dit voorbarig was, daar hij de metingen wilde overdoen alvorens deze te publiceren. De publicatie van zijn bevindingen moest een heersende valse voorstelling rechtzetten. Gezien de uitgebreidheid van deze studie en de nauwkurigheid, die steeds het wetenschappelijk werk van de heer Ed. Frison gekenmerkt heeft, begrepen wij dat het wenselijk was, de „Geïllustreerde inventaris” alvast uit te geven.

De studie van het vergrotend en oplossend vermogen van de niet-achromatische enkelvoudige en samengestelde microscopen van de 18de en het begin der 19de eeuw is nu gereed. Eens te meer heeft de Koninklijke Maatschappij voor Dierkunde van Antwerpen — dank zij de totaal belangeloze, onverdroten arbeid van de heer Frison, — een stukje kunnen inlossen van de belofte die zij vrijwillig op zich nam. Bij collegiaal besluit van 20 mei 1963 werden de verzamelingen van het Museum Henri van Heurck aan de Koninklijke Maatschappij voor Dierkunde van Antwerpen toevertrouwd, die aanvaardde, deze als goede huisvader te bewaren, te bestuderen en tentoon te stellen. Dikwijs vragen wij ons af hoe de Maatschappij zich van deze taak zou hebben gekweten indien zij al die jaren niet op de grote kennis en de medewerking van de heer Frison had kunnen rekenen. Zijn naam is voor altijd aan de verzamelingen van het Museum Henri Van Heurck gekoppeld.

De Raad van Beheer en de Directie van de Koninklijke Maatschappij voor Dierkunde beschouwen het als een voorrecht dat hen de kans geboden werd hem te ontmoeten, te leren kennen en met hem te mogen samenwerken.

*Walter Van den bergh,
Januari 1972.*

AVANT - PROPOS

Lorsqu'en 1966, Monsieur Ed. Frison nous présenta le manuscrit de son „Geïllustreerde inventaris van de historische microscopen, onderdelen en uitrusting”, il nous fit aussi savoir que celui-ci comportait encore une suite consacrée au pouvoir grossissant et résolvant des microscopes du XVIIIème siècle.

Nous regrettions alors un peu que cette nouvelle étude n'allait pas paraître en même temps que l'inventaire illustré, mais Monsieur Ed. Frison nous persuada immédiatement que cela était prématuré, car il voulait revérifier les mesures avant de les publier. La publication de ses constatations devait redresser une fausse idée qui régnait alors. L'exactitude scientifique a toujours caractérisé toute l'œuvre de Monsieur Ed. Frison, de sorte que nous comprenions qu'il était préférable de déjà publier le „Geïllustreerde inventaris”.

Nous en sommes maintenant au point que la publication du pouvoir grossissant et résolvant des microscopes non achromatiques simples et composés du XVIIIème et du début du XIXème siècle est prête pour la mise sous presse. Une fois de plus la Société Royale de Zoologie d'Anvers — grâce au travail infatigable et totalement désintéressé de Monsieur Ed. Frison — a pu s'acquitter d'une autre partie des engagements qu'elle avait volontairement pris sur elle. Par décision du Collège échevinal de la Ville du 20 mai 1963, les collections du Musée Henri Van Heurck avaient été confiées à la Société Royale de Zoologie d'Anvers, qui accepta de les conserver en bon père de famille, de les étudier et de les exposer. Nous nous sommes demandé souvent comment la société aurait pu s'acquitter de cette tâche si, durant toutes ces années, elle n'avait pu compter sur la collaboration et la grande érudition de Monsieur Ed. Frison. Dès lors, son nom est pour toujours associé aux collections du Musée Henri Van Heurck.

Le Conseil d'administration et la Direction de la Société Royale de Zoologie d'Anvers considèrent comme un privilège d'avoir eu l'occasion de le rencontrer, d'svoir appris à le connaître et de pouvoir travailler avec lui.

*Walter Van den bergh,
Janvier 1972.*

VORWORT

Als Herr Ed. Frison uns in 1966 die Handschrift seines Illustrierten Inventaris der historischen Mikroskope, Einzel- und Zubehörteile überreichte, teilte er mit, dass er eine Fortsetzung in der Form einer Studie der Vergrösserung und der Auflösung der Mikroskope des 18. Jahrhunderts vorhatte.

Wohl bedauerten wir damals, diese Studie nicht zusammen mit dem „Illustrierten Inventar“ veröffentlichen zu können, aber Herr Frison überzeugte uns dass es dazu zu früh war, da er alle Messungen überprüfen wollte. Die Veröffentlichung seiner Untersuchungen sollte eine herrschende falsche Vorstellung berichtigen. Angesichts der Ausdehnung dieser Studie und der wissenschaftlichen Genauigkeit die stets alle Arbeiten des Herrn Frison gekennzeichnet hat, begriffen wir dass eine sofortige Herausgabe des „Illustrierten Inventars“ angebracht war.

Die Studie der Vergrösserung und der Auflösung der nicht-achromatischen einfachen und zusammengesetzten Mikroskope des 18. und des Anfangs des 19. Jahrhunderts ist jetzt fertig. Dank Herrn Frisons ganz uneigennütziger und unverdrossener Arbeit had die Königliche Zoologische Gesellschaft von Antwerpen wieder einmal ein Teil ihres freiwillig gegebenen Versprechens nachkommen können. Durch die Verfügung vom 20. Mai 1963 des Antwerpener Stadtrats wurden die Sammlungen des Henri-Van-Heurck-Museums der Königlichen Zoologischen Gesellschaft von Antwerpen anvertraut, die annahm sie sorgfältig zu bewahren, zu studieren und auszustellen. Oft fragen wir uns wie unsere Gesellschaft diese Aufgabe vollbracht hätte, wenn sie in allen diesen Jahren nicht auf Herrn Frisons grosse Kenntnisse und Mitwirkung hätte rechnen können. Sein Name bleibt auf immer mit den Sammlungen des Henri-Van-Heurck-Museums verbunden.

Der Verwaltungsrat und die Direktion der Königlichen Zoologischen Gesellschaft betrachten es als ein Vorrecht, dass sie die Gelegenheit hatten Herrn Ed. Frison zu begegnen, ihn kennen zu lernen und mit ihm zusammenzuarbeiten.

*Walter Van den bergh,
Januar 1972.*

FOREWORD

When delivering the manuscript of his Illustrated Catalogue of the Historical Microscopes, Parts and Accessories in 1966, Mr. E. Frison informed us that this would be followed by a study of the magnifying and resolving power of 18th century microscopes. At that time we regretted then that this study could not be published together with the Illustrated Catalogue, but Mr. Frison convinced us that this would be premature as he wished to check all the measurements before publication. The publication of his findings would include the correction of a prevailing misrepresentation. Considering the vast scope of this study and the accuracy of all Mr. Frison's scientific work, it appeared desirable not to delay the publication of the Illustrated Catalogue.

Mr. Frison's study of the magnifying and resolving power of non-achromatic simple and compound microscopes of the 18th and early 19th century is now available. Thanks to his completely disinterested and indefatigable work, the Royal Zoological Society of Antwerp has been enabled once more to redeem part of the pledge voluntarily given, for by decision of the Antwerp City Council, dated 20 th May 1963, the collections of the Henri Van Heurck Museum were entrusted to the Royal Zoological Society of Antwerp, who agreed to care for them and also to study and exhibit them. We have often wondered how the Society could have accomplished this task if it could not have relied all these years on Mr. Frison's vast knowledge and collaboration. His name will for ever remain attached to the collections of the Henri Van Heurck Museum.

The Board of Directors and the Management of the Royal Zoological Society of Antwerp consider it a privilege to have had the opportunity of knowing Mr. E. Frison, of learning to appreciate his great gifts and to cooperate with him.

*Walter Van den bergh,
January 1972.*

INLEIDING

*In de inleiding * (blz. 4) van de Geïllustreerde Inventaris van de Historische Microscopen uit de Collectie van het HENRI VAN HEURCK MUSEUM, zeggen we ook nauwkeurig het optisch vermogen te kennen van alle enkelvoudige en samengestelde niet-achromatische microscopen van de 18de eeuw en begin 19de eeuw, en daarover aan de historici van de biologische wetenschappen juiste gegevens te kunnen bezorgen.*

Het eenvoudig mededelen van het optische vermogen in getallen, naast elke microscoop, zou heel onvolledig geweest zijn, vooral dan voor de samengestelde microscopen, omdat we ons niet bepaald hebben tot het oplossend vermogen van het volledige instrument, maar tevens ook dit vermogen van de objectieflensjes alleen hebben bepaald, wat voor zover we weten, nog door geen enkele van onze voorgangers is gedaan. En nu blijkt juist uit deze gegevens dat door het oculair nooit dit vermogen verminderde, maar integendeel in de meeste gevallen aanmerkelijk en zelfs sterk werd vergroot.

Men heeft dus tot nog toe al te lichtvaardig de achttiende-eeuwse samengestelde microscoop als minderwaardig en ongeschikt voor ernstig wetenschappelijk onderzoek beschouwd.

Ook het microscopisch werk dat door de achttiende-eeuwse botanisten werd verricht is al te vaak door historici onrechtvaardig beoordeeld, en dit veelal door gebrek aan historisch denken, zonder voldoende aandacht te schenken aan de geestesstroming van die eeuw en zonder voldoende kennis van de werkelijke optische waarde van de achttiende-eeuwse samengestelde microscoop.

Antwerpen, 2 april 1971.

ED. FRISON.

Vergrotend en oplossend vermogen van de niet-achromatische enkelvoudige en samengestelde microscopen van de achttiende en het begin der negentiende eeuw.

ONZE WERKMETHODE :

Al onze metingen zijn gedaan bij kunstlicht.

Als lichtbron voor het bepalen van het opossend vermogen gebruikten we een matglazen gloeilamp van 40 Watt.

Voor het vergrotend vermogen, dat gemeten werd door projectie van een objectmicrometer 1/100ste mm op matglazen plaat en op 25 centimeter afstand, werd gebruik gemaakt van de bekende Monlalamp van Leitz, en een verticaal opgesteld fotomicrografisch apparaat met balguittrek.

Het oplossend vermogen werd uitgedrukt in aantal lijnen per mm. We gebruikten daarvoor de „Grayson's Rulings" op realgar, gaande van 40 tot 400

* HENRI VAN HEURCK MUSEUM — Geïllustreerde Inventaris van de Historische Microscopen, Onderdelen en Uitrusting, door Ed. Frison. 1966.

lijnen per mm (lijnenreeksen van 40 - 80 - 120 - 160 - 200 - 240 - 280 - 320 - 360 - 400 lijnen per mm).

Voor sterkere oplossingsvermogens beschikten we over een op glas gegraveerde objectmicrometer van ARTHUR CHEVALIER met 500 lijnen per mm en door HENRI VAN HEURCK in realgar gemonteerd. Voor uitzonderlijk sterke oplossingsvermogens gebruikten we HENRI VAN HEURCK's testplaats op glas gegraveerd met reeksen van 10 tot 1500 lijnen per mm.

Bij het bepalen van alle oplossende vermogens, hebben we er wel voor gezorgd mogelijke vergissingen te vermijden; al die metingen werden dubbel gedaan, en door ons, en door onze medewerker.

Van alle samengestelde microscopen der verzameling werd niet alleen het totaal oplossend vermogen bepaald, de objectieflens samen met het oculair, maar tevens ook het oplossend vermogen van de objectieflens alleen. Voor zover we weten werden er tot nog toe over het oplossend vermogen der objectieflenzen-zelf in lijnen per mm uitgedrukt, nog geen juiste gegevens gepubliceerd.

Op dit kapitale punt komen we nog verder terug.

INTRODUCTION

*Dans l'introduction * (p. 5) du „Geïllustreerde Inventaris van de Historische Microscopen uit de collectie van het HENRI VAN HEURCK MUSEUM“ nous avons déclaré connaître aussi le pouvoir optique exact de tous ces microscopes simples et composés du 18ième et commencement 19ième siècle, et de pouvoir en procurer des données précises aux historiens des sciences biologiques.*

La communication du pouvoir optique, simplement exprimé en chiffres à côté de chaque microscope aurait été fort incomplète, principalement pour les microscopes composés, parce que nous ne nous sommes pas borné à la détermination du pouvoir optique de l'instrument complet, mais que nous avons eu soin de mesurer aussi ce pouvoir des lentilles-objectifs seules, ce qui, pour autant que nous le sachions, n'a pas encore été fait par aucun de nos prédécesseurs.

Et ce sont précisément ces données-là qui démontrent que l'oculaire ne diminue jamais ce pouvoir, mais que, bien au contraire, dans la plupart des cas l'augmente sensiblement et parfois beaucoup.

Le travail microscopique fourni par les botanistes du 18ième siècle a été trop souvent méconnu par les historiens, et cela bien souvent en défaut de pouvoir penser en historien, et sans vouloir tenir compte du caractère et de la tendance de l'époque en question et sans connaître convenablement la valeur optique réelle des microscopes composés du 18ième siècle.

Anvers, le 2 avril 1971.

ED. FRISON.

* HENRI VAN HEURCK MUSEUM — Geïllustreerde Inventaris van de Historische Microscopen, Onderdelen en Uitrusting, door Ed. Frison. 1966.

Pouvoir grossissant et résolvant des microscopes non-achromatiques simples et composés du dixhuitième et commencement du dixneuvième siècle.

NOTRE METHODE D'EXAMEN :

Toutes nos mesures ont été faites à la lumière artificielle.

Pour la détermination du pouvoir résolvant, nous nous sommes servi comme source de lumière d'une lampe à incandescence de 40 Watt à ampoule mate.

Pour le pouvoir grossissant qui a été mesuré par projection d'un micromètre-objectif de 1/100ième de mm sur une plaque en verre mat et à 25 centimètres de distance, la source de lumière a été la lampe bien connue „Monla” de Leitz et un appareil photomicrographique vertical avec tirage à soufflet.

Le pouvoir résolvant a été exprimé en nombre de lignes par mm. A cet effet nous nous sommes servi des „Grayson's Rulings” sur réalgar, allant de 40 à 400 lignes par mm (des séries de lignes de 40 - 80 - 120 - 160 - 200 - 240 - 280 - 320 - 360 - 400 lignes par mm).

Pour des pouvoirs résolvants plus forts nous avons pu disposer d'un micromètre-objectif à 500 lignes par mm gravé sur verre par ARTHUR CHEVALIER et monté par HENRI VAN HEURCK dans du réalgar. Pour des pouvoirs résolvants exceptionnellement forts, nous nous sommes servi d'une „Testplatte” gravée par HENRI VAN HEURCK avec des séries de lignes allant de 10 à 1500 lignes par mm.

Lors des déterminations des pouvoirs résolvants, nous nous sommes efforcé d'éviter toute erreur ; toutes ces déterminations ont été exécutées en double, et par nous, et par notre collaborateur.

Pour tous les microscopes composés non-achromatiques de la collection nous avons déterminé, non seulement le pouvoir résolvant total obtenu conjointement avec l'objectif et l'oculaire, mais également le pouvoir résolvant de l'objectif seul en tant que lentille simple. Pour autant que nous le sachions le pouvoir résolvant de ces objectifs seuls exprimé en lignes par mm, n'a, jusqu'à présent, pas encore été publié.

Nous reviendrons plus loin sur cette détermination d'importance capitale.

EINLEITUNG

*In der Einleitung * (S. 7) unseres Illustrirten Inventars der historischen Mikroskope aus den Sammlungen des HENRI VAN HEURCK-MUSEUMS in Antwerpen behaupten wir die optischen Eigenschaften sämtlicher in der betreffenden Sammlung bewahrter einfacher und zusammengesetzter nichtachromatischer Mikroskope aus dem achtzehnten und dem Anfang des neunzehnten*

* HENRI VAN HEURCK MUSEUM — Geïllustreerde Inventaris van de Historische Microscopen, Onderdelen en Uitrusting, door Ed. Frison, 1966.

Jahrhunderts genau zu kennen und versprechen wir den Geschichtschreibern der biologischen Wissenschaften gelegentlich genauestens darüber zu informieren.

Die einfache zahlenmässige Erwähnung des optischen Vermögens eines jeden Mikroskops nebst dessen Beschreibung wäre aber eine allzu unvollständige Information, vor allem bei des zusammengesetzten Mikroskopien, da wir uns nicht auf das Auflösungsvermögen des Gesamtgeräts beschränkt haben, sondern jedesmal auch das Auflösungsvermögen der einzelnen Objektivlinsen bestimmt haben, was, soviel wir wissen, bisher von sämtlichen Vorgängern unterlassen wurde. Aus den derart erhaltenen Ergebnissen geht nun überraschungsweise hervor, dass dieses Auflösungsvermögen durch das Okular nie geschwächt, sondern im Gegenteil in den meisten Fällen bedeutend und sogar stark verbessert wird. Dies erlaubt den Schluss, dass man das zusammengesetzte Mikroskop aus dem 18. Jahrhundert bisher zu leichtfertig als minderwertig und als ungeeignet für die ernsthafte wissenschaftliche Forschung beurteilt hat.

Auch die mikroskopischen Arbeiten der Botaniker aus dem 18. Jahrhundert wurden zu oft durch die Geschichtschreiber sehr ungerecht beurteilt, meistens wegen Mangels an historischem Denken, ohne genügende Berücksichtigung der damaligen Geistesströmung und ohne zureichende Kenntnisse über den tatsächlichen optischen Wert des zusammengesetzten Mikroskops aus dem 18. Jahrhundert.

Antwerpen, den 2. April 1971.

ED. FRISON.

Vergrösserungs- und Auflösungsvermögen der einfachen und zusammengesetzten nichtachromatischen Mikroskope aus dem achtzehnten und dem Anfang des neunzehnten Jahrhunderts.

BESTIMMUNGSVERFAHREN

Sämtliche Messungen wurden bei Kunstlicht verrichtet. Die Lichtquelle für die Bestimmung des Auflösungsvermögens war eine 40 Watt-Mattglas-Glühbirne. Das Vergrösserungsvermögen wurde durch Projektion eines Objektmikrometers mit 1/100 mm-Teilung auf einer Mattglasscheibe (Abstand 25 cm) mittels der bekannten Leitz-Monlaleuchte und eines senkrecht montierten photomikrographischen Geräts mit Balgenauszug bestimmt.

Das Auflösungsvermögen wurde in Strichzahl/mm ausgedrückt. Seine Bestimmung geschah mit dem „Grayson's Rulings“ auf Realgar 40 bis 400 Striche/mm : Strichreihen von 40 - 80 - 120 - 160 - 200 - 240 - 280 - 320 - 360 - 400 Striche/mm.

Für die Bestimmung höherer Auflösungsvermögen stand ein von ARTHUR CHEVALIER auf Glas gravierter und von HENRI VAN HEURCK in Realgar

eingebetteter Objektmikrometer von 500 Strichen/mm zur Verfügung. Für ausserordentlich hohe Auflösungsvermögen wurde die auf Glas gravierte VAN HEURCKSCHE Testplatte mit Strichreihen von 10 bis 1500 Strichen/mm angewendet.

Die Bestimmung sämtlicher Auflösungsvermögen fand mit grosser Sorgfalt statt um Messfehler möglichst auszuschalten. Die betreffende Grösse wurde jedesmal zweimal gemessen, das eine Mal vom Verfasser und das zweite Mal von seinem Mitarbeiter.

Wir haben nicht nur das Gesamtauflösungsvermögen sämtlicher zusammenge- setzter Mikroskope der betreffenden Sammlung, sondern überdies jedesmal das Auflösungsvermögen der Objektivlinse in Verbindung mit dem Okular und auch ohne Okular gemessen. Soweit wir wissen wurden bisher über das Auflösungsvermögen der einzelnen Objektivlinsen keine exakten, in Strichzahl/mm ausgedrückten Messergebnisse veröffentlicht.

Wir werden weiter auf diesen wichtigen Punkt zurückkommen.

INTRODUCTION

In the introduction * (p. 5) of the „Geillustreerde Inventaris van de Historische Microscopen uit de collectie van het HENRI VAN HEURCK MUSEUM“ we have stated that we also knew the exact optical power of each of those simple and compound microscopes of the 18th century, and that we were able to provide the historians of the biological sciences with correct data on the subject.

The bare quotation of the optical power expressed in numbers corresponding to each microscope would have been far from complete, particularly for the compound microscopes, because not only have we determined the optical power of the whole instrument assembly, but we have also taken the precaution of measuring the power of the objective lenses individually, which, as far as we are aware of, none of our predecessors has done before.

Now it is by these very data that the eye-piece can be proved never to reduce this power, but, on the contrary, effectively to increase it in most cases and even to a high degree in a few instances.

The microscopic work carried out by the botanists in the 18th century has too often been understated by the historians, who not only lacked the true historical way of thinking, but overlooked the features and trends typifying the period under review and failed to correctly appreciate the real optical value of the 18th century compound microscopes.

Antwerp, April 2, 1971.

ED. FRISON.

* HENRI VAN HEURCK MUSEUM — Geillustreerde Inventaris van de Historische Microscopen, Onderdelen en Uitrusting, door Ed. Frison. 1966.

Magnifying and resolving power of simple and compound non-achromatic microscopes of the 18th century and beginning 19th century.

OUR TESTING PROCEDURE

All measurements have been taken in artificial light. As a source of light for determining the resolving power, we have used a 40 Watts frosted incandescent lamp. For the magnifying power which has been measured by showing the picture of a stage micrometer of 1/100 mm at a 25 centimeter distance on a ground glass plate, the source of light was the well-known „Monla”-type lamp from Leitz and a vertical photomicrographic camera with extension bellows.

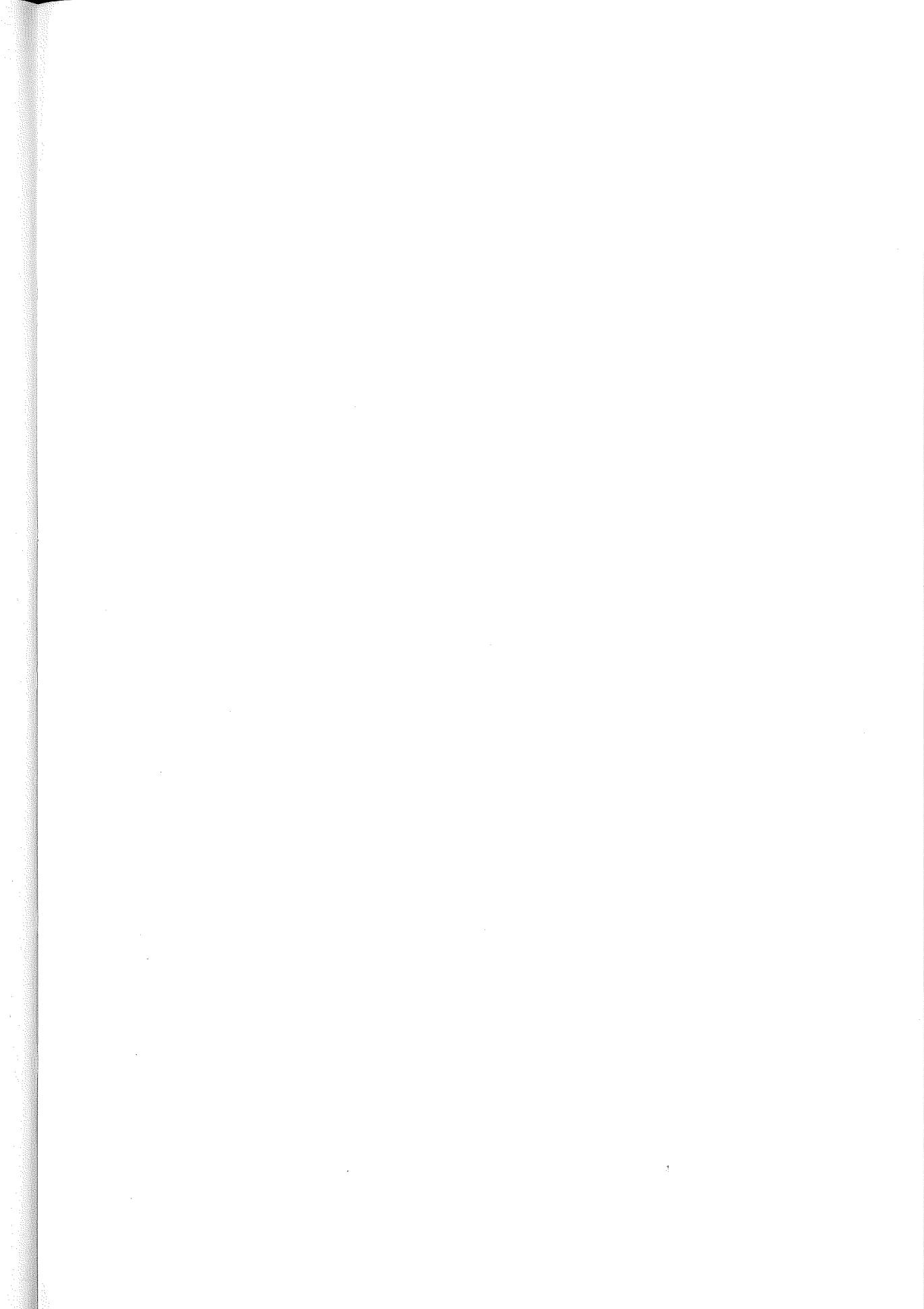
The resolving power is expressed as a number of lines per mm. To this purpose we have used „Grayson's Rulings” on realgar, ranging from 40 to 400 lines per mm (line series of 40 - 80 - 120 - 160 - 200 - 240 - 280 - 320 - 360 - 400 lines per mm).

For higher resolving powers we were able to use a stage micrometer 500 lines per mm engraved on glass by ARTHUR CHEVALIER and realgar-mounted by HENRI VAN HEURCK. For exceptionally high resolving powers, we used a „Testplatte” engraved by HENRI VAN HEURCK with line series ranging from 10 to 1500 lines per mm.

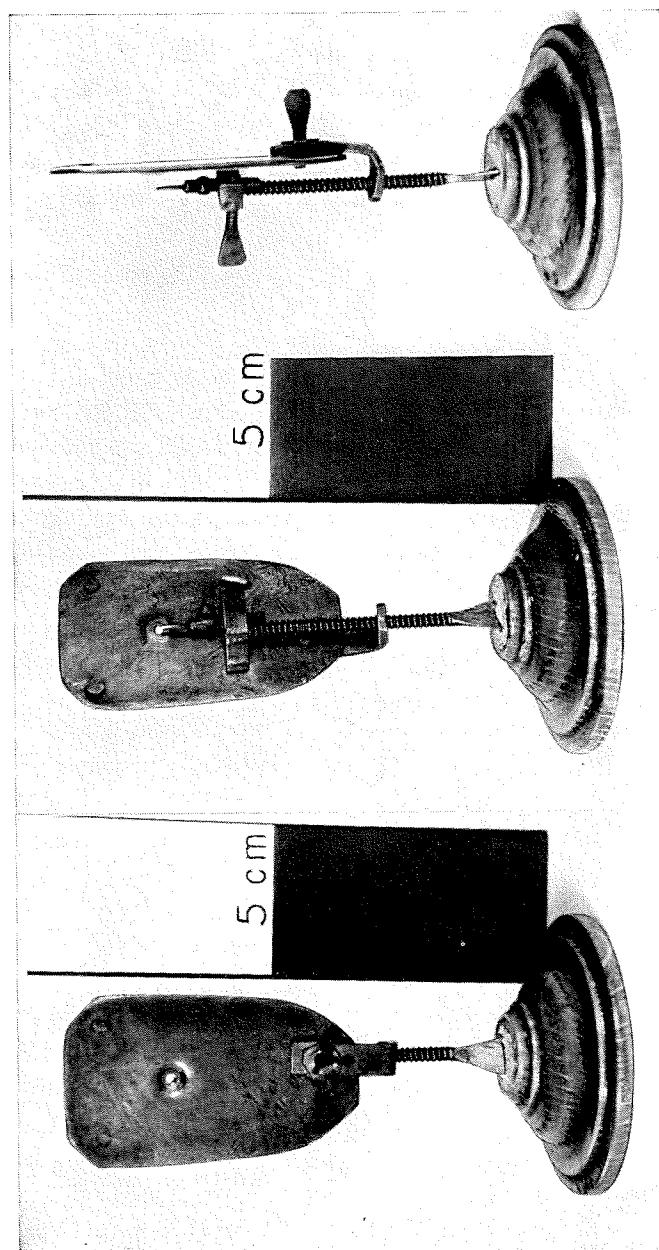
When determining resolving powers we have tried to avoid the slightest error. All measurements have been performed in duplicate not only by ourselves, but also by our fellow-worker.

For all the compound non-achromatic microscopes of the collection, not only have we determined the total resolving power as jointly obtained with the objective and eye-piece, but we have also determined the resolving power of the separate objective as a simple lens. To the best of our knowledge, the resolving powers of these separate objectives expressed as lines per mm have not been published until today.

We shall bring up the subject of this extremely interesting determination later.



2



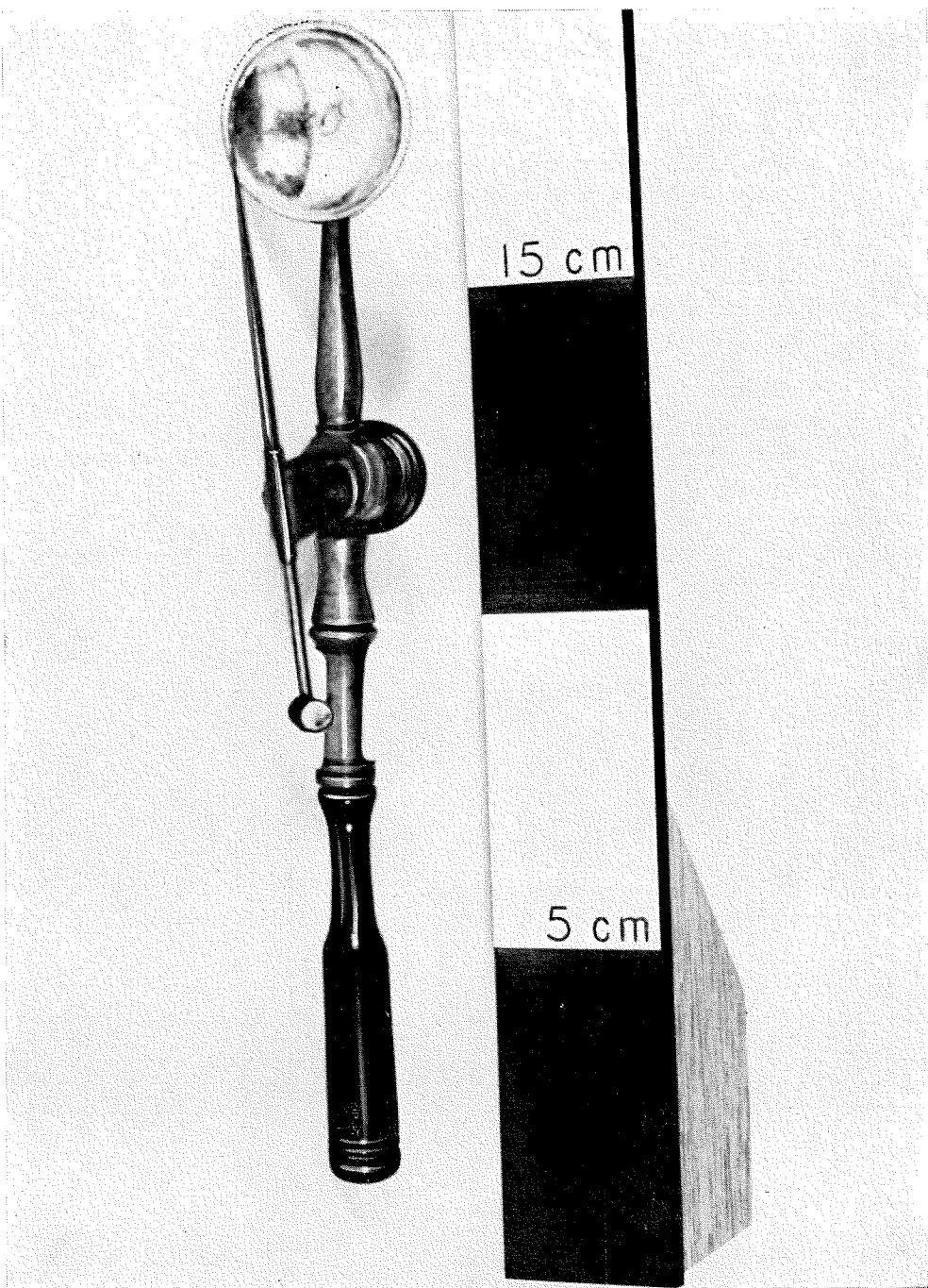
ENKELVOUDIGE MICROSCOPEN
MICROSCOPES SIMPLES
EINFACHE MIKROSKOPE
SIMPLE MICROSCOPES

Nr. 2. Leeuwenhoek microscoop in geel koper
Microscope en laiton de Leeuwenhoek
Leeuwenhoek Mikroskop aus Messing
Leeuwenhoek brass microscope.

Vergrotend vermogen	
Pouvoir grossissant	x 100
Vergrösserungsvermögen	
Magnifying power	
Oplossend vermogen	
Pouvoir résolvant	1/400 mm
Auflösungsvermögen	
Resolving power	

Nr. 2.

Leeuwenhoek microscoop in geel koper
Microscope en laiton de Leeuwenhoek
Leeuwenhoek Mikroskop aus Messing
Leeuwenhoek brass microscope



Nr. 6. Microscoop van het Lieberkühn type.

Microscope type Lieberkühn.

Mikroskop vom Lieberkühn Type.

Lieberkühn type microscope.

Vergrotend vermogen

Pouvoir grossissant

Vergrösserungsvermögen

x 35

Magnifying power

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

1/100 mm

Resolving power

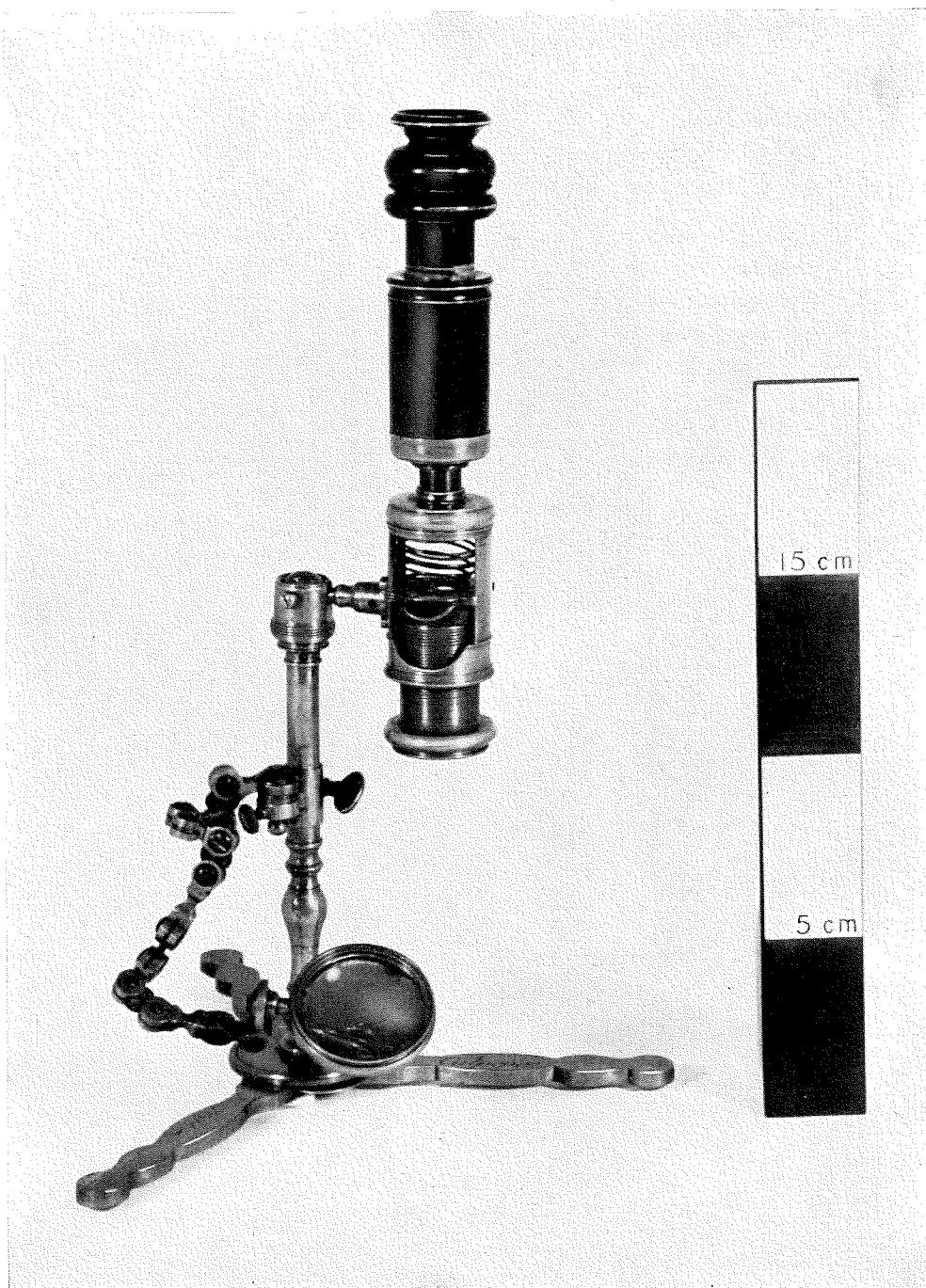
Nr. 6.

Microscoop van het Lieberkühn type

Microscope type Lieberkühn

Mikroskop vom Lieberkühn Typ

Lieberkühn type microscope



Nr. 7. Microscoop gebouwd door Edmund Culpeper.

Microscope construit par Edmund Culpeper.

Von Edmund Culpeper gebautes Mikroskop.

Microscope made by Edmund Culpeper.

Vergrotend vermogen

Pouvoir grossissant

x 37

Vergrösserungsvermögen

Magnifying power

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

1/100 mm

Auflösungsvermögen

Resolving power

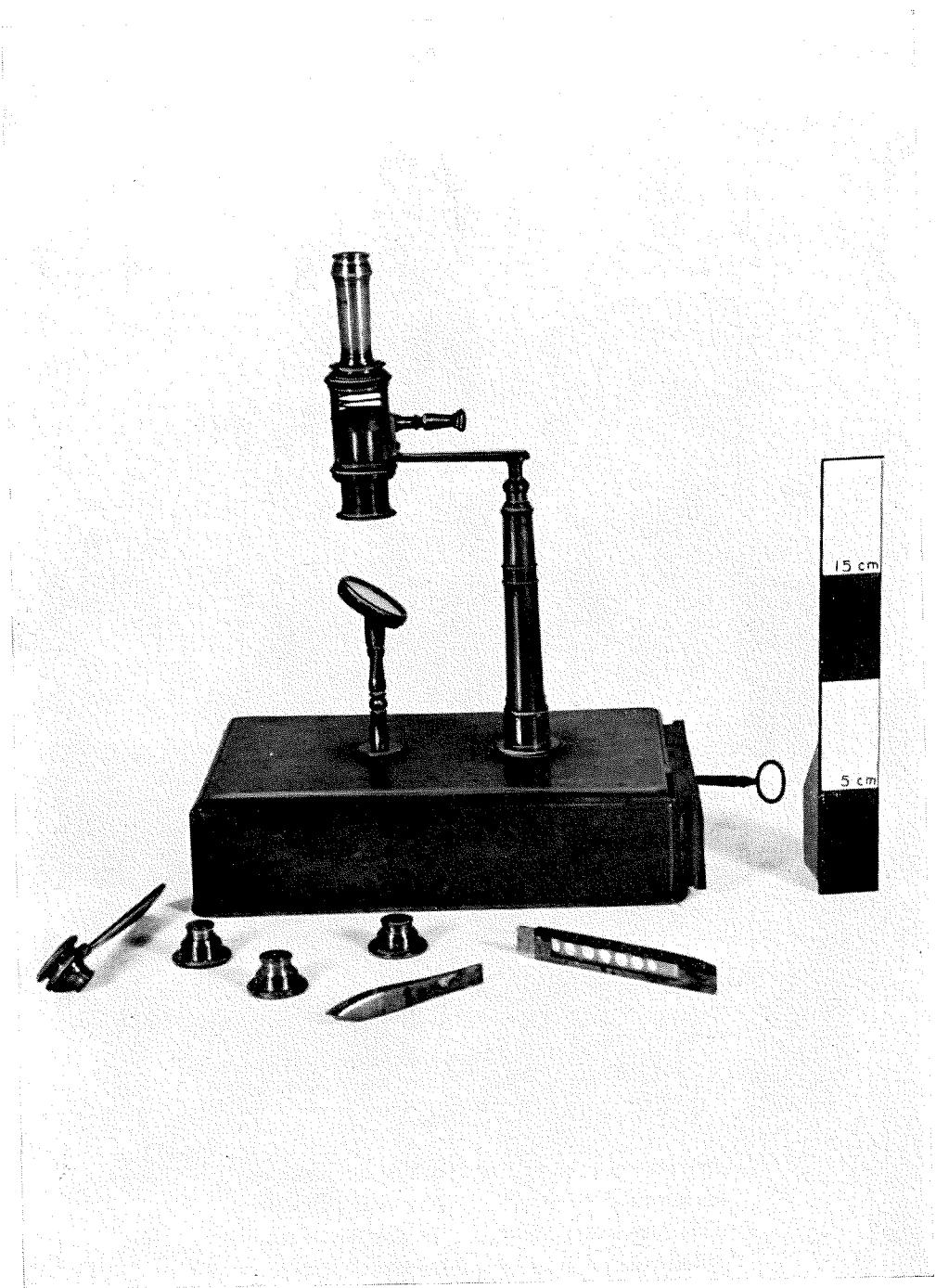
Nr. 7.

Microscoop gebouwd door Edmund Culpeper

Microscope construit par Edmund Culpeper

Von Edmund Culpeper gebautes Mikroskop

Microscope made by Edmund Culpeper



Nr. 10. Microscoop gebouwd door Jacobus Lommers.

Microscope construit par Jacobus Lommers.

Von Jacobus Lommers gebautes Mikroskop.

Microscope made by Jacobus Lommers.

Vergrotend vermogen Nr. 5 × 24

Pouvoir grossissant Nr. 4 × 30

Vergrösserungsvermögen Nr. 3 × 41

Magnifying power Nr. 2 × 53

Nr. 1 × 71

Oplossend vermogen Nr. 5 1/100 mm

Pouvoir résolvant Nr. 4 1/100 mm

Auflösungsvermögen Nr. 3 1/100 mm

Resolving power Nr. 2 1/150 mm

Nr. 1 1/150 mm

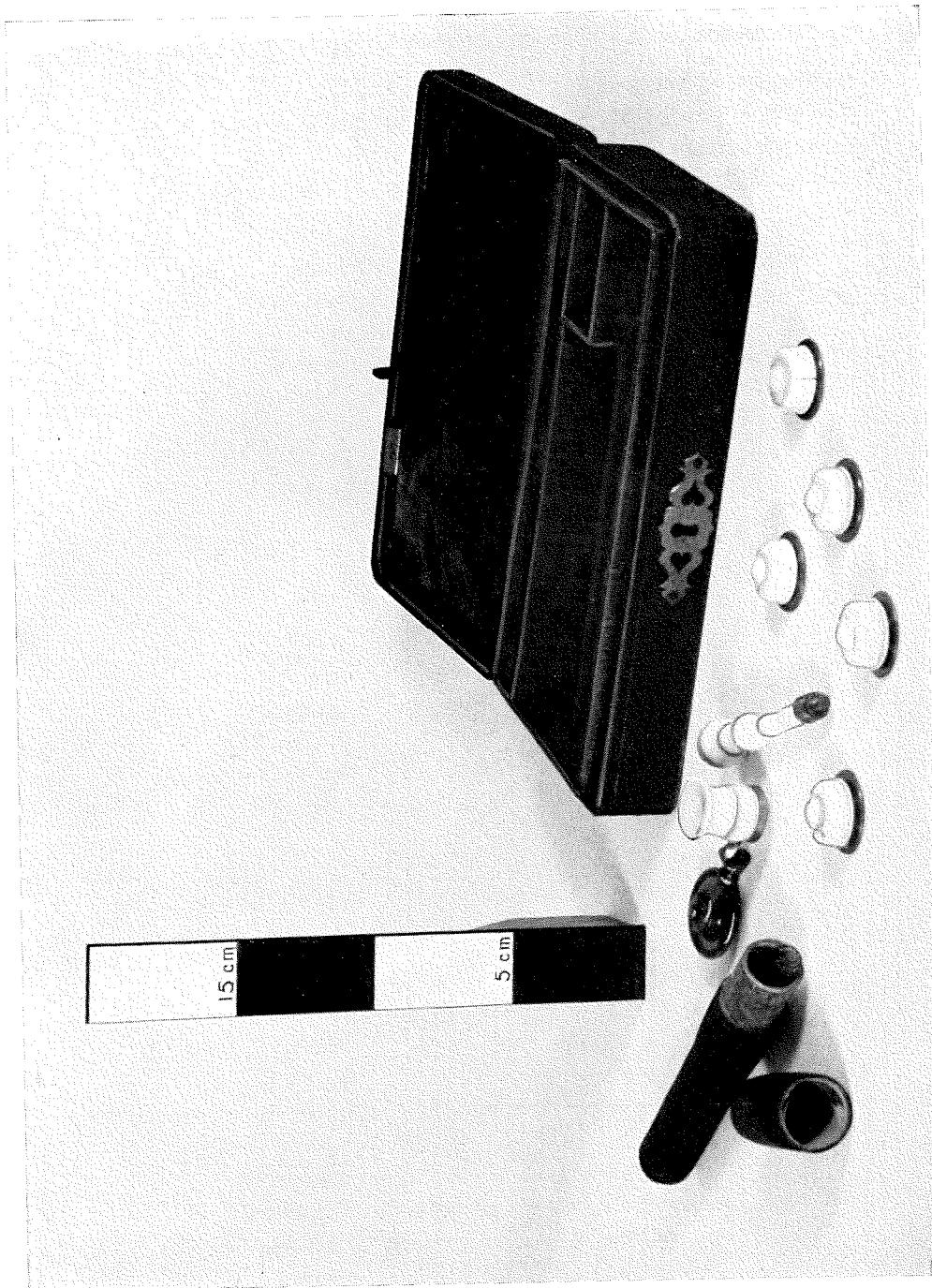
Nr. 10.

Microscoop gebouwd door Jacobus Lommers

Microscope construit par Jacobus Lommers

Von Jacobus Lommers gebautes Mikroskop

Microscope made by Jacobus Lommers



Nr. 11. „Screw-Barrel” microscoop type Hartsoeker-Wilson.

Microscope „Screw-Barrel” type Hartsoeker-Wilson.

„Screw-Barrel” Mikroskop vom Hartsoeker-Wilson Typ.

„Screw-Barrel” microscope of the Hartsoeker-Wilson-type.

Vergrotend vermogen	Nr. 5 × 52
---------------------	------------

Pouvoir grossissant	Nr. 4 × 53
---------------------	------------

Vergrösserungsvermögen	Nr. 3 × 82
------------------------	------------

Magnifying power	Nr. 2 × 105
------------------	-------------

	Nr. 1 × 155
--	-------------

Oplossend vermogen	Nr. 5 1/160 mm
--------------------	----------------

Pouvoir résolvant	Nr. 4 1/160 mm
-------------------	----------------

Auflösungsvermögen	Nr. 3 1/200 mm
--------------------	----------------

Resolving power	Nr. 2 1/320 mm
-----------------	----------------

	Nr. 1 1/400 mm
--	----------------

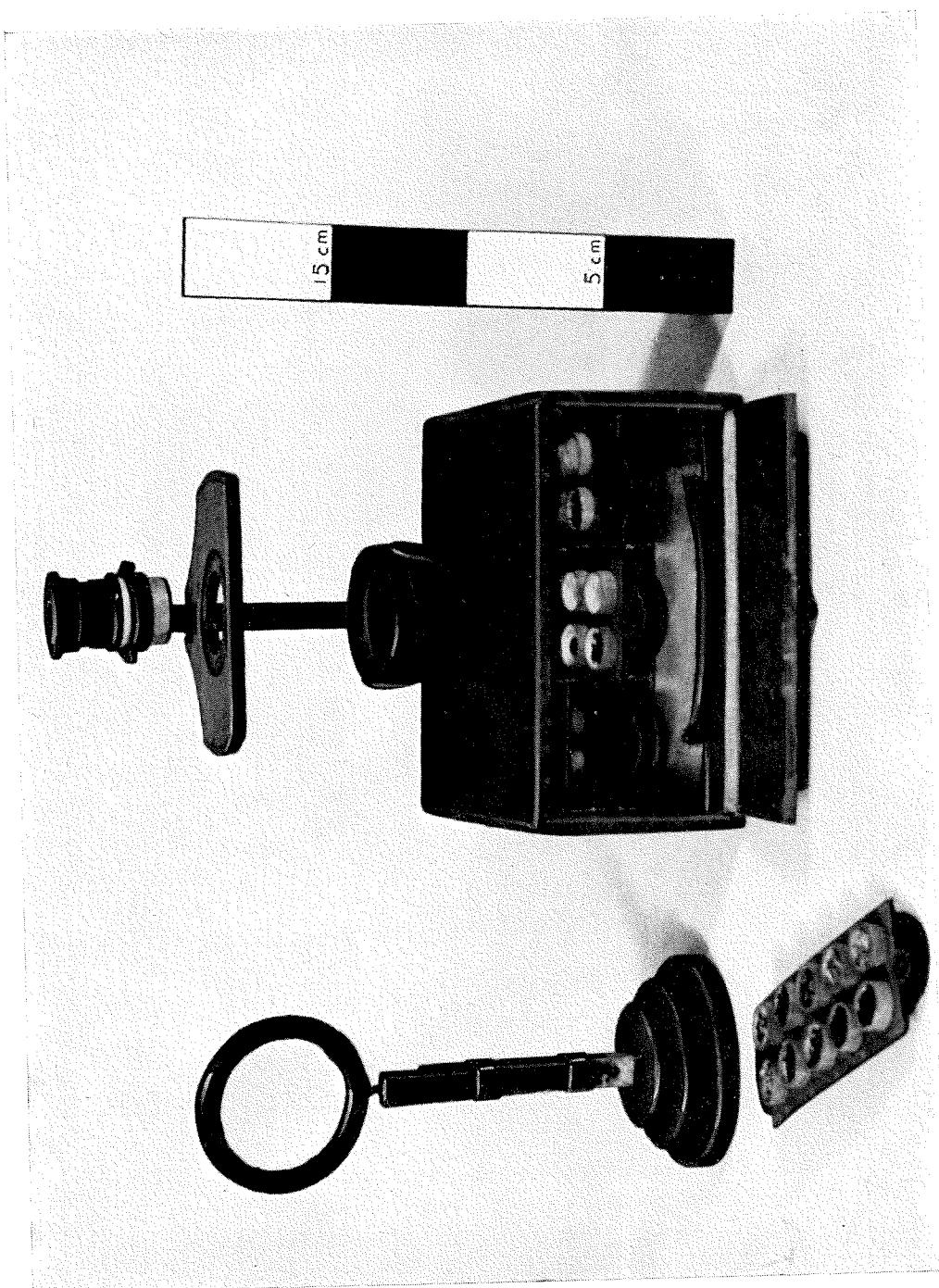
Nr. 11.

„Screw-Barrel” microscoop type Hartsoeker-Wilson

Microscope « Screw-Barrel » type Hartsoeker-Wilson

„Screw-Barrel” Mikroskop vom Hartsoeker-Wilson Typ

“Screw-Barrel” microscope of the Hartsoeker-Wilson type



Nr. 13. Loepstatiefje op kastje met lederbekleding.

Statif à loupe montée sur coffret revêtu de cuir.

Luppenstav auf einem Kästchen mit Lederüberzug.

Stand magnifying glass mounted on a leather lined box.

Vergrotend vermogen

Pouvoir grossissant

Vergrösserungsvermögen

x 7

Magnifying power

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

1/40 mm

Resolving power

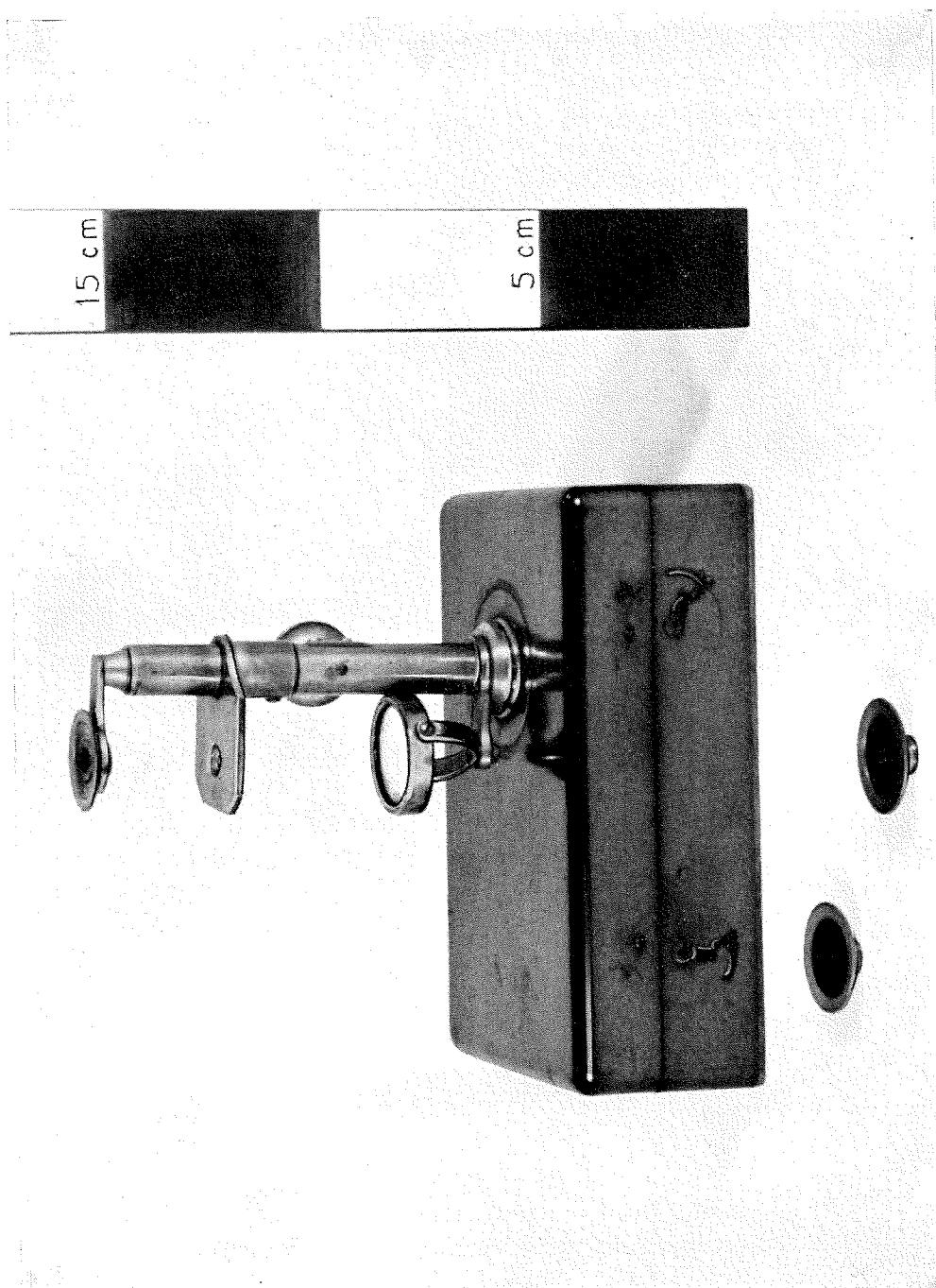
Nr. 13.

Loepstatiefje op kastje met lederbekleding

Statif à loupe montée sur coffret revêtu de cuir

Luppenstav auf einem Kästchen mit Lederüberzug

Stand magnifying glass mounted on a leather lined box



Nr. 14. Enkelvoudige microscoop in geel koper op kastje.

Microscope simple en laiton monté sur coffret.

Einfaches Messingmikroskop auf einem Kästchen.

Simple brass microscope mounted on a box.

Vergrotend vermogen Nr. 1 × 12

Pouvoir grossissant Nr. 2 . . .

Vergrösserungsvermögen Nr. 3 × 11

Magnifying power

Oplossend vermogen Nr. 1 1/40 mm

Pouvoir résolvant Nr. 2 . . .

Auflösungsvermögen Nr. 3 1/40 mm

Resolving power

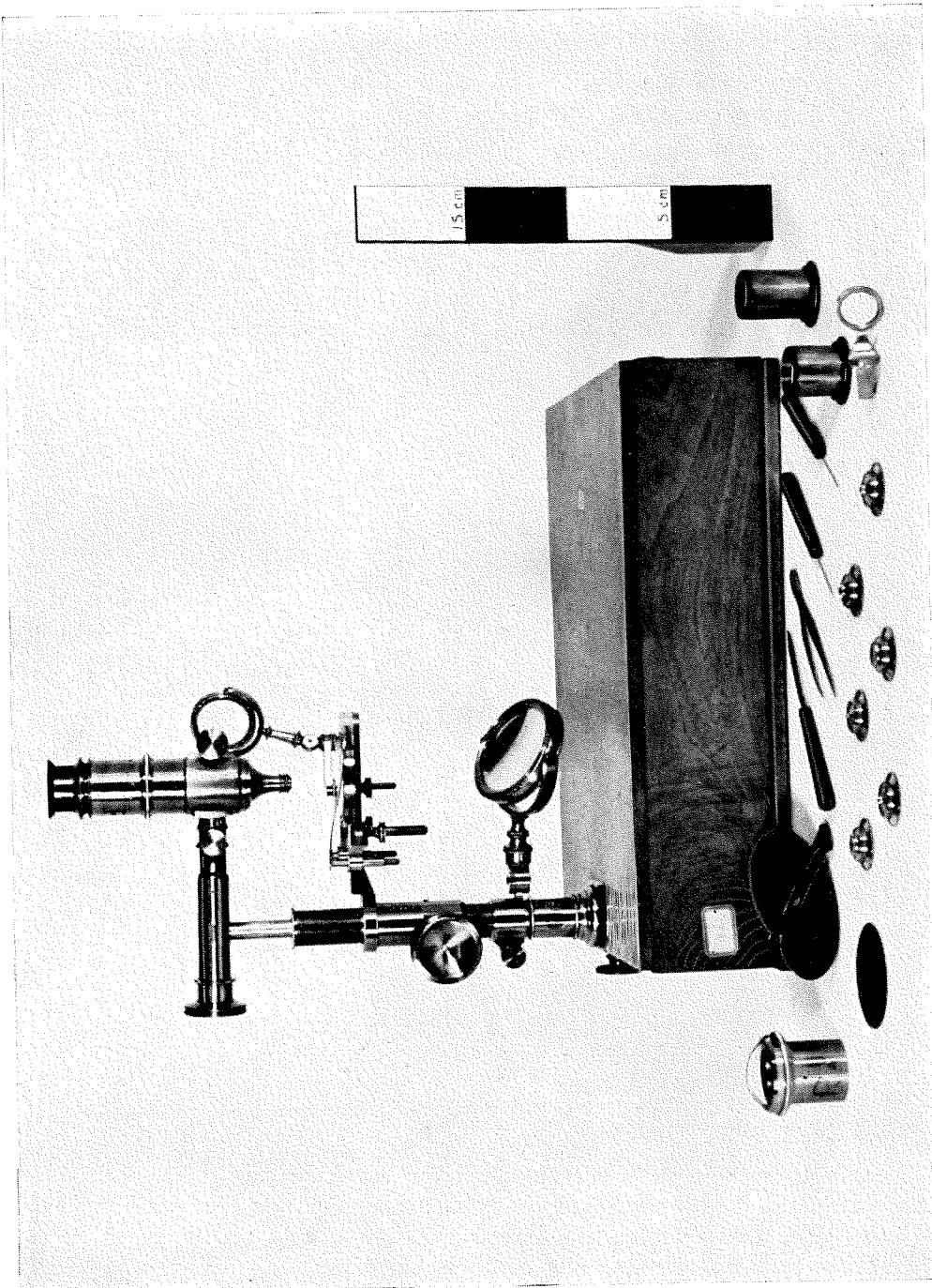
Nr. 14.

Enkelvoudige microscoop in geel koper op kastje

Microscope simple en laiton monté sur coffret

Einfaches Messingmikroskop auf einem Kästchen

Simple brass microscope mounted on a box



Nr. 15. Microscoop van Raspail.

Microscope de Raspail.

Raspailsches Mikroskop.

Raspail microscope.

Vergrotend vermogen Nr. 12 × 9

Pouvoir grossissant Nr. 4 × 28

Vergrösserungsvermögen Nr. 3 × 13

Magnifying power Nr. 2 × 56

Nr. 1 × 100

Oplossend vermogen Nr. 12 1/ 40 mm

Pouvoir résolvant Nr. 4 1/120 mm

Auflösungsvermögen Nr. 3 1/ 40 mm

Resolving power Nr. 2 1/200 mm

Nr. 1 1/320 mm

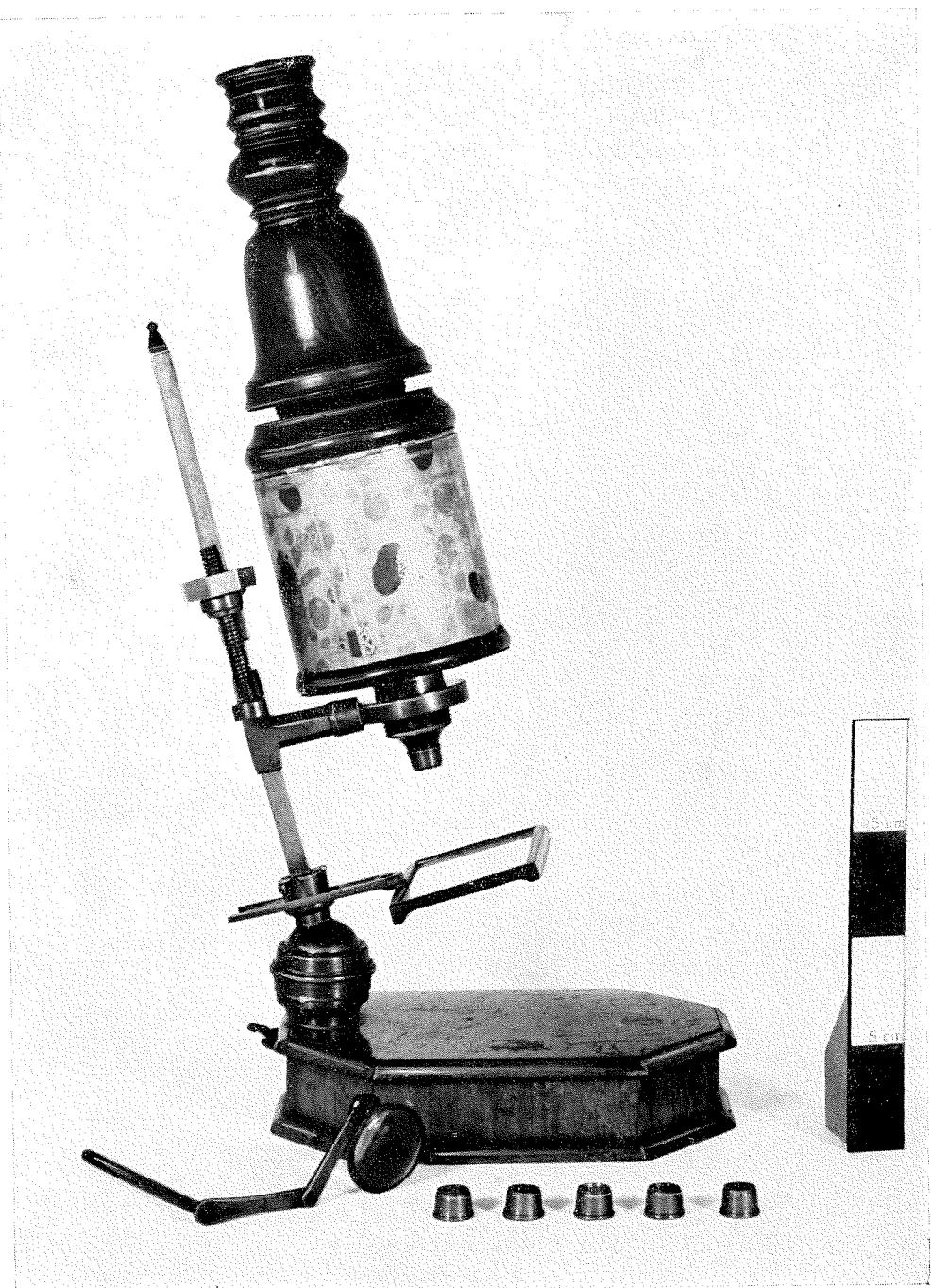
Nr. 15.

Microscoop van Raspail

Microscope de Raspail

Raspailsches Mikroskop

Raspail microscope



SAMENGESTELDE MICROSCOPEN
 MICROSCOPES COMPOSÉS
 ZUSAMMENGESETZTE MIKROSKOPE
 COMPOUND MICROSCOPES

Nr. 16. John Marshall microscoop.

Microscope John Marshall.

John Marshall Mikroskop.

John Marshall Microscope.

Vergrotend vermogen Nr. 1 × 4,4

Pouvoir grossissant Nr. 2 × 7

Vergrösserungsvermögen Nr. 3 × 12

Magnifying power Nr. 4 × 23

 Nr. 5 . . .

 Nr. 6 × 100

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens Nr. 1 minder dan 1/ 40 mm

Lentille-objectif Nr. 2 moins de 1/ 40 mm

Objektivlinse Nr. 3 weniger als 1/ 40 mm

Objective lens Nr. 4 1/ 40 mm

 Nr. 5

 Nr. 6 1/200 mm

Nr. 1 met oculair minder dan 1/ 40 mm

Nr. 2 avec oculaire moins de 1/ 40 mm

Nr. 3 mit Okular weniger als 1/ 40 mm

Nr. 4 with eye-piece 1/ 40 mm

Nr. 5

Nr. 6 with eye-piece 1/200 mm

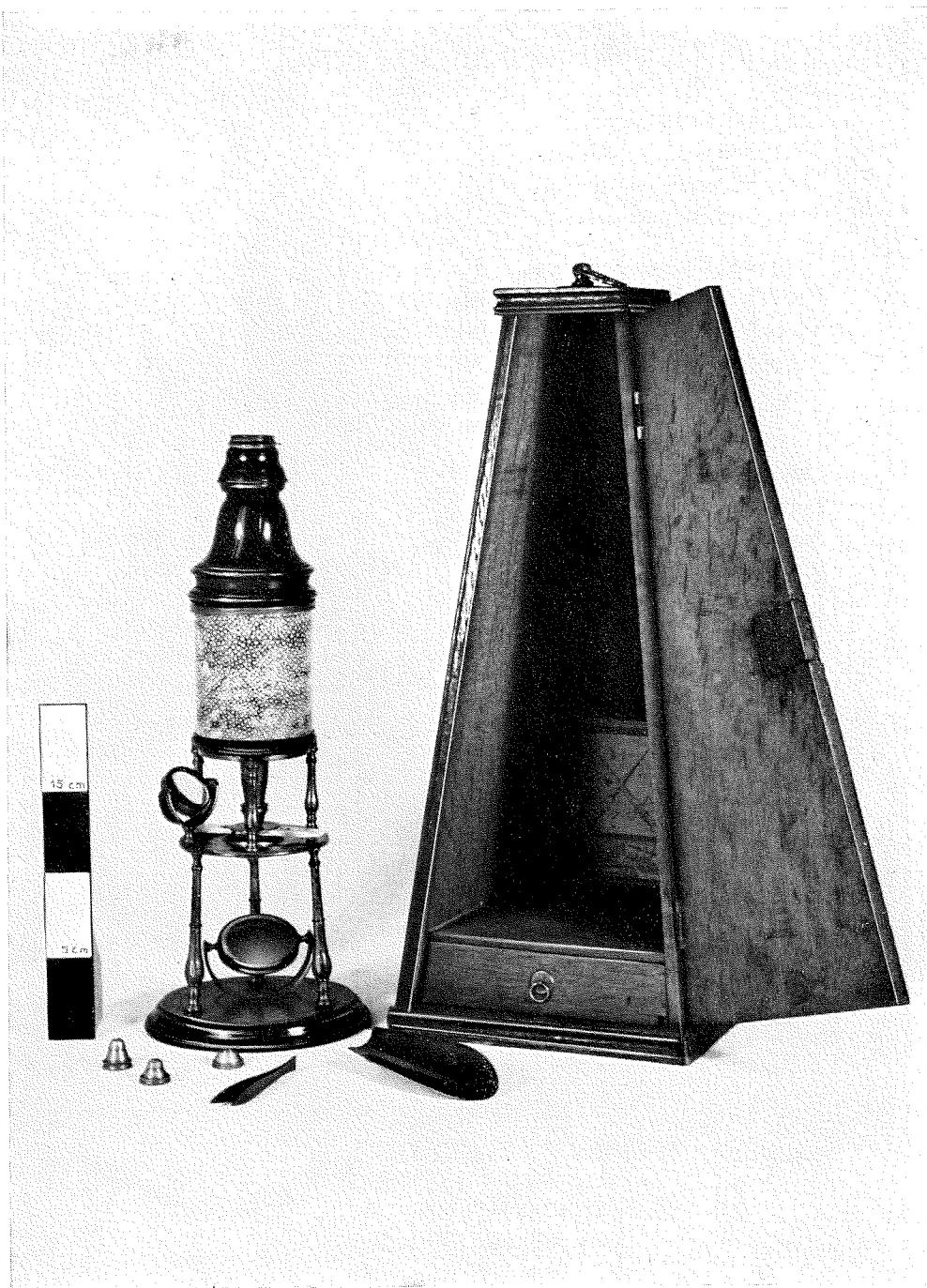
Nr. 16.

John Marshall microscoop

Microscope John Marshall

John Marshall Mikroskop

John Marshall microscope



Nr. 18. Culpeper drievoetmicroscoop.

Microscope à trépied Culpeper.

Culpepersches Dreifussmikroskop.

Culpeper three pillar microscope.

Vergrörend vermogen	Nr. 5
Pouvoir grossissant	Nr. 4
Vergrößerungsvermögen	Nr. 3 × 68
Magnifying power	Nr. 2 × 106
	Nr. 1
Oplossend vermogen	
Pouvoir résolvant	
Auflösungsvermögen	
Resolving power	
Objectief lens	Nr. 5
Lentille-objectif	Nr. 4
Objektivlinse	Nr. 3 1/160 mm
Objective lens	Nr. 2 1/200 mm
	Nr. 1
Nr. 5 met oculair	
Nr. 4 avec oculaire	
Nr. 3 mit Okular 1/240 mm	
Nr. 2 with eye-piece 1/240 mm	
Nr. 1	

Nr. 18.

*Culpeper drievoetmicroscoop**Microscope à trépied Culpeper**Culpepersches Dreifussmikroskop**Culpeper three pillar microscope*



Nr. 19. Drievoet microscoop van het Culpeertype in geel koper.

Microscope à trépied type Culpeper en laiton.

Dreifuss-Mikroskop vom Culpeper Type aus Messing.

Culpeper type three Pillar microscope in brass.

Vergrotend vermogen

Pouvoir grossissant

Vergrösserungsvermögen × 33

Magnifying power

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens

Lentille-objectif

Objektivlinse

Objective lens

1/120 mm

1 objectief lens met oculair

1 lentille-objectif avec oculaire

1 Objectivlinse mit Okular

1 Objective lens with eye-piece

1 lens : 1/120 mm

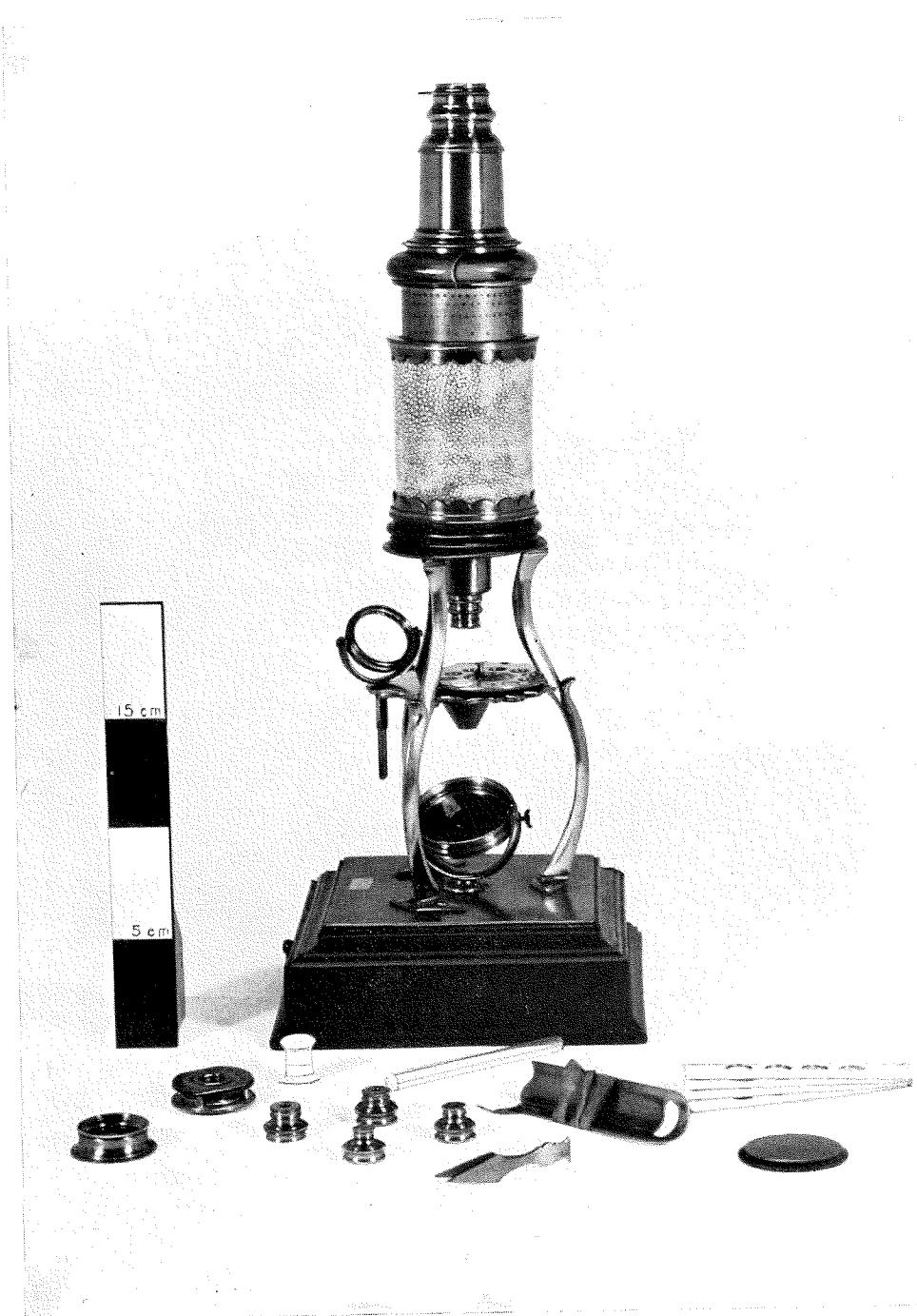
Nr. 19

Drievoetmicroscoop van het Culpeper type in geel koper

Microscope à trépied type Culpeper en laiton

Dreifuss-Mikroskop vom Culpeper Typ aus Messing

Culpeper type three Pillar microscope in brass



Nr. 20. Drievoet microscoop van het Culpeper type.

Microscope à trépied type Culpeper.

Driefuss-Mikroskop vom Culpeper Typ.

Culpeper type three pillar Microscope.

Vergroten vermogen	Nr. 5 × 23
Pouvoir grossissant	Nr. 4 × 42
Vergrösserungsvermögen	Nr. 3 × 64
Magnifying power	Nr. 2 . . .
	Nr. 1 × 260

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens	Nr. 5 1/ 40 mm
Lentille-objectif	Nr. 4 1/ 80 mm
Objektivlinse	Nr. 3 1/120 mm
Objective lens	Nr. 2 . . .
	Nr. 1 1/400 mm

Nr. 5 met oculair 1/ 80 mm

Nr. 4 avec oculaire 1/120 mm

Nr. 3 mit Okular 1/160 mm

Nr. 2 with eye-piece . . .

Nr. 1 with eye-piece 1/500 mm

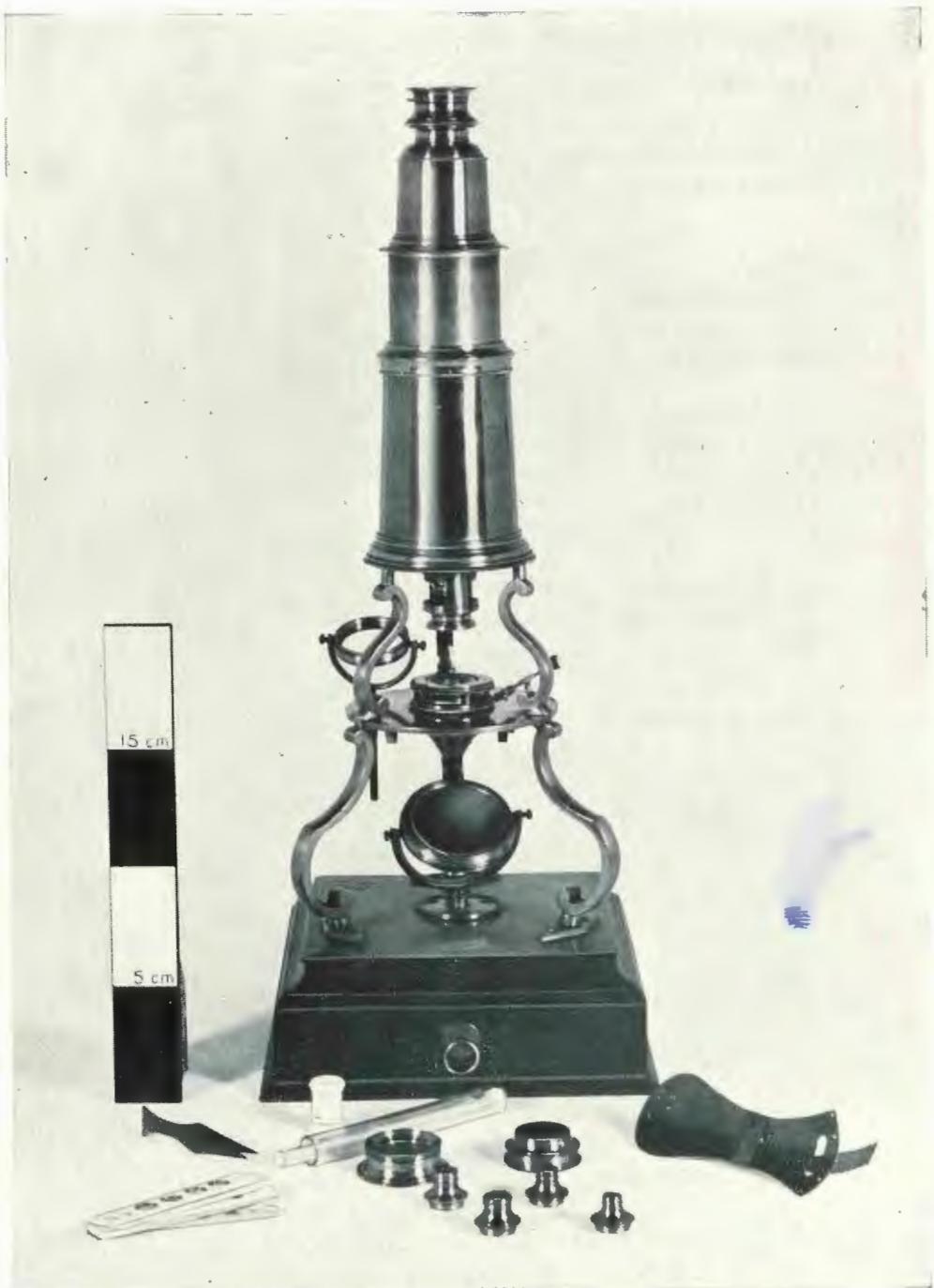
Nr. 20.

Drievoetmicroscoop van het Culpeper type

Microscope à trépied type Culpeper

Dreibuss-Mikroskop vom Culpeper Typ

Culpeper type three pillar microscope



Nr. 21. Drievoet microscoop van het Culpeper type in geel koper.

Microscope à trépied en laiton type Culpeper.

Dreifuss-Mikroskop vom Culpeper Typ aus Messing.

Culpeper type three pillar microscope all brass.

Vergrotend vermogen Nr. 5 × 36

Pouvoir grossissant Nr. 4 × 44

Vergrößerungsvermögen Nr. 3 × 66

Magnifying power Nr. 2 × 78

Nr. 1 × 190

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens Nr. 5 1/120 mm

Lentille-objectif Nr. 4 1/120 mm

Objektivlinse Nr. 3 1/160 mm

Objective lens Nr. 2 1/160 mm

Nr. 1 1/320 mm

Nr. 5 met oculair 1/120 mm

Nr. 4 avec oculaire 1/160 mm

Nr. 3 mit Okular 1/160 mm

Nr. 2 with eye-piece 1/200 mm

Nr. 1 with eye-piece 1/320 mm

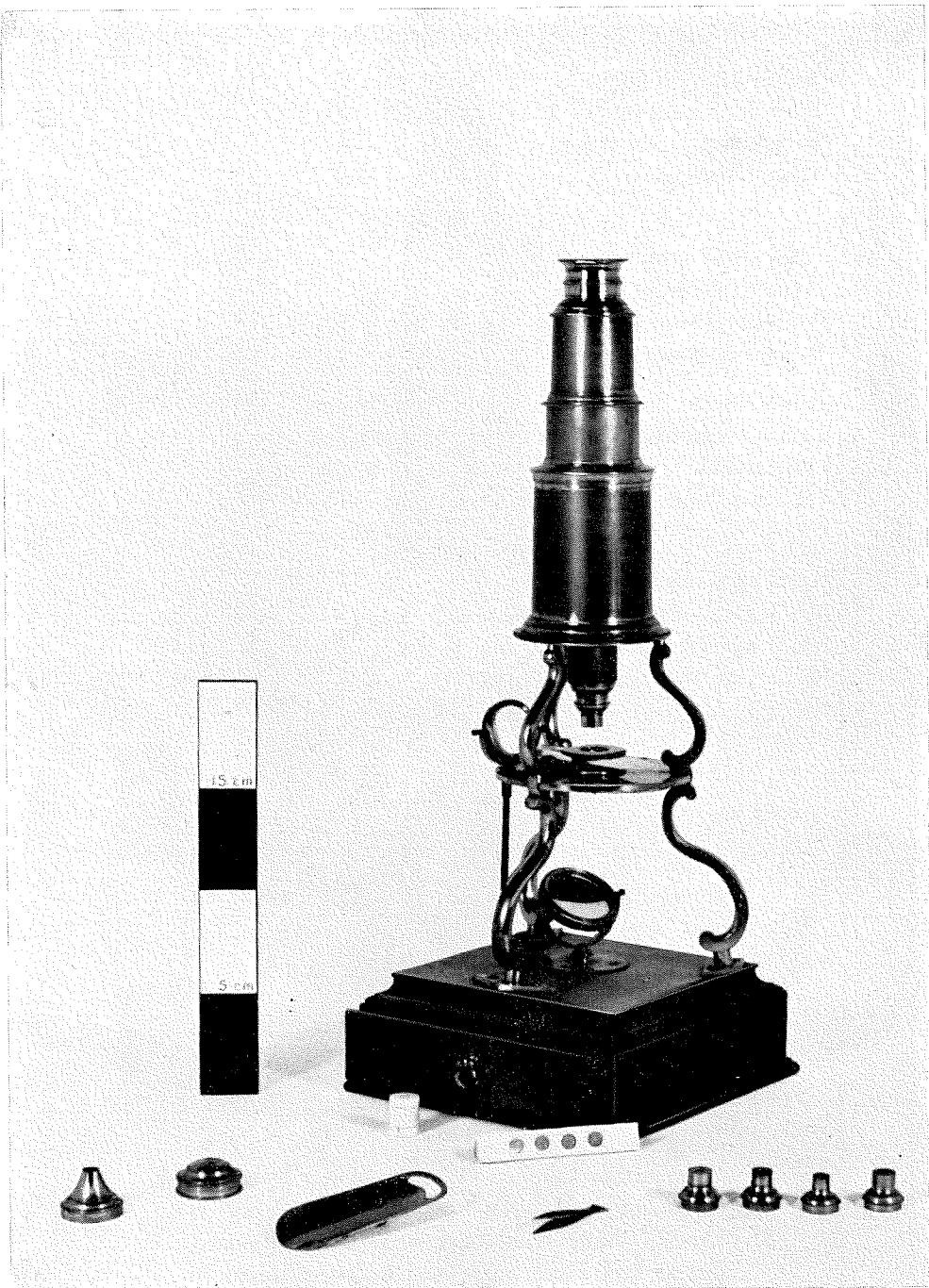
Nr. 21.

Drievoetmicroscoop van het Culpeper type in geel koper

Microscope à trépied en laiton type Culpeper

Dreifuss-Mikroskop vom Culpeper Typ aus Messing

Culpeper type three pillar microscope all brass



Nr. 22. Drievoetmicroscoop van het Culpeper type in geel koper.

Microscope à trépied en laiton type Culpeper.

Dreifuss-Mikroskop vom Culpeper Typ aus Messing.

Culpeper type three pillar microscope all brass.

Vergrotend vermogen Nr. 5 . . .

Pouvoir grossissant Nr. 4 × 23

Vergrösserungsvermögen Nr. 3 × 27

Magnifying power Nr. 2 × 48

Nr. 1 . . .

Opposend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens Nr. 5

Lentille-objectif Nr. 4 1/ 80 mm

Objektivlinse Nr. 3 1/120 mm

Objective lens Nr. 2 1/120 mm

Nr. 1

Nr. 5 met oculair

Nr. 4 avec oculair 1/ 80 mm

Nr. 3 mit Okular 1/120 mm

Nr. 2 with eye-piece 1/200 mm

Nr. 1 with eye-piece

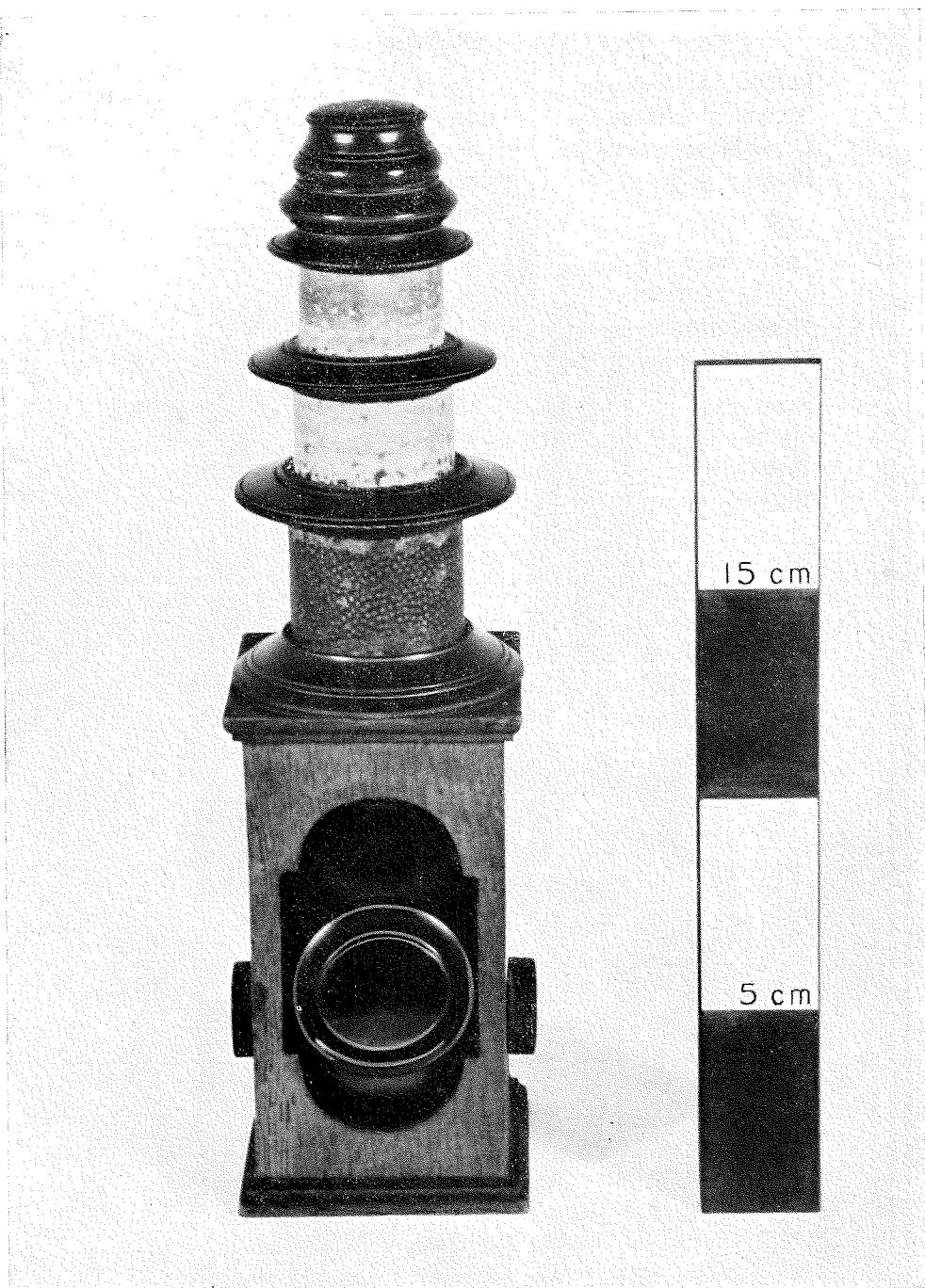
Nr. 22.

Drievoetmicroscoop van het Culpeper type in geel koper

Microscope à trépied en laiton type Culpeper

Dreifuss-Mikroskop Typ Culpeper aus Messing

Culpeper type three pillar microscope all brass



Nr. 23. „Nürnberg Pappmikroskop” in zijn primitieve vorm,
„Nürnberg Pappmikroskop” dans sa forme primitive.
„Nürnberg Pappmikroskop” in seiner Primitivform.
„Nürnberg Pappmikroskop” in its primitive form.

Vergrotend vermogen met oculair
Pouvoir grossissant avec oculaire

Vergrösserungsvermögen mit Okular × 52

Magnifying power with eye-piece

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

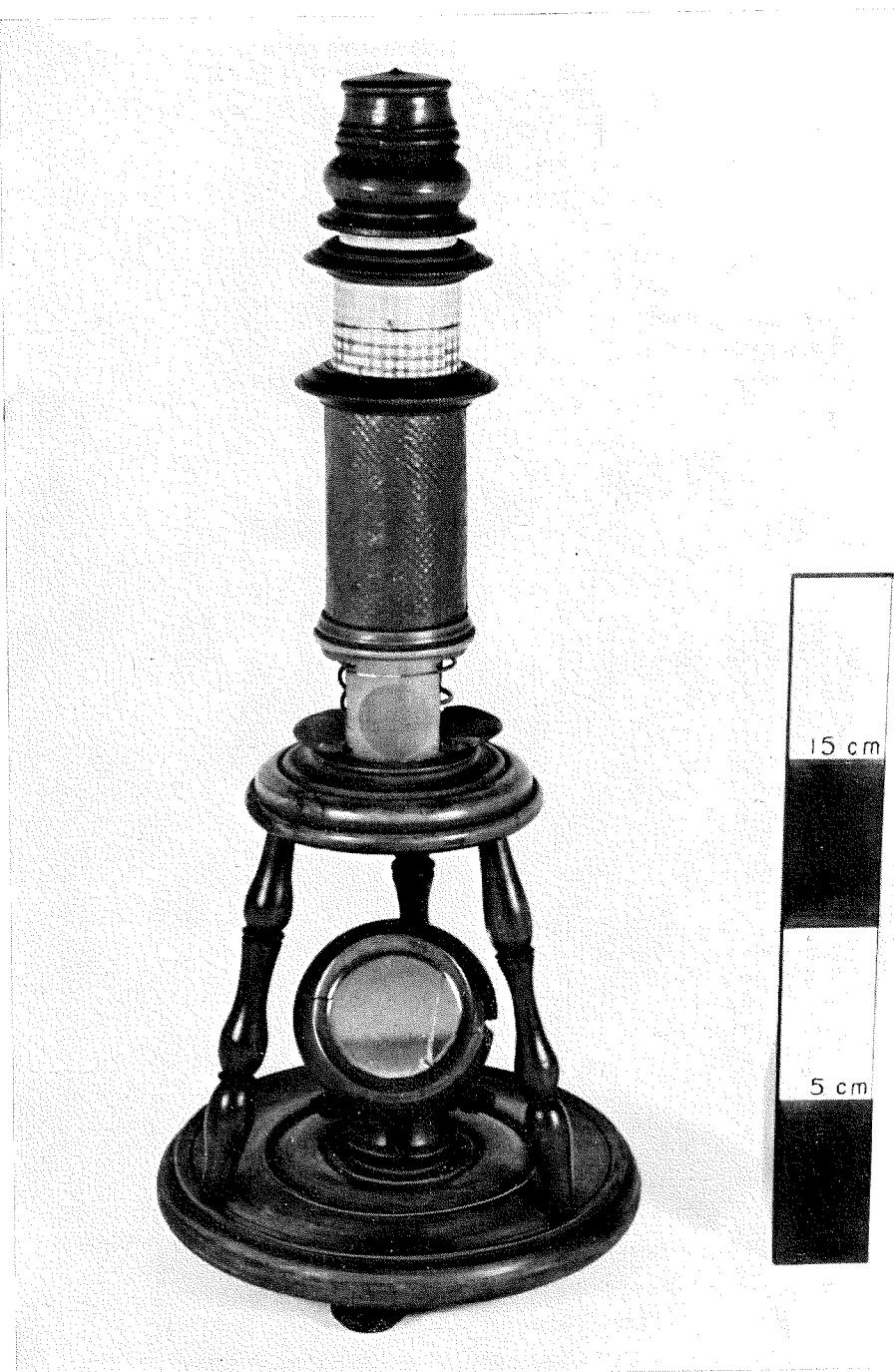
Auflösungsvermögen

Resolving power

1/100 mm

Nr. 23.

„Nürnberg Pappmikroskop” in zijn primitieve vorm
„Nürnberg Pappmikroskop” dans sa forme primitive
„Nürnberg Pappmikroskop” in seiner Primitivform
„Nürnberg Pappmikroskop” in its primitive form



Nr. 26. „Nürnberg Pappmikroskop” van het gewone type.

„Nürnberg Pappmikroskop” type habituel.

„Nürnberg Pappmikroskop” gewöhnlicher Typ.

Habitual type of „Nürnberg Pappmikroskop”.

Vergrotend vermogen met oculair

Pouvoir grossissant avec oculaire

× 65

Vergrößerungsvermögen mit Okular

Magnifying power with eye-piece

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

1/100 mm

Auflösungsvermögen

Resolving power

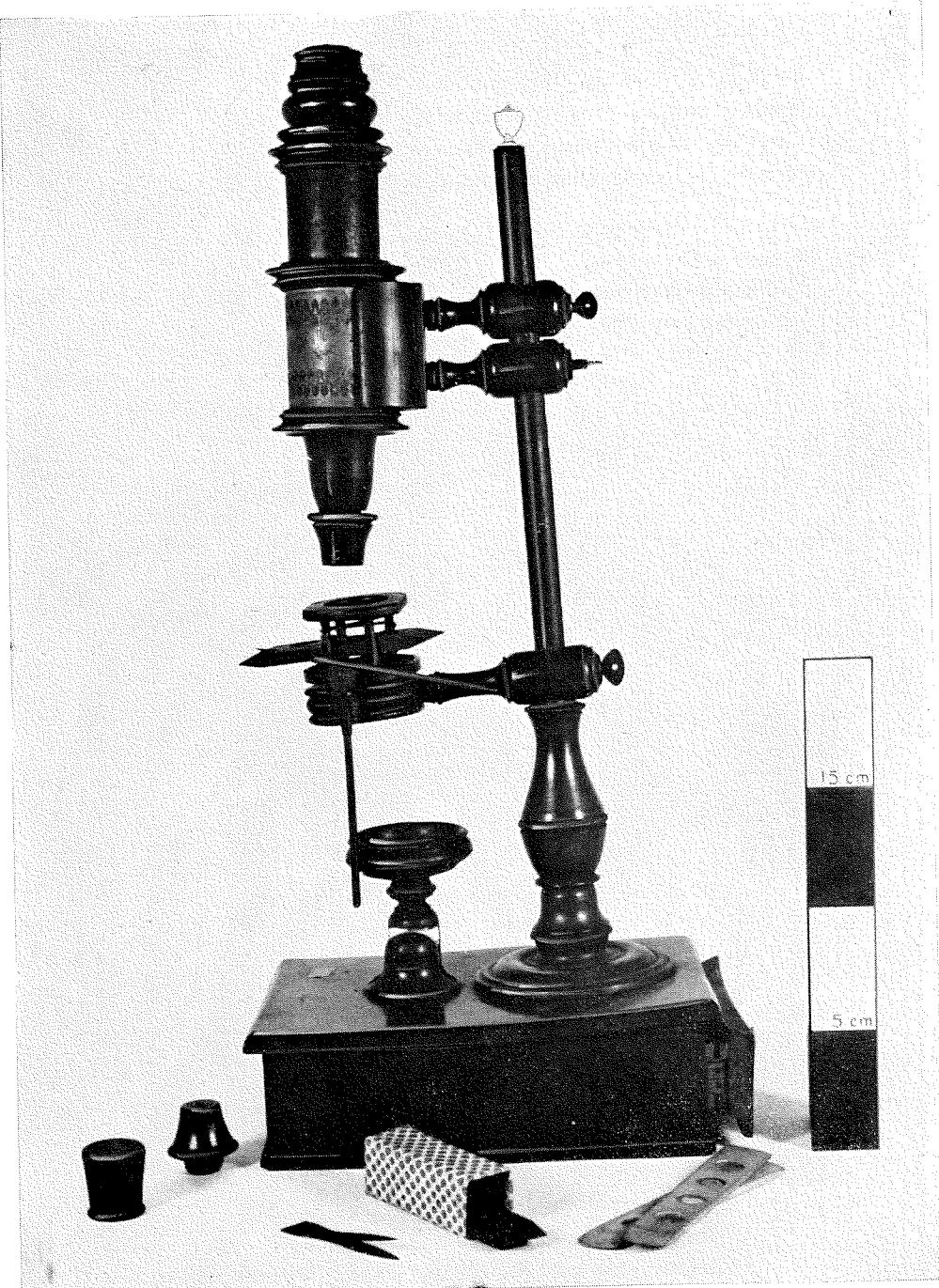
Nr. 26.

„Nürnberg Pappmikroskop” van het gewone type

„Nürnberg Pappmikroskop” type habituel

„Nürnberg Pappmikroskop” gewöhnlicher Typ

Habituel type of „Nürnberg Pappmikroskop”



Nr. 27. „Nürnberg Pappmikroskop” totaal afwijkend van de twee gewone typen.

„Nürnberg Pappmikroskop” différant totalement des deux types usuels.

Stark von den beiden gewöhnlichen Typen abweichendes „Nürnberg Pappmikroskop”.

„Nürnberg Pappmikroskop” differing completely from the habitual types.

Vergrotend vermogen met oculair

Pouvoir grossissant avec oculaire × 37

Vergrößerungsvermögen mit Okular × 60

Magnifying power with eye-piece

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens

Lentille-objectif (a) 1/ 80 mm

Objektivlinse (b) 1/120 mm

Objective lens

(a) met oculair

(b) avec oculaire (a) 1/120 mm

(a) mit Okular

(b) 1/160 mm

(b) with eye-piece

Nr. 27.

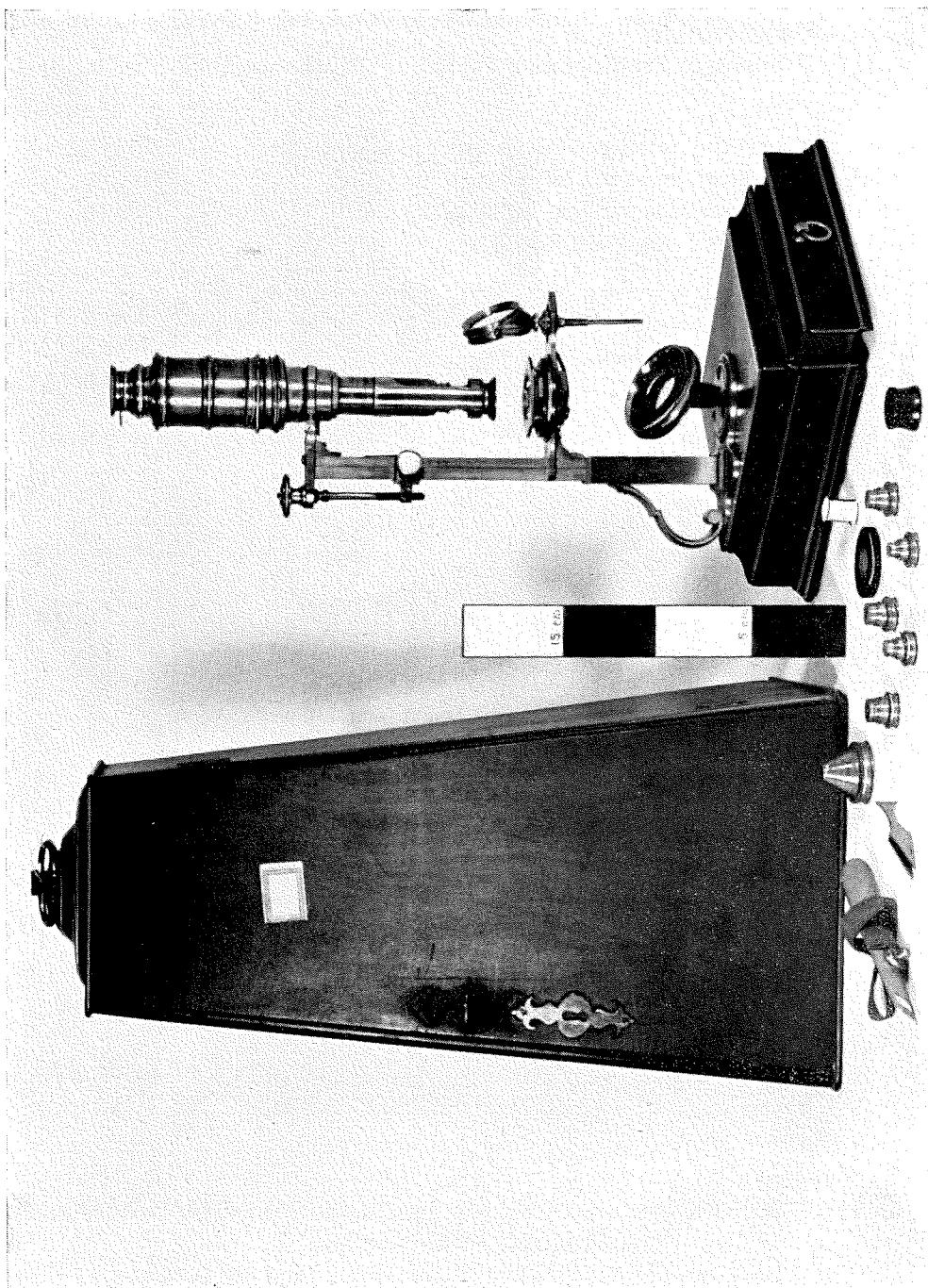
„Nürnberg Pappmikroskop” totaal afwijkend van de twee gewone types

„Nürnberg Pappmikroskop” différant totalement des deux types usuels

Stark von den beiden gewöhnlichen Typen abweichendes

„Nürnberg Pappmikroskop”

„Nürnberg Pappmikroskop” differing completely from the habitual types



Nr. 28. Microscoop van John Cuff in geel koper.

Microscope de John Cuff en laiton.

John Cuff Mikroskop aus Messing.

John Cuff microscope : brass.

	Nr. 6 × 23
Vergrootend vermogen	Nr. 5 × 40
Pouvoir grossissant	Nr. 4 × 54
Vergrösserungsvermögen	Nr. 3 × 104
Magnifying power	Nr. 2 × 172
	Nr. 1 × 270

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

	Nr. 6 1/ 80 mm
Objectief lens	Nr. 5 1/ 80 mm
Lentille-objectif	Nr. 4 1/160 mm
Objektivlinse	Nr. 3 1/200 mm
Objective lens	Nr. 2 1/320 mm
	Nr. 1 1/500 mm

Nr. 6 met oculair 1/120 mm

Nr. 5 avec oculaire 1/160 mm

Nr. 4 mit Okular 1/160 mm

Nr. 3 with eye-piece 1/280 mm

Nr. 2 with eye-piece 1/360 mm

Nr. 1 with eye-piece 1/600 mm

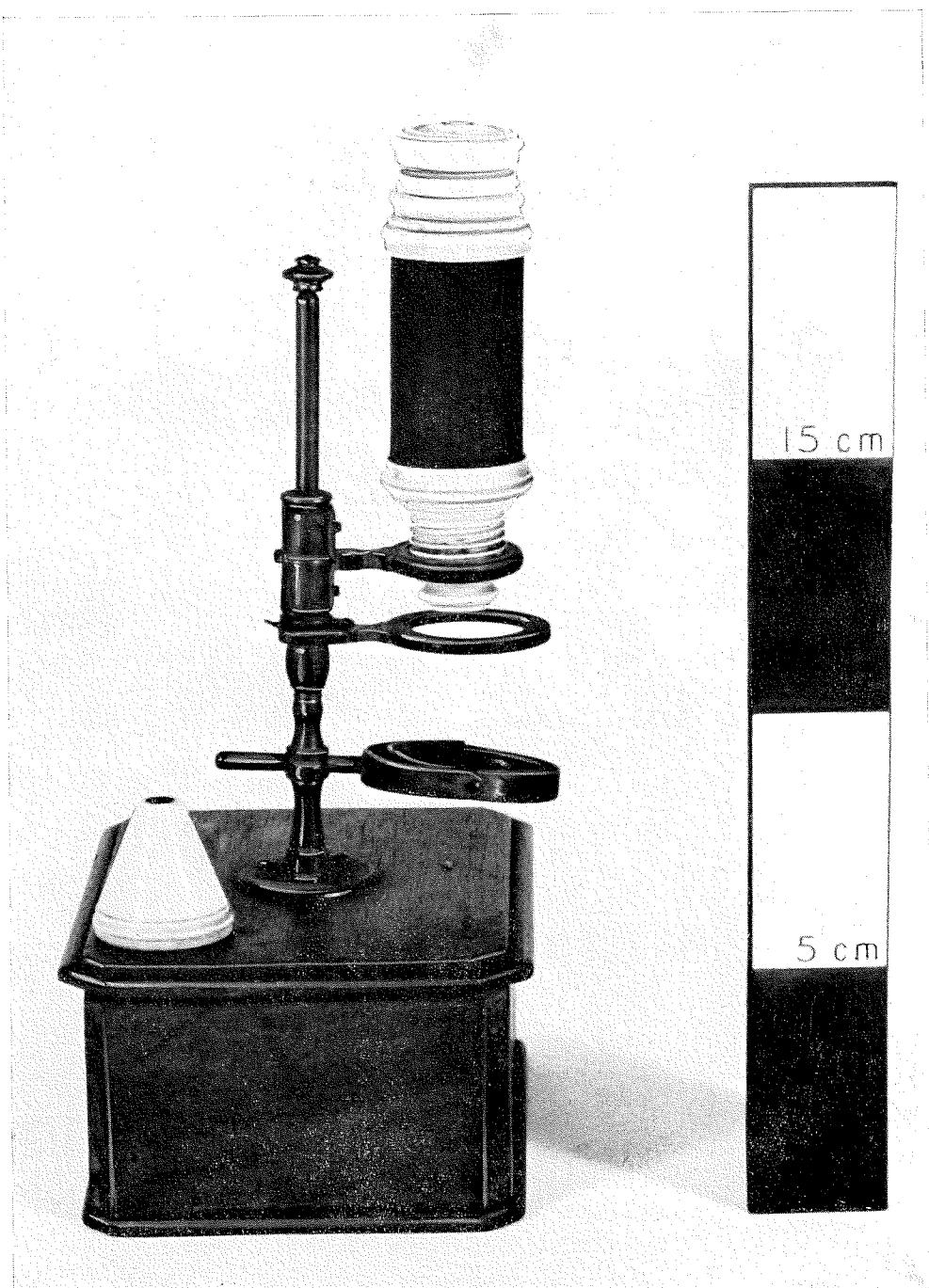
Nr. 28.

Microscoop van John Cuff in geel koper

Microscope de John Cuff en laiton

John Cuff Mikroskop aus Messing

John Cuff microscope : brass



Nr. 29. Microscoop van Burlini.

Microscope de Burlini.

Burlini Mikroskop.

Burlini microscope.

Vergrotend vermogen

Pouvoir grossissant

× 35

Vergrösserungsvermögen

Magnifying power

Oplüssend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens

Lentille-objectif

1/120 mm

Objektivlinse

Objective lens

met oculair

avec oculaire

1/120 mm

mit Okular

with eye-piece

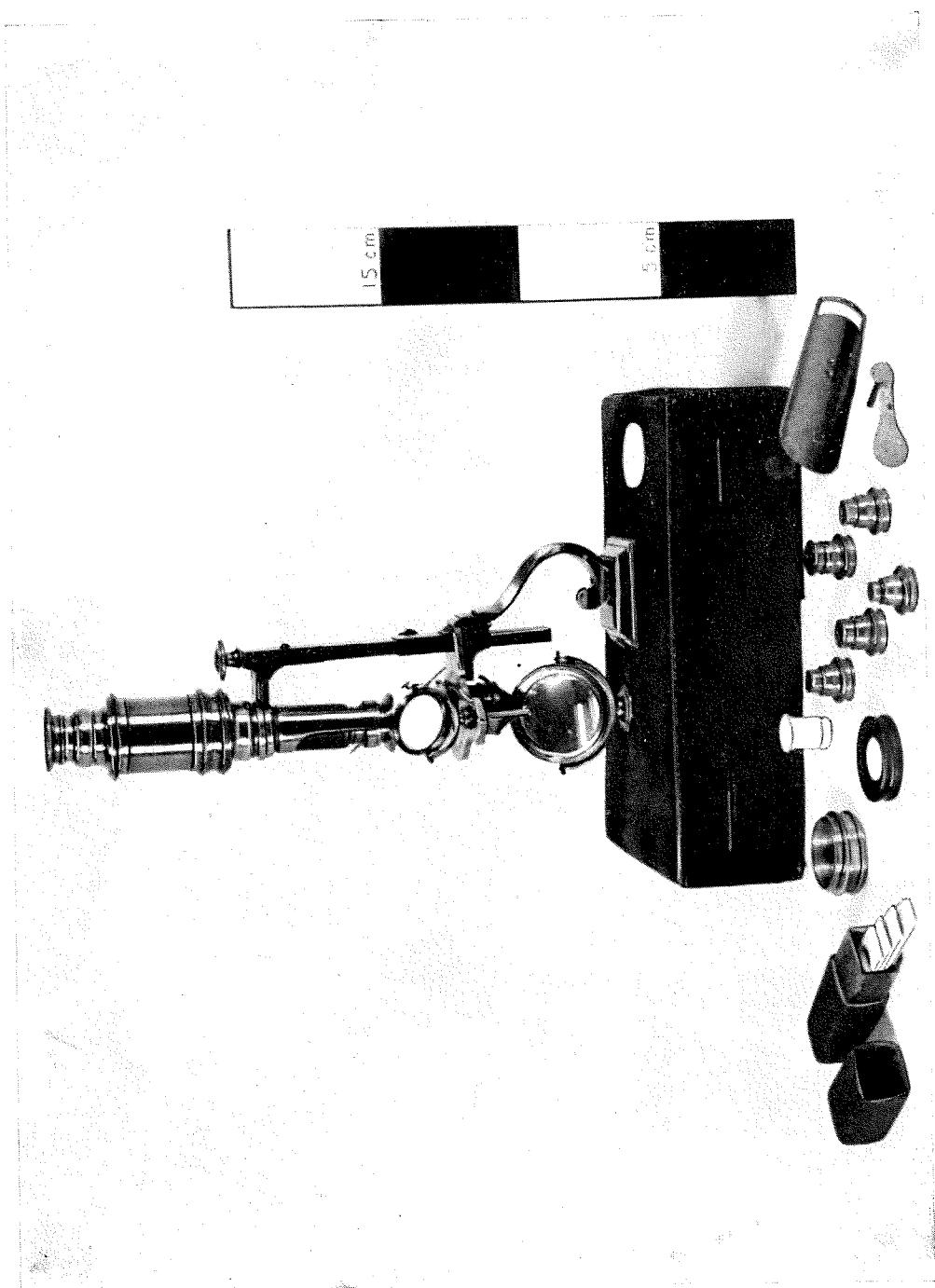
Nr. 29.

Microscoop van Burlini

Microscope de Burlini

Burlini Mikroskop

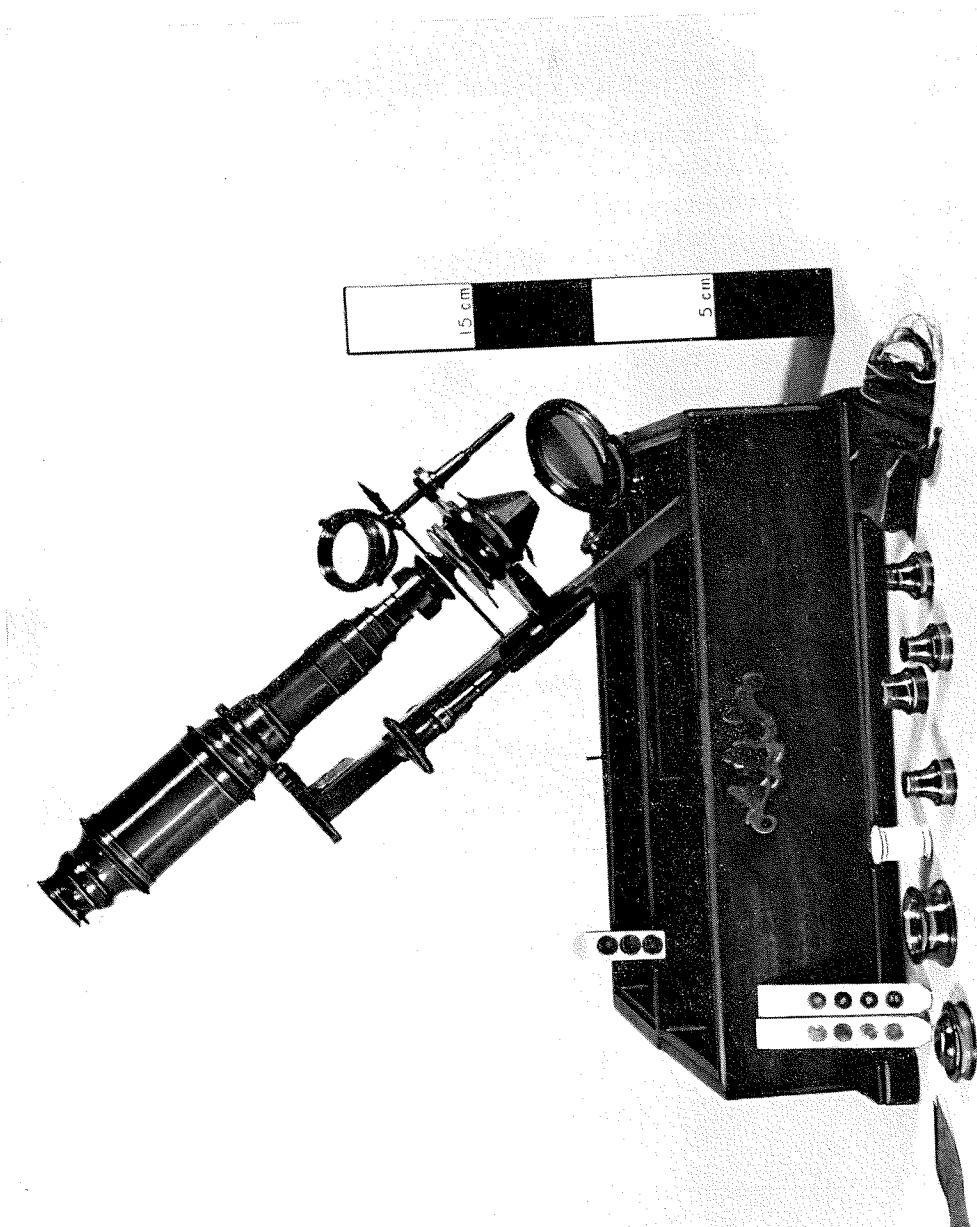
Burlini microscope



- Nr. 31. Zakmicroscoopje in geel koper van het Cuff type, gebouwd door G. Adams.
 Microscope de poche en laiton type Cuff construit par G. Adams.
 Kleines Taschenmikroskop aus Messing vom Cuff Type von G. Adams gebaut.
 Cuff type brass pocket microscope made by G. Adams.

Vergroten vermogen	Nr. 1 × 280
Pouvoir grossissant	Nr. 2
Vergrösserungsvermögen	Nr. 3 × 50
Magnifying power	Nr. 4 × 30
	Nr. 5 × 18
	Nr. 6 × 11
Oplossend vermogen	
Pouvoir résolvant	
Auflösungsvermögen	
Resolving power	
Objectief lens	Nr. 1 1/400 mm
Lentille-objectif	Nr. 2
Objektivlinse	Nr. 3 1/120 mm
Objective lens	Nr. 4 1/ 80 mm
	Nr. 5 1/ 40 mm
	Nr. 6 1/ 40 mm
Nr. 1 met oculair	1/500 mm
Nr. 2 avec oculaire
Nr. 3 mit Okular	1/160 mm
Nr. 4 with eye piece	1/ 80 mm
Nr. 5 with eye piece	1/ 40 mm
Nr. 6 with eye piece	1/ 40 mm

- Nr. 31.
Zakmicroscoopje in geel koper van het Cuff type, gebouwd door G. Adams
Microscope de poche en laiton type Cuff construit par G. Adams
Kleines Taschenmikroskop aus Messing vom Cuff Typ, von G. Adams gebaut
Cuff type brass pocket microscope made by G. Adams

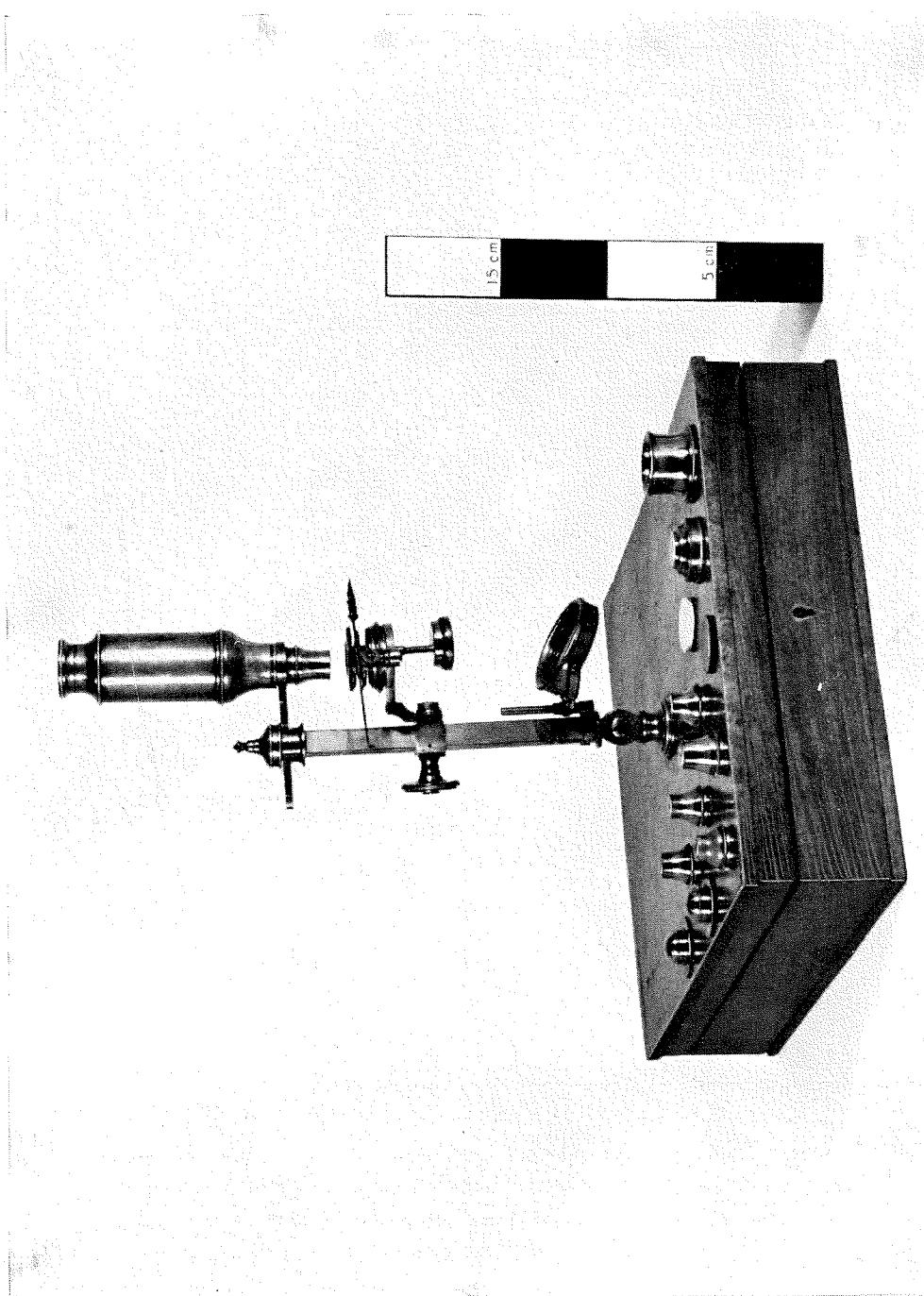


Nr. 32. Microscoop Nairne in geel koper, vastzittend in kast „Chest Microscope”
 Microscope Nairne en laiton attaché au coffret „Chest Microscope”
 Nairne Mikroskop aus Messing, in einem Kasten angeordnet „Chest Microscope”
 Nairne brass „Chest Microscope”

Vergroten vermogen	Nr. 6 x 25
Pouvoir grossissant	Nr. 5 x 36
Magnifying power	Nr. 4 x 35
Vergrößerungsvermögen	Nr. 3 x 130
	Nr. 2 x 160
	Nr. 1 x 230
Oplossend vermogen	
Pouvoir résolvant	
Auflösungsvermögen	
Resolving power	
Objectief lens	Nr. 6 1/ 80 mm
Lentille-objectif	Nr. 5 1/120 mm
Objektivlinse	Nr. 4 1/120 mm
Objective lens	Nr. 3 1/240 mm
	Nr. 2 1/360 mm
	Nr. 1 1/400 mm
Nr. 6 met oculair	1/120 mm
Nr. 5 avec oculaire	1/160 mm
Nr. 4 mit Okular	1/200 mm
Nr. 3 with eye piece	1/360 mm
Nr. 2 with eye piece	1/400 mm
Nr. 1 with eye piece	1/500 mm

Nr. 32.

Microscoop Nairne in geel koper, vastzittend in kast „Chest Microscope”
Microscope Nairne en laiton attaché au coffret „Chest Microscope”
Nairne Mikroskop aus Messing, in einem Kasten angeordnet
„Chest Microscope”
Nairne brass „Chest Microscope”



Nr. 33. Enkelvoudige en samengestelde microscoop A. van Emden.

Microscope simple et composé A. van Emden en laiton.

Einfaches und zusammengesetztes von Emden Mikroskop aus Messing.

A. van Emden simple and compound brass microscope.

Vergrotend vermogen Nr. 6 × 18

Pouvoir grossissant Nr. 5 × 22

Vergrösserungsvermögen Nr. 4 × 55

Magnifying power Nr. 3 × 87

Nr. 2 × 140

Nr. 1 × 240

Opposend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens Nr. 6 minder dan 1/ 40 mm

Lentille-objectif Nr. 5 1/ 40 mm

Objektivlinse Nr. 4 1/120 mm

Objective lens Nr. 3 1/200 mm

Nr. 2 1/240 mm

Nr. 1 /360 mm

Nr. 6 met oculair 1/ 40 mm

Nr. 5 avec oculaire 1/ 40 mm

Nr. 4 mit Okular 1/120 mm

Nr. 3 with eye piece 1/200 mm

Nr. 2 with eye piece 1/240 mm

Nr. 1 with eye piece 1/400 mm

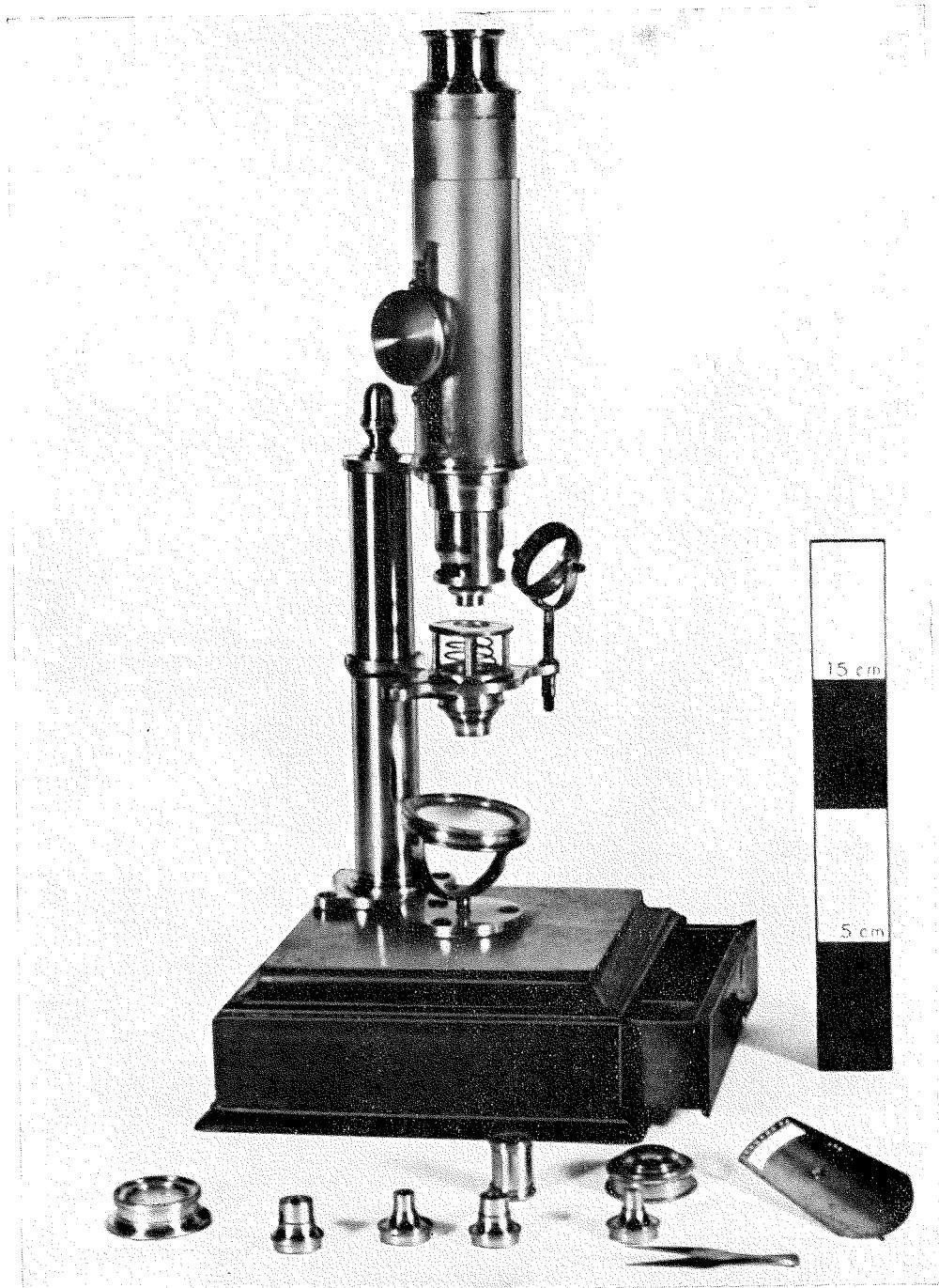
Nr. 33.

Enkelvoudige en samengestelde microscoop A. van Emden

Microscope simple et composé A. van Emden en laiton

Einfaches und zusammengesetztes von Emden Mikroskop aus Messing

A. van Emden simple and compound brass microscope



Nr. 35. Microscoop van het omgevormde Cuff type.

Microscope type Cuff transformé.

Mikroskop vom umgebauten Cuff Typ.

Transformed Cuff type microscope.

Vergrotend vermogen	Nr. 1 × 126
Pouvoir grossissant	Nr. 2 × 76
Vergrösserungsvermögen	Nr. 3 × 46
Magnifying power	Nr. 4 × 32
	Nr. 5

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

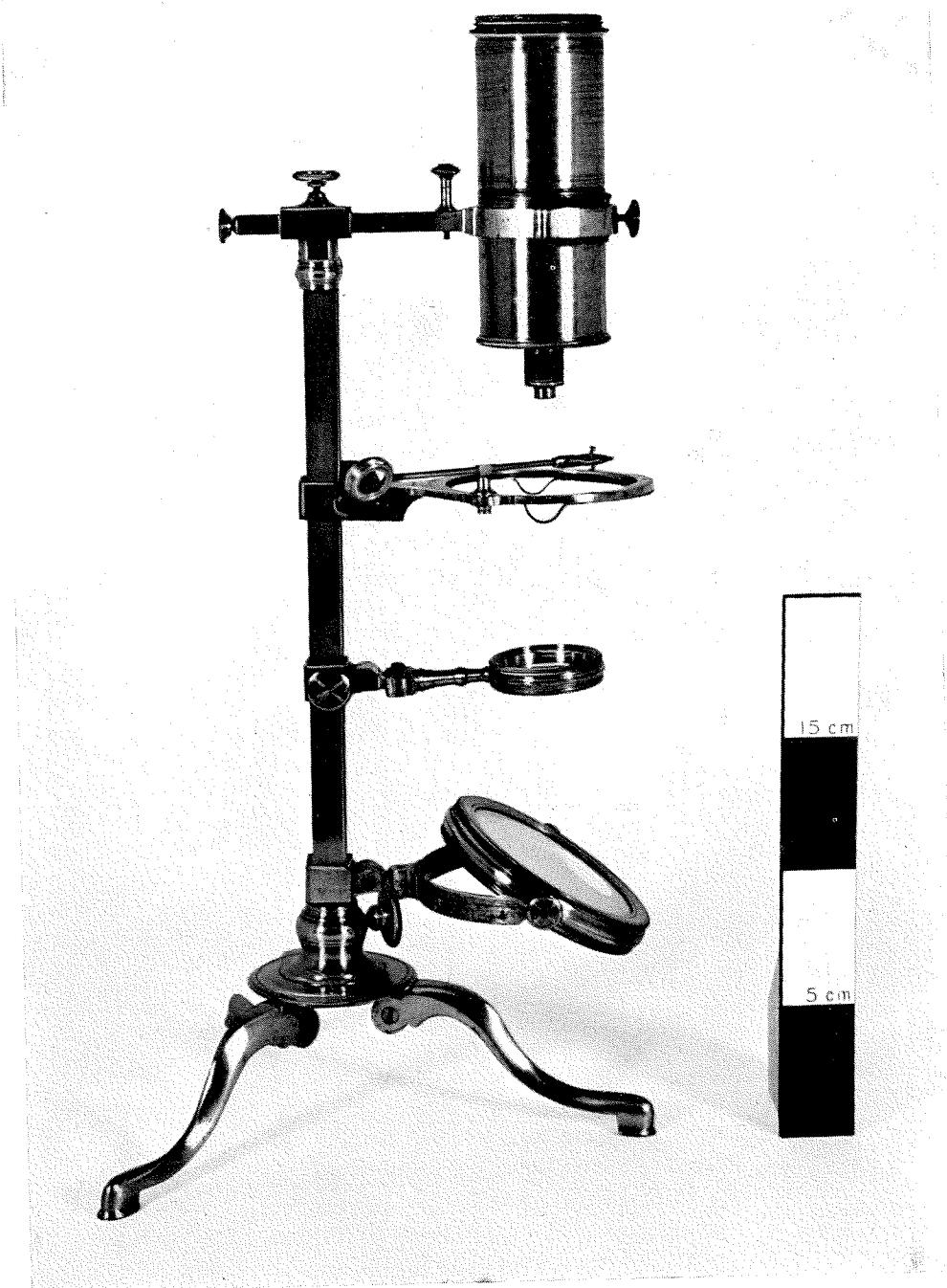
Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens	Nr. 1 1/320 mm
Lentille-objectif	Nr. 2 1/200 mm
Objektivlinse	Nr. 3 1/120 mm
Objective lens	Nr. 4 1/ 80 mm
Nr. 1 met oculair	1/400 mm
Nr. 2 avec oculaire	1/240 mm
Nr. 3 mit Okular	1/160 mm
Nr. 4 with eye piece	1/160 mm

Nr. 35.

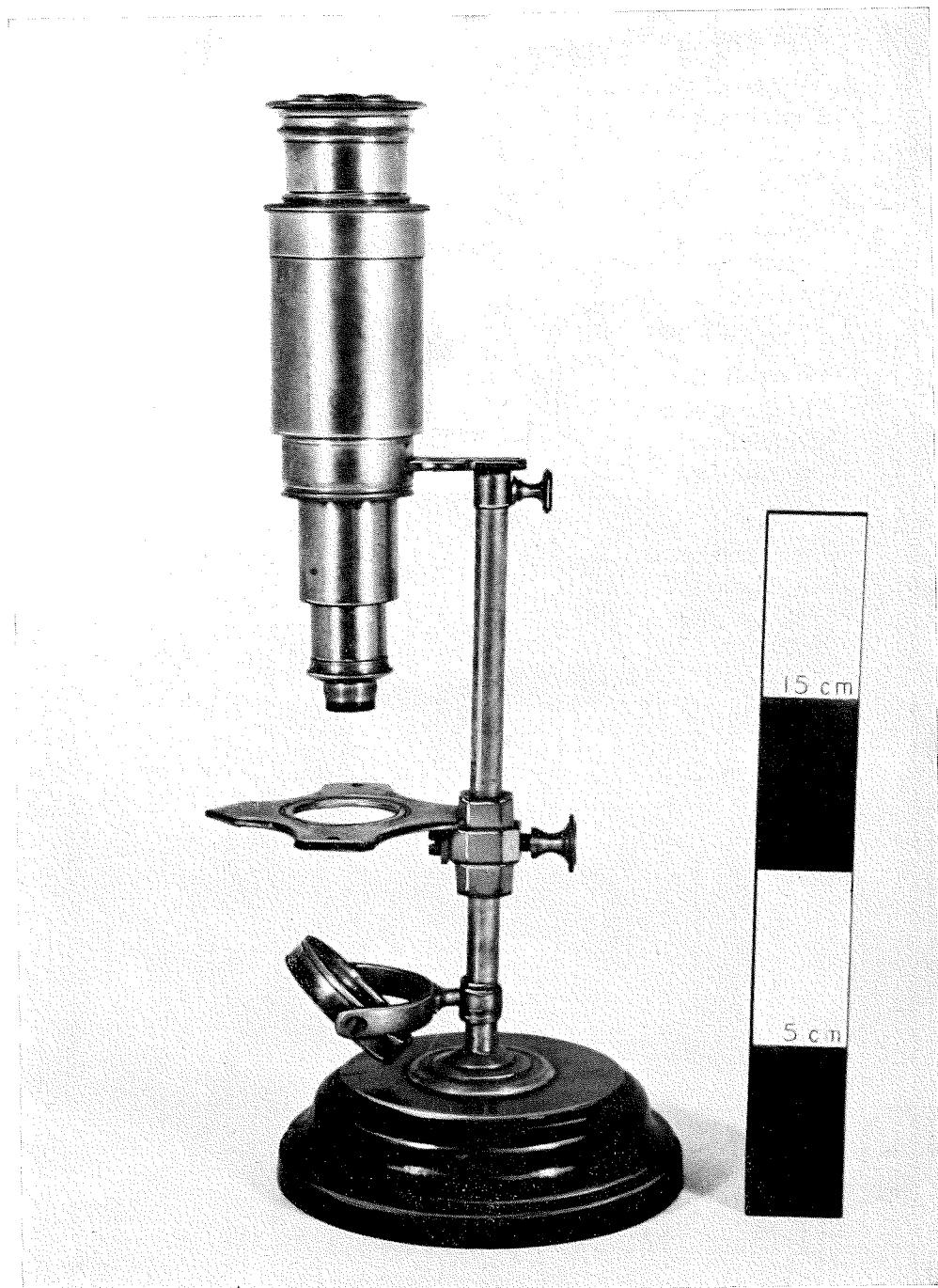
*Microscoop van het omgevormde Cuff type**Microscope type Cuff transformé**Mikroskop vom umgebautem Cuff Typ**Transformed Cuff type microscope*



Nr. 36.	Microscoop type Dellebarre.
	Microscope type Dellebarre.
	Mikroskop vom Dellebarre Typ.
	Dellebarre type microscope.
	Vergrotend vermogen
	Pouvoir grossissant
	Vergrösserungsvermögen
	Magnifying power
	Oplossend vermogen
	Pouvoir résolvant
	Auflösungsvermögen
	Resolving power
	Objectief lens
	Lentille-objectif
	Objektivlinse
	Objective lens
	Met oculair
	Avec oculaire
	Mit Okular
	With eye piece
	× 32
	1/160 mm

Nr. 36.

Microscoop type Dellebarre
Microscope type Dellebarre
Mikroskop vom Dellebarre Typ
Dellebarre type microscope



Nr. 37. Microscoop van dokter Sommé.

Microscope du docteur Sommé.

Mikroskop von Dr. Sommé.

Dr. Sommé's microscope.

Vergrotend vermogen

Pouvoir grossissant

× 60

Vergrösserungsvermögen

Magnifying power

Oplossend vermogen

Pouvoir résolvant

Auflösungsvermögen

Resolving power

Objectief lens

Lentille-objectif

1/160 mm

Objektivlinse

Objective lens

Met oculair

Avec oculaire

1/160 mm

Mit Okular

With eye piece

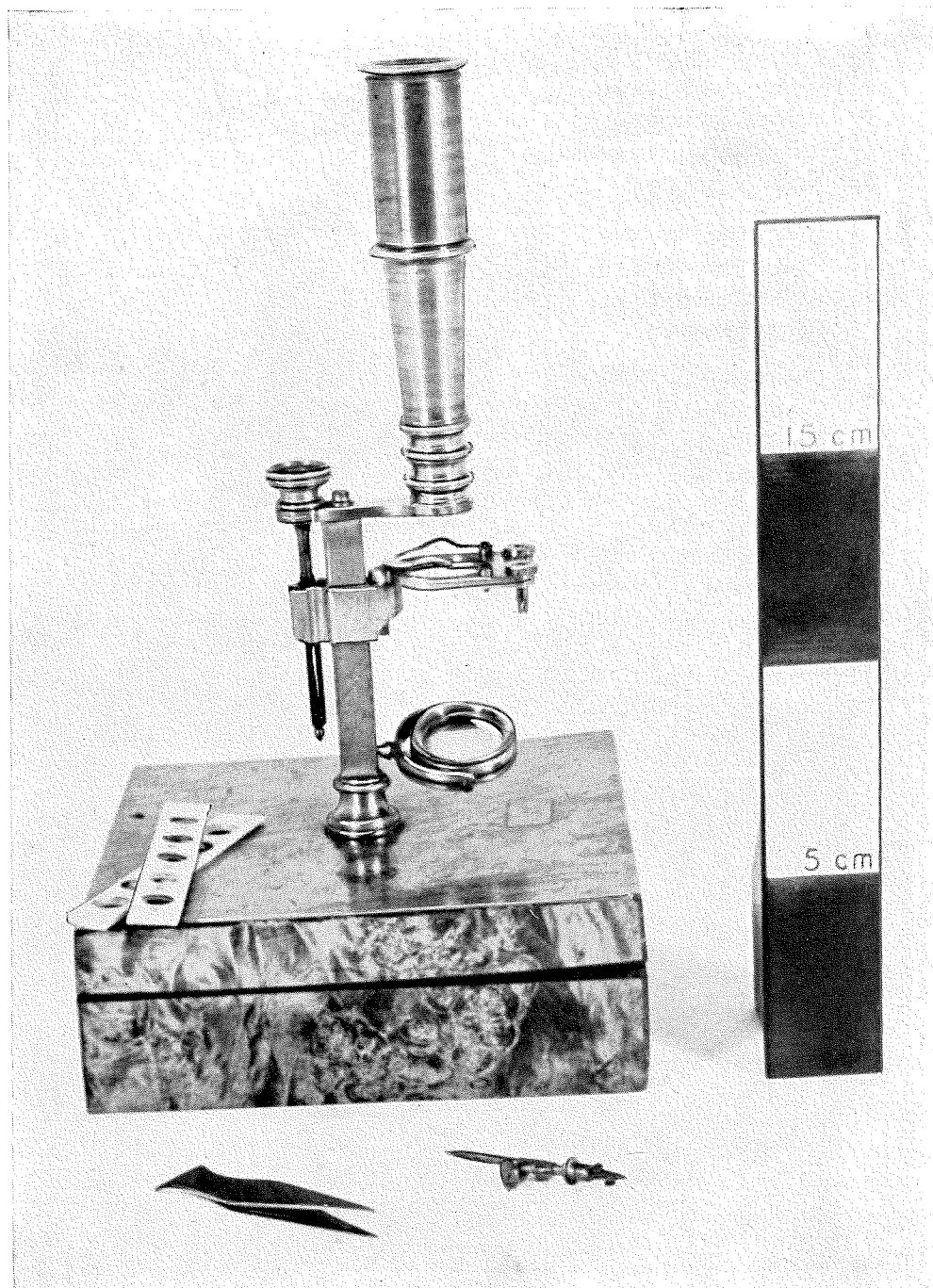
Nr. 37.

Microscoop van dokter Sommé

Microscope du docteur Sommé

Mikroskop von Dr. Sommé

Dr. Sommé's microscope



Nr. 38. Microscoop van het Cary type.

Microscope type Cary.

Mikroskop vom Cary type.

Cary type microscope.

Vergrotent vermogen Met de drie objectieflenzen samen

Pouvoir grossissant Avec les trois lentilles-objectifs ensemble

$\times 100$

Vergrößerungsvermögen Mit drei objectivlinsen zusammen

Magnifying power With three objective lenses together

Oplossend vermogen van drie lenzen

Pouvoir résolvant des trois lentilles

1/200 mm

Auflösungsvermögen von drei Linsen

Resolving power of three lenses

Objectieflenzen met oculair

Lentilles-objectifs avec oculaire

1/320 mm

Objektivlinsen mit Okular

Objective lenses with eye piece

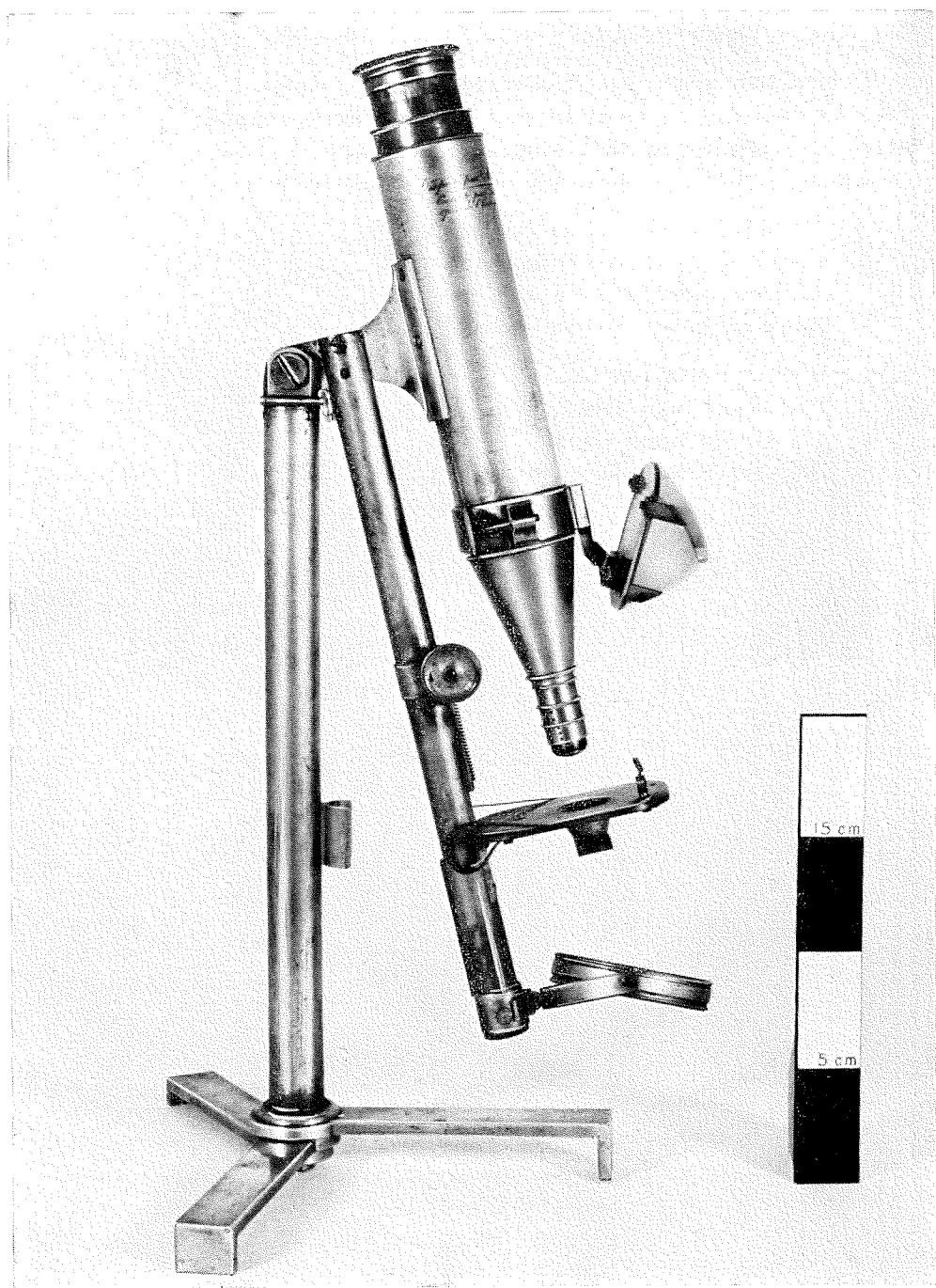
Nr. 38.

Microscoop van het Cary type

Microscope type Cary

Mikroskop vom Cary Typ

Cary type microscope



ACHROMATISCHE MICROSCOPEN
 MICROSCOPE ACHROMATIQUES
 AKROMATISCHE MIKROSKOPE
 ACHROMATIC MICROSCOPES

Nr. 39. Microscoop van Selligue.

Microscope de Selligue.

Mikroskop von Selligue.

Selligue microscope.

Vergrotend vermogen

Objectief lens gemerkt * × 50

Pouvoir grossissant

Lentille-objectif marquée ** × 74

Vergrösserungsvermögen

Objektivlinse markiert *** × 50

Magnifying power

Trois lentilles ensemble

Drie lenzen samen

× 150

Drei linsen zusammen

Three lenses together

Oplossend vermogen

Objectief lens gemerkt * 1/40 mm

Pouvoir résolvant

Lentille-objectif marquée ** 1/80 mm

Auflösungsvermögen

Objektivlinse markiert *** 1/40 mm

Resolving power

Objectief lens gemerkt * met oculair 1/120 mm

Lentille objectif marquée ** avec oculaire 1/160 mm

Objektivlinse markiert *** mit Okular 1/ 80 mm

Drie objectieflenzen samen met oculair

Trois lentilles-objectifs avec oculaire 1/320 mm

Drei Objektivlinsen mit Okular

Three objective lenses with eye-piece

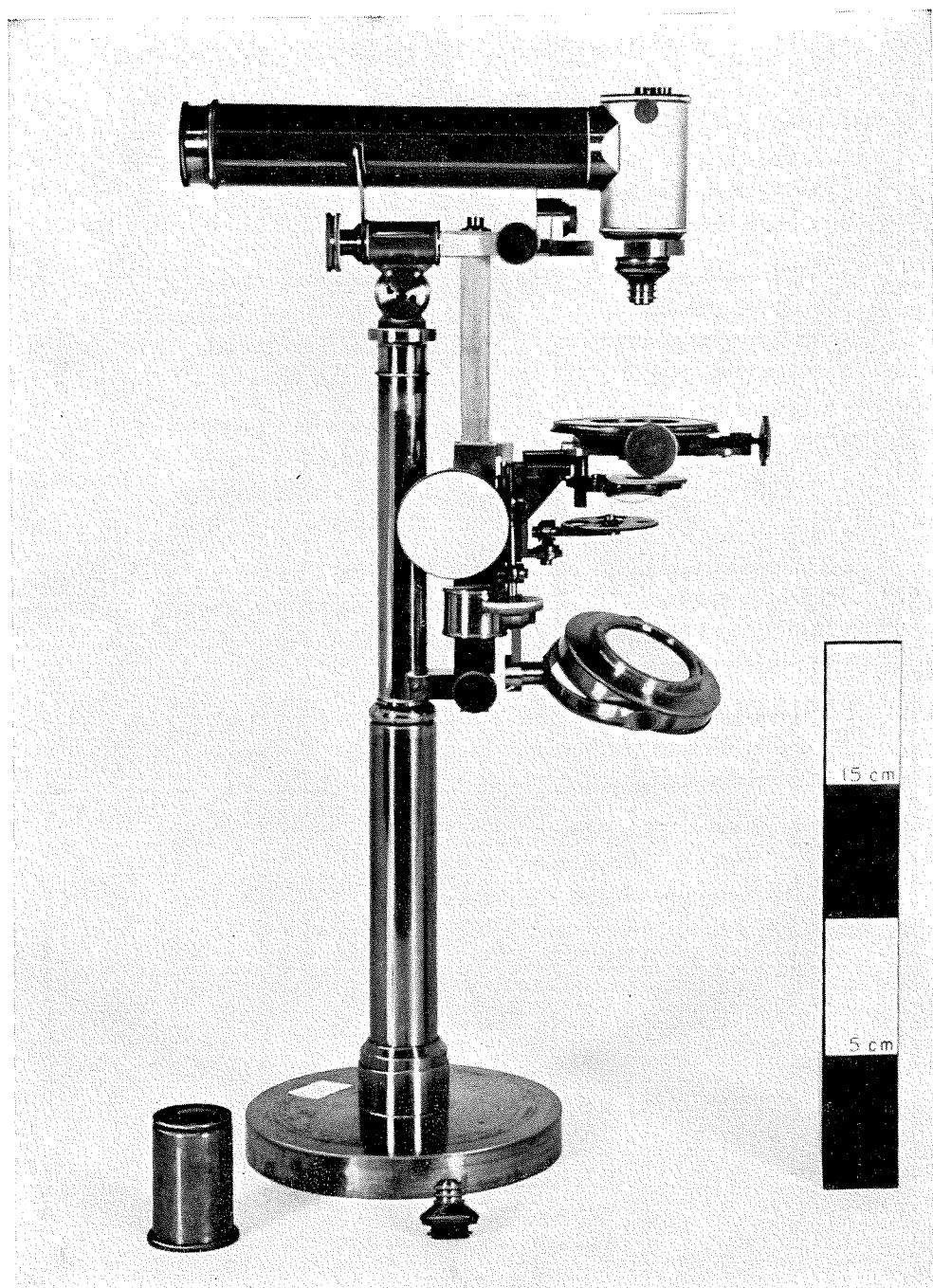
Nr. 39.

Microscoop van Selligue

Microscope de Selligue

Mikroskop von Selligue

Selligue microscope



Nr. 40. Universele horizontale microscoop van Charles Chevalier.	
Microscope horizontal universel de Charles Chevalier.	
Waagerechtes Universalmikroskop von Charles Chevalier.	
The Universal horizontal microscope of Charles Chevalier.	
Vergrootend vermogen van objectieven met oculairen	
Pouvoir grossissant des objectifs avec oculaires	
Vergrösserungsvermögen der Objektiven mit Okularen	
Magnifying power of the objectives with eye pieces	
Zwak objectief met zwak oculair	
Objectif faible avec oculaire faible	
Schwaches Objektiv mit schwaches Okular	× 36
Low-power objective with low eye piece	
Zwak objektief met sterk oculair	
Objectif faible avec oculaire fort	
Schwaches Objektiv mit starkes Okular	× 64
Low-power objective with deep eye piece	
Sterk objectief met zwak oculair	
Objectif fort avec oculaire faible	
Starkes Objektiv mit schwachem Okular	× 310
High-power objective with low eye piece	
Sterk objectief met sterk oculair	
Objectif fort avec oculaire fort	
Starkes Objektiv mit starkem Okular	× 500
High-power objective with low eye piece	
Oplossend vermogen van objectieven	
Pouvoir résolvant des objectifs	
Auflösungsvermögen von Objektive	
Resolving power of objectives	
Zwak objectief	
Objectif faible	
Schwaches Objektiv	1/ 40 mm
Low-power objective	

Nr. 40.

*Universele horizontale microscoop van Charles Chevalier
 Microscope horizontal universel de Charles Chevalier
 Waagerechtes Universalmikroskop von Charles Chevalier
 The Universal horizontal microscope of Charles Chevalier*

Sterk objectief	
Objectif fort	1/400 mm
Starkes Objektiv	
High-power objective	
Opplossend vermogen van objectieven met oculairen	
Pouvoir résolvant des objectifs avec oculaires	
Auflösungsvermögen von Objektive mit Okularen	
Resolving power of objectives with eye pieces	
Zwak objectief met zwak oculair	
Objectif faible avec oculaire faible	1/120 mm
Schwaches Objektiv mit schwachem Okular	
Low-power objective with low eye piece	
Zwak objectief met sterk oculair	
Objectif faible avec oculaire fort	1/160 mm
Schwaches Objektiv mit starkem Okular	
Low-power objective with deep eye piece	
Sterk objectief met zwak oculair	
Objectif fort avec oculaire faible	1/600 mm
Starkes Objektiv mit schwachem Okular	
High-power objective with low eye piece	
Sterk objectief met sterk oculair	
Objectif fort avec oculaire fort	1/600 mm
Starkes Objektiv mit starkem Okular	
High-power objective with deep eye piece	

De enkelvoudige objectiflenzen van de samengestelde niet-achromatische microscopen in de collectie Van Heurck

We onderzochten 55 objectiflenzen, waarvan er 21 minderwaardig bleken, dit wil zeggen dat het oculair hun oplossend vermogen niet meer kon vergroten.

In geen enkel geval echter werd dit oplossend vermogen door het gebruik van het oculair verminderd.

Minderwaardige lensjes die, met het oculair gebruikt, geen groter oplossend vermogen vertoonden

- Nr. 16. Alle lensjes van de John Marshall microscoop. Dit instrument, niettegenstaande zijn zeer grote historische waarde, is dus in optisch opzicht een minderwaardig microscoop.
- Nr. 19. De drievoetmicroscoop van het Culpepertype, met een enkel ongenummerd objectief.
- Nr. 21. Drievoetmicroscoop van het Culpeper type :
de lensjes 5 - 3 en 1.
- Nr. 22. Drievoetmicroscoop van het Culpeper type :
de lensjes 4 en 3
- Nr. 28. Microscoop van John Cuff in geel koper :
het lensje 4.
- Nr. 29. Microscoop van Burlini
met één lensje.
- Nr. 31. Zakmicroscoopje in geel koper Cuff Type van Geo Adams :
de lensjes 4 - 5 en 6.
- Nr. 33. Samengestelde microscoop van A. van Emden :
de lensjes 5 - 4 - 3 en 2.
- Nr. 37. Microscoop van Dr. Somm   :
1 lens.

Het feit van op 55 onderzochte lenzen er 21 te vinden die minderwaardig zijn kan op het eerste gezicht onrustwekkend blijken ; in werkelijkheid is het volstrekt niet abnormaal.

Gedurende geheel de 17de en 18de eeuw werd het lenslijpen, zowel voor enkelvoudige als voor samengestelde microscopen totaal empirisch gedaan, en door de beroepsoptici, en door de vele liefhebbers. Noemen we dan, voor wat de liefhebbers betreft, Anthony van Leeuwenhoek ; we weten dat hij meer dan 550 microscoopjes en lenzen heeft vervaardigd waartussen er dan ook voorzeker minderwaardige zijn geweest. Van zijn microscoopjes bestaan er nu nog slechts 9.

Onder die 9 zijn er 2 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen te Leiden minderwaardig, het exemplaar uit de collectie Henri Van Heurck is goed en dit in het Universiteitsmuseum te Utrecht is uitstekend.

Een tijdgenoot van Leeuwenhoek was de Londense beroeps opticus John Mellin, wiens geboortejaar wij niet kennen; wel weten we dat hij overleed voor 1704 en dat hij omstreeks 1680 zijn werkplaats had aan Abchurch Lane. Hij was beroemd voor zijn handgeslepen lensjes van zeer korte brandpuntsafstand, ze gingen tot 1/25 inch focus en zelfs nog minder. Nehemiah Grew beschreef ze in zijn „Catalogue of Rarities belonging to the Royal Society” in 1681.

Dat er bij de liefhebbers in de 18e eeuw zeer veel belangstelling was voor het lensjesslijpen blijkt uit de Nederlandse vertaling van het zo gegeerde Engelse boek van Henry Baker door Martinus Houttuyn 1778 1). Hij geeft daar de werkwijze van Lieberkühn voor het slijpen van kleine vergrootglaasjes en terugkaatsende spiegeltjes. Al het gereedschap en de grondstoffen, zowel als de bewerkingen worden er tot in de minste bijzonderheden beschreven.

Wie meer wil weten over de talrijke goede en minderwaardige lenzen in de 17de en 18de eeuw op enkelvoudige microscopen, raadplege het voortreffelijk werk van P. van der Star. 2)

Gepubliceerde gegevens over het vergrotend en oplossend vermogen van niet-achromatische samengestelde microscopen

Voor zover we weten zijn er tot op heden slechts enkele verspreide gegevens gepubliceerd door :

1. P. Harting 3)
2. Edward Milles Nelson 4)
3. P.H. van Cittert 5)
4. S. Bradbury 6).

Harting zegt : „Untersucht man Mikroskope aus jener Zeit so kommt man zu dem Resultate dass durch die als Objektive benutzten einfachen Linsen alles, was man durchs zusammengesetzte Mikroskop beobachtete, zwar in geringer Vergrösserung gesehen wurde, dafür aber auch sehr deutlich und scharf, dass man daher durch die mit Okularen erzielte stärkere Vergrösserung des Bildes eigentlich nichts gewann als ein grösseres Gesichtsfeld, und zwar auf Kosten der für den Beobachter weit wichtigeren Hellichkeit und Schärfe”.

Harting geeft ons in zijn groot standaardwerk een voor die tijden uitstekende ontwikkelingsgeschiedenis van de microscoop, maar slechts van drie microscopen, een Benjamin Martin, een Geo Adams en een Dellebarre geeft hij de vergrotingen.

Edward Milles Nelson 1851-1938) was in Engeland van 1875 tot 1938 beroemd als de beste micrograaf, het was hij die de diffractietheorie van Ernst Abbe in zijn land heeft doen kennen, zowel aan de professionele workers als aan de vooraanstaande liefhebbers microscopisten, en die in de microscopische techniek het begrip „critical microscopy” heeft ingeburgerd.

Zijn merkwaardige mededeling heeft destijds voorzeker niet de verdiente belangstelling genoten. We moeten dit gebrek aan belangstelling wijten aan het feit dat in het begin onzer huidige eeuw de studie van de ontwikkelingsgeschiedenis van de microscoop en van de microscopische techniek nog algemeen werd verwaarloosd.

E.M. Nelson deed een vergelijkend onderzoek van een Benjamin Martin microscoop nr. 1 met een enkelvoudige lens van John Cuff van 1/25th inch focus (vergroting x 250).

Hij zegt : „Taking the dioptic microscope first, it has been said that the compound form is inferior to the simple. It is possible that this saying has arisen owing to the numerous discoveries made by the famous Leeuwenhoek 1673) with his simple microscope. It is true that for dissecting work single lenses of powers from that of watchmakers eyeglass to 1/2 inch focus, are more suitable than any compound microscope ; nevertheless for an observing instrument there can be no question that the compound microscope, not only gives far better images, but also is

much more easy to work with, because the working distance is greater and the field larger.

„A careful comparison was made between the Benjamin Martin compound with a N° 1 lens and Cuffs' 1/25 (vergrotting 250).

Both resolved 15000 lines to the inch (= 600 lijnen per mm) but the resolution with the compound was much stronger and sharper than with the single. A coarse Navicula Lyra — 17000 per inch (680 lijnen per mm) was shown indifferently resolved by both, but the compound gave the better image. Neither would do that beautiful and easy diatom, the Actinocyclus Ralfsii, with the single it was bathed in coloured fog, but the compound gave a better picture of it than one would have expected. Of course, chromatic aberration and spherical fog were there and would been easily found if sought out, but looking at the diatom in an ordinary way these defects were by no means obtrusive”.

Nelson zegt verder dat het heel moeilijk is aan niet-deskundigen een juist begrip te geven van de kwaliteit van een microscopisch beeld, maar dat de grens van het oplossend vermogen van een samengesteld microscoop van de achttiende eeuw kan vergeleken worden met hetgeen men ziet in een hedendaags microscoop voorzien van een objectief Carl Zeiss *a a* en een oculair nummer 5. — Carl Zeiss heeft tot het begin van onze huidige eeuw zijn objectieven gemerkt met letters en zijn oculairen met nummers. Nu dragen de hedendaagse objectieven hun eigenvergrotting en numerieke aperture, de oculairen hun eigen vergroting.

In zover we in de oude prijscouranten van Zeiss hebben kunnen nagaan, had het objectief *a a* een numerieke aperture van 0,17 en gaf met het oculair 5 een vergroting van ongeveer 80 maal voor een tubuslengte van 160 mm.

P.H. van Cittert publiceerde in 1934 zijn „Descriptive Catalogue of the Collection of Microscopes in charge of the Utrecht University Museum”. Met die publikatie had van Cittert de grote verdienste de eerste te zijn om van een zestigtal enkelvoudige, samengestelde of projectiemicroscopen, zowel niet-achromatische als negentiendaagse achromatische, het vergrotend en oplossend vermogen te bepalen.

Op blz. 10 van zijn „Descriptive Catalogue” zegt van Cittert, voor wat de niet-achromatische achttiende-eeuwse microscopen betreft :

„The reason why the magnifications of the compound microscope are less than those of other types, is that the influence of the chromatic and spherical aberrations is much more predominant. The resolving power is less for the obvious reason that the single lens, used as a simple microscope has a definite resolving power which can never increase though its magnification can increase when the lens is subsequently combined with an eyepiece. It often occurs on the contrary that the resolving power of the combination is less than that of the single lens, so that higher magnifications and lower resolving powers belong together.”

Als van Cittert beweert dat een enkelvoudige niet-achromatische lens aan de grens van haar oplossingsvermogen staat, en dat dit oplossingsvermogen niet meer kan opgedreven worden door een oculair in een samengestelde microscoop, en in de meeste gevallen zelfs vermindert, dan vergist hij zich, want al de door ons vastgestelde oplossingsvermogens bewijzen het tegenovergestelde. Van Cittert heeft voorzeker niet de oplossingsvermogens van de objectief-lensjes alleen bepaald, alvorens ze vast te stellen voor de samengestelde microscopen voorzien van een oculair, zoniet ware hij voorzeker tot andere vaststellingen gekomen.

S. Bradbury publiceerde in 1967 een vergelijkend onderzoek van de zuiverheid van het beeld in de samengestelde microscopen van 1700 tot 1840. In het inleidend gedeelte van zijn publicatie zegt hij :

„In the early part of the seventeenth century workers such as Hooke and Grew and Powers had used compound microscopes for serious scientific work. By the middle of the eighteenth century it had largely come to serve as an instrument for amusement, in the form of the solar and lucernal microscope, projecting enlarged images of lice and fleas upon a screen for the entertainment of the Family in much the same manner that the colour slides of the Continental holiday are inflicted on today's audiences !”

We mogen hier wel vaststellen dat Bradbury wat al te lichtvaardig oordeelt. Ook met de achttiende-eeuwse samengestelde microscoop, niettegenstaande al zijn sferische en achromatische gebreken, is heel mooi en nuttig wetenschappelijk werk verricht zoals we even verder zullen bewijzen. En wat dan het zuiver amateurswerk betreft, wat we mogen heten het „spelen” met de microscoop in de achttiende eeuw, welnu hetzelfde is gebeurd in de negentiende eeuw, en nu in onze huidige eeuw meer dan ooit, de zeer gekende Zuidafrikaanse bioloog Dr. Adrianus Pijper (7) heeft dat heel kort en kernachtig uitgedrukt: „there are many microscopes but few microscopists”.

Bradbury geeft de optische eigenschappen van 13 Engelse niet-achromatische samengestelde microscopen gebouwd van 1690 tot 1790 vergeleken met de achromatische objectieven van Andrew Ross in 1838 een Amici reflector van 1820 en een Cuthbert's reflector van 1830 ;

In de reeks van de door Bradbury onderzochte microscopen is ook het „Universal Microscope” van Adams the Younger.

Over een zelfde instrument publiceerden wijzelf (8) de vergrotende en oplossende vermogens van 11 lenzen die bij dit instrument behoren, als enkelvoudige lens, ofwel als objectief gebruikt in een samengestelde microscoop die bovendien voorzien was van twee verwisselbare tubussen.

Voor de sterkst vergrotende lens vonden we een eigenvergroting van x 142 en samen met het oculair (b) x 568 ; de eigenvergroting van het oculair was dus ongeveer x 4 en beslist niet x 30 ! Bradbury vergist zich dus wel erg als hij zegt :

„Frison, who examined a similar model, came to the conclusion that the image was „hazy and quite mediocre”. It had a resolution of about $5\text{ }\mu$. The microscope he examined was presumably fitted with similar lenses to the one in Oxford. As Frison's microscope yielded a magnification of x560 with the highest power, the eyepiece must have magnified the primary image approximately 30 times. This magnification is, of course, far too great for objectives which are completely uncorrected and of such low aperture. For comparison it may be remembered that a modern lens combination of the same total magnification would be expected to resolve $0,5\text{ }\mu$.

Samenvattend moeten we nu vaststellen dat er van de vier aangehaalde auteurs slechts één is — Edward Milles Nelson — die ronduit zegt dat de samengestelde niet-achromatische microscoop beter is dan de enkelvoudige. We moeten het betreuren dat hij zich beperkt heeft tot het onderzoek van slechts één samengestelde microscoop, een Benjamin Martin.

**Enkele beroemde speurders die werkten met niet-achromatische
samengestelde microscopen**

Pier' Antonio Micheli. (1679-1737.)

Van deze vooraanstaande Florentijnse botanicus-mycoloog zegt Martin Möbius (9) „viel wichtiger war es, dass P.A. Micheli (1728) die Sporen zahlreicher Pilze sammelte, sie aussäete und nicht nur daraus ein Fadengeflecht, sondern auch die Fruchtkörper gewann. Er ist also als der wissenschaftlicher Begründer der Pilzkunde anzusehen, wenn er auch in den Fortpflanzungsorganen der Pilze die Blütenteile der höheren Pflanzen wieder erkennen wollte. Er hat aber eine Menge von Pilzen und ihre Sporenbildung vortrefflich beschrieben. So sah er, wie bei Agaricus auf beiden Flächen der Blätter runde und rundliche Samen wachsen, bei einigen ohne Ordnung zerstreut, bei anderen je zu vier sich berührend, er sah wie in der Trüffel kleine Bläschen bald zwei, bald drei bald vier runde und rundliche Samenkörner einschliessen, er sah das Ausstäuben der Sporen bei Peziza, er beschreibt Cyathus, dessen Becher mit linsenförmigen Fruchten (Fructus) erfüllt ist, die durch einen kurzen Stiel oder eine Nabelschnur angeheftet sind und desgleichen mehr.”

Voor het verwezenlijken van die verbazende ontdekkingen beschikte Micheli over een zeer primitief instrumentarium, een gewone handloep, een zeer sterk lensje (een gesmolten glasbolletje) waarvan hij klaagt dat het zijn ogen sterk vermoeit en schaadt. Voor zorgvuldige en precieze waarnemingen had hij een samengestelde microscoop met drie lenzen, gebouwd door zijn tijdgenoot de Jezuïetenpater Bonanni (1638-1725) (10).

De samengestelde microscoop van pater Philippus Bonanni die Micheli gebruikte is niet, zoals men zou kunnen denken, de grote horizontale microscoop voorzien van condensor en kunstlichtbron, die Bonanni ook heeft gebouwd en die zijn best gekende microscoop is. Het is de kleine verticale microscoop die afgebeeld staat op blz. 26 Caput Quartum van zijn *Micrographia Curiosa*. Romae 1691, deel 2.

Bij gebruik met doorvallend licht moest die microscoop voor het oog worden gehouden als een kijker (de microscopischpiegel is maar ingevoerd geworden door de Duitse microscopenbouwer Christian Gottlieb Hertel in 1716), Bonanni heeft zijn werk in het latijn geschreven en bovendien is het boek zeer zeldzaam en dus niet gemakkelijk te vinden.

Wie meer wil weten over de samengestelde microscoop die Micheli gebruikte, raadplege R.S. Clay and Th. Court — *The History of the Microscope*. London 1932. Op blz. 84 van dit boek staat een duidelijke afbeelding van het toestel en ook de Engelse vertaling van Bonanni's beschrijving.

Otto Friedrich Müller (1730-1784).

Zijn boek (11) dat postuum verscheen, twee jaar na zijn overlijden, werd gepubliceerd door Fabricius.

Müller was de eerste die getracht heeft de infusoriën te classificeren op systematische wijze. Het is op zijn voorbereidend werk dat, in de volgende eeuw, Ehrenberg en vooral Karl Theodor Ernst von Siebold (1804-1885) wetenschappelijk hebben kunnen voortbouwen.

Müller had ook een zeer intensieve belangstelling voor de mycologie : W.J. Lütjeharms (12) zegt van hem :

„Weil seine Beobachtungen und Theorien über Pilze von grosser Wichtigkeit sind und ziemlich Einflussreich wurden. Er war ein der fruchtbarsten mykologischen Schriftsteller der Zeit und gründete seine allgemeine Theorie über Entwicklung und bau der Organismen u.a. auf seine Beobachtungen über Pilze.

Ook A.H. Reginald Buller (24) schrijft :

„O.F. Müller in 1780 describes *Coprinus comatus* in the *Flora Danica*. He gave not only some excellent life-size illustrations showing the fruit-bodies in various stages of development including the deliquesences of the gills and the production of inky drops from the revolute pileus-margin, but also a sketch of the surface view of the hymenium as seen with the microscope. In this sketch he show the spores in groups of four, the basidia beneath them, the steril paraphyses and, at the edge of his drawing, the sterigmata supporting the spores. (O.F. Müller. — *Florae Danicae Icones Fasc. XIV. 1780. Tab. 834.*)

No essential point in the structure of the hymenium, as seen in surface view was missed. However Müller does not seem to have understood the interest of his drawing, for strangely enough, he made no comment upon it : he simply represented what he had seen with the microscope and thereby lost the splendid opportunity of being the first to give an account of the general structure of the hymenium of the Agaricaceae.”

Johannes Hedwig. (1730-1799)

Hedwig ; de grondlegger van de moderne bryologie deed zijn eerste waarnemingen met een enkelvoudige microscoop die hem geen voldoening schonk, hij verving hem door een samengestelde.

In zijn beroemd werk (13) geeft hij ons een volledige beschrijving van zijn samengestelde microscoop, die door Reinthaler, de mechanicus van de Leipziger Universiteit, werd gebouwd.

De tubus van die microscoop had geen micrometerinstelling, maar wel een beweging door heugel en tandrad ; — op die bijzondere scherpstelling komen we nog later terug.

Er waren bij die microscoop 6 objectieflenzen, gemerkt van 0 tot VI.

Met lens O was de vergroting met het oculair x6

Met lens I was de vergroting met het oculair x10

Met lens II was de vergroting met het oculair x20

Met lens III was de vergroting met het oculair x30

Met lens IV was de vergroting met het oculair x62

Met lens V was de vergroting met het oculair x170

Met lens VI was de vergroting met het oculair x290

vergrotungen bepaald voor een afstand van 8 duim, die gedurende heel de achttiende eeuw gold als de minimumafstand van duidelijke zichtbaarheid. Van in de negentiende eeuw tot heden is er voor die afstand 10 duim = 250 mm aangenomen. De voormelde vergrotungen worden dan :

voor 0 = x7,5

voor I = x12,5

voor II = x25

voor III = x37,5

voor IV = x77,5

voor V = x212,5

voor VI = x362,5.

Bij elk der mooie tekeningen van mossen die zijn werk bevat, geeft Hedwig telkens het nummer van het objectieflensje dat hij daartoe op zijn samengestelde microscoop gebruikte, we kennen er dus de juiste vergrotungen van.

In dit werk verrast Hedwig ons bovendien met prachtig mycologisch werk. Hij beschrijft en illustreert 28 soorten van Ascomyceten die hij de geslachtsnaam „Octospora” geeft.

De beroemde negentiende-eeuwse Italiaanse mycoloog Pietro Andrea Saccardo (14) is zo vol bewondering voor het werk van Hedwig dat hij zich haast niet inbeelden kan hoe het mogelijk was dat Hedwig het verwezenlijken kon met de microscopen van zijn tijd. Hedwigs opvolgers, zo zegt hij, hebben zijn goed voorbeeld niet gevolgd, en de mycologie heeft daardoor een stilstand van ongeveer 50 jaar ondergaan.

Jean-Pierre Etienne Vaucher. (1763-1841)

In zijn welbekend boek (15) waarin hij zijn belangrijke waarnemingen op groenwieren beschrijft, verklaart hij zijn observaties te doen met een samengestelde microscoop.

Voor de ontwikkelingsgeschiedenis van de algologie is het werk van Vaucher van zeer groot belang. Reeds in 1803 zag hij de conjugatie bij de Spirogyra en wist dat het een copulatie was.

Christian Gottfried Ehrenberg, (1795-1876) (16) werkte gedurende de eerste 10 jaren van zijn wetenschappelijke loopbaan met samengestelde niet-achromatische microscopen. Opvolgentelijk waren het, eerst een „Nürnberger Pappmikroskop” waarvan hij de optiek zelf verbeterd had ; in 1820 een microscoop van Hofmann uit Leipzig, en van 1824 af een Engelse Bleuler microscoop. In 1828 kocht hij, op aandringen van von Humboldt zijn eerste achromatische microscoop van Charles Chevalier in Parijs, in zijn latere levensjaren had hij microscopen van de Berlijnse firma Schiek.

En het is nu juist met zijn meest primitieve instrumenten dat hij belangrijke ontdekkingen heeft gedaan op mycologisch gebied.

Julius von Sachs zegt (17)

„A partir de 1820 ont put constater un progrès marqué dans la connaissance des champignons, nous attribuerons en partie ces progrès au travail détaillé d'Ehrenberg (*De Mycetogenesi*), dans *La Léopoldina* de 1820. Dans cet ouvrage l'auteur ne se contente pas de réunir en de coordonner toutes les connaissances que les botanistes précédents avaient acquises sur la nature et la reproduction des champignons, il a fait part au lecteur de ses propres observations sur les spores et leur germination ; il joint à ses considérations des figures qui reproduisent entre autres phénomènes le cours des hyphes dans les grands sporophores, et surtout il décrit le premier cas de sexualité qu'on ait observé chez les moisissures, la conjugation des rameaux des Syzygites.”

We willen dan ook nog ten slotte vermelden :

John Hill (1716-1775) de Engelse apotheker die in 1770 een boek publiceerde over houtanatomie (18). Hij deed al zijn waarnemingen op hout met een grote samengestelde microscoop : „The variable Microscope” gebouwd door George Adams. We kunnen het boek van Hill moeilijk een meesterwerk noemen. Alle kopse doorsneden van houttakken zijn getekend bij zeer zwakke vergrotingen. In historisch opzicht is het interessant te weten dat al die kopse doorsneden zijn gemaakt met het „Cutting Engine” van Cummings, gebouwd door Jesse Ramsden en dat het oertype werd van de latere handmicrotomen. Ongeveer rond dezelfde tijd bouwde Geo Adams ook zijn eerste „Cutting Engine” en dat dan de voorloper werd van de latere sledemicrotomen der negentiende eeuw.

Feiten en Besluiten

1. — Na de reeks niet-achromatische microscopen, hebben we ook ter vergelijking de vergrotende en oplossende vermogens medegedeeld van 2 achromatische samengestelde microscopen : een Selligue en een Charles Chevalier ; de Selligue dagtekent van ongeveer 1826, de Charles Chevalier van 1835.

Bij de Selligue microscoop zijn 3 achromatische lensparen, nog gevat met de convexe kant naar het voorwerp gekeerd. Het is een slecht gebouwd instrument dat bij een totaalvergroting van $x 150$ slechts een oplossingsvermogen van $1/320$ mm bezit.

De Universele horizontale microscoop van Charles Chevalier, de duurste van zijn tijd, die dagtekent van 1835, heeft bij een maximale vergroting van $x 500$ slechts een oplossend vermogen van $1/600$ mm. De beelden zijn weliswaar achromatisch en vrij van beeldvorming, maar het oplossend vermogen gaat niet verder dan dit van de goede oude 18-eeuwse microscopen waarvan de aankoopprijs veel lager was. Dit is dan ook de oorzaak waarom enkele microscopisten tot in 1835-1840 hun oude microscopen van Geo Adams, Jones en Bleuler zijn getrouw gebleven.

2. — Het is opvallend dat in collecties van achttiende-eeuwse microscopen, de Engelse instrumenten steeds de talrijkste zijn ; Franse microscopen zijn tamelijk zeldzaam : de hoofdoorzaak daarvan is dat onder het „ancien régime” een verouderde structuur van strikt toegepaste corporatieve reglementen de produktie van de Franse microscopenbouwers sterk geremd heeft. In Engeland was de toestand helemaal anders, op dit verschil kunnen we hier niet verder ingaan, wie er meer wil over weten raadplege een onzer vroegere publikaties (19).

De Engelse microscopenbouwers waren bovendien gewiekste handelslui, die op het Continent, vooral de Nederlanden en Frankrijk, veel afnemers hadden, ze eerbiedigden zelfs de taal hunner klanten : We kennen nu nog de „Trade Card van Scarlett” waarop al de instrumenten die hij vervaardigde staan afgebeeld. De verklarende tekst is opgesteld in het Engels, het Nederlands en het Frans. De Engelse microscopenbouwer Francis Watkins publiceerde te Londen in 1754 in de Franse taal, op 97 bladzijden, een handboek voor het gebruik van zijn microscopen : „L’Exercice du Microscope”.

3. — De achttiende-eeuwse samengestelde microscopen hadden optische gebreken die toen niet konden verholpen worden, maar ze hadden meestal ook mechanische fouten die men zeker kon vermijden ; zo vooral de fijnstelling met micrometerschroef die bijna altijd een sterke „dode gang” vertoonde, wat voor de gebruiker een doorlopende ergernis was. Veel voordeliger en praktischer was dan ook een fijninstelling door een goedgebouwde heugel en tandradbeweging. Duitse microscopenbouwers die de Cuff microscoop vereenvoudigden hebben er goed gebruik van gemaakt, vooral dan Reinthaler met zijn opvolger Weickert in Leipzig

en Johann Heinrich Tiedemann in Stuttgart. De Duitse fysicus en mathematicus Johann Samuel Traugott Gehler (20) zegt daarvan :

„Der verstorbene Mechanicus Reinthaler in Leipzig gab der Röhre mit den Gläsern die Bewegung auf eine vortreffliche Art vermittelst eines kleinen Rades, welches mit seinen Zähnen sehr gleichformig und sanft die Zähne der Stange eingreift. Das ganze Werkzeug befestigte er an einem Kästchen woren es mit allem Zubehör konnte zurückgebogen werden, welches den Gebrauch auf Reisen erleichtert. Dieser Mechanismus, welchen Herr Tiedemann in Stuttgart beygehalten hat, scheint mir unter allen der vorzüglichste zu seyn”.

En we weten dat Johannes Hedwig zijn baanbrekend werk gedaan heeft met een samengestelde microscoop van Reinthaler.

4. — Zowat algemeen geldt nog steeds de mening dat de 18de eeuw de telenorgang heeft gekend van het wetenschappelijk microscopisch onderzoek en dat vooral de microscoop nog slechts heeft gediend tot vermaak en tijdverdrijf.

In feite was het wetenschappelijk microscopisch werk, zoals gedaan door Malpighi, Nehemiah Grew, Leeuwenhoek en Swammerdam, al in verval geraakt op het einde van de 17e eeuw. Robert Hooke zegt het in 1692, wel wat al te pessimistisch, dat de ware vorsers „are now reduced almost to a single Votary which is Mr Leeuwenhoek besides whom I hear of none that make any other Use of the Instrument but for Diversion and Pastime”.

De 18de eeuw heeft ongetwijfeld weinig belangrijke microscopisten gekend. De hoofdschuldigen aan die teleurgang waren voorzeker Linnaeus en zijn discipelen voor wie de plantensystematiek de hoofdzaak was, de ware botanici waren volgens hen de systematici, de microscopisten werden minachtend „botanofieLEN” genaamd. Zelfs nog een eeuw later, in 1875(!) geeft Julius von Sachs (21) met een totaal gebrek aan historisch denken, een volledig vertekend beeld van de 18de eeuw. Wie meer daarover wil weten, raadplege het werk van Sachs en vooral ook W.J. Lütjeharms (22). Op blz. 24 geeft Lütjeharms over het werk van Sachs zijn vernietigend oordeel :

„Die Bedenken, welche ich gegen dieses Werk habe lassen sich in drei Punkten Zusammenfassen : Unrichtige Wiedergabe historischer Tatsachen, falsche Deutung bestimmter Theorien und unduldsame und unhistorische Geist der das Werk durchzieht”.

5. — Buiten de 23 samengestelde niet-achromatische microscopen uit de Van Heurck-collectie, hebben we in de laatste 35 jaar nog gelegenheid gehad andere gelijkaardige microscopen ter inzage te krijgen. We hebben also in totaal ruim een veertigtal exemplaren zorgvuldig kunnen onderzoeken.

Dit laat ons nu toe, hoe paradoxaal het ook moge schijnen, te besluiten dat in de 18de eeuw de betaalde zeer hoge prijs voor een groot microscoop veelal geen

waarborg was voor zijn optische kwaliteit ; daarentegen kon een ander klein en goedkoop instrumentje voortreffelijke lenzen bevatten.

We geven hier slechts twee typische voorbeelden.

Een Geo Adams Universal Compound Microscope, 53 centimeter hoog, met 11 objectieflenzen en tal van onderdelen en met een maximum vergroting van x 568 werd destijds verkocht voor £ 10 - 10. Zijn hoogste oplossend vermogen was amper 1/200 mm !! (23). Het was dus in optisch opzicht een zeer minderwaardig instrument.

Jaren geleden kwamen wijzelf bij toeval in het bezit van een klein goedkoop microscoopje type drievoet Culpeper, ongemerkt, van Engels fabrikaat (waarschijnlijke verkoopprijs in de 18de eeuw £ 2 tot 3).

Het is ruim 10 centimeter kleiner dan de gewone statieven en is uitgerust met slechts 4 objectieflensjes, waar de gewone statieven 5 tot 6 objectieven hebben. Het oculair bevat 2 lenzen en bezit een eigenvergroting van 2,6 x. De achttiende-eeuwse oculairen met 2 lenzen hebben trouwens altijd een zwakke eigenvergrotting die zelden boven x3 gaat.

Vergrotend vermogen met oculair : lens 1 = x180

lens 2 = x 70

lens 3 = x 42

lens4 = x 26.

Oplossend vermogen :

lensjes alleen

lens 1 = 1/320 mm

lens 2 = 1/200 mm

lens 3 = 1/120 mm

lens 4 = 1/80 mm

Lensjes met oculair :

lens 1 = 1/400 mm

lens 2 = 1/320 mm

lens 3 = 1/200 mm

lens 4 = 1/120 mm.

Dit microscoopje, met een maximum vergroting van slechts x 180, heeft dus voortreffelijke lenzen, die samen met het oculair nog een veel sterker oplossend vermogen vertonen.

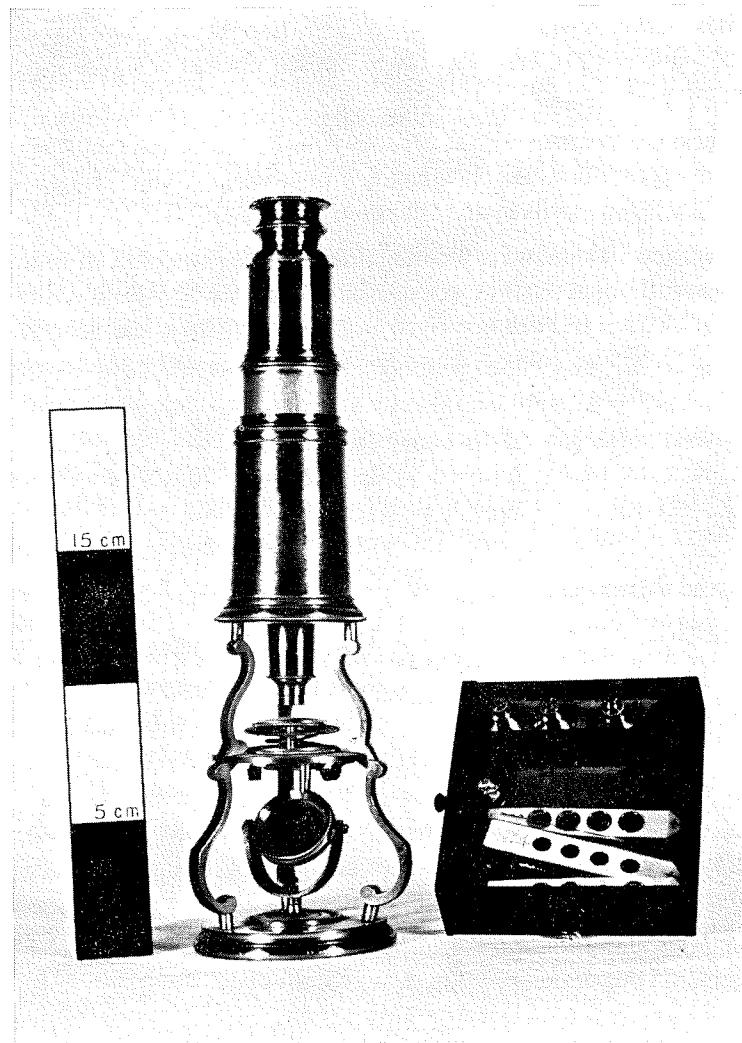
Op hierbijgaande fotos staan : 1° het microscoopje, 2° - 3° - 4° en 5° microopnamen gemaakt met dit microscoopje.

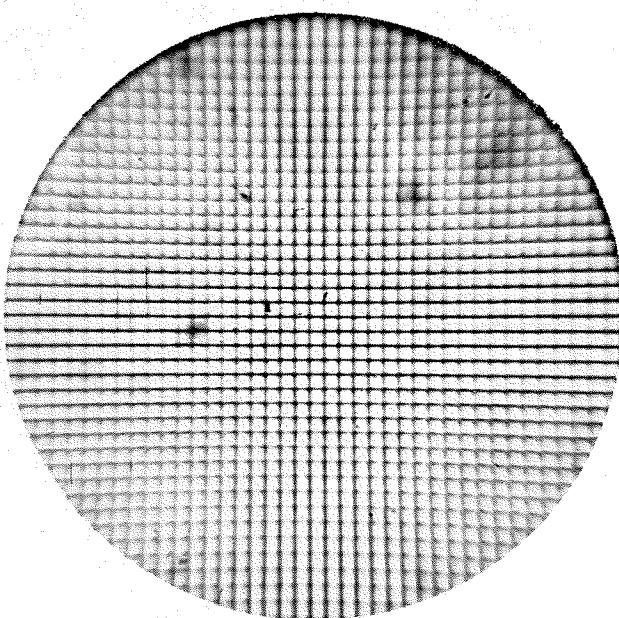
foto n° 2 een geruite fotografische lijnenrooster x42

foto n° 3 een geruite fotografische lijnenrooster x70

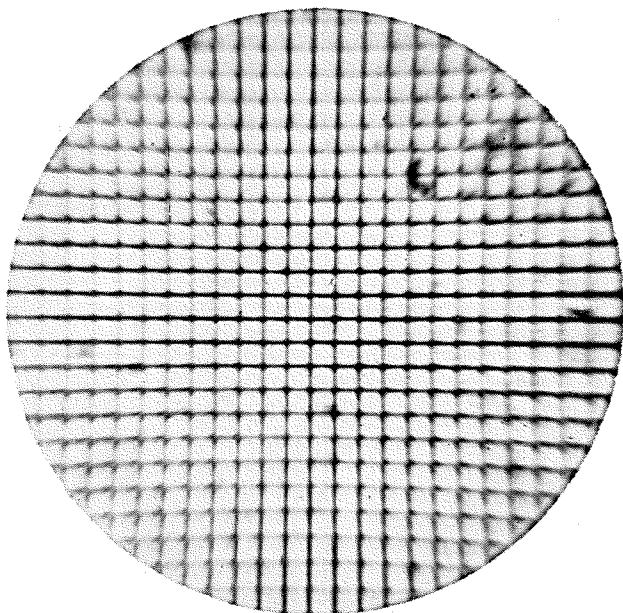
foto n° 4 een geruite fotografische lijnenrooster x180

foto n° 5 dwarse doorsnede blad van Phormium tenax Forst x180

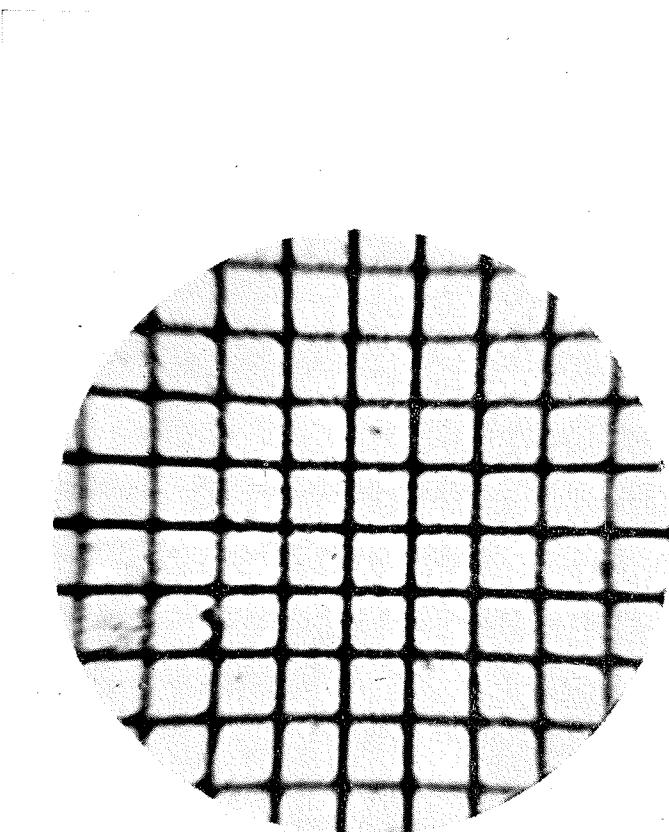




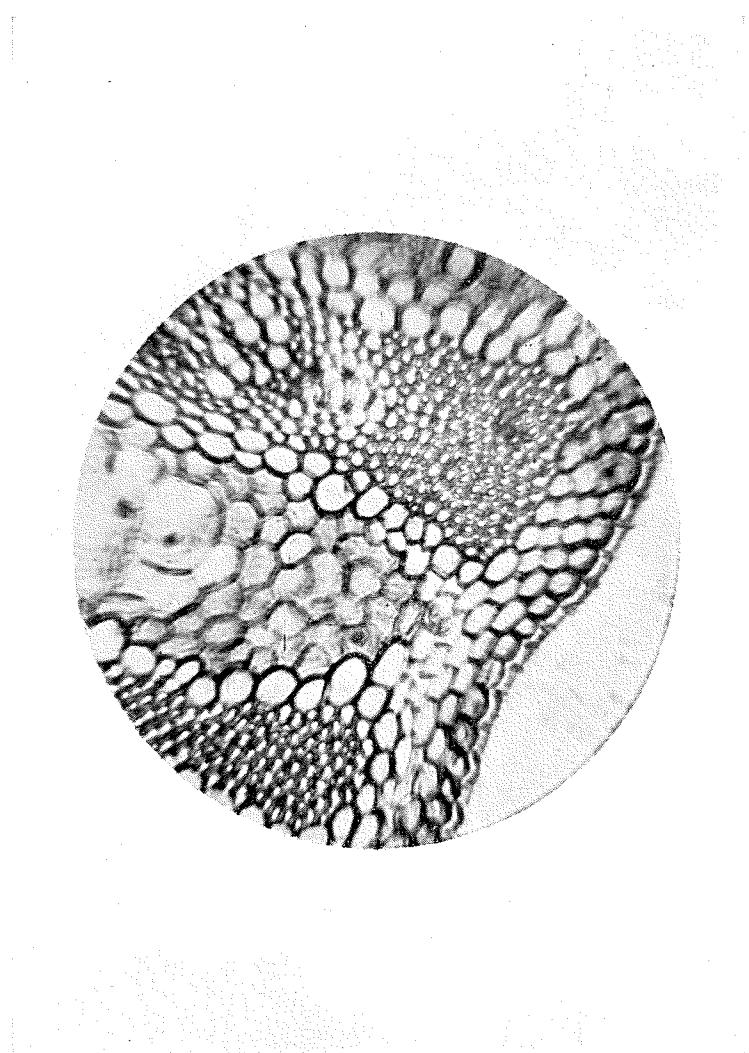
2° een geruite fotografische lijnenrooster x 42
un réseau quadrillé photographique x 42
ein graphisches Quadratraster x 42
a squared photographic grating x 42



3° een geruite fotografische lijnenrooster x 70
un réseau quadrillé photographique x 70
ein graphisches Quadratrasier x 70
a squared photographic grating x 70



4° een geruite fotografische lijnenrooster x 180
un réseau quadrillé photographique x 180
ein graphisches Quadratstrichraster x 180
a squared photographic grating x 180



5^o blad van *Phormium tenax* Forst x 180

feuille de *Phormium tenax* Forst x 180

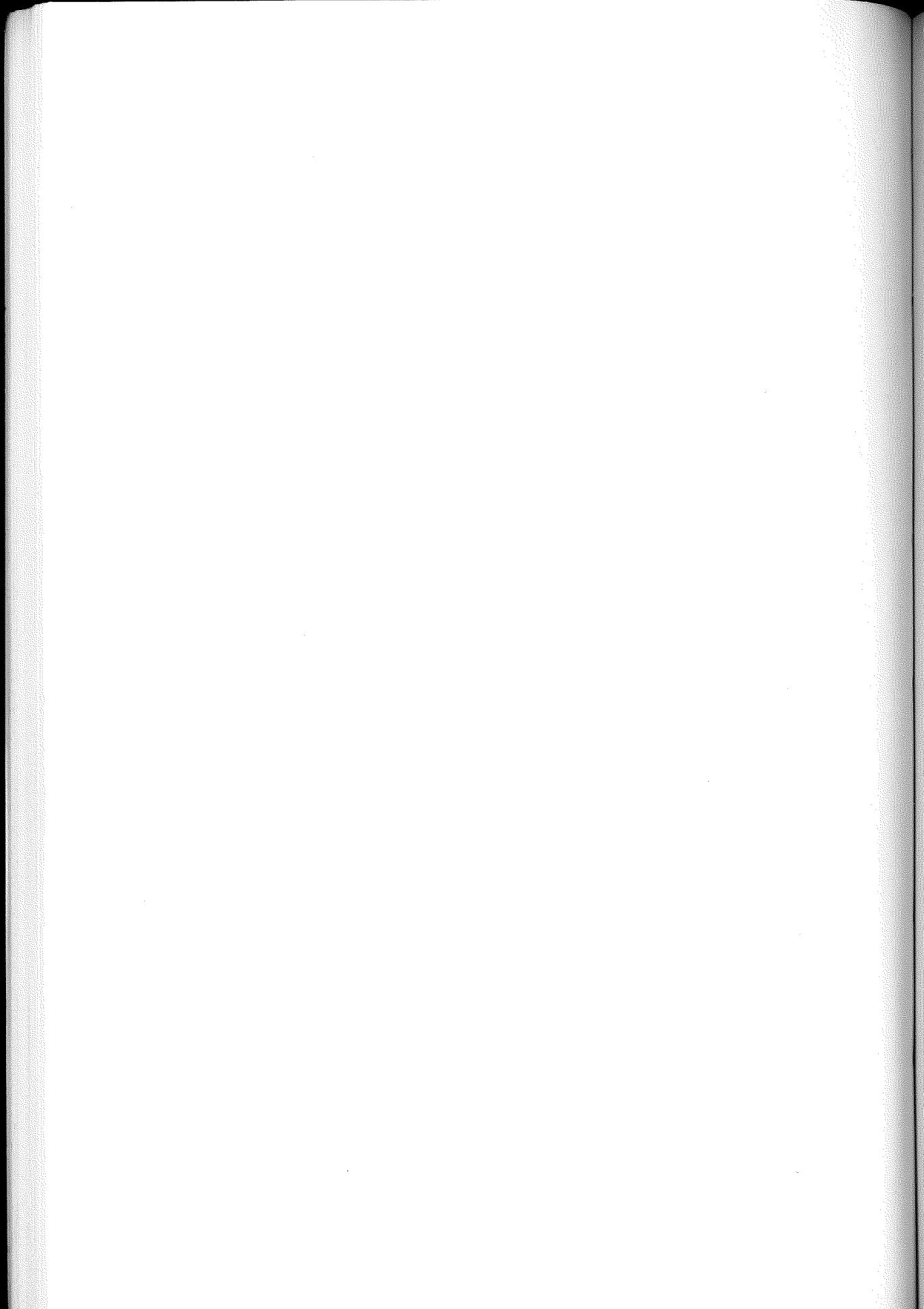
Phormium tenax Forst-Blatt x 180

Phormium tenax Forst-Leaf x 180

In de foto van het Nieuw Zeelandvlas x 180 zijn de vezelbundels en hun lumen in de parenchymecellen duidelijk zichtbaar, de onvermijdelijke beeldvervorming is in al de micro-opnamen waar te nemen, maar is niet bovenmate hinderlijk.

De achttiende-eeuwse microscopist had de keuze : een enkelvoudige miscrocoop of een samengestelde. De enkelvoudige gaf een klaar doch zeer klein beeldveld, maar het gebruik van enkelvoudige lenzen met zeer korte brandpuntafstand, bij voorbeeld een x 100, of nog meer, is uiterst vermoeiend en schadelijk voor het oog ; het wordt zenuwslopend als het, ononderbroken, urenlang moet duren.

De samengestelde microscoop geeft een veel groter beeldveld en een grotere frontaalafstand. Tot vergrotingen van ongeveer x 300 is hij heel handig in het gebruik en men kan er rustig en rechtop zittend urenlang mee werken zonder zich te vermoeien.



BIBLIOGRAFIE

1. HENRIK BAKER. — Het Mikroscoop gemakkelijk gemaakt. Derde druk vertaald door Martinus Houyttyn. Amsterdam 1778. p.p. 329-351.
2. P. VAN DER STAR. — Descriptive Catalogue of the simple microscopes in the Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen at Leyden 1953. Communication Nr 87 from the above mentioned Museum.
3. P. HARTING. — Das Mikroskop. Deutsche Originalausgabe. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn. 1866. Dritter Band. p. 129.
4. EDWARD MILLES NELSON. — What did our forefathers see in a microscope. Journal of the Royal Microscopical Society. 1910. p.p. 427-439.
5. P.H. VAN CITTERT. — Descriptive Catalogue of the collection of Microscopes in charge of the Utrecht University Museum. 1934. P. Noordhoff. Groningen. p. 10.
6. S. BRADBURY. — The quality of the image produced by the compound microscope. 1700-1840. Proceedings of th Royal Microscopical Society. Vol. 2. Part 1. 1967. p.p. 151-173.
7. ADRIANUS PIJPER. — The Microscope in Biology. South African Journal of Science 36. 58-72. 1939. Reprinted in the Journal of the Royal Microscopical Society. Series III. 42. 36-50.
8. EDWARD FRISON. — Adams' Microscopes and Microtomes. With Notes on Instruments by Magny. The Microscope. London. July-August and September-October 1951.
9. MARTIN MOBIUS. — Geschichte der Botanik, van den ersten Anfangen bis zur Gegenwart. Gustav Fischer. Jena 1937. p. 96.
10. GIOVANNI TARGONI TOSETTI. — Notizie della Vita e della Opera di Pier'Antonio Micheli .Firenze 1858. p.p. 155 en 330.
11. O. FREDERICUS MULLER. — Animalculia infusoria fluviatila et marina. Cura Othonis Fabricii. Hauniae 1786.
12. W.J. LUTJEHARMS. Zur Geschichte der Mykologie. Das XVIII Jahrhundert. Gouda 1936. p. 195.
13. JOHANNES HEDWIGII. — Fundamentum Historiae Naturalis muscorum Frondosorum. Lipsiae apud Siegfried Lebrecht Crusium ; 1782. Praefatio XVII en Cap. II. De Instrumentis et encheiresi in his Observationibus necessariis. p. 9-11.
14. F.A. SACCARDO. — C. Hedwig Précurseur de l'analyse microscopique des Ascomycètes. Traduit de l'Italien par M.C. Debeaux. Revue Mycologique de Roumeguère.Toulouse 1891. année. p.p. 104-107.
15. JEAN PIERRE ETIENNE VAUCHER. — Histoire des Conferves des Eaux douces. Genève. Pachoud 1803. Introduction p.V.
16. REGINALD S. CLAY and THOMAS COURT. — The History of the Microscope. Griffin. London 1932. p.p. 128-129.
17. JULIUS VON SACHS. — Histoire de la Botanique du XVI^e siècle à 1860. Traduction française par Henri de Varigny. Paris. Reinwald 1892. p. 220.
18. JOHN HILL. — The Construction of Timber from its early Growth explained by the Microscope. London 1770.
19. ED. FRISON. — Sociaal-economische toestanden en enggeestige corporatieve beperkingen als invloedsfactoren op de bouw van wetenschappelijke instrumenten in de 18de en 19de eeuw. Scientiarum Historia jaargang 4. 1962 Nr. 2. p.p. 76-90.
20. JOHANN SAMUEL TRAUGOTT GEHLER. — Physikalisches Wörterbuch. Leipzig 1798. Band III. p. 234.
21. JULIUS VON SACHS. — Histoire de la Botanique du XVI^e siècle à 1860. 1892. Traduction française par Henri de Varigny. Paris Reinwald. Chapitre II, l'anatomie botanique au XVIII^e siècle. p.p. 255-264.
22. W.J. LUTJEHARMS. Zur Geschichte der Mykologie. Das XVIII Jahrhundert. Gouda 1936. p. 24.
23. EDWARD FRISON. — Adams' Microscopes and Microtomes. With Notes on Instruments by Magny. The Microscope. London. July-August and September-October 1951.
24. A.H. REGINALD BULLER. — Researches on Fungi. Vol. III. The production and liberation of Spores in Hymenomycetes and Uridineae. Chapter VI. The establishment of the Genus Coprinus. p. 124. Longman-Green & Co. London 1924.

Wir danken unserem Mitarbeiter Herrn J. Moens für seine wertvollen Angaben No 10, 14

**Les lentilles-objectifs simples des microscopes non-achromatiques composés
de la collection Van Heurck**

Nous avons examiné 55 lentilles-objectifs, dont 21 se montrèrent médiocres, c'est-à-dire que l'oculaire n'était plus à même d'augmenter leur pouvoir résolvant.

Mais jamais le pouvoir résolvant de l'objectif n'a été diminué par l'emploi d'un oculaire.

**Lentilles médiocres, qui, employées avec l'oculaire, n'ont pas montré
un meilleur pouvoir résolvant**

- No 16. Toutes les lentilles-objectifs du microscope John Marshall. Cet instrument, malgré sa très grande valeur historique, est donc, au point de vue optique, un microscope médiocre.
- No 19. Le microscope à trépied type Culpeper avec un seul objectif non-marqué.
- No 21. Le microscope à trépied Culpeper :
les lentilles 5 - 3 et 1.
- No 22. Le microscope à trépied type Culpeper :
les lentilles 4 et 3.
- No 28. Le microscope John Cuff en laiton :
la lentille 4.
- No 29. Microscope de Burlini :
avec une lentille.
- No 31. Microscope de poche en laiton type Cuff de Geo Adams :
les lentilles 4 - 5 et 6.
- No 33. Microscope composé de A. van Emden :
les lentilles 5 - 4 - 3 et 2.
- No 37. Microscope du docteur Sommé :
1 lentille.

Le fait de devoir constater que sur 55 lentilles examinées, il y en a 21 qui sont médiocres, peut paraître inquiétant à première vue, en réalité il n'y a là rien d'anormal.

Durant tout le 17ième et 18ième siècle la taille des lentilles, tant pour les microscopes simples que composés était entièrement empirique aussi bien pour les opticiens professionnels que pour les nombreux amateurs. Prenons donc, en ce qui concerne ces amateurs, Antony van Leeuwenhoek, nous savons qu'il a taillé plus de 550 lentilles pour ses microscopes parmi lesquelles il y en a eu certainement des médiocres. Actuellement il n'existe plus que 9 spécimens de ces petits microscopes. Parmi ces 9 il y en a deux, conservés au Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen à Leyde, qui sont médiocres ; l'exemplaire de la collection Henri Van Heurck est bon et celui du Musée de l'Université d'Utrecht est excellent.

Un contemporain de Leeuwenhoek était John Mellin un opticien professionnel à Londres, nous ne connaissons pas la date de sa naissance mais on sait qu'il est mort avant 1704 et que, vers 1680 il était établi Abchurch Lane à Londres. Ses lentilles, taillées à très courte distance focale étaient très réputées, il y en avaient jusqu'à un foyer de 1/25ième de pouce et parfois même en dessous. Nehemiah Grew en a donné une description dans son „Catalogue of Rarities Belonging to the Royal Society” (1681).

Beaucoup d'amateurs du 18ième siècle se sont fort intéressés à la pratique de la taille des lentilles, cela se constate dans la traduction néerlandaise par Martinus Houttuyn (1778) de l'ouvrage bien connu de l'auteur anglais Henry Baker (1) ; il y donne la méthode de Lieberkühn pour la taille des petites lentilles et des miroirs de Lieberkühn. La méthode de travail, l'outillage et la préparation des matières premières nécessaires y sont décrits jusque dans les moindres détails.

Nous renvoyons à l'excellent travail de P. van der Star (2), tous les lecteurs qui veulent en savoir plus sur les nombreuses lentilles bonnes ou médiocres employées sur les microscopes simples au cours du 17ème et 18ième siècles.

**Données publiées sur le pouvoir grossissant et résolvant des
microscopes composés non-achromatiques**

Pour autant que nous le sachions, il n'y a jusqu'à présent que quelques données dispersées publiées par :

1. P. Harting (3).
2. Edward Milles Nelson (4).
3. P.H. van Cittert (5).
4. S. Bradbury (6).

Harting dit : „Untersucht man Mikroskope aus jener Zeit so kommt man zu dem Resultate dass durch die als Objektive benutzen einfachen Linsen alles, was man durchts zusammengesetzte Mikroskop beobachtete, zwar in geringer Vergrösserung gesehen wurde, dafür aber sehr deutlich und scharf, dass man daher durch die mit Okularen erzielte starkere vergrösserung des Bildes eigentlich nichts gewann als ein grösseres Gesichtsfeld, und zwar auf Kosten der für den Beobachter weit wichtigeren Helligkeit und Schärfe.“

Harting nous donne dans sa publication magistrale, une, pour son époque, excellente histoire du développement du microscope, mais il n'y a que trois types de microscope pour lesquels il nous fournit les grossissements : un Benjamin Martin ; un Geo Adams et un Dellebarre.

Edward Milles Nelson (1851 - 1938) avait en Angleterre depuis 1875 jusqu'en 1938, la réputation d'être le meilleur micrographe, c'est lui qui a fait connaître dans son pays la théorie de la diffraction de Ernst Abbe aux travailleurs professionnels comme aux amateurs renommés et qui a introduit dans la technique microscopique la conception „critical microscopy“.

Sa publication remarquable, n'a certainement pas connu en son temps l'intérêt qu'elle mérite. Nous attribuons ce manque d'intérêt au fait qu'au commencement du siècle actuel l'étude de l'histoire du microscope et de sa technique était pratiquement encore négligée.

E.M. Nelson a comparé un microscope No 1 de Benjamin Martin à une lentille simple de John Cuff d'un foyer de 1/25ième pouce (grossissement x 250). Il dit : „Taking the dioptric microscope first, it has been said that the compound form is inferior to the simple. It is possible that this saying has arisen owing to the numerous discoveries made by the famous Leeuwenhoek (1673) with his simple microscope. It is true that for dissecting work simple lenses of powers from that of a watchmakers eye-glass to 1/2 inch focus, are more suitable than any compound microscope. It is true that for dissecting work simple lenses of powers from that of a the compound microscope, not only gives far better images but also is much more easy to work with, because the working distance is greater and the field larger.

„a careful comparaison was made between the Benjamin Martin compound with a No 1 lens and Cuff's 1/25 (grossissement x 250).“

Both resolved 15000 lines to the inch (= 600 lignes par millimètre) but the resolution with the compound was much stronger and sharper than with the single.

A coarse *Navicula Lyra* — 17000 per inch (680 lignes par mm) was shown indifferently resolved by both, but the compound gave the better image. Neither would do that beautiful and easy diatom, the *Actinocyclus Ralfsii*, with the single it was bathed in coloured fog, but the compound gave a better picture of it than one would have expected. Of course, chromatic aberration and spherical fog were there and would be easily found if sought out, but looking at the diatom in an ordinary way these defects were by no means obtrusive."

Nelson dit plus loin qu'il est fort difficile de donner à des non-initiés une idée exacte de la qualité d'une image microscopique, mais que la limite du pouvoir résolvant d'un microscope composé du dixhuitième siècle peut être comparé à ce qu'on voit dans un microscope actuel muni d'un objectif Carl Zeiss *a a* et d'un oculaire No 5. Jusqu'au commencement du siècle actuel Carl Zeiss a toujours marqué ses objectifs avec des lettres, et ses oculaires avec des numéros. Actuellement nos objectifs modernes portent leur grossissement propre et leur ouverture numérique, les oculaires leur grossissement-propre.

Pour autant qu'il nous a été possible de consulter les anciens prix-courants de Zeiss, l'objectif *a a* avait une ouverture numérique de 0,17 et donnait, combiné à l'oculaire No 5, un grossissement d'environ x 80 pour une longueur de tube de 160 millimètres.

P.H. van Cittert a publié en 1934 son „Descriptive Catalogue of the Collection of Microscopes in charge of the Utrecht University Museum”. Par cette publication van Cittert a eu le très grand mérite d'être le premier à publier le pouvoir grossissant et résolvant d'une soixantaine de microscopes simples, composés et à projection tant non-achromatiques du 18ème que achromatiques du 19ième siècle.

Page 10 de son „Descriptive Catalogue” van Cittert dit en ce qui concerne les microscopes composés non-achromatiques du dixhuitième siècle :

„The reason why the magnifications of the compound microscopes are less than those of other types, is that the influence of the chromatic and spherical aberrations is much more predominant. The resolving power is less for the obvious reason that the single lens, used as a single microscope, has a definite resolving power which can never increase though its magnification can increase when the lens is subsequently combined with an eye-piece. If often occurs on the contrary that the resolving power of the combination is less than that of the single lens, so that higher magnifications and lower resolving powers belong together”.

Si van Cittert prétend qu'une lentille simple non-achromatique se trouve à la limite de son pouvoir résolvant, et que ce pouvoir résolvant ne peut plus augmenter par un oculaire dans un microscope composé, et que dans la plupart des cas ce

pouvoir diminué, il se trompe car tous les pouvoirs résolvants que nous avons constatés démontrent le contraire.

Il faut croire que van Cittert n'a pas déterminé les pouvoirs résolvants des objectifs seuls, avant de les fixer dans des microscopes composés munis de leur oculaire, sinon il serait certainement arrivé à d'autres résultats et à d'autres conclusions.

S. Bradbury a publié en 1967 un examen comparatif de la pureté de l'image dans les microscopes composés de 1700 à 1840.

Dans l'introduction de sa publication il dit :

„In the early part of the seventeenth century workers such as Hooke and Grew and Powers had used compound microscopes for serious scientific work. By the middle of the eighteenth century it had largely come to serve as an instrument for amusement, in the form of the solar and lucernal microscope, projecting enlarged images of lice and fleas upon a screen for the entertainment of the family in much the same manner as the colour slides of the Continental holiday are inflicted on today's audiences !”

Nous pouvons ici hardiment constater que Bradbury juge un peu à la légère. Egalemen à l'aide du microscope composé non-achromatique du dixhuitième siècle, et cela nonobstant tous ses défauts sphériques et achromatiques, il a été produit du travail scientifique utile et beau ; nous le démontrerons plus loin. Et, en ce qui concerne le travail purement d'amateur du dixhuitième siècle, ce qu'on peu appeler se servir du microscope comme d'un simple jouet, il en est de même au dixneuvième siècle et plus souvent que jamais dans notre siècle actuel. Le biologiste Sud-Africain bien connu Adrianus Pijper (7) l'exprime en quelques mots simples et caractéristiques : „there are many microscopes but few microscopists”.

Bradbury donne les propriétés optiques de 13 microscopes non-achromatiques anglais construits entre 1690 et 1790, comparés aux objectifs achromatiques d'Andrew Ross en 1838, un réflecteur Amici de 1820 et un réflecteur Cuthbert de 1830.

Dans la série des microscopes examinés par Bradbury se trouve aussi l'„Universal microscope” d'Adams the younger.

Nous-mêmes avons (8) publié pour un instrument identique les pouvoirs grossissants et résolvants de 11 lentilles accompagnant ce microscope et employées soit comme microscope simple, soit comme objectif en microscope composé, qui, au surplus avait deux tubes interchangeables.

Pour la lentille la plus forte nous avons trouvé un grossissement propre de x 142, et combiné à l'oculaire (b) x 568. Le grossissement-propre de l'oculaire était donc x 4 mais certainement pas x 30!!! Bradbury se trompe donc bien quand il dit :

„Frison, who examined a similar model, came to the conclusion that the image was: „Hazy and quite mediocre” it had a resolution of about 5μ . The microscope he examined was presumably fitted with similar lenses to the one in Oxford. As Frison’s microscope yielded a magnification of $\times 560$ with the highest power, the eyepiece must have magnified the primary image approximately 30 times. This magnification is of course, far too great for objectives which are completely uncorrected and of such low aperture. For comparison it may be remembered that a modern combination of the same total magnification would be expected to resolve $0,5 \mu$ “.

En résumé, nous devons constater que parmi les quatre auteurs cités, il n'y en a qu'un seul qui déclare carrément que le microscope composé non-achromatique est supérieur au microscope simple. Edward Milles Nelson. Il est regrettable qu'il se soit limité à l'examen d'un unique microscope composé non-achromatique, un Benjamin Martin.

**Quelques célèbres chercheurs qui se sont servis de microscopes
composés non-achromatiques**

Pier' Antonio Micheli (1679 - 1737)

En ce qui concerne ce célèbre botaniste-mycologue florentin, Martin Möbius déclare (9)

„viel wichtiger war es, dass P.A. Micheli (1728) die Sporen zahlreicher Pilze sammelte, sie aussäete und nicht nur daraus ein Fadengeflecht, sondern auch die Fruchtkörper gewann. Er ist also als der wissenschaftlicher Begründer der Pilzkunde anzusehen, wenn er auch in den Fortpflanzungsorganen der Pilze die Blütenteile der höheren Pflanzen wieder erkennen wollte. Er hat aber eine Menge von Pilzen und ihre Sporenbildung vortrefflich beschrieben. So sah er, wie bei Agaricus auf beiden Flächen der Blätter runde und rundliche Samen wachsen, bei einigen ohne Ordnung zerstreut, bei anderen je zu vier sich berührend, er sah wie in der Trüffel kleine Bläschen, bald zwei, bald drei, bald vier runde und rundliche Samenkörner einschliessen, er sah auch das Ausstäuben der Sporen bei Peziza, er beschreibt Cyathus, dessen Becher mit linsenförmigen Fruchten (Fructus) erfüllt ist, die durch einen kurzen Stiel oder eine Nabelschnur angeheftet sind und desgleichen mehr”.

Pour la réalisation de ces découvertes étonnantes Micheli avait à sa disposition des instruments très primitifs, une simple loupe à main, une très forte lentille (un globule en verre fondu) dont il se plaint que son usage lui gâte et fatigue sa vue. Pour des examens soigneux et précis il avait son microscope composé à trois lentilles, construit par son contemporain le Père Jésuite Bonanni (1638-1725) (10)

Le microscope composé du Père Bonanni dont Micheli fit usage, n'est pas, ainsi que l'on pourrait le supposer, le grand microscope horizontal muni d'un condensateur et d'une source lumineuse artificielle que Bonanni a également construit, et qui est son microscope le mieux connu. C'est le petit microscope vertical reproduit p. 26. Caput Quartum de sa „Micrographia Curiosa. Romae 1691" Part 2.

Employé par transparence ce microscope devait être tenu devant l'œil comme une longue-vue (le miroir du microscope n'a été introduit qu'en 1716 par le constructeur de microscopes Christian Gottlieb Hertel) Bonanni a écrit son ouvrage en latin et au surplus il est devenu très rare, donc difficilement accessible. Nous conseillons à quiconque veut mieux connaître le microscope composé employé par Micheli de consulter R.S. Clay and Th. Court - The History of the Microscope London 1932. Page 84 de cet ouvrage donne une bonne reproduction du microscope et également la traduction en Anglais de la description faite par Bonanni.

Otto Friedrich Müller (1730-1784)

Son livre (11) a été publié, deux années après son décès, par Fabricius. Müller a été le premier qui ait tenté une classification systématique des infusoires. C'est son travail de pionnier dont ont pu se servir Ehrenberg et surtout Karl Theodor Ernst von Siebold (1804-1885).

Müller s'est aussi occupé très intensivement de mycologie.

En parlant de lui, Lütjeharms (12) dit :

„Weil seine Beobachtungen und Theorien über Pilze von grosser Wichtigkeit sind und ziemlich Einflussreich wurden. Er war ein der fruchtbarsten mykologischen Schriftsteller der Zeit und gründete seine allgemeine Theorie über Entwicklung und Bau der Organismen ; u.a. auf seine Beobachtungen über Pilze.

Et A.H. Reginald Buller (24) déclare :

O.F. Müller in 1780 describes *Coprinus comatus* in the *Flora Danica*. He gave not only some excellent live-size illustrations showing the fruit-bodies in various stages of development including the deliquescence of the gills and the production of inky drops from the revolute pileusmargin, but also a sketch of the surface view of the hymenium as seen with the microscope. In this sketch he shows the spores in groups of four, the basidia beneath them, the steril paraphyses and, at the edge of his drawing, the sterigmata supporting the spores. (*O.F. Müller.-Florae Danicae Icones Fasc. XIV. 1780. Tab. 834*).

No essential point in the structure of the hymenium, as seen in surface view was missed. However Müller does not seem to have understood the interest of his drawing, for strangely enough, he made no comment upon it : he simply represented what he had seen with the microscope and thereby lost the splendid opportunity of being the first to give an account of the general structure of the hymenium of the Agaricinæ.

Johannes Hedwig. (1730 - 1799)

Hedwig, le fondateur de la bryologie moderne fit ses premières observations à l'aide d'un microscope simple dont il ne fut pas satisfait et qu'il remplaça par un microscope composé.

Dans sa célèbre publication (13) il nous donne une description complète de ce microscope construit par Reinthaler le mécanicien de l'université de Leipzig. Ce microscope n'avait pas de vis micrométrique pour la mise au point, mais le tube était muni d'un mouvement à pignon et crêmaillère. Nous reviendrons plus loin sur cette mise au point.

Ce microscope avait 6 lentilles-objectifs marquées de 0 à VI.

La lentille O avec l'oculaire donnait un grossissement de x 6.

La lentille I avec l'oculaire donnait un grossissement de x10.

La lentille II avec l'oculaire donnait un grossissement de x20.

La lentille III avec l'oculaire donnait un grossissement de x30.

La lentille IV avec l'oculaire donnait un grossissement de x62.

La lentille V avec l'oculaire donnait un grossissement de x170.

La lentille VI avec l'oculaire donnait un grossissement de x290.

Ces grossissements étaient déterminés pour une distance de 8 pouces qui a été admise durant tout le dixhuitième siècle pour la distance minimum de la vision distincte. A partir du dixneuvième siècle et encore actuellement on admet pour cette distance 10 pouces. Les grossissements précités deviennent donc :

pour 0. = x7,5

pour I. = 12,5

pour II. = x25

pour III. = —x37,5

pour IV. = x77,5

pour V. = x212,5

pour VI. = 362,5

A côté de chacun de ses magnifiques dessins de mousses, Hedwig donne le numéro de la lentille-objectif avec laquelle il a observé ; nous connaissons ainsi exactement à quelle échelle le dessin a été fait.

Dans cette magnifique publication Hedwig nous surprend en outre avec du beau travail mycologique. Il décrit et illustre 28 espèces d'Ascomycètes auxquelles il donne le nom générique „Octospora”.

Le célèbre mycologue italien du dixneuvième siècle Pietro Andrea Saccardo (14) a tant d'admiration pour le travail de Hedwig, qu'il ne comprend pas comment il lui a été possible de le réaliser avec les microscopes de son époque. Il regrette que les successeurs de Hedwig n'ont pas suivi sa voie et que, de ce fait, la mycologie a subi un retard d'environ un demi-siècle.

Jean Pierre Etienne Vaucher (1763 - 1841). Dans sa publication bien connue (15) dans laquelle il décrit ses très importantes observations sur les algues des eaux douces, il déclare avoir travaillé avec un microscope composé. Le travail de Vaucher est d'une importance capitale dans l'histoire de l'algologie. Déjà en 1803 il a observé la conjugation chez les Spirogyra et il avait acquis la certitude que ce phénomène est une copulation.

Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876) a fait ses remarquables observations durant les dix premières années de sa carrière scientifique avec des microscopes composés non-achromatiques. Il a commencé avec un „Nürnberger Pappmikroskop” dont il avait, lui-même, amélioré l'optique. En 1820 il s'est procuré un microscope de Hofmann à Leipzig, et à partir de 1824 un du constructeur anglais Bleuler (16). En 1828 il a, sur les instances de son ami von Humboldt, acheté son

premier microscope achromatique chez Charles Chevalier à Paris. Plus tard il s'est procuré des microscopes construits par le constructeur berlinois Schiek.

Et c'est précisément avec ses instruments les plus primitifs qu'il a fait des découvertes sensationnelles au point de vue mycologique.

Julius von Sachs dit (17)

„A partir de 1820 on put constater un progrès marqué dans la connaissance des champignons, nous l'attribuerons en partie au travail détaillé d'Ehrenberg (*De Mycetogenesi*), dans la *Leopoldina* de 1820. Dans cet ouvrage l'auteur ne se contente pas de réunir et de coordonner toutes les connaissances que les botanistes précédents avaient acquises sur la nature et la reproduction des champignons, il a fait part au lecteur de ses propres observations sur les spores et la germination ; il joint à ses considérations des figures qui reproduisent entre autres phénomènes le cours des hyphes dans les grands sporophores, et surtout il décrit le premier cas de sexualité qu'on ait observé chez les moisissures, la conjugation des rameaux des Syzygites”.

Pour finir, nous tenons encore à noter :

John Hill 1716 - 1775) le pharmacien anglais qui a publié en 1770 un ouvrage sur l'anatomie des bois (18). Il fit toutes ses observations avec le grand microscope composé „*The Variable Microscope*” construit par Geo Adams.

Il est téméraire de dire que l'ouvrage de Hill est une publication de première classe. Toutes ses coupes transversales de tiges de bois ont été dessinées à des grossissements très faibles. Au point de vue historique cependant, il est intéressant de savoir que toutes ces coupes ont été faites avec le „*Cutting Engine*” de Cummings, construit par Jesse Ramsden et qui devint le prototype des microtomes à main de date ultérieure. Vers la même époque Geo Adams a aussi produit son premier „*Cutting Engine*” qui a été le précurseur des microtoines à chariot du dixneuvième siècle.

Faits et Conclusions

1. — Après la série des microscopes non-achromatiques, nous avons, pour comparaison, également communiqué les pouvoirs grossissants et résolvants de deux microscopes achromatiques : un Selligue et un Charles Chevalier, le Selligue date d'environ 1826, le Charles Chevalier de 1835.

Le Selligue est accompagné de 3 lentilles achromatiques, les couples de lentilles sont sertis avec la face convexe vers l'objet. C'est un instrument mal construit qui donne, à un grossissement total de x 150, au maximum un pouvoir résolvant de 1/320 mm.

Le microscope Universel horizontal de Charles Chevalier, l'instrument le plus coûteux de son temps, datant de 1835, donne à un grossissement total de x 500 un pouvoir résolvant de 1/600 mm. Il est vrai que ses images sont achromatiques et

sans distortion, mais le pouvoir résolvant ne dépasse pas celui des bons microscopes composés du 18ième siècle, et dont le prix d'achat était bien plus avantageux. C'est bien la raison pourquoi quelques microscopistes ont préféré se servir de leurs anciens microscopes de Geo Adams, Jones et Bleuler.

2. — Il saute aux yeux que dans les collections de microscopes du 18ième siècle ce sont les instruments anglais qui sont constamment les plus nombreux. Les microscopes français sont assez rares. La cause principale en est que durant „l'ancien régime” une structure corporative désuète a notablement freiné la production des constructeurs de microscopes. En Angleterre la situation était totalement différente, nous ne pouvons pas en dire davantage ici, nous renvoyons le lecteur qui veut en savoir plus à une de nos publications précédentes (19).

Les constructeurs de microscopes anglais étaient par dessus le marché des commerçants délurés, qui avaient sur le Continent (principalement les contrées néerlandaises et la France) quantité d'acheteurs. Ils respectèrent même la langue parlée par leurs clients. Nous connaissons encore actuellement la „Trade Card” de l'opticien anglais Scarlett sur laquelle se trouvent reproduits tous les instruments qu'il fabriquait. Le texte explicatif est rédigé en anglais, en néerlandais et en français. — l'opticien anglais Francis Watkins a publié à Londres en 1754 en français, un manuel de 97 pages destiné à l'emploi correct de ses microscopes ; il portait le titre : „L'Exercice du Microscope”.

3. — Les microscopes composés du 18ième siècle avaient des défauts optiques, auxquels, en ces temps-là, il n'y avait pas moyen de rémédier ; mais la plupart du temps ils avaient également des défauts mécaniques qu'il y avait sûrement moyen d'éviter, ainsi principalement le mouvement lent avec vis micrométrique qui présentait très souvent un temps mort très appréciable, ce qui était pour l'observateur une vexation continue. Une mise au point exacte à pignon et crémaillère bien construite était bien plus pratique et facile. Les constructeurs de microscopes allemands qui ont simplifié le microscope de John Cuff, ont profité de l'occasion pour munir leurs statifs d'une mise au point exacte par pignon et crémaillère, avant tous Reinthaler et son successeur Weickert à Leipzig et Johann Heinrich Tiedemann à Stuttgart. Le physicien et mathématicien Johann Samuel Traugott Gehler (20) dit à ce sujet :

„Der verstorbene Mechanicus Reinthaler in Leipzig gab der Röhre mit den Gläsern die Bewegung auf eine vortreffliche Art vermittelst eines kleinen Rades, welches mit seine Zähne sehr gleichformig und sanft die Zähne der Stange eingreift. Das ganze Werkzeug befestigte er an ein Kästchen woren es mit allem Zubehöhr konnte zurückgebogen werden, welches der Gebrauch auf Reisen erleichtert. Dieser Mechanismus, welchen Herr Tiedemann in Stuttgard beygehalten hat, scheint mir unter allen der vorzüglichste zu seyn”.

Et nous savons que Johannes Hedwig a réalisé son travail de pionnier avec un microscope composé de Reinthaler.

4. — On admet encore généralement que le 18ième siècle a connu une importante régression de la recherche microscopique, et que le microscope, n'a plus servi que comme instrument de divertissement et de passe-temps.

En réalité la recherche scientifique à l'aide du microscope, telle qu'elle avait été pratiquée par Malpighi, Nehemiah Grew, Leeuwenhoek et Swammerdam était déjà en décadence vers la fin du 17ième siècle. Robert Hooke dit en 1692, sans doute de façon un peu trop pessimiste, que les vrais chercheurs „are now reduced almost to a single Votary which is Mr Leeuwenhoek besides whom I hear of none that make any other use of the Instrument but for Diversion and Pastime”.

Il est vrai que le 18ième siècle a connu peu de microscopistes importants. Les savants qui ont contribué à cette régression sont avant tout Linné et ses disciples, pour qui la systématique était d'importance primordiale, à leur avis les vrais botanistes étaient les systématiques ; les microscopistes, qu'ils prenaient en dédain, n'étaient pour eux que des „Botanophiles”. Même encore un siècle plus tard, en 1875 ! Julius von Sachs (21) en défaut de pouvoir penser en historien, donne une image tout à fait fausse du 18ième siècle. Nous conseillons le lecteur qui veut en savoir plus, de consulter l'ouvrage de Sachs et surtout aussi W.J. Lütjeharms (22). A la page 24 Lütjeharms condamne de façon impitoyable l'ouvrage de Sachs :

„Die Bedenken welche ich gegen dieses Werk habe, lassen sich in drei Punkten zusammenfassen : Unrichtige Wiedergabe historischer Tatsachen, falsche Deutung bestimmter Theorien und unduldsame und unhistorische Geist der das Werk durchzieht”.

5. — En dehors des 23 microscopes composés non-achromatiques de la collection Van Heurck, nous avons eu, durant ces dernières années, l'occasion de pouvoir examiner d'autres microscopes similaires. Nous avons pu ainsi en total en soumettre une bonne quarantaine d'exemplaires à un examen approfondi.

Cela nous permet, aussi paradoxal que cela puisse paraître, de conclure que durant le 18ième siècle, un microscope grand modèle acheté à un prix très cher, pouvait avoir une optique franchement défectueuse, et qu'un tout petit modèle acquis à bas prix avoir d'excellentes lentilles.

Ci-après deux exemples typiques :

Un Geo Adams Universal Compound Microscope de 53 centimètres de hauteur, muni de 11 lentilles-objectifs et de quantité d'accessoires, avec un grossissement maximum de x 568 était coté dans les prix courants d'Adams £ 10 - 10. Son plus grand pouvoir résolvant atteint à peine 1/200 mm !! Ce microscope est donc au point de vue optique un instrument très médiocre (23).

Il y a longtemps nous avons acquis par hasard un petit microscope à bas prix type trépied Culpeper, non signé de fabrication anglaise et dont le prix d'achat au 18ième siècle doit avoir été de £ 2 à 3.

Ce microscope est de plus de 10 centimètres moins haut que les statifs

ordinaires, il n'a que 4 objectifs alors que les types habituels en ont 5 ou 6. L'oculaire est à deux lentilles avec un grossissement de x 2,6. Les oculaires du 18ième siècle à 2 lentilles ont d'ailleurs toujours un grossissement propre très faible qui dépasse rarement x 3.

Pouvoir grossissant avec oculaire : lentille 1 = x 180
 lentille 2 = x 70
 lentille 3 = x 42
 lentille 4 = x 26

Pouvoir résolvant : lentilles seules

lentille 1 = 1/320 mm
 lentille 2 = 1/200 mm—
 lentille 3 = 1/120 mm
 lentille 4 = 1/80 mm

Lentilles avec oculaires lentille 1 = 1/400 mm
 lentille 2 = 2 1/320 mm
 lentille 3 = 1/200 mm
 lentille 4 = 1/120

* Ce petit microscope, dont le grossissement maximum n'atteint que x 180 a donc d'excellentes lentilles, qui avec l'oculaire accusent un pouvoir résolvant encore bien plus grand. Les photographies ci-jointes montrent 1° le petit microscope, 2° - 3° 4° et 5° des photomicrographies faites à l'aide de ce microscope.

- 2° un réseau quadrillé photographique x 42
- 3° un réseau quadrillé photographique x 70
- 4° un réseau quadrillé photographique x 180

5° une partie d'une coupe transversale dans la feuille de Phormium tenax Forst, le Lin de la Nouvelle Zélande x 180. Les faisceaux fibreux et leur lumen parmi les cellules parenchymateuses sont très distinctement visibles. La distortion inévitable est visible dans toutes les photos, mais ne gène pas outre mesure.

Le microscopiste du 18ième siècle avait à choisir : un microscope simple ou un microscope composé. Le microscope simple donnait un champ clair mais très petit ; de plus l'observation avec des lentilles simples à très court foyer, par exemple une lentille de x 100 ou encore plus forte est extrêmement fatigante et nuisible à l'œil et son usage devient énervant quand l'observation doit être faite durant des heures sans interruption.

Le microscope composé donne un champ beaucoup plus étendu et une plus grande distance frontale. Avec des grossissements jusque x 300 il est très pratique, facile à manipuler, on peut en faire usage en restant assis normalement et prolonger les observations sans se fatiguer.

* p. 78

BIBLIOGRAPHIE

1. HENRIK BAKER. — Het Mikroskoop gemakkelijk gemaakt. Derde druk vertaald door Martinus Houttuyn. Amsterdam 1778. p.p. 329-351.
2. P. VAN DER STAR. — Descriptive Catalogue of the simple microscopes in the Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen at Leyden 1953. Communication Nr 87 from the above mentioned Museum.
3. P. HARTING. — Das Mikroskop. Deutsche Originalausgabe. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn. 1866. Dritter Band. p. 129.
4. EDWARD MILLES NELSON. — What did our forefathers see in a microscope. Journal of the Royal Microscopical Society. 1910. p.p. 427-439.
5. P.H. VAN CITTERT. — Descriptive Catalogue of the collection of Microscopes in charge of the Utrecht University Museum. 1934. P. Noordhoff. Groningen. p. 10.
6. S. BRADBURY. — The quality of the image produced by the compound microscope. 1700-1840. Proceedings of th Royal Microscopical Society. Vol. 2. Part 1. 1967. p.p. 151-173.
7. ADRIANUS PIJPER. — The Microscope in Biology. South African Journal of Science 36. 58-72. 1939. Reprinted in the Journal of the Royal Microscopical Society. Series III. 42 36-50.
8. EDWARD FRISON. — Adams' Microscopes and Microtomes. With Notes on Instruments by Magny. The Microscope. London. July-August and September-October 1951.
9. MARTIN MOBIUS. — Geschichte der Botanik, van den ersten Anfangen bis zur Gegenwart. Gustav Fischer. Jena 1937. p. 96.
10. GIOVANNI TARGONI TOSETTI. — Notizie della Vita e della Opera di Pier'Antonio Micheli. Firenze 1858. p.p. 155 en 330.
11. O. FREDERICUS MULLER. — Animalculia infusoria fluviatila et marina. Cura Othonis Fabricii. Hauniae 1786.
12. W.J. LUTJEHARMS. — Zur Geschichte der Mykologie. Das XVIII Jahrhundert. Gouda 1936. p. 195.
13. JOHANNES HEDWIGII. — Fundamentum Historiae Naturalis muscorum Frondosorum. Lipsiae apud Siegfried Lebrecht Crusium ; 1782. Praefatio XVII en Cap. II. De Instrumentis et encheiresi in his Observationibus necessariis. p. 9-11.
14. F.A. SACCARDO. — C. Hedwig Précurseur de l'analyse microscopique des Ascomycètes. Traduit de l'Italien par M.C. Debeaux. Revue Mycologique de Roumeguère. Toulouse 1891, année. p.p. 104-107.
15. JEAN PIERRE ETIENNE VAUCHER. — Histoire des Conferves des Eaux douces. Genève. Pachoud 1803. Introduction p.V.
16. REGINALD S. CLAY and THOMAS COURT. — The History of the Microscope. Griffin. London 1932 .p.p. 128-129.
17. JULIUS VON SACHS. — Histoire de la Botanique du XVI^e siècle à 1860. Traduction française par Henri de Varigny. Paris. Reinwald 1892. p. 220.
18. JOHN HILL. — The Construction of Timber from its early Growth explained by the Microscope. London 1770.
19. ED. FRISON. — Sociaal-economische toestanden en enggeestige corporatieve beperkingen als invloedsfactoren op de bouw van wetenschappelijke instrumenten in de 18de en 19de eeuw. Scientiarum Historia jaargang 4. 1962 Nr. 2. p.p. 76-90.
20. JOHANN SAMUEL TRAUGOTT GEHLER. — Physikalisches Wörterbuch. Leipzig 1798. Band III. p. 234.
21. JULIUS VON SACHS. — Histoire de la Botanique du XVI^e siècle à 1860. 1892. Traduction française par Henri de Varigny. Paris Reinwald. Chapitre II, l'anatomie botanique au XVIII^e siècle. p.p. 255-264.
22. W.J. LUTJEHARMS. Zur Geschichte der Mykologie. Das XVIII Jahrhundert. Gouda 1936. p. 24.
23. EDWARD FRISON. — Adams' Microscopes and Microtomes. With Notes on Instruments by Magny. The Microscope. London. July-August and September-October 1951.
24. A.H. REGINALD BULLER. — Researches en Fungi. Vol. III. The production and liberation of Spores in Hymenomycetes and Uridineae. Chapter VI. The establishment of the Genus Coprinus. p. 124. Longman-Green & Co. London 1924.

Nous remercions notre collaborateur Jules Moens pour la bibliographie citée sous no 10, 14 et 24.

**Die einfachen Objektivlinsen der zusammengesetzten nichtchromatischen
Mikroskope der Van Heurckschen Sammlung**

Wir haben 55 Objektivlinsen geprüft; 21 davon haben sich dadurch als minderwertig erwiesen, dass das Okular nicht imstande war ihr Auflösungsvermögen zu verbessern. In keinem einzigen Fall aber wurde das Auflösungsvermögen durch das Okular geschwächt.

**MINDERWERTIGE OBJEKTIVLINSEN, DEREN
AUFLÖSUNGSVERMÖGEN IN VERBINDUNG MIT DEM
OKULAR NICHT BESSER WAR**

Nr. 16 — Sämtliche Linsen des John-Marshall-Mikroskops. Es handelt sich deshalb um ein optisch minderwertiges Mikroskop, trotz seiner grossen geschichtlichen Bedeutung.

Nr. 19 — Dreifuss-Mikroskop vom Culpeper-Typ mit einfacherem nichtnumeriertem Objektiv.

Nr. 21 — Dreifuss-Mikroskop vom Culpeper-Typ : Linsen 5,3 und 1.

Nr. 22 — Dreifuss-Mikroskop vom Culpeper-Typ : Linsen 4 und 3.

Nr. 28 — John Cuff-Mikroskop aus Messing : Linse 4.

Nr. 29. — Burlini-Mikroskop mit einer einzigen Linse.

Nr. 31 — Kleines Taschenmikroskop vom Cuff-Typ aus Messing, von Geo Adams gebaut : Linsen 4,5 und 6.

Nr. 33 — Zusammengesetztes Mikroskop von A. van Emden : Linsen 5,4,3 und 2.

Nr. 37 — Mikroskop von Dr. Sommé : 1 Linse.

Die Tatsache, dass 21 von den 55 untersuchten Linsen sich als minderwertig erweisen, scheint auf den ersten Blick als ziemlich beunruhigend, ist aber keineswegs eine abnormale Angelegenheit.

Während des ganzen 17. und 18. Jahrhunderts geschah das Linsenschleifen sowohl für die einfachen als für die zusammengesetzten Mikroskope noch auf rein empirischer Grundlage nicht nur bei den vielen Liebhabern, sondern ebenfalls bei den Fachoptikern.

Als Beispiel für die Liebhaber sei Antony van Leeuwenhoek genannt, von dem wir wissen, dass er mehr als 550 einfache Mikroskope und Linsen hergestellt hat, welche ungezweifelt zum Teil minderwertig waren. Von seinen einfachen Mikroskopen sind heute nur noch 9 vorhanden : die zwei im „Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen“ in Leiden bewahrten Exemplare sind

minderwertig ; das Exemplar aus der Van Heurckschen Sammlung ist gut ; das im Universitätsmuseum in Utrecht bewahrte Exemplar ist ausgezeichnet.

Der londener Fachoptiker John Mellin war ein Zeitgenosse von Leeuwenhoek. Wir kennen sein Geburtsjahr nicht, wissen aber, dass er vor 1704 starb und um 1680 seine Werkstatt an Abchurch Lane hatte. Er war berühmt um seine handgeschliffenen Linsen kürzester Brennweite (bis 1/25" und sogar weniger). Nehemiah Grew beschreibt sie in seinem 1681 erschienenen „Catalogue of Rarities belonging to the Royal Society“.

Wie gross das Interesse in der damaligen Zeit für das Linsenschleifen war lernt uns die 1778 von Martinus Houttuyn verfasste niederländische Übersetzung des damals allgemein verbreiteten englischen Handbuches von Henry Baker (1). Dort steht das Lieberkühnsche Verfahren für das Schleifen kleiner Linsen und reflektierender Spiegelchen mit allen erforderlichen Materialien und Geräten bis in die kleinsten Enzelheiten beschrieben.

Wem mehr wissen will über die vielen guten und minderwertigen Linsen der einfachen Mikroskope aus dem 17. und 18. Jahrhundert sei das schöne Werk von P. van der Star empfohlen (2).

**Veröffentlichte Daten über das Vergrösserungs- und
Auflösungsvermögen nichtachromatischer zusammengesetzter Mikroskope**

Soweit wir wissen wurden bisher nur wenige zerstreute Daten durch die folgenden Verfasser veröffentlicht :

1. P. Harting (3) ;
2. Edward Milles Nelson (4) ;
3. P.H. van Cittert (5) ;
4. S. Bradbury (6).

Harting äussert sich folgendermassen : „Untersucht man Mikroskope aus jener Zeit so kommt man zu dem Resultate, dass durch die als Objektive benutzten einfachen Linsen alles, was man durchs zusammengesetzte Mikroskop beobachtete, zwar in geringer Vergrösserung gesehen wurde, dafür aber auch sehr deutlich und scharf, dass man daher durch die mit Okularen erzielte stärkere Vergrösserung des Bildes eigentlich nichts gewann als ein grösseres Gesichtsfeld, und zwar auf Kosten der für den Beobachter weit wichtigeren Hellichkeit und Schärfe“.

Harting gibt in seinem grossen Standardwerk eine für die damalige Zeit ausgezeichnete Entwicklungsgeschichte des Mikroskops, erwähnt aber das Vergrösserungsvermögen nur für drei Mikroskope, d.h. für ein Benjamin Martin, ein Geo Adams und ein Dellebarre.

Edward Milles Nelson (1851-1938) war in England von 1875 bis 1938 bekannt als einer der besten Mikroskopiker seiner Zeit. Er hat seine Landesgenossen — nicht nur die Fachmikrographen, sondern ebenfalls die führenden Liebhabermikrographen — mit der Abbeschen Beugungstheorie bekannt gemacht und den Begriff der kritischen Mikroskopie („critical microscopy“) in die mikroskopische Technik eingeführt.

Seiner grundlegenden Arbeit wurde damals nicht das verdiente Interesse entgegengebracht, was der Vernachlässigung der Entwicklungsgeschichte des Mikroskops und der mikroskopischen Technik im Anfang des heutigen Jahrhunderts zuzuschreiben ist.

E.M. Nelson hat ein Benjamin Martin-Mikroskop Nr. 1 im Vergleich mit einer einfachen Linse von John Cuff (Brennweite : 1/25" - (Vergrösserung x250) untersucht. Er äussert sich darüber folgendermassen : „Taking the dioptric microscope first, it has been said that the compound form is inferior to the simple. It is possible that this saying has arisen owing to the numerous discoveries made by the famous Leeuwenhoek (1673) with his simple microscope. It is true that for dissecting work single lenses, of powers from that of watchmakers eyeglass to 1/2 inch focus, are more suitable than any compound microscope ; nevertheless for an observing instrument there can be no question that the compound microscope not only gives far better images, but also is much more easy to work with, because the working distance is greater and the field larger.“ — „A

careful comparison was made between the Benjamin Martin compound with a No.1 lens and Cuff's 1/25 (Vergrösserung x 250). Both resolved 15 000 lines to the inch (= 600 Striche/mm) but the resolution with the compound was much stronger and sharper than with the single. A coarse Navicula lyra — 17 000 per inch (= 680 Striche/mm) was shown indifferently resolved by both, but the compound gave the better image. Neither would do that beautiful and easy diatom, the Actinocyclus Ralfsii, with the single itwas bathed in coloured fog, but the compound gave a better picture of it than one would have expected. Of course, chromatic aberration and spherical fog were there and would easily be found if sought out, but looking at the diatom in an ordinary way these defects were by no means obtrusive".

Nelson sagt weiter, dass es sehr schwierig ist einem Nichtfachmann einen genauen Begriff der Güte eines mikroskopischen Bildes zu geben und dass die Grenze des Auflösungsvermögens eines zusammengesetzten Mikroskops aus dem achtzehnten Jahrhundert ungefähr der normalen Leistung eines mit einem Zeiss-Objektiv *a a* und einem Okular Nr.5 ausgestatteten modernen Mikroskops entspricht. Carl Zeiss hat bis zum Anfang unseres Jahrhunderts seine Objektive mit Buchstaben und seine Okulare mit Nummern gemerkt. Dagegen sind die modernen Objektive durch ihre Eigenvergrösserung und numerische Apertur und die modernen Okulare durch ihre Eigenvergrösserung gekennzeichnet. Soweit wir die alten Preislisten der Firma Zeiss zu Rate ziehen konnten, hatte das betreffende Objektiv *a a* eine numerische Apertur von 0,17 und gab es mit dem Okular 5 eine Vergrösserung von etwa x80 bei einer Tubuslänge von 160 mm.

P.H. van Cittert veröffentlichte in 1934 sein „Descriptive Catalogue of the Collection of Microscopes in charge of the Utrecht University Museum“. Es ist sein grosser Verdienst als erster das Vergrösserungs- und Auflösungsvermögen von etwa 60 einfachen und zusammengesetzten Mikroskopen und auch Projektionsmikroskopen — sowohl älteren nichtchromatischen Mikroskopen als auch achromatischen Mikroskopen aus dem 19.Jahrhundert — bestimmt und in der vorgenannten Arbeit veröffentlicht zu haben.

In seinem „Descriptive Catalogue“ (S.10) sagt der Verfasser Folgendes in bezug auf die nichtchromatischen Mikroskope des 18.Jahrhunderts : „The reason why the magnifications of the compound microscope are less than those of other types, is that the influence of the chromatic and spherical aberrations is much more predominant. The resolving power is less for the obvious reason that the single lens, used as a simple microscope, has a definite resolving power which can never increase though the magnification can increase when the lens is subsequently combined with an eyepiece. If often occurs on the contrary that the resolving power of the combination is less than that of the single lens, so that higher magnifications and lower resolving powers belong together“.

Van Cittert irrt sich aber wo er behauptet, dass eine einfache

nichtachromatische Linse an der Grenze ihres Auflösungsvermögens steht und dass dieses Auflösungsvermögen durch ein Okular in einem zusammengesetzten Mikroskop nicht erhöht werden kann und sogar in den meisten Fällen geschwächt wird. Alle von uns erhaltene Werte des Auflösungsvermögens beweisen ja das Entgegengesetzte. Van Cittert hat offenbar unterlassen das Auflösungsvermögen der einzelnen Objektivlinsen vor der Bestimmung des Auflösungsvermögens eines mit einem Okular ausgestatteten zusammengesetzten Mikroskops zu messen, sonst wäre er zweifelsohne zu anderen Schlussfolgerungen gekommen.

S. Bradbury veröffentlichte in 1967 die Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung der Bildgüte bei den zusammengesetzten Mikroskopen aus der Zeit von 1700 bis 1840. In der Einleitung seines Werkes lesen wir Folgendes : „In the early part of the seventeenth century workers such as Hooke, Grew and Powers had used compound microscopes for serious scientific work. By the middle of the eighteenth century it had largely come to serve as an instrument for amusement, in the form of the solar and lucernal microscope, projecting enlarged images of lice and fleas upon a screen for the entertainment of the family in much the same manner that the colour slides of the Continental holiday are inflicted on today's audiences !”

Bradbury urteilt jedoch allzu leichtfertig ! Auch mit dem zusammengesetzten Mikroskop des achtzehnten Jahrhunderts wurde trotz seiner sphärischen und chromatischen Abweichungen schöne und nützliche Arbeit geleistet, wie weiter gezeigt werden wird. Und wo es sich um die reine Liebhaberei, um das Spielen mit dem Mikroskop handelt, ist zu betonen, dass mit dem Mikroskop auch im neunzehnten Jahrhundert gespielt wurde und sogar in unserem zwanzigsten Jahrhundert mehr denn je gespielt wird. Der bekannte südafrikanische Biologe Dr. Adrianus Pijper (7) hat kurz und gut dazu gesagt : „there are many microscopes but few microscopists”.

Bradbury hat die optischen Eigenschaften von 13 englischen, in der Zeit von 1690 bis 1790 gebauten nichtachromatischen zusammengesetzten Mikroskopen verglichen mit denen der achromatischen Objektiven von Andrew Ross aus 1838, eines Amici-Reflektors aus 1820 und eines Cuthbert-Reflektors aus 1830. Zur Gruppe der von Bradbury untersuchten Mikroskope gehört auch das Universalmikroskop („universal microscope“) von Adams Jr.

Über ein ähnliches Gerät wurden von uns (8) die optischen Eigenschaften (Auflösungs- und Vergrösserungsvermögen) von 11 einerseits einzeln (als einfache Linse) und anderseits als Objektiv eines zusammengesetzten, mit zwei auswechselbaren Tubusseilen ausgestatteten Mikroskops benutzten Linsen veröffentlicht. Für die stärkste Linse fanden wir eine Eigenvergrösserung von x 142 und in Verbindung mit dem Okular b eine Vergrösserung von x 568. Die Eigenvergrösserung des Okulars betrug also x 4, d.h. keineswegs x 30 ! Bradbury irrt sich demnach wo er schreibt :

„Frison, who examined a similar model, came to the conclusion that the image was hazy and quite mediocre. It had a resolution of about 5μ . The microscope he examined was presumably fitted with similar lenses to the one in Oxford. As Frison's microscope yielded a magnification of $\times 560$ with the highest power, the eyepiece must have magnified the primary image approximately 30 times. This magnification is, of course, far too great for objectives which are completely uncorrected and of such low aperture. For comparison it may be remembered that a modern lens combination of the same total magnification would be expected to resolve $0,5 \mu$.“

Zum Schluss stellen wir fest, dass von den vier angeführten Verfassern nur einer — Edward Milles Nelson — unumwunden sagt, dass das zusammengesetzte nichtachromatische Mikroskop besser ist als das einfache. Es ist aber zu bedauern, dass er sich bei seiner Untersuchung auf ein einziges zusammengesetztes Mikroskop (ein Benjamin Martin) beschränkt hat.

Über einige berühmte Forscher, welche mit nichtachromatischen zusammengesetzten Mikroskopen gewirkt haben.

Pier' Antonio Micheli (1679-1737).

Über diesen führenden florentinischen Botaniker-Mykologen äussert sich Martin Möbius (9) folgendermassen: „Viel wichtiger war es, dass P.A. Micheli (1728) die Sporen zahlreicher Pilze sammelte, sie aussäete und nicht nur daraus ein Fadengeflecht, sondern auch die Fruchtkörper gewann. Er ist also als der wissenschaftlicher Begründer der Pilzkunde anzusehen, wenn er auch in den Fortpflanzungsorganen der Pilze die Blütenteile der höheren Pflanzen wiedererkennen wollte. Er hat aber eine Menge von Pilzen und ihre Sporenbildung vortrefflich beschrieben. So sah er, wie bei Agaricus auf beiden Flächen der Blätter runde und rundliche Samen wachsen, bei einigen ohne Ordnung zerstreut, bei anderen zu vieren sich berührend; er sah wie in der Trüffel kleine Bläschen bald zwei, bald drei, bald vier runde und rundliche Samenkörner einschliessen; er sah das Ausstäuben der Sporen bei Peziza; er beschreibt Cyathus, dessen Becher mit linsenförmigen Fruchten (Fructus) erfüllt sind, die durch einen kurzen Stiel oder eine Nabelschnur angeheftet sind und desgleichen mehr“.

Micheli hat diese erstaunlichen Entdeckungen mit einem sehr primitiven Instrumentarium gemacht: eine gewöhnliche Handlupe, und eine kleine, sehr starke Linse, ein Glaskügelchen worüber er sich beschwerdet, dass sie seine Augen stark ermüdigt und beschädigt. Für sorgfältige und präzise Beobachtungen stand ihm ein von seinem Zeitgenossen, dem Jesuitenpater Bonanni (1638-1725) gebautes zusammengesetztes Mikroskop mit drei Linsen zur Verfügung (10).

Das von Micheli benutzte zusammengesetzte Mikroskop des Paters Philippus Bonanni ist, im Gegensatz zu einer naheliegenden Meinung, nicht das ebenfalls vom letztgenannten gebaute grosse liegende Mikroskop mit Kondensor und Kunstlichtquelle, sein best bekanntes Gerät, sondern das in Bonannis Werk „Micrographia Curiosa“ (Band 2, Caput Quartum, S.26 Rom, 1691) dargestellte kleine stehende Mikroskop. Bei der Beobachtung in durchfallendem Lichte musste dieses Mikroskop wie ein Fernrohr vor dem Auge gehalten werden. Der Mikroskopspiegel wurde ja erst im Jahre 1716 vom deutschen Mikroskopkonstrukteur Christian Gottlieb Hertel eingeführt. Das in lateinischer Sprache verfasste Bonannische Buch ist jetzt eine grosse, schwierig zu findende Seltenheit.

Wer sich näher über das von Micheli benutzte Mikroskop zu erkundigen wünscht, ziehe das Buch „The History of the Microscope“ von R.S. Clay und Th. Court (Londen, 1932) zu Rate. Er findet dort auf der Seite 84 eine gute Abbildung des betreffenden Geräts nebst einer englischen Übersetzung der Bonannischen lateinischen Beschreibung.

Otto Friedrich Müller (1730-1784)

Sein Buch (11) wurde nach seinem Tode durch Fabricius veröffentlicht. Müller

hat als erster versucht die Infusorien auf systematische Weise zu klassifizieren und es ist auf seinen Vorarbeiten, dass die späteren Forscher im neunzehnten Jahrhundert, d.h. Ehrenberg und vor allem Karl Theodor Ernst von Siebold (1804-1885), weitergebaut haben.

Müller zeigte auch grosses Interesse für die Mykologie. Wir lesen darüber Folgendes bei W.J. Lütjeharms (12) : „...weil seine Beobachtungen und Theorien über Pilze von grosser Wichtigkeit sind und ziemlich einflussreich waren. Er war einer der fruchtbarsten mykologischen Schriftsteller der Zeit und gründete seine allgemeine Theorie über die Entwicklung und den Bau der Organismen u.a. auf seinen Beobachtungen über Pilze“.

Und A.H. Reginald Buller (24) schreibt :

„O.F. Müller in 1780 describes *Coprinus comatus* in the *Flora Danica*. He gave not only some excellent live-size illustrations showing the fruit-bodies in various stages of development including the deliquescence of the gills and the production of inky drops from the revolute pileus-margin, but also a sketch of the surface view of the hymenium as seen with the microscope. In this sketch he show the spores in groups of four, the basidia beneath them, the steril Paraphyses, and, at the edge of his drawing, the sterigmata supporting the spores (O.F. Müller *Florae Danicae Icones Fasc.XIV. 1780.Tab.834.*) No essential point in the structure of the hymenium, as seen in surface view was missed. However Müller does not seem to have understood the interest of his drawing, for strangely enough, he made no comment upon it : he simply represented what he had seen with his microscope and thereby lost the splendid opportunity of being the first to give an account of the general structure of the hymenium of the Agaricineae.“

Johannes Hedwig (1730-1799)

Hedwig, Begründer der modernen Bryologie, tat seine ersten Beobachtungen mit einem einfachen Mikroskop. Er stellte sich aber damit nicht zufrieden und ersetzte das Gerät durch ein zusammengesetztes Mikroskop.

In seinem berühmten Buch (13) gibt er eine eingehende Beschreibung seines von Reinthaler, dem damaligen Feinmechaniker der Leipziger Universität, gebauten zusammengesetzten Mikroskops. Der Tubus dieses Geräts hat keine Mikrometerfeinstellung, ist aber mit Zahn und Trieb einstellbar. Wir kommen später darauf zurück.

Dieses Mikroskop war mit 6, von 0 bis VI numerierten Objektivlinsen ausgestattet :

- mit der Linse 0 betrug die Vergrösserung mit dem Okular x6
- mit der Linse I betrug die Vergrösserung mit dem Okular x10
- mit der Linse II betrug die Vergrösserung mit dem Okular x20
- mit der Linse III betrug die Vergrösserung mit dem Okular x30
- mit der Linse IV betrug die Vergrösserung mit dem Okular x62

mit der Linse V betrug die Vergrösserung mit dem Okular x170
mit der Linse VI betrug die Vergrösserung mit dem Okular x290

Diese Vergrösserungen gelten für einen Abstand von 8 Zoll, welcher während des ganzen achtzehnten Jahrhunderts als der Kleinstabstand deutlicher Sichtbarkeit galt. Seit dem neunzehnten Jahrhundert bis heute gilt dafür 10 Zoll = 250 mm. Die vorgenannten Vergrösserungen werden sodann :

x7,5	für die Linse 0
x12,5	für die Linse I
x25	für die Linse II
x37,5	für die Linse III
x77,5	für die Linse IV
x212,5	für die Linse V
x362,5	für die Linse VI

Bei jeder der vielen schönen Moosabbildungen in seinem Buch erwähnt Hedwig jedesmal die Nummer der in seinem zusammengesetzten Mikroskop benutzten Objektivlinse, infolgedessen wir den Vergrösserungsmassstab jeder Zeichnung ganz genau kennen. Hedwig überrascht uns überdies in seinem Buch mit den Ergebnissen sorgfältigster mykologischer Beobachtungen. Er gibt eine genaue Beschreibung und Abbildung von 28 Askomycetenarten, denen er den Gattungsnamen „Octospora“ gibt.

Der berühmte italienische Mykologe Pietro Andrea Saccardo aus dem neunzehnten Jahrhundert (14) staunt sich über die wissenschaftlichen Leistungen Hedwigs und es scheint ihm fast unglaublich, dass so etwas mit den damaligen Mikroskopen überhaupt möglich war. Hedwigs Nachfolger — sagt er — haben seinem guten Beispiel nicht befolgt und dies hat zu einer Stagnation der Mykologie geführt, welche ungefähr ein halbes Jahrhundert gedauert hat.

Jean Pierre Etienne Vaucher (1763-1841)

In seinem bekannten Buch (15), worin er seine wichtigen Beobachtungen auf Grünalgen beschreibt, erklärt Vaucher dass diese Beobachtungen mit einem zusammengesetzten Mikroskop gemacht sind. Die Forschungen von Vaucher haben die Entwicklung der Algologie wesentlich beeinflusst. Schon im Jahre 1803 sah er die Konjugation bei Spirogya und erkannte, dass es eine Kopulation war.

Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876) (16) arbeitete während der ersten 10 Jahre seines Forschungslbens mit zusammengesetzten nichtachromatischen Mikroskopen. Es waren nacheinander erst ein Nürnberger Pappmikroskop, dessen Optik er selber verbessert hat, in 1820 ein Mikroskop von Hofmann aus Leipzig, und seit 1824 ein englisches Bleuler-Mikroskop. Er kaufte im Jahre 1828 auf den Rat von A. von Humboldt sein erstes achromatisches Mikroskop bei Charles Chevalier in Paris und benutzte in seinen späteren Lebensjahren Mikroskope der Berliner Firma Schiek. Es ist aber mit seinen primitivsten Geräten, dass ihm die

schönsten wissenschaftlichen Entdeckungen auf mykologischem Gebiet gelungen sind.

Julius von Sachs äussert sich folgendermassen darüber (17) : „A partir de 1820 on put constater un progrès marqué dans la connaissance des champignons ; nous attribuerons en partie ces progrès au travail détaillé d'Ehrenberg (De Mycetogenesi), dans la Léopoldina de 1820. Dans cet ouvrage l'auteur ne se contente pas de réunir et de coordonner toutes les connaissances que les botanistes précédents avaient acquises sur la nature et la reproduction des champignons, il a fait part au lecteur de ses propres observations sur les spores et leur germination ; il joint à ses considérations des figures qui reproduisent entre autres phénomènes le cours des Hyphes dans les grands sporophores, et surtout il décrit le premier cas de sexualité qu'on ait observé chez les moisissures, la conjugation des rameaux des Syzygites“.

Wir erwähnen schliesslich auch den englischen Apotheker *John Hill* (1716-1775), der 1770 ein Buch über Holzanatomie (18) veröffentlichte. Sämtliche Beobachtungen des Verfassers in bezug auf die mikroskopische Struktur des Holzes waren mit einem grossen zusammengesetzten Mikroskop, dem sogenannten „variable microscope“ von George Adams, gemacht. Ein Meisterwerk ist sein Buch allerdings nicht. Die Holzquerschnitte sind bei viel zu kleiner Vergrösserung gezeichnet. Vom Standpunkt des Geschichtschreibers aus ist es aber interessant zu wissen, dass sämtliche betreffende Querschnitte mit dem von Jesse Ramsden gebauten Cummingsschen Mikrotom („Cutting Engine“), Urtyp sämtlicher späterer Handmikrotome, hergestellt sind. Um diese Zeit baute Geo Adams ebenfalls sein „Cutting Engine“, Vorläufer der späteren Schlittenmikrotome aus dem neunzehnten Jahrhundert.

Tatsachen und Schlussfolgerungen

1. Nach der Serie nichtachromatischer Mikroskope haben wir auch vergleichungshalber das Vergrösserungs- und Auflösungsvermögen von zwei achromatischen zusammengesetzten Mikroskopen, einem Selligue und einem Charles Chevalier, mitgeteilt. Das Selligue-Mikroskop wurde um 1826, das Chevalier-Mikroskop in 1835 gebaut.

Das Selligue-Mikroskop ist mit drei achromatischen Linsenpaaren ausgestattet, welche noch derart gefasst sind, dass ihre Konvexseite dem Objekt zugekehrt ist. Es handelt sich um ein schlecht gebautes Gerät, das bei einer Gesamtvergrösserung von x 150 ein Auflösungsvermögen von nur 1/320 mm hat.

Das liegende Universalmikroskop von Charles Chevalier, gebaut in 1835 und teuerstes Mikroskop seiner Zeit, hat bei einer Höchstvergrösserung von x 500 ein Auflösungsvermögen von nur 1/600 mm. Zwar sind die Bilder achromatisch und verzerrungsfrei, das Auflösungsvermögen ist aber nicht besser als das der guten alten Mikroskope aus dem achtzehnten Jahrhundert, welche viel billiger waren. Das

ist der Grund warum mehrere Mikroskopiker ihren alten Mikroskopen von Geo Adams, Jones und Bleuler bis 1835-1840 treu blieben.

2. Es fällt auf, dass in den Sammlungen alter Mikroskope aus dem achtzehnten Jahrhundert die englischen Geräte immer die zahlreichsten sind, während die französischen Mikroskope verhältnismässig selten sind. Der Hauptgrund davon ist die Tatsache,dass unter der alten Regierungsform („ancien régime“) ein veraltetes System streng befolgter korporativer Reglemente die Mikroskopbauer hemmte, während in England die Lage vollkommen anders war. Wir können aber hier auf diesen Unterschied nicht eingehen und wer mehr darüber wissen will sei auf eine unserer früheren Veröffentlichungen verwiesen (19).

Die englischen Mikroskopbauer waren überdies gewiegte Geschäftsleute, welche auf dem Festland, vor allem in den Niederlanden und Frankreich, viele Abnehmer hatten. Sie respektierten sogar die Sprache ihrer Kunden. So ist zum Beispiel auf einem „Trade Card“ von Scarlett, wo sämtliche lieferbare Mikroskope abgebildet sind, der erläuternde Text in drei Sprachen — Englisch, Niederländisch und Französisch — verfasst. Der englische Mikroskopbauer Francis Watkins veröffentlichte im Jahre 1754 in London ein in französischer Sprache verfasstes Handbuch von 97 Seiten für die Benutzung seiner Mikroskope : „L’Exercise du Microscope“.

3. Die zusammengesetzten Mikroskope aus dem achtzehnten Jahrhundert hatten optische Mangel, welche damals noch nicht behoben werden konnten. Sie hatten aber auch zu oft mechanische Fehler, welche man bestimmt vermeiden konnte. Ein verbreiteter Fehler der letzge nannten Art war z.B. der meistens übermässige Totgang der für die Feineinstellung angewendeten Mikrometerschraube — eine fortwährende Ärgernisquelle für den Benutzer. Viel besser und praktischer war die Feinreglung mit Zahn und Trieb. Deutsche Mikroskophersteller, vor allem Reinthaler und sein Nachfolger Weickert in Leipzig, sowie Johann Heinrich Tiedemann in Stuttgart, haben dieses System sinnreich angewandt. Der deutsche Physiker und Mathematiker Johann Samuel Traugott Gehler (20) sagt darüber : „Der verstorbene Mechanicus Reinthaler in Leipzig gab der Röhre mit den Gläsern die Bewegung auf eine vortreffliche Art vermittelst eines kleinen Rades, welches mit seinen Zähnen sehr gleichförmig und sanft die Zähne der Stange eingreift. Das ganze Werkzeug befestigte er an einem Kästchen, worein es mit allem Zubehör konnte zurückgebogen werden, welches den Gebrauch auf Reisen erleichtert. Dieser Mechanismus, welchen Herr Tiedemann in Stuttgart bey gehalten hat, scheint mir unter allen der vorzüglichste zu seyn“.

Wir wissen, dass Johannes Hedwig seine bahnbrechenden Arbeiten mit einem zusammengesetzten Reinthaler-Mikroskop verrichtet hat.

4. Fast allgemein ist noch immer die Meinung verbreitet, dass die wissenschaftliche mikroskopische Forschung im achtzehnten Jahrhundert einen

Tiefpunkt erreichte und dass das Mikroskop damals nur noch zur Ergötzung und zum Zeitvertrieb benutzt wurde. Tatsächlich war das wissenschaftliche Mikroskopieren, das mit Malpighi, Nehemiah Grew, Leeuwenhoek und Swammerdam einen Höhepunkt erreicht hat, schon am Ende des siebzehnten Jahrhunderts in Verfall geraten. Robert Hooke sagt schon in 1692 etwas allzu pessimistisch, dass die wahren Forscher „are now reduced almost to a single Votary which is Mr Leeuwenhoek besides whom I hear of none that make any other Use of the Instrument but for Diversion and Pastime“.

Das achtzehnte Jahrhundert hat tatsächlich wenige bedeutende Mikroskopiker hervorgebracht. Die Hauptschuldigen davon waren bestimmt Linnäus und seine Nachfolger, für die Pflanzen systematik Hauptsache war und die Systematiker die echten Botaniker waren. Die Mikroskopiker wurden verächtlich „Botanophile“ genannt. Sogar hundert Jahre später, im Jahre 1875, gibt Julius von Sachs (21) mit einem vollkommenen Mangel an historischem Denken ein gänzlich verzerrtes Bild des achtzehnten Jahrhunderts. Wer sich näher darüber zu erkundigen wünscht, lese das Buch von Sachs und vor allem die Arbeit von W.J. Lütjeharms (22), der die Sachsschen Äusserungen vernichtend beurteilt (Seite 24): „Die Bedenken, welche ich gegen dieses Werk haben, lassen sich in drei Punkten zusammenfassen: unrichtige Wiedergabe historischer Tatsachen, falsche Deutung bestimmter Theorien und der unduldsame und unhistorische Geist der das Werk durchzieht“.

5. Ausser den 23 zusammengesetzten nichtachromatischen Mikroskopen der Van Heurckschen Sammlung, hatten wir in den letzten 35 Jahren die Gelegenheit auch andere Mikroskope der betreffenden Art zu untersuchen. Mehr als vierzig Geräte haben wir auf diese Weise sorgfältig untersuchen können. Unsere Ergebnisse führen zum Schluss, wie paradoxal es auch scheinen möge, dass im achtzehnten Jahrhundert der sehr hohe für ein grosses Mikroskop bezahlte Preis meistens keine Gewähr für optische Qualität war. Im Gegenteil, kleine und billige Geräte waren oft mit ausgezeichneten Linsen ausgestattet.

Wir beschränken uns hier auf die zwei folgenden typischen Beispiele.

Ein „Geo Adams Universal Compound Microscope“, Höhe 53 cm, mit 11 Objektivlinsen und vielem Zubehör, Höchstvergrösserung x 568, kostete damals £ 10-10. Sein Auflösungsvermögen erreichte höchstens kaum 1/200 mm! Also optisch ein sehr minderwertiges Mikroskop.

Vor vielen Jahren kamen wir zufällig im Besitz eines billigen kleinen Mikroskops des Culpeperschen Dreifusstyps, nicht markiert, englischer Herkunft (wahrscheinlicher Verkaufspreis im achtzehnten Jahrhundert: \$ 2 bis 3). Es ist mehr als 10 cm niedriger als die üblichen Stativen und nur mit 4 kleinen Objektivlinsen ausgestattet, im Gegensatz zu den mit 5-6 Objektiven ausgestatteten üblichen Stativen. Das aus zwei Linsen bestehende Okular hat eine Eigenvergrösserung von 2,6 x. Die zweilinsigen Okulare aus dem achtzehnten Jahrhundert haben übrigens

immer eine schwache Eigenvergrösserung, welche nur in seltenen Fällen grösser ist als x 3.

Vergrösserungsvermögen mit Okular :

Linse 1 = x 180

Linse 2 = x 70

Linse 3 = x 42

Linse 4 = x 26

Auflösungsvermögen :

Linsen einzeln :

Linse 1 = 1/320 mm

Linse 2 = 1/200 mm

Linse 3 = 1/120 mm

Linse 4 = 1/80 mm

Linsen mit Okular

Linse 1 = 1/400 mm

Linse 2 = 1/320 mm

Linse 3 = 1/200 mm

Linse 4 = 1/120 mm

Dieses kleine Mikroskop mit einer Höchstvergrösserung von nur x 180 hat also ausgezeichnete Linsen, welche in Verbindung mit dem Okular ein noch viel besseres Auflösungsvermögen geben. Auf den beiliegenden photographischen Aufnahmen sind einerseits das betreffende kleine Mikroskop (Abb. 1) und anderseits mehrere mit demselben gemachte Mikroaufnahmen (Abb. 2, 3, 4 und 5) zu sehen. Es handelt sich dabei um

ein photographischen Quadratstrichraster x 42 (Abb. 2),

ein photographischen Quadratstrichraster x 70 (Abb. 3),

ein photographischen Quadratstrichraster x180 (Abb. 4),

einen Teil eines Blattquerschnittes von *Phormium tenax* (Neuseeländischer Flachs) x 180. Die Faserbündel und ihr Lumen in den Parenchymzellen sind deutlich sichtbar auf der letzten Aufnahme. Sämtliche Mikroaufnahmen zeigen die unvermeidliche Bildverzerrung. Diese ist aber nicht übermäßig störend.

Der Mikroskopiker im achtzehnten Jahrhundert stand vor der Wahl ein einfaches oder ein zusammengesetztes Mikroskop zu benutzen. Das einfache Mikroskop gab ein nettes, aber sehr kleines Bildfeld. Die Benutzung einfacher Linsen sehr kurzer Brennweite (Vergrösserung z.B. x 100 und sogar mehr) ist aber äusserst ermüdend und anstrengend für das Auge ; stundenlange ununterbrochene Beobachtung mit derartigen Linsen ist dabei nervenaufreibend.

Das zusammengesetzte Mikroskop gibt ein viel grösseres Bildfeld und hat einen bedeutend grösseren Objektabstand. Es ist sehr handlich und praktisch bis Vergrösserungen von etwa x 300 und ermöglicht eine stundenlange ruhige Arbeit ohne Ermüdung des aufrechtsitzenden Beobachters.

* p. 78.

LITERATURANGABEN

1. HENRIK BAKER. — Het Mikroskoop gemakkelijk gemaakt. Derde druk vertaald door Martinus Houttuyn. Amsterdam 1778. p.p. 329-351.
2. P. VAN DER STAR. — Descriptive Catalogue of the simple microscopes in the Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen at Leyden 1953. Communication Nr 87 from the above mentioned Museum.
3. P. HARTING. — Das Mikroskop. Deutsche Originalausgabe. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn. 1866. Dritter Band. p. 129.
4. EDWARD MILLES NELSON. — What did our forefathers see in a microscope. Journal of the Royal Microscopical Society. 1910. p.p. 427-439.
5. P.H. VAN CITTERT. — Descriptive Catalogue of the collection of Microscopes in charge of the Utrecht University Museum. 1934. P. Noordhoff. Groningen. p. 10.
6. S. BRADBURY. — The quality of the image produced by the compound microscope. 1700-1840. Proceedings of th Royal Microscopical Society. Vol. 2. Part 1. 1967. p.p. 151-173.
7. ADRIANUS PIJPER. — The Microscope in Biology. South African Journal of Science 36. 58-72. 1939. Reprinted in the Journal of the Royal Microscopical Society. Series III. 42. 36-50.
8. EDWARD FRISON. — Adams' Microscopes and Microtomes. With Notes on Instruments by Magny. The Microscope. London. July-August and September-October 1951.
9. MARTIN MOBIUS. — Geschichte der Botanik, van den ersten Anfangen bis zur Gegenwart. Gustav Fischer. Jena 1937. p. 96.
10. GIOVANNI TARGONI TOSETTI. — Notizie della Vita e della Opera di Pier'Antonio Micheli. Firenze 1858. p.p. 155 en 330.
11. O. FREDERICUS MULLER. — Animalculia infusoria fluviatila et marina. Cura Othonis Fabricii. Hauniæ 1786.
12. W.J. LUTJEHARMS. — Zur Geschichte der Mykologie. Das XVIII Jahrhundert. Gouda 1936. p. 195.
13. JOHANNES HEDWIGII. — Fundamentum Historiae Naturalis muscorum Frondosorum. Lipsiae apud Siegfried Lebrecht Crusium ; 1782. Praefatio XVII en Cap. II. De Instrumentis et encheiresi in his Observationibus necessariis. p. 9-11.
14. F.A. SACCARDO. — C. Hedwig Précurseur de l'analyse microscopique des Ascomycètes. Traduit de l'Italien par M.C. Debeaux. Revue Mycologique de Roumeguère. Toulouse 1891, année. p.p. 104-107.
15. JEAN PIERRE ETIENNE VAUCHER. — Histoire des Conferves des Eaux douces. Genève. Pachoud 1803. Introduction p.V.
16. REGINALD S. CLAY and THOMAS COURT. — The History of the Microscope. Griffin. London 1932. p.p. 128-129.
17. JULIUS VON SACHS. — Histoire de la Botanique du XVI^e siècle à 1860. Traduction française par Henri de Varigny. Paris. Reinwald 1892. p. 220.
18. JOHN HILL. — The Construction of Timber from its early Growth explained by the Microscope. London 1770.
19. ED. FRISON. — Sociaal-economische toestanden en enggeestige corporatieve beperkingen als invloedsfactoren op de bouw van wetenschappelijke instrumenten in de 18de en 19de eeuw. Scientiarum Historia jaargang 4. 1962 Nr. 2. p.p. 76-90.
20. JOHANN SAMUEL TRAUGOTT GEHLER. — Physikalisches Wörterbuch. Leipzig 1798. Band III. p. 234.
21. JULIU SVON SACHS. — Histoire de la Botanique du XVI^e siècle à 1860. 1892. Traduction française par Henri de Varigny. Paris Reinwald. Chapitre II, l'anatomie botanique au XVIII^e siècle. p.p. 255-264.
22. W.J. LUTJEHARMS. Zur Geschichte der Mykologie. Das XVIII Jahrhundert. Gouda 1936. p. 24.
23. EDWAR DFRISON. — Adams' Microscopes and Microtomes. With Notes on Instruments by Magny. The Microscope. London. July-August and September-October 1951.
24. A.H. REGINALD BULLER. — Researches on Fungi. Vol. III. The production and liberation of Spores in Hymenomycetes and Uridineae. Chapter VI. The establishment of the Genus Coprinus. p. 124. Longman-Green & Co. London 1924.

Wir danken unserem Mitarbeiter Herrn J. Moens für seine wertvollen Angaben No 10, 14 und 24.

**The simple objectives of the compound non-achromatique microscopes
belonging to the Van Heurck collection**

We have examined 55 objective-lenses, 21 of which appeared poor, that is to say that the eye-piece was not capable of further increasing their resolving power.

However the resolving power of an objective was never reduced by the use of an eye-piece.

Poor lenses which, used with an eye-piece, did not show a better resolving power

- No. 16. All objective-lenses of the John Marshall microscope. Notwithstanding its very high historical value, this instrument is a poor microscope from the optical point of view.
- No. 19. The tripod mounted Culpeper type microscope with unmarked objective.
- No. 21. The tripod mounted Culpeper type microscope : lenses 5 - 3 and 1.
- No. 22. The tripod mounted Culpeper type microscope : lenses 4 and 3.
- No. 28. The brass microscope by John Cuff : lens 4.
- No. 29. A Burlini microscope : with one lens.
- No. 31. John Cuff type pocket microscope made from brass by Geo Adams : lenses 4 - 5 and 6.
- No. 33. Compound microscope by A. van Emden : lenses 5 - 4 - 3 and 2.
- No. 37. Doctor Somm  microscope : 1 lens.

At first sight the fact that of the 55 lenses examined, 21 can be described as poor, may seem surprising but this is not abnormal.

During the whole 17th and 18th century the art of grinding lenses, for simple as well as for compound microscopes, as practised not only by the professional opticians, but also by many amateurs was quite empirical. We know that one particular amateur, Anthony van Leeuwenhoek, made more than 550 lenses for his microscopes, a number of which would undoubtedly have been poor ones. To-day, only 9 specimens of these small microscopes remain. Of these 9, two are kept in the Rijksmuseum voor Geschiedenis der Natuurwetenschappen in Leiden, but they are poor ones. The specimen in the Henry Van Heurck collection is good, that in the University Museum in Utrecht being first rate.

John Mellin, contemporary of van Leeuwenhoek, was a professional optician established in London. We do not exactly know when he was born, but it is known

that around 1680 he was established on Abchurch Lane in London and died before the year 1704. His hand ground lenses with very short focal length were held in high repute. A few had a focus of 1/25 in. and even less. Nehemiah Grew has given a description of these in his „Catalogus of Rarities Belonging to the Royal Society” (1681).

Many 18th century amateurs have been interested in practical lens-grinding, which can be seen in the Dutch translation by Martinus Houttuyn (1778) of the well known book written by the English author Henry Baker (1).

He explains the method of Lieberkühn for grinding small lenses and Lieberkühn mirrors. Work procedures, tools and preparation of the required raw materials are described, giving full particulars.

All readers wishing to get further detailed knowledge on the many good and poor lenses used in simple microscopes in the 17th and 18th century should refer to the excellent work of P. van der Star (2).

Data published on the magnifying and resolving power of compound non-achromatice microscopes

To our knowledge, up to now only limited data have been published by :

1. P. Harting (3) ;
2. Edward Milles Nelson (4) ;
3. P.H. van Cittert (5) ;
4. S. Bradbury (6).

Harting writes : „Untersucht man Mikroskope aus jener Zeit so kommt man zu dem Resultate dass durch die als Objective benutzten einfachen Linsen alles, was man durchs zusammengesetzte Mikroskop beobachtete, zwar in geringer Vergrösserung gesehen wurde, dafür aber sehr deutlich und scharf, dass man daher durch die mit Okularen erzielte stärkere Vergrösserung des Bildes eigentlich nichts gewann als ein grösseres Gesichtsfeld, und zwar auf Kosten der für den Beobachter weit wichtigeren Helligkeit und Schärfe.“

In his masterly work Harting gives us a historical description of the evolution of the microscope, which is astoundingly good for his time, but he states the magnifications for three types of microscopes only : a Benjamin Martin, a Geo Adams and a Dellebarre microscope.

Edward Milles Nelson (1851-1938) enjoyed in England the reputation of being the best micrographer from 1875 to 1938. He was the one who brought the diffraction theory of Ernst Abbe to the knowledge of the professional workers and amateurs of renown in his country and introduced in the microscopic technique the „critical microscopy“ concept.

As a matter of fact, his remarkable work was not appreciated as it should have been in his time. We assume that this lack of recognition is due to the fact that history of the microscope and technique remained practically neglected objects of study at the beginning of the present century.

E.M. Nelson has established a comparison between a No. 1 Benjamin Martin microscope and a John Cuff single lens having a 1/25 in. focus (magnification 250 times).

This is what he states : „Taking the dioptric microscope first, it has been said that the compound form is inferior to the simple. It is possible that this saying has arisen owing to the numerous discoveries made by the famous van Leeuwenhoek (1673) with his simple microscope. It is true that for dissecting work simple lenses of powers, from that of watchmakers eye-glass to 1/2 inch focus, are more suitable than any compound microscope, nevertheless for an observing instrument there can not be question that the compound microscope, not only gives far better images but also is much more easy to work with, because the working distance is greater and the field larger.“

„A careful comparison was made between the Benjamin Martin compound with a No. 1 lens and Cuff's 1/25 (magnification 250 times).

Both resolved 15000 lines to the inch (600 lines to the millimetre) but the resolution with the compound was much stronger and sharper than with the single. A coarse Navicula Lyra - 17000 per inch (680 lines to the millimetre) was shown indifferently resolved by both, but the compound gave the better image. Neither would do that beautiful and easy diatom, the *Actinocyclus Ralfsii*, with the single it was bathed in coloured fog, but the compound gave a better picture of it than one would have expected. Of course, chromatic aberration and spherical fog were there and would be easily found if sought out, but looking at the diatom in an ordinary way these defects were by no means obtrusive.”

Nelson also states that it is quite difficult to convey to the uninitiated a true idea of the quality of a microscopic image, but that the limit of the resolving power of an 18th century compound microscope is comparable to that of a modern one provided with a Carl Zeiss a.a. objective and No. 5 eye-piece. Until the beginning of the present century Carl Zeiss always marked his objectives with letters and his eye-pieces with numbers. To-day, our modern objectives are marked with their own magnification and numerical aperture, the eye-pieces with their own magnification. As far as our knowledge goes, by consulting old price-lists of Zeiss, the *a a* had a 0.17 numerical aperture and gave in combination with a No. 5 eye-piece a $\times 80$ magnification or thereabouts, with a tube length of 160 millimetres.

P.H. van Cittert published in 1934 his „Descriptive Catalogue of the Collection of Microscopes in charge of the Utrecht University Museum”. By this work van Cittert had the great merit of being the first to publish the magnifying and resolving power data for about sixty 18th and 19th century simple, compound and projecting microscopes of both the achromatic and non-achromatic types. On page 10 of his „Descriptive Catalogue” van Cittert says of the non-achromatic compound microscopes of the 18th century :

„The reason why the magnifications of the compound microscopes are less than those of other types, is that the influence of the chromatic and spherical aberrations is much more predominant.

The resolving power is less for the obvious reason that the single lens, used as a single microscope, has a definite resolving power which can never increase though its magnification can increase when the lens is subsequently combined with an eye-piece. It often occurs on the contrary that the resolving power of the combination is less than that of the single lens, so that higher magnifications and lower resolving powers belong together.”

If van Cittert asserts that a simple non-achromatic lens reaches the limits of its resolving power, and that combined with an eye-piece this resolving power falls in most cases, he must be wrong for, as far as we have been able to ascertain, all resolving powers show the opposite.

It is probable that van Cittert did not determine the resolving power values of the objectives separately before fitting these into compound microscopes provided with their eye-pieces, otherwise his observations would have been inclined towards different results and conclusions.

S. Bradbury published in 1967 a comparative survey on the purity of the image in the compound microscopes from 1700 to 1840.

In the preface to his work he makes the following statement :

„In the early part of the seventeenth century workers such as Hooke and Grew and Powers used compound microscopes for serious scientific work. By the middle of the eighteenth century it had largely come to serve as an instrument for amusement in the form of the solar and lucernal microscope ,projecting enlarged images of lice and fleas upon a screen for the entertainment of the family in much the same manner that the colour slides of the Continental holiday are inflicted on today's audiences !”

We may firmly state here that Bradbury judges the case a little too lightly. Even by means of an 18th century compound non-achromatic microscope, notwithstanding its important spherical and achromatic aberrations, a lot of good and beautiful scientific work has been achieved, as we shall prove later. And, as for the plain amateur work in the 18th century, what may be called „using the microscope as a mere plaything”, the same affirmation applies to the 19th century and more than often to the present century. The well known South-African biologist Adrianus Pijper (7), expresses the opinion in a few simple and typical words : „There are many microscopes but few microscopists.”

Bradbury states the optical data for 13 non-achromatic English microscopes made between 1690 and 1790, comparing these with the Andrew Ross achromatic objectives of 1838, an Amici reflector of 1820 and a Cuthbert reflector of 1830.

Among the series of microscopes studied by Bradbury there is also the „Universal microscope” made by Adams the younger.

We have ourselves published (8), for an identical instrument, the magnifying and resolving powers of 11 lenses belonging to this microscopic set and used either as single microscope, or as objectives in a compound microscope having, in addition, two interchangeable tubes.

For the strongest lens we have found initial magnification of 142 times, and of 568 times in combination with the (b) eye-piece. Thus the magnification of the eye-piece was 4 times, but certainly not 30 times ! It follows, therefore, that Bradbury is not right where he states :

„Frison, who examined a similar model, came to the conclusion that the image was 'Hazy and quite mediocre' with a resolution of about 5μ . The microscope he examined was presumably fitted with similar lenses to the one in Oxford. As Frison's microscope yielded a magnification of x 560 with the highest power, the

eyepiece must have magnified the primary image approximately 30 times. This magnification is of course, far too great for objectives which are completely uncorrected and of such low aperture. For comparison it may be remembered that a modern combination of the same total magnification would be expected to resolve $0,5 \mu''$.

To sum up, we must say that amongst the four authors quoted, there is only one who plainly states that the compound non-achromatic microscope is superior to the single microscope : Edward Milles Nelson. It is unfortunate that he has limited his investigation to one compound non-achromatic microscope, a Benjamin Martin.

A few famous investigators who used compound non achromatic microscopes*Pier' Antonio Micheli (1679-1737)*

About this famous Florentine botanist-mycologist, Martin Möbius states (9) :

„Viel wichtiger war es, dass P.A. Micheli (1728) die Sporen zahlreicher Pilze sammelte, sie aussäete und nicht nur daraus ein Fadengeflecht, sondern auch die Fruchtkörper gewann. Er ist also als der wissenschaftlicher Begründer der Pilzkunde anzusehen, wenn er auch in den Fortpflanzungsorganen der Pilze die Blütenteile der höheren Pflanzen wieder erkennen wollte. Er hat aber eine Menge von Pilzen und ihre Sporenbildung vortrefflich beschrieben. So sah er, wie bei Agaricus auf beiden Flächen der Blätter runde und rundliche Samen wachsen, bei einigen ohne Ordnung zerstreut, bei anderen je zu vier sich berührend, er sah wie in der Trüffel kleine Bläschen, bald zwei, bald drei, bald vier runde und rundliche Samenkörner einschliessen, er sah auch das Ausstäuben der Sporen bei Peziza, er beschreibt Cyathus, dessen Becher mit linsenförmigen Fruchten (Fructus) erfüllt ist, die durch einen kurzen Stiel oder eine Nabelschnur angeheftet sind und desgleichen mehr.“

For achieving those wonderful discoveries Micheli had the use of only very crude instruments, a simple hand magnifying glass, a very strong lens (a molten glass globule), of which he complains that its use is tiresome and bad for his eyes. For careful and precise investigations he had his compound microscope with 3 lenses made by his contemporary the Jesuit Father Bonanni (1638-1725) (10).

The compound Bonanni microscope used by Micheli is not, as one may be inclined to think, the big horizontal microscope provided with a condenser and artificial light source, which Bonanni has also built and which is his most reputed microscope. It is the small vertical microscope which is shown on p. 26, Caput quartum of his „Micrographia Curiosa. Romae 1691”, Part 2.

It was necessary to keep this microscope, which required to be used by transmitted light, in front of the eye as a field-glass (the microscope mirror was introduced as late as 1716 by the microscope manufacturer Christian Gottlieb Hertel). Bonanni wrote his book in latin ; furthermore, the work has become rare and, accordingly, difficult to consult. We recommend that people wishing to get additional knowledge about the compound microscope used by Micheli refer to R.S. Clay and Th. Court — The History of the Microscope, London 1932. On page 84 of the work in question there is a good illustration showing the microscope, and there also is a translation in English of the description written by Bonanni.

Otto Friedrich Müller (1730-1784)

His book (11) was published by Fabricius, two years after his death. Müller was the first who tried to establish a systematic classification of the infusoria. It was

his pioneer work that Ehrenberg and, above all, Karl Theodor Ernst von Siebold (1804-1885) were able to use.

Müller was also very active in the field of mycology. Referring to him Lütjeharms (12) writes as follows. : „Weil seine Beobachtungen und Theorien über Pilze von grosser Wichtigkeit sind und ziemlich Einflussreich wurden, er war ein der fruchtbarsten mykologischen Schriftsteller der Zeit und gründete seine allgemeine Theorie über Entwicklung und Bau der Organismen u.a. auf seine Beobachtungen über Pilze”.

And A.H. Reginald Buller (24) writes :

„O.F. Müller in 1780 describes *Coprinus comatus* in the *Flora Danica*. He gave not only some excellent live-size illustrations showing the fruit-bodies in various stages of development including the deliquescence of the gills and the production of inky drops from the revolute pileus-margin, but also a sketch of the surface view of the hymenium as seen with the microscope. In this sketch he shows the spores in groups of four, the basidia beneath them, the steril paraphyses and, at the edge of his drawing, the sterigmata supporting the spores. (O.F. Müller *Florae Danicae Icones Fasc.XIV.1780.Tab.834.*)

„No essential point in the structure of the hymenium, as seen in surface view was missed. However Müller does not seem to have understood the interest of his drawing, for strangely enough, he made no comment upon it: he simply represented what he had seen with the microscope and thereby lost the splendid opportunity of being the first to give an account of the general structure of the hymenium of the Agaricaceae”.

Johannes Hedwig (1730-1799)

Hedwig, the founder of modern bryology, made his first observations with a simple microscope, which he did not deem satisfactory and which he replaced by a compound microscope.

In his famous work (13) he provides a full description of this microscope made by Reinthaler, the Leipzig university engineer. This microscope had no micrometric adjusting screw, but the tube had a rack-and-pinion motion. We shall refer to this item later.

This microscope had 6 objective-lenses marked from 0 to VI.

The 0 lens with eye-piece yielded a magnification of x6

The I lens with eye-piece yielded a magnification of x10

The II lens with eye-piece yielded a magnification of x20

The III lens with eye-piece yielded a magnification of x30

The IV lens with eye-piece yielded a magnification of x62

The V lens with eye-piece yielded a magnification of x170

The VI lens with eye-piece yielded a magnification of x290.

The magnifications were determined for a distance of 8 in., which was accepted as the minimum for a normal sight during the whole course of the 18th century. From the 19th century on and still to-day this distance is assumed to be 10 in.

The magnifications stated consequently become :

for 0 : x7.5
for I : x12.5
for II : x25
for III : x37.5
for IV : x77.5
for V : x212.5
for VI : x362.5

Opposite each of his splendid moss drawings, Hedwig states the number of the objective-lens used for the observation, so that we know exactly the scale of the drawing.

Furthermore, in his splendid work Hedwig surprises us by outstanding mycological work. He describes and illustrates 28 species of Ascomycetes, giving them the generical name „Octospora”.

The famous Italian mycologist Pietro Andrea Saccardo (14) in the nineteenth century has so high an appreciation of Hedwig's work, that he cannot understand how it could be achieved by means of the microscopes available at that time. He regrets that the successors of Hedwig have not followed his traces. Due to this mycology has been delayed by about half a century.

Jean Pierre Etienne Vaucher (1763-1841)

In his well known work (15) in which he describes his very interesting observations on the fresh-water algae, he states that he has worked with a compound microscope. The work of Vaucher is of extreme interest in the history of algology. As early as 1803 he has observed the conjugation of Spirogyra and already knew for sure that it was a copulation.

Christian Gottlieb Ehrenberg (1795-1876)

Ehrenberg made his remarkable observations in the course of the first ten years of his scientific career, by means of non-achromatic compound microscopes. He began with a „Nürnberg Pappmikroskop”, the optical system of which he had improved himself. In 1820 he was able to get a microscope from Hofman in Leipzig, and from 1824 on, a microscope by the English maker Bleuler (16). In 1828, at the earnest entreaty of his friend von Humboldt, he bought his first achromatic microscope from Charles Chevalier in Paris. Later he obtained microscopes made by Schiek in Berlin.

Now, it was actually with the cruder instruments that he made his most famous discoveries from the mycologic view-point. Julius von Sachs writes (17) :

„A partir de 1820 on put constater un progrès marqué dans la connaissance des champignons, nous l'attribuerons en partie au travail détaillé d Ehrenberg (De Mycetogenesis), dans la Leopoldina de 1820. Dans cet ouvrage l'auteur ne se contente pas de réunir et de coordonner toutes les connaissances que les botanistes précédents avaient acquises sur la nature et la reproduction des champignons, il a fait part au lecteur de ses propres observations sur les spores et la germination ; il joint à ses considérations des figures qui reproduisent entre autres phénomènes le cours des hyphes dans les grands sporophores, et surtout il décrit le premier cas de sexualité qu'on ait observé chez les moisissures, la conjugation des rameaux des Syzygites.”

To end with, we want to add a few words on :

John Hill (1716-1775)

Hill was an English apothecary, who published a work on the anatomy of timber (18) in 1770. All his observations were made with the big compound microscope known as „The Variable Microscope” by Geo Adams.

Calling Hills ’work a first class work would be a daring statement. All his cross sections of timber stems have been drawn with small magnifications. From the historical view-point, however, it may be interesting to note that all his sections were made by means of the Cummings „Cutting Engine”, built by Jesse Ramsden, which became the prototype of the hand microtomes made at a later date. At about the same time Geo Adams has also produced his first „Cutting Engine”, which was the forerunner of the 19th century sliding microtomes.

Facts and conclusions

1. After the series of non-achromatic microscopes, for the purpose of allowing comparisons to be made, we have also published the magnifying and resolving powers of two achromatic microscopes : a Selligue microscope and a Charles Chevalier microscope, the former dating from about 1826 and the latter from 1835.

The Selligue microscope has a set of 3 achromatic lenses, the pairs of lenses being set with the convex face towards the object. It is a badly made instrument, yielding a maximum resolving power of 1/320 mm at a total magnification of x150.

The universal horizontal microscope made by Charles Chevalier, the most expensive instrument at that time, say 1835, yields a resolving power of 1/600 mm at a total magnification of x500. It is true that its images are achromatic and show no distortion, but the resolving power is no greater than that of the good compound microscopes of the 18th century, the cost of which was much lower. That is

probably why a few microscopists have preferred to use their ancient Geo Adams, Jones and Bleuler microscopes.

2. It is clear that in the 18th century microscope collections, the English instruments are always there in greater numbers. The French ones are rather scarce. The principal cause is that during the „ancien régime” an obsolete corporative structure had appreciably restrained the production of the microscope makers. The state of affairs was quite different in England. We do not want to be more explicit here and refer to one of our earlier works (19) in case a reader would like to collect more knowledge on this question.

Furthermore, it should be noted that the English makers of microscopes were good merchants into the bargain, having a lot of customers on the Continent (especially in the Netherlands and in France).

They even respected the language spoken by their customers. We still know today the „Trade Card” of the English optician Scarlett, on which are illustrated all instruments of his make. The explanatory text is in English, in Dutch, and in French. The English optician Francis Watkins published in London in 1754 a manual in French of 97 pages for the correct use of his microscopes, the title of which was „L’Exercice du Microscope”.

3. The 18th century compound microscopes were subject to optical aberrations, impossible to correct at that time, they were defective from the mechanical view-point, which could certainly have been prevented. This was principally due to the slow micrometer screw action with backlash often resulting in loss of time and temper by the user. A correct adjustment through a rack-and-pinion system of a sound design would have been much more practical and easy to control.

The German makers of microscopes, who simplified John Cuff’s microscope, had taken the occasion to provide their stands with an exact rack-and-pinion type focusing system, the first of all being Reinthaler and his successor Weickert in Leipzig and Heinrich Tiedemann in Stuttgart. On this subject the physician and mathematician Johann Samuel Traugott Gehler writes (20): „Der verstorbene Mechanicus Reinthaler in Leipzig gab der Röhre mit den Gläsern die Bewegung auf eine vortreffliche Art vermittelst eines kleinen Rades, welches mit seine Zähne sehr gleichmäßig und sanft die Zähne der Stange eingreift. Das ganze Werkzeug befestigte er an ein Kästchen woren es mit allem Zubehör konnte zurückgebogen werden, welches der Gebrauch auf Reisen erleichtert. Dieser Mechanismus, welchen Herr Tiedemann in Stuttgard beygehalten hat, scheint mir unter allen der vorzüglichste zu seyn.”

And we know that Johannes Hedwig achieved his work with a Reinthaler compound microscope.

4. It is generally thought that there was a notable regression of microscopic

research work in the 18th century, and that the microscope was only used as an instrument for diversion and pastime.

As a matter of fact, the scientific research work by means of the microscope as practised by Malpighi, Nehemiah Grew, Leeuwenhoek and Swammerdam was already on the down-grade around the end of the 17th century. Robert Hooke, who was, perhaps, a little too pessimistic, stated in 1692 that the true investigators „are now reduced almost to a single Votary which is Mr Leeuwenhoek besides whom I hear of none that make any other Use of the Instrument but for Diversion and Pastime.”

In fact the 18th century showed very few important microscopists. The scientists who shared the responsibility for this decay are above all Linné and his followers. They deemed the systematization to be of prime importance. They thought the true botanists to be the systematic ones. The microscopists, whom they belittled, they supposed to be mere „botanophiles”. Even one century later, in 1875, (!) Julius von Sachs (21), being unable to think as a historian, expressed quite a false opinion about the 18th century. Should a reader want to acquire a supplementary knowledge on the subject, he may consult the work of Sachs and, above all, we recommend that he should refer to W.J. Lütjeharms (22). On page 24, Lütjeharms severely criticizes the work of Sachs :

„Die Bedenken welche ich gegen dieses Werk habe, lassen sich in drei Punkten zusammenfassen : Unrichtige Wiedergabe historischer Tatsachen, falsche Deutung bestimmter Theorien und unduldsame und unhistorische Geist der das Werk durchzieht.”

5. Apart from the 23 non-achromatic compound microscopes of the Van Heurck collection, we have been able to examine other similar microscopes in the course of the last 35 years. We have thus been able to subject about 40 microscopes to a detailed investigation. Paradoxical as it may appear, we are able to conclude from our studies on this subject that during the 18th century a microscope of a large size, which had been bought at a high price, may have had a really defective optical system, whilst a small cheap one may have had first-class lenses.

Two typical examples follow hereafter.

A Geo Adams Universal Compound Microscope, 53 cm high, with 11 objective-lenses and plenty of accessories, yielding a maximum magnification of x568, was quoted £10-10 in the price-list of Adams. Its maximum resolving power is only 1/200 mm ! Thus, from the optical view-point, this microscope is a very unsatisfactory instrument (23).

A long time ago, by chance, we were able to buy cheap a small size microscope of the Culpeper tripod type, of English make, without signature, the price of which in the 18th century must have been £ 2 to 3.

The height of this microscope is 10 centimetres less than the usual stands, it

has only 4 objectives, whereas the usual types have 5 or 6. The eye-piece has two lenses with a magnification of x2.6. By the way, the 18th century eye-pieces have nearly always a very small magnification, not often more than x3.

Magnifying power with eye-piece : lens 1 : x180

lens 2 : x70

lens 3 : x42

lens 4 : x26

Resolving power :

lenses separately

lenses with eye-piece

lens 1 : 1/320 mm

lens 1 : 1/400 mm

lens 2 : 1/200 mm

lens 2 : 1/320 mm

lens 3 : 1/120 mm

lens 3 : 1/200 mm

lens 4 : 1/80 mm

lens 4 : 1/120 mm

Thus, this small microscope, the maximum magnification of which is only x180, has excellent lenses, which in combination with the eye-piece yield an even higher resolving power. The attached photographs show 1° the small microscope,

2° is a squared photographic grating x42

2° is a squared photographic grating x42

3° is a squared photographic grating x70

4° is a squared photographic grating x180

5° is a part of a transverse section of the leaf of *Phormium tenax* Forst, New Zealand flax, x180. The fibre bundles and their lumen are quite distinctly visible among the parenchymatous cells. The unavoidable distortion can be seen on all pictures, but it is not too obtrusive.

The 18th century microscopist had two possible choices : either a single microscope or a compound microscope. The single microscope provides a clear but narrow field. Furthermore, the observation by means of single lenses having a very short focus, e.g. a lens x100 or stronger, is extremely tiring and bad for the eye, and its use becomes irritating when it is necessary to observe during several hours without a break.

The compound microscope gives a much wider field and a greater working distance. With magnifications up to x300 it is very practical, and easy to manipulate, allowing the operator to remain conveniently seated and, therefore, less tired after long observation.

* p. 78.

BIBLIOGRAPHY

1. HENRIK BAKER. — Het Mikroskoop gemakkelijk gemaakt. Derde druk vertaald door Martinus Houttuyn. Amsterdam 1778. p.p. 329-351.
2. P. VAN DER STAR. — Descriptive Catalogue of the simple microscopes in the Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen at Leyden 1953. Communication Nr 87 from the above mentioned Museum.
3. P. HARTING. — Das Mikroskop. Deutsche Originalausgabe. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn. 1866. Dritter Band. p. 129.
4. EDWARD MILLES NELSON. — What did our forefathers see in a microscope. Journal of the Royal Microscopical Society. 1910. p.p. 427-439.
5. P.H. VAN CITTERT. — Descriptive Catalogue of the collection of Microscopes in charge of the Utrecht University Museum. 1934. P. Noordhoff. Groningen. p. 10.
6. S. BRADBURY. — The quality of the image produced by the compound microscope. 1700-1840. Proceedings of the Royal Microscopical Society. Vol. 2. Part 1. 1967. p.p. 151-173.
7. ADRIANUS PIJPER. — The Microscope in Biology. South African Journal of Science 36. 58-72. 1939. Reprinted in the Journal of the Royal Microscopical Society. Series III. 42 36-50.
8. EDWARD FRISON. — Adams' Microscopes and Microtomes. With Notes on Instruments by Magny. The Microscope. London. July-August and September-October 1951.
9. MARTIN MOBIUS. — Geschichte der Botanik, van den ersten Anfangen bis zur Gegenwart. Gustav Fischer. Jena 1937. p. 96.
10. GIOVANNI TARGONI TOSETTI. — Notizie della Vita e della Opera di Pier'Antonio Micheli. Firenze 1858. p.p. 155 en 330.
11. O. FREDERICUS MULLER. — Animalculia infusoria fluviatila et marina. Cura Othonis Fabricii. Hauniæ 1786.
12. W.J. LUTJEHARMS. — Zur Geschichte der Mykologie. Das XVIII Jahrhundert. Gouda 1936. p. 195.
13. JOHANNES HEDWIGII. — Fundamentum Historiae Naturalis muscorum Frondosorum. Lipsiae apud Siegfried Lebrecht Crusium; 1782. Praefatio XVII en Cap. II. De Instrumentis et encheiresi in his Observationibus necessariis. p. 9-11.
14. F.A. SACCARDO. — C. Hedwig Précurseur de l'analyse microscopique des Ascomycètes. Traduit de l'Italien par M.C. Debeaux. Revue Mycologique de Roumeguère. Toulouse 1891. année. p.p. 104-107.
15. JEAN PIERRE ETIENNE VAUCHER. — Histoire des Conferves des Eaux douces. Genève. Pachoud 1803. Introduction p.V.
16. REGINALD S. CLAY and THOMAS COURT. — The History of the Microscope. Griffin. London 1932. p.p. 128-129.
17. JULIUS VON SACHS. — Histoire de la Botanique du XVI^e siècle à 1860. Traduction française par Henri de Varigny. Paris. Reinwald 1892. p. 220.
18. JOHN HILL. — The Construction of Timber from its early Growth explained by the Microscope. London 1770.
19. ED. FRISON. — Sociaal-economische toestanden en enggeestige corporatieve beperkingen als invloedsfactoren op de bouw van wetenschappelijke instrumenten in de 18de en 19de eeuw. Scientiarum Historia jaargang 4. 1962 Nr. 2. p.p. 76-90.
20. JOHANN SAMUEL TRAUGOTT GEHLER. — Physikalisches Wörterbuch. Leipzig 1798. Band III. p. 234.
21. JULIU SVON SACHS. — Histoire de la Botanique du XVI^e siècle à 1860. 1892. Traduction française par Henri de Varigny. Paris Reinwald. Chapitre II, l'anatomie botanique au XVIII^e siècle. p.p. 255-264.
22. W.J. LUTJEHARMS. Zur Geschichte der Mykologie. Das XVIII Jahrhundert. Gouda 1936. p. 24.
23. EDWAR DFRISON. — Adams' Microscopes and Microtomes. With Notes on Instruments by Magny. The Microscope. London. July-August and September-October 1951.
24. A.H. REGINALD BULLER. — Researches on Fungi. Vol. III. The production and liberation of Spores in Hymenomycetes and Uridineae. Chapter VI. The establishment of the Genus Coprinus. p. 124. Longman-Green & Co. London 1924.

We are indebted to Mr Jules Moens, our collaborator, for the information regarding Nr 10, 14 and 24.