

BIOLOGISCHE BRAUEREI-BETRIEBS- KONTROLLE

**ALLGEMEIN-BOTANISCHE GRUNDLAGEN,
PILZKUNDE UND HEFEREINZUCHT**

VON

DR. H. HELLER

**DRITTE, NEU BEARBEITETE AUFLAGE DER
ALLGEMEINEN BOTANIK FÜR BRAUER VON
PROF. DR. H. ROSS**

MIT 56 ABBILDUNGEN IM TEXT



MÜNCHEN UND BERLIN 1931

VERLAG VON R. OLDENBOURG

**Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechtes, vorbehalten.
Copyright 1931 by R. Oldenbourg, München und Berlin.
Druck von R. Oldenbourg, München und Berlin.**

VORWORT.

Nachdem eine neue Auflage der „Allgemeinen Botanik, Pilzkunde und Hefereinzucht für Brauer“ von Prof. Dr. Roß notwendig geworden war, übertrug Prof. Dr. Roß dem Unterzeichneten die Neubearbeitung des Buches. Der alte Text wurde umgearbeitet, neu geordnet und durch Hinzufügung eines Abschnittes über die praktische biologische Betriebskontrolle erweitert. War das Buch seither nur als Hilfsmittel zu betrachten für den Unterricht an der Lehr- und Versuchsanstalt für Brauer in München, so soll es nunmehr auch allgemein dem in der Praxis stehenden Brauer zur Belehrung dienen. Daher mußten die Abbildungen bedeutend vermehrt werden, was Herr Prof. Dr. Dunzinger in liebenswürdiger Weise übernommen hat. Der Stoff über die allgemein botanischen Grundlagen ist nach wie vor auf das Wichtigste und unbedingt Notwendige beschränkt geblieben. Der von Dr. Doemens bearbeitete Abschnitt über den Hefereinzuchtapparat ist fast unverändert aus der vorhergehenden Auflage übernommen worden. Einige Abbildungen von Geräten und Präparaten wurden von der Firma Otto Reinig in München freundlichst zur Verfügung gestellt. Bei der Bearbeitung haben mir die Herren Prof. Dr. Roß und Dr. Doemens ihre reichen Erfahrungen in jeder Weise zur Verfügung gestellt. Ich spreche ihnen sowie Herrn Prof. Dr. Dunzinger, der genannten Firma und dem Verlag für alle Mitarbeit meinen herzlichsten Dank aus.

München, Dezember 1930.

Dr. H. Heller.

INHALT.

| | Seite |
|--|-----------|
| § 1. Einleitung | 1 |
| I. Das Mikroskop | 1 |
| § 2. Einführung | 1 |
| 1. Allgemeines | 2 |
| § 3. Beschreibung, Vergrößerung | 2 |
| § 4. Lichtberechnung, Linsen, Immersion, Apertur | 4 |
| § 5. Ankauf, Behandlung | 8 |
| 2. Gebrauch des Mikroskopes | 9 |
| § 6. Einstellung | 9 |
| § 7. Messung | 9 |
| 3. Wichtige Hilfsmittel bei mikroskopischen Arbeiten | 10 |
| § 8. Objektträger, Deckgläser, Nadeln, Pinzetten | 10 |
| 4. Wichtige Reagentien | 11 |
| § 9. Alkannin, Glycerin, Jod, Lauge, Methylenblau, Phloroglucin, Schwefelsäure | 11 |
| 5. Herstellung der Präparate | 12 |
| § 10. Hefe, Schimmel, Schnitte, Molekularbewegung | 12 |
| II. Botanische Grundlagen zur Betriebskontrolle | 13 |
| § 11. Einführung | 13 |
| 1. Die Zelle und ihre Bestandteile | 13 |
| § 12. Wand, Inhalt | 13 |
| § 13. Plasmolyse | 14 |
| § 14. Kern, Neubildung | 15 |
| § 15. Verkorkung, Verholzung | 15 |
| § 16. Größe, Gestalt, Tüpfel | 16 |
| § 17. Hefezelle, Vakuolen, Sproßverbände | 17 |
| 2. Die Ernährung der Pflanzen | 18 |
| § 18. Einführung | 18 |
| § 19. Chlorophyll, Assimilation | 18 |
| § 20. Ernährung | 20 |
| § 21. Eiweiß | 20 |
| § 22. Parasiten, Fäulnisbewohner | 20 |

| | Seite |
|---|-----------|
| 3. Die Reservennährstoffe | 20 |
| § 23. Einführung, Aleuronkörner | 20 |
| § 24. Stärkearten | 21 |
| § 25. Fetttes Öl | 22 |
| 4. Die Atmung | 22 |
| § 26. Kreislauf des Kohlenstoffs | 22 |
| § 27. Spaltöffnungen, Zwischenzellräume | 23 |
| 5. Die Keimung | 23 |
| § 28. Sproß, Wurzel, Leitbündel, Oberhaut, Wurzelhaare, Vegetationspunkt, Wurzelhaube | 23 |
| § 29. Enzyme | 25 |
| 6. Die Blüten der Pflanzen | 26 |
| § 30. Bau einer Blüte, Samenanlage, Befruchtung | 26 |
| § 31. Gerstenblüte, Spelze, Schüppchen | 27 |
| § 32. Ähre, Basalborste, Gerstensorten | 28 |
| 7. Innerer Bau des Gerstenkornes | 29 |
| § 33. Längsschnitt, Nährgewebe, Keimling | 29 |
| 8. Die Hopfendolde | 31 |
| § 34. Eingeschlechtlichkeit, Vor- und Deckblätter Lupulinkörner | 31 |
| III. Mikroskopische Übungen an Rohmaterialien und Hilfsstoffen | 33 |
| 1. Mikroskopische Präparate zum allgemeinen Verständnis | 33 |
| § 35. Pflanzenzelle | 33 |
| § 36. Chlorophyll | 33 |
| § 37. Stärke und Öl | 34 |
| § 38. Spaltöffnungen | 34 |
| 2. Zur Kenntnis des ruhenden und keimenden Gerstenkornes | 34 |
| § 39. Krummschnäbel, Kornbasis, Basalborste, Schüppchen | 34 |
| § 40. Querschnitte und deren Färbung, Wurzel | 37 |
| 3. Zur Kenntnis des Hopfens | 37 |
| § 41. Vor- und Deckblätter, Hopfendrüsen | 37 |
| 4. Über das Holz der Nadel- und Laubbäume | 38 |
| § 42. Jahresringe, Markstrahlen, Gefäße, Haselspane, Hainbuche, Eiche, Schnittpräparate | 38 |
| 5. Der Flaschenkork | 40 |
| § 43. Korkgewebe, Korkeiche, Schnitte | 40 |
| 6. Die Filtermasse | 41 |
| § 44. Baumwolle, Asbest, Hanf, Flachs, Schafwolle | 41 |

| | Seite |
|--|-----------|
| IV. Pilzkunde | 42 |
| § 45. Einführung | 42 |
| 1. Die Kultur der Pilze | 42 |
| § 46. Gefäße für Pilzkulturen | 42 |
| § 47. Sterilisation und Desinfektion. Dampftopf, Glas- kasten | 43 |
| 2. Nährböden für Pilze | 45 |
| § 48. Einführung | 45 |
| § 49. Flüssige Nährböden | 46 |
| § 50. Feste Nährböden | 46 |
| 3. Kulturmethoden | 47 |
| § 51. Verdünnung im Freudenreichkölbchen | 47 |
| § 52. Gelatineplatte | 48 |
| § 53. Feuchte Kammer | 48 |
| § 54. Tropfen- und Tröpfchenkulturen | 50 |
| § 55. Der Brutschrank, Vegetationsgrenzen, Optimum der Entwicklung | 52 |
| 4. Allgemeine Lebensverhältnisse der Pilze | 54 |
| § 56. Bau und Beschaffenheit der Pilzzellen, Myzel, Hyphen, Glykogen, Zellwand | 54 |
| § 57. Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflan- zung der Pilze, Zweiteilung, Sprossung, Endo- sporen, Konidien, Gemmen, Brückensporen, Dauer- sporen | 55 |
| § 58. Enzymwirkungen, Gärung, Verflüssigung der Ge- latine | 57 |
| § 59. Aerobe und anaerobe Pilze | 57 |
| § 60. Misch- und Reinkulturen der Pilze | 58 |
| 5. Einteilung und Beschreibung der wich- tigsten in Brauereien vorkommenden Pilze | 59 |
| § 61. Einteilung: Schimmelpilze, Sproßpilze, Bakterien | 59 |
| § 62. Schimmelpilze, Allgemeines | 59 |
| § 63. Köpfenschimmel | 60 |
| § 64. Pinselschimmel | 63 |
| § 65. Kolbenschimmel | 64 |
| § 66. Unvollkommen bekannte Schimmel | 66 |
| § 67. Milchschimmel | 66 |
| § 68. Roter Malzschimmel | 66 |
| § 69. Kräuterschimmel | 66 |
| § 70. Schleimpilz | 67 |
| § 71. Grauer Malzschimmel | 68 |
| § 72. Weißer Fruchtschimmel | 68 |
| § 73. Sproßpilze, Hefepilze, Einführung | 69 |

| | Seite |
|--|-----------|
| § 74. Echte Hefen | 69 |
| § 75. Die Gipsblockkultur | 69 |
| § 76. Hautbildung, Dauerzellen | 70 |
| § 77. Riesenkolonien | 72 |
| § 78. Alkoholgärung | 72 |
| § 79. Bestimmung einer Hefeart | 73 |
| § 80. Einteilung der Hefepilze in Kulturhefen, wilde Hefen und Nachgärungshefen | 73 |
| § 81. Kulturhefen, Obergärige und untergärige Hefen . | 74 |
| § 82. Wilde Hefen | 76 |
| § 83. Nachgärungshefen, Brettanomyzes | 78 |
| § 84. Besondere Hefen, Apikulatushefen | 79 |
| § 85. Spalthefen | 79. |
| § 86. Unvollkommen bekannte Sproßpilze, Kahlhefe, Torulahefen | 80 |
| § 87. Spaltpilze oder Bakterien, Allgemeines | 81 |
| § 88. Einteilung und Beschreibung der wichtigsten Arten Kugelbakterien, Stäbchenbakterien, Fadenbakte- rien, der Heupilz | 83 |
| § 89. Durch Bakterien verursachte Bierkrankheiten . . | 87 |
| Sarzinakrankheit, Essigsäuregärung, Milchsäure- gärung, Buttersäuregärung, Schleimbildung, Termobakterien | 87 |
| V. Die biologische Betriebskontrolle | 90 |
| § 90. Zweck derselben | 90 |
| § 91. Stellung des Betriebskontrollcurs | 91 |
| Journalführung | 92 |
| § 92. Einfallstellen für Infektionen | 92 |
| 1. Ständige, regelmäßige Arbeiten | 93 |
| § 93. Die Probenahme | 93 |
| Haltbarkeitsproben | 93 |
| § 94. Untersuchung der Würze | 94 |
| Sarzina | 94 |
| § 95. Die Haltbarkeit des Bieres | 95 |
| Mikroskopische Prüfung | 95 |
| § 96. Biertrübungen und Bodensätze | 96 |
| Sarzinainfektion | 96 |
| Milchsäureinfektion | 97 |
| Wilde Hefe | 98 |
| Hefetrübung | 98 |
| § 97. Die Anstellhefe | 99 |
| Mikroskopisches Bild | 100 |
| Hefewanne | 100 |
| § 98. Das Bottichbier | 101 |
| Anwendung des Tröpfchenpräparates | 101 |

| | Seite |
|--|-------|
| § 99. Zwickelproben | 102 |
| Termobakterien | 103 |
| Wilde und Nachgärungshefen | 103 |
| § 100. Das Faßgeläger | 104 |
| § 101. Das Restbier | 104 |
| Lense und Ernst über Restbier | 105 |
| § 102. Das Retourbier | 105 |
| § 103. Die Filtermasse (Beurteilung des Reinheitsgrades) | 106 |
| § 104. Die Prüfung der Abfüllapparate und Bierleitungen | 106 |
| Vorgehen bei einer Infektion | 107 |
| Trubpresse | 107 |
| Erster Anlauf | 107 |
| 2. Gelegentliche Arbeiten | 108 |
| § 105. Betriebssicherheit | 108 |
| § 106. Die Wasseruntersuchung | 108 |
| Entkeimung | 109 |
| Wasserorganismen | 109 |
| Untersuchung nach Hansen | 110 |
| Beurteilung des Resultates | 110 |
| Plattenkulturen | 110 |
| Wasserleitung | 110 |
| § 107. Die Luftuntersuchung | 111 |
| Keimgehalt | 111 |
| Prüfungsmethode und Resultat | 111 |
| Infektionsquellen | 112 |
| Druckluft | 112 |
| § 108. Die Pasteurisierungskontrolle | 112 |
| Eiweißtrübung | 113 |
| Verhütungsmittel | 113 |
| Kontrollproben | 113 |
| § 109. Die Kontrolle der Filtration | 114 |
| § 110. Die Bottiche, Fässer und Flaschen | 114 |
| 3. Besondere Untersuchungsmethoden | 116 |
| § 111. Anstellhefe, Methylenblaufärbung | 116 |
| § 112. Zählung der Hefezellen | 117 |
| Zählapparat nach Metz | 118 |
| § 113. Tröpfchenkultur, wilde Hefe | 118 |
| § 114. Sarzina, Vaselineinschlußpräparat | 118 |
| Nährlösung | 119 |
| Schneggsche Methode | 120 |
| § 115. Das Vaselineinschlußpräparat | 120 |
| § 116. Die Kölbchenkultur nach Bettges | 121 |
| § 117. Die Sarzinafrage | 121 |
| Stockhausen | 121 |
| Trautwein | 122 |

| | Seite |
|---|------------|
| 4. Die Reinigungsarbeiten in der Praxis | 123 |
| § 118. Die natürlichen Reinigungsmittel | 123 |
| § 119. Besondere Desinfektionsmittel | 124 |
| § 120. Kühlschiff, Kühlapparat und Trubpressen | 126 |
| K Kühlschiff | 126 |
| K Kühlapparat | 126 |
| K Trubpresse | 127 |
| § 121. Die Behandlung der Gärbottiche | 127 |
| H Holzbottiche, Aluminium-, Emaile-, Eisenbe- tton-Bottiche. | 127 |
| § 122. Die Fässer | 128 |
| § 123. Die Behandlung und Prüfung der Gummischläuche | 129 |
| § 124. Die Abfüllapparate und Flaschen | 130 |
| S Schnegg, Schachner und Harder. | 131 |
| § 125. Die Filtermasse (Reinigung) | 132 |
| § 126. Fußböden und Abflüsse | 133 |
| § 127. Kontrolle des Reinzuchtapparates. | 133 |
| § 128. Das Einsenden von Proben an eine Versuchs- station | 134 |
| 5. Die Reinigungsarbeiten in der Mälzerei unter Berücksichtigung des Kornkäfers und seiner Bekämpfung | 135 |
| § 129. Allgemeines und Mittel | 135 |
| N Neumann | 137 |
| VI. Reinkultur der Pilze | 139 |
| § 130. Einführung | 139 |
| 1. Herstellung einer Reinkultur | 139 |
| § 131. Natürliche Reinzucht | 139 |
| § 132. Reinkultur aus einer Zelle | 140 |
| § 133. Durch Verdünnung | 140 |
| § 134. Durch Abimpfen von einer Gelatineplatte | 141 |
| § 135. Reinkultur nach Hansen | 141 |
| § 136. Durch Abimpfen von einer Tröpfchenkultur | 143 |
| § 137. Herstellung aus Betriebshefe. | 144 |
| 2. Das Arbeiten mit Reinkulturen | 145 |
| § 138. Das Überimpfen in Pasteur-Kolben | 145 |
| 3. Herstellung größerer Mengen von Rein- hefe ohne Reinzuchtapparat. | 147 |
| § 139. Karlsberg-Kolben | 147 |
| 4. Versand von Reinhefe | 148 |
| § 140. Versandkolben, Hansen-Kölbchen | 148 |
| 5. Aufbewahrung von Reinhefe. | 149 |
| § 141. Rohruckerlösung | 149 |

| | Seite |
|---|------------|
| VII. Der Hefereinzuchtapparat | 150 |
| § 142. Einführung, Karlsberg-Kolben. | 150 |
| 1. Der Hefereinzuchtraum | 150 |
| § 143. Bau, Leitungen, Kühlung | 150 |
| 2. Beschreibung des Apparates | 151 |
| § 144. Hansen-Kühle | 151 |
| 3. Die Sterilisation | 154 |
| § 145. Luftfilter, Ausdämpfen, Abkühlen, Würzekochen | 154 |
| 4. Die Gärung. | 157 |
| § 146. Temperatur, Anstellen, Hefeentnahme | 157 |
| 5. Die ersten Bottichgärungen | 159 |
| § 147. Herführung | 159 |
| 6. Verschiedene Ausführungen des Hefe- reinzuchtapparates. | 160 |
| § 148. Hemm, Jörgensen, Lindner, Doemens | 160 |
| § 149. Schluß. Literaturverzeichnis | 161 |

Einleitung.

§ 1. Der moderne Brauer kann seiner Konkurrenz nur dann erfolgreich begegnen, wenn seine Biere gleichbleibend gut sind hinsichtlich ihres Geschmackes, ihrer Haltbarkeit und ihres Charakters. Für diese wichtigsten Eigenschaften eines Bieres übernimmt aber in erster Linie die biologische Betriebskontrolle die Verantwortung, während die chemischen Untersuchungen vor allen Dingen für die Rentabilität beim Einkauf und bei Verarbeitung der Rohmaterialien garantieren müssen.

Die biologische (*bios* = Leben) Betriebskontrolle setzt allgemeine botanische Kenntnisse voraus über die Beschaffenheit der Gerste, des Hopfens, der Hefe, umfaßt auch die im Mälzereibetrieb auftretenden tierischen Schädlinge und erstreckt sich über das große Gebiet der Gärungsorganismen, also der Pilzkunde im weitesten Sinne. Wir haben es bei der Bierbereitung fast ausschließlich mit biologischen Vorgängen zu tun, nämlich dem Wachstum der Gerste, der Hefegärung, dem Auftreten von Bierkrankheiten, welche durch Mikroorganismen verursacht werden, der Schädigung der Gerste und des Malzes durch Insekten usw.

Daher muß sich der Brauer mit diesen Arbeitsgebieten vertraut machen. Die meisten Vorgänge spielen sich aber im Kleinen ab und sind nur durch mikroskopische Betrachtung auf ihre Ursachen zurückzuführen. Man verlangt also von jedem technisch gebildeten Brauer, daß er das Mikroskop als täglich gebrauchtes Instrument kennt und handhaben kann. Die Anforderungen, die ein Brauereibetrieb an denjenigen stellt, der die biologische Kontrolle gewissenhaft durchführen soll, sind nicht nur sehr groß, sondern auch von einer auf anderen Spezialgebieten nicht vorkommenden Vielseitigkeit. Man kann dieses Arbeitsgebiet nur demjenigen empfehlen, der mit Begeisterung danach greift und dem keine Mühe zu groß ist, seine Aufgabe zum Nutzen des Betriebes vollkommen zu erfüllen.

I. Das Mikroskop.

§ 2. Zur Durchführung einer geordneten Betriebskontrolle ist das Mikroskop das wichtigste Instrument. Die biologische Reinheit des Bieres steht vor allen anderen Eigenschaften. Daher muß sich der Brauer mit der Handhabung dieses Instrumentes durchaus vertraut machen.

Heller, Kontrolle.

1. Allgemeines.

§ 3. Das Mikroskop¹⁾ besteht aus dem Stativ mit dem Objektisch, dem Beleuchtungsapparat und verschiedenen Linsen (Abb. 1).

Die am oberen Ende des Mikroskoprohres (lateinisch *tubus*), also dem Auge (lateinisch *oculus*) zunächst befindliche Linse heißt Okular; die untere, dem zu betrachtenden Gegenstand (Objekt) zunächststehende Linse heißt Objektiv.

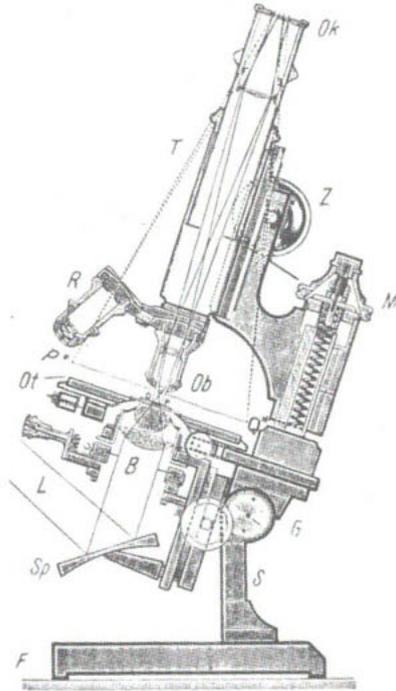


Abb. 1. Schematischer Längsschnitt nebst Strahlen-gang für ein größeres Mikroskop von E. Leitz, Wetzlar.

Ok Okular, T Tubus (Mikroskoprohr), Z Zahn und Trieb zur groben Einstellung, M Mikrometerschraube, Ob Objektiv, B Beleuchtungsapparat, G Gelenk zum Umlegen, S Säule, Sp Spiegel, L Lichtstrahler, F Fuß.

Das Wichtigste am Mikroskop ist das Objektiv, weil dieses hauptsächlich die Vergrößerung herbeiführt. Es besteht aus mehreren aplanatischen Doppellinsen und bringt ein umgekehrtes, stark vergrößertes Bild des Gegenstandes hervor (§ 4), welches durch das Okular nochmals vergrößert wird. Objektiv und Okular

¹⁾ Mikros (griechisch) klein; skopeo (griechisch) ich sehe.

sind mit Buchstaben oder Nummern, von den schwächeren zu den stärkeren fortlaufend, versehen. Man benutzt soweit als möglich schwache Okulare, da die stärkeren immer größer werdende Dunkelheit des Gesichtsfeldes bedingen. Die moderne Bezeichnung nach der Eigenvergrößerung gestattet es durch Multiplikation der beiden Zahlen für Objektiv und Okular die Vergrößerung zu berechnen. Diese Eigenvergrößerungen sind:

| | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|
| Objektiv Nr. | 3 | 5 | 7 | 8 a |
| Eigenvergrößerung | 10 × | 30 × | 62 × | 70 × |

| | | | | |
|-------------------|-----|-----|------|------|
| Okular Nr. | I | III | IV | V |
| Eigenvergrößerung | 5 × | 8 × | 10 × | 12 × |

Jedem Mikroskop wird von der Fabrik eine Tabelle beigelegt, welche die Vergrößerung je nach den verschiedenen Zusammenstellungen von Objektiv und Okular angibt, z. B.:

| Vergrößerung bei 170 mm Tubuslänge und 250 mm Bildweite (nach Leitz) | | | | | | |
|--|--------|-----|-----|-----|-----|---|
| Objektiv | Okular | | | | | Wert d. Okularmikrometers Gemessen mit Okular II |
| | I | II | III | IV | V | |
| 3 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 15,6 μ |
| 5 | 150 | 180 | 240 | 300 | 360 | 5 μ |
| 7 | 310 | 375 | 500 | 620 | 750 | 2,5 μ |
| 8 a | 350 | 420 | 560 | 700 | 840 | 2,3 μ |

Die Erklärung der letzten Rubrik, Wert des Okularmikrometers, findet sich in § 7.

Für mikroskopische Gegenstände dient als Maßeinheit das Mikromillimeter = 0,001 mm; als Zeichen hierfür gilt der griechische Buchstabe m = μ (sprich mü). Man gibt für wissenschaftliche Zwecke stets nur lineare Vergrößerungen an. Eine Hefezelle von 8 μ Länge z. B. erscheint bei 100facher Vergrößerung 0,8 mm lang. Dies entspricht einer Flächenvergrößerung von 100² = 10000 und einer kubischen Vergrößerung von 100³ = 1000000. Über die Ausführung des Messens vgl. § 7.

Wie groß ist ein Gesichtsfeld in Wirklichkeit? Unter einem Deckgläschen von 20 mm Kantenlänge befindet sich ein Tropfen Bier. Bei 700facher Vergrößerung und einem scheinbaren Durchmesser des für die folgende Berechnung der Einfachheit halber nicht rund, sondern quadratisch gedachten Gesichtsfeldes von 10 cm, beträgt der wahre Durchmesser des Gesichtsfeldes 10:700 = ein Siebzigstel cm oder ein Siebtel mm. Man müßte also das Deckgläschen 20:1/7 = 140mal verschieben, um nur eine seiner vier Kanten vollständig gesehen zu haben und man müßte 140 × 140 = 19600mal verschieben, um den einen Tropfen Bier vollständig be-

trachtet zu haben. Befindet sich in einem Gesichtsfeld eine Sarzina, so macht dies pro Tropfen Bier 19600 Sarzinen aus, eine sehr starke Infektion.

Um mehrere Objektive am Tubus anbringen zu können, gibt es eine besondere Einrichtung, Revolver genannt. Derselbe ermöglicht ein rasches Wechseln der Objektive, welche so eingerichtet sind, daß sie unmittelbar das scharfe Bild des Gegenstandes geben.

Zur Beleuchtung durchsichtiger Objekte dient ein unter der Öffnung des Objektisches befindlicher Spiegel, welcher die Lichtstrahlen in das Mikroskop wirft. Derselbe ist nach allen Seiten verstellbar und hat eine ebene und eine hohle Seite. Die Lichtstrahlen werden von dem Spiegel durch die im Objektisch befindliche Öffnung auf den zu untersuchenden Gegenstand geworfen, welcher so sichtbar wird. Die Öffnung im Objektisch ist sehr groß und muß

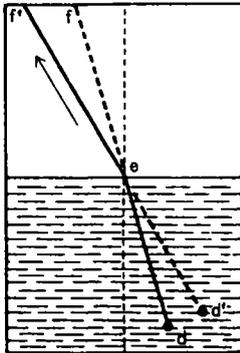


Abb. 2. Brechung des Lichtstrahles beim Übergang aus einem dünneren in ein dichteres Medium.

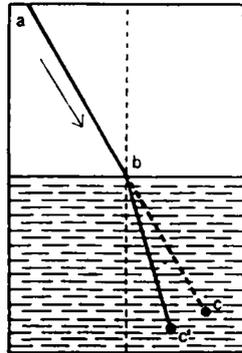


Abb. 3. Brechung eines Lichtstrahles beim Übergang aus einem dichteren in ein dünneres Medium.

durch Blenden (Diaphragmen) je nach der Stärke der Vergrößerung verringert werden. Teure Stativ sind mit einem besonderen Beleuchtungsapparat nebst Irisblende versehen, der für stärkere Vergrößerungen fast unentbehrlich ist.

Größere Instrumente besitzen stets ein Zahnrad und Triebwerk zur größeren Einstellung; andernfalls geschieht dieses durch Auf- oder Abwärtsbewegung des Tubus mit der Hand. An dem Stativ befindet sich außerdem eine Schraube, Mikrometerschraube, zur feineren Regulierung des Abstandes zwischen dem Objektiv und dem zu beobachtenden Gegenstand, bis derselbe scharf und deutlich sichtbar wird.

§ 4. Zum Verständnis der optischen Vorgänge im Mikroskop mögen folgende kurze Angaben dienen:

Senkrecht auffallende Lichtstrahlen erleiden beim Übergang von einem dünneren in ein dichteres Medium keine Ablenkung von ihrer Richtung. Ein schräg auffallender Lichtstrahl (Abb. 2ab) dagegen setzt sich dann nicht gerade fort (Abb. 2bc), sondern ändert seine Richtung, er wird gebrochen, und zwar auf das Einfallslot zu (Abb. 2bc¹). Einfallslot heißt die auf dem Einfallspunkte *b* errichtete Senkrechte. Beim Übergang aus einem dichteren in ein dünneres Medium wird der Lichtstrahl (Abb. 3de) vom Einfallslot weg gebrochen (Abb. 3ef¹). Ein im Wasser befindlicher Gegenstand scheint daher höher zu liegen, als es in Wirklichkeit der Fall ist; *d* erscheint bei *d*¹. Der Winkel, welchen der Lichtstrahl *ab* mit dem Einfallslot (gestrichelte Senkrechte) bildet, heißt der Einfallswinkel und der Winkel, den *bc*¹ mit der gestrichelten Senkrechten im zweiten Medium bildet, heißt Brechungswinkel.

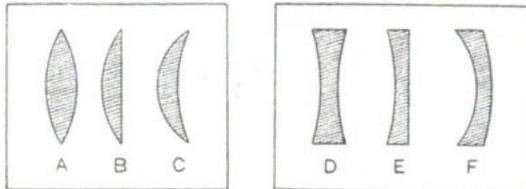


Abb. 4. Verschiedene Formen von Glaslinsen. A—C Sammellinsen; D—F Zerstreuungslinsen.

Auf Lichtbrechung beruht auch die Wirkung der optischen Glaslinsen. Dieselben haben verschiedene Formen (Abb. 4). Die Flächen können eben (plan) oder kugelförmig sein. Letztere sind entweder emporgewölbt (konvex) oder ausgehöhlt gewölbt (konkav). Dementsprechend bezeichnet man die Linsen als bikonvex (Abb. 4A), plankonvex (Abb. 4B), konkav-konvex (Abb. 4C), bikonkav (Abb. 4D), plankonkav (Abb. 4E), konvex-konkav (Abb. 4F). Die drei ersten sind Sammellinsen oder Vergrößerungsgläser, die drei letzten Zerstreuungslinsen oder Verkleinerungsgläser.

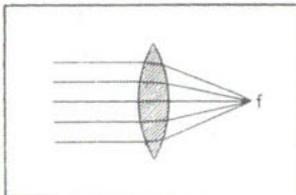


Abb. 5. Sammellinse. *f* Brennpunkt.

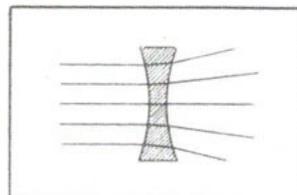


Abb. 6. Zerstreuungslinse.

Alle parallel auf bikonvexe Linsen auffallenden Strahlen werden so gebrochen, daß sie jenseits der Linse zusammenneigen und sich in einem Punkte, dem Brennpunkte (lateinisch *focus*), vereinigen (Abb. 5). Deshalb heißen sie Sammellinsen. Die Ent-

fernung des Brennpunktes von der Linse ist ihre Brennweite. Bei den bikonkaven Linsen dagegen weichen die parallel auffallenden und aus denselben austretenden Lichtstrahlen auseinander (Abb. 6). Daher heißen sie Zerstreuungslinsen.

Die von einem außerhalb der Brennweite liegenden Gegenstand (Abb. 7), dem Pfeile AB , auf eine bikonvexe Linse schräg auffallenden Lichtstrahlen gehen durch den Mittelpunkt der Linse und setzen



Abb. 7. Optischer Vorgang bei dem Objektiv.

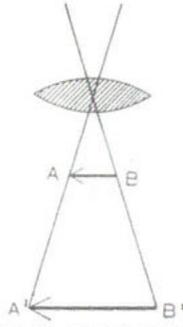


Abb. 8. Optischer Vorgang bei dem Okular.

sich jenseits derselben in gleicher Richtung fort, der Punkt A bis zum Punkte A^1 , der Punkt B bis zum Punkte B^1 . Ebenso kommen die zwischen A und B liegenden Punkte zwischen A^1 und B^1 zu liegen. Auf diese Weise entsteht von dem Pfeile AB jenseits der Linse ein umgekehrtes vergrößertes Bild B^1A^1 . So verhält sich das Objektiv des Mikroskopes.

Von einem innerhalb der Brennweite gelegenen Gegenstand (Abb. 8), dem Pfeile AB , sieht das von der anderen Seite der Linse beobachtende Auge in größerer Entfernung von der Linse auf derselben Seite, wo der Gegenstand liegt, ein nichtumgekehrtes vergrößertes Bild A^1B^1 . So verhält sich das Okular des Mikroskops und jedes Vergrößerungsglas (Lupe).

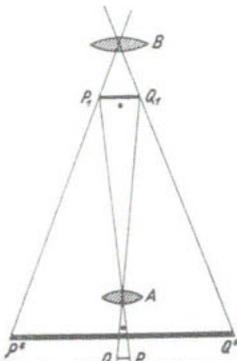


Abb. 9 Optischer Vorgang beim Mikroskop. A Objektiv, B Okular.

Der optische Vorgang beim Mikroskop ist folgender (Abb. 9): Der zu beobachtende Gegenstand QP liegt außerhalb der Brennweite der Objektivlinse A . Das von letzterer entworfene umgekehrte vergrößerte Bild P^1Q^1 fällt innerhalb der Brennweite der Okularlinse B . Das durch das Objektiv vergrößerte umgekehrte Bild wird daher von dem wie ein einfaches Vergrößerungsglas wirkendes Oku-