

DAS SEHEN

VON

PROF. DR. DR. HERBERT SCHOBER

BAND II

ZWEITE, VERBESSERTE UND ERWEITERTE AUFLAGE

MIT 143 BILDERN



FACHBUCHVERLAG LEIPZIG 1958

Redaktionsschluß 30. 11. 1957

Alle Rechte vorbehalten · Fachbuchverlag Leipzig
Satz und Druck: Tribüne Druckerei III Leipzig III/18/36
Veröffentlicht unter der Lizenznummer 114-210/254/58 des Ministeriums für Kultur
der Deutschen Demokratischen Republik, Hauptverwaltung Verlagswesen

VORWORT

Zwischen der Abfassung der Manuskripte für Band I und II liegen rund drei Jahre. Bei der großen Zahl von Arbeiten, die sich mit der physiologischen und psychologischen Optik beschäftigen, war es zu erwarten, daß manche im Band I dargestellten Erkenntnisse vertieft und erweitert worden sind, während die Theorien für andere Beobachtungen ganz oder teilweise abgeändert werden müssen. Vor allem haben die erst jetzt in ihrer vollen Bedeutung in Deutschland bekanntgewordenen Arbeiten zur Histologie und Elektrophysiologie der Netzhaut und des Sehnervs unser Wissen über den Ablauf der Erregung im Sinnesorgan grundlegend verbessert. Es handelt sich dabei in erster Linie um die Veröffentlichungen von Polyak und von Granit. Die wesentliche Neuerung betrifft die Bedeutung der einzelnen Netzhautorgane. Während in den älteren Theorien fast nur die Zapfen und Stäbchen der Netzhaut eine Rolle spielen (v. Kries'sche Duplizitätstheorie) und die übrige Netzhaut bzw. der Sehnerv lediglich die Funktion der Erregungsleitung übernimmt, hat sich in den modernen Theorien das Hauptinteresse auf die Netzhautschaltorgane, die Bipolarzellen und die Ganglienzellen gerichtet. Diesen Organen scheint beim Zustandekommen der Sinneserregung mindestens die gleiche Bedeutung zuzukommen wie den Stäbchen und Zapfen.

Die rasche Entwicklung der Beleuchtungstechnik hat weiter dazu geführt, daß auch den psychologischen Problemen des Sehens, dem Entstehen der Gesichtsempfindung und Gesichtswahrnehmung, wieder größeres Interesse entgegengebracht wird. Der Verfasser hat sich bemüht, allen diesen neuen Gesichtspunkten, soweit sie heute schon als gesicherte Erkenntnisse gelten können, Rechnung zu tragen und an geeigneten Stellen auf die mit ihnen zusammenhängenden Änderungen der bisherigen Anschauungen hinzuweisen.

In zahlreichen Zuschriften, die der Verfasser seit dem Erscheinen von Band I erhalten hat, sind Fragen aufgeworfen worden, die zeigen, wo für den Praktiker die brennendsten Probleme und wichtigsten Schwierigkeiten liegen. Der Verfasser hat versucht, solchen Wünschen nach Möglichkeit Rechnung zu tragen. Deshalb mußte manches etwas breiter dargestellt werden, als ursprünglich geplant war.

Wieder ist einigen Damen und Herren für Rat und Hilfe beim Lesen der Korrekturen zu danken, so vor allem den Herren Professoren Dr. Dr. M. Monjè und Dr. M. Richter (Farbenlehre und Farbmessung), Dr. rer. nat. C. Klett, Dr. rer. nat. J. Meißner, Fräulein Dr. rer. nat. M. Roggenhausen, Dipl.-Phys. W. Seide, Dipl.-Ing. W. Tamm, Fräulein M. Jessen und Frau L. Kohn. Die Abbildungen wurden größtenteils von den Herren Ing. G. Honigmann und stud. phys. H. Reher gezeichnet.

Den Mitarbeitern des Fachbuchverlages in Leipzig danke ich für das bereitwillige Eingehen auf meine Wünsche und die Ausstattung des Buches.

Die farbigen Tafeln hat Herr akad. Maler Saumer in Münster i. Westf. hergestellt.

Zum Schluß möchte ich nicht verabsäumen, Herrn Prof. Dr. Dr. E. Freerksen, Direktor des Tuberkuloseforschungsinstituts Borstel, für sein Interesse an der Fertigstellung des gesamten Werkes meinen besonderen Dank abzustatten.

Borstel über Bad Oldesloe, im Februar 1954

Herbert Schober

VORWORT ZUR 2. AUFLAGE

Der rasche Absatz dieses Bandes und die mit der Neuauflage notwendig gewordene Angleichung des äußeren Aussehens an den ebenfalls neu erschienenen Band I waren für Verlag und Verfasser der Anlaß, auch den zweiten Band textlich und in seinen Bildern vollkommen neu zu überarbeiten. Einige Kapitel, z. B. die Behandlung der Elektrophysiologie des Sehorgans, sind dabei in Wegfall gekommen, da sie bereits in die Neuauflage von Band I übernommen wurden. Die Abschnitte über die Akkommodation und Adaptation sowie der größte Teil des Kapitels über das Farbsehen wurden neu geschrieben. Größere Veränderungen finden sich auch im Abschnitt über den Kontrast und das beidäugige Sehen, da gerade diese Themen in den wissenschaftlichen Arbeiten des In- und Auslandes in den letzten Jahren viele neue Erkenntnisse gebracht haben.

Der Verfasser möchte sich an dieser Stelle für einige notwendige Korrekturen sowie wertvolle Ratschläge für die Neugestaltung bedanken, die zum allergrößten Teil berücksichtigt werden konnten. Unter der großen Anzahl seien vor allem die Herren Oberreichsbahnarzt Dr. K. Engelbrecht, Erfurt, Dr. H. Jensen, Hamburg und Prof. Dr. S. Rösch, Wetzlar, erwähnt.

Wie bisher wurde auch bei dieser Auflage besonderer Wert auf eine möglichst enge Angleichung der Formelbezeichnungen und Fachausdrücke an die Veröffentlichungen des Deutschen Normenausschusses gelegt.

Für das Lesen der Korrekturen habe ich besonders meinen beiden Assistenten, Herrn Dr. rer. nat. R. Röhler und Herrn Dipl. Physiker E. Hartmann, zu danken. Ebenso danke ich dem Fachbuchverlag und seinen Mitarbeitern für das gewohnt bereitwillige Eingehen auf die vom Verfasser geäußerten Wünsche und für die rasche Fertigstellung des Buches.

München, im März 1958

Herbert Schober

INHALTSVERZEICHNIS

V. Der Akkommodationsvorgang und seine praktische Bedeutung

Die Bildeinstellung des Auges	9
Die grundlegenden Meßgrößen (Fernpunkt und Nahpunkt, Akkommodationsbereich und Akkommodationsbreite)	14
Die Alterssichtigkeit	18
Zielen und Peilen	24

VI. Die Adaptation

Verhalten von Pupille, Zapfen und Stäbchen bei der Hell- und Dunkel- anpassung des Auges	33
Adaptation und Vitamine bzw. andere Wirkstoffe	45
Unterschiede zwischen Adaptation und Ermüdung	50
Die Lokaladaptation	51
Die gegenseitige Beeinflussung des Adaptationszustandes verschiedener Netzhautstellen und der beiden Augen	54
Praktische Anwendung der Adaptationsregeln	56
Die Dunkelanpassungsbrillen	58
Die Nachtmyopie und Nachtpresbyopie	58

VII. Die Blendung

Arten, Ursachen und Folgen der Blendung	62
Hilfsmittel zur Blendungsbekämpfung	78
Die Schutzbrillen	82
Die Irradiation	90

VIII. Die absolute Empfindungsschwelle

Größe der einfachen Schwelle und Abhängigkeit von den physikalischen und physiologischen Bedingungen	93
Empfindungsgeschwindigkeit und Empfindungszeit	103
Unterschiede zwischen Empfindung und Wahrnehmung	116

IX. Die Farbempfindung

Farbton, Helligkeit und Sättigung	118
Physiologische Grundregeln der Farbempfindung	128
Die Farbmatrik	135
Die Farbenfehlsichtigkeit	170
Theorien des Farbensehens	204

X. Die Wahrnehmung von Leuchtdichteunterschieden

Physiologische Grundregeln	225
Wahrnehmungsgeschwindigkeit für Leuchtdichteunterschiede	237
Abhängigkeit der Leuchtdichteunterschieds-Wahrnehmung von lichttech- nischen, physiologischen und psychologischen Umständen	241

<i>XI. Sehschärfe und Formenempfindlichkeit</i>	
Die verschiedenen Arten der Sehschärfe und ihre Beziehungen zur Formenempfindlichkeit	244
Das Auflösungsvermögen des Auges	256
Physiologische Grundregeln der Sehschärfe und Formenempfindlichkeit	262
Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit für Sehschärfe und Formen	275
Das Lesen	276
<i>XII. Die Kontrasterscheinungen</i>	
Simultan- und Sukzessivkontrast	277
Der Metakontrast	286
Der Farbenkontrast	287
Die Nachbilder	293
Die Bedeutung der Kontrasterscheinungen für das Sehen	300
Der binokulare Kontrast	304
Sichtweite und Sehen im Nebel	305
Forderungen an Verkehrszeichen, Schriftzeichen usw. hinsichtlich ihrer Kontrasteigenschaften	312
<i>XIII. Die Wahrnehmung von Bewegungen</i>	
Das Sehen von bewegten Gegenständen und das Sehen im Fahrzeug und Flugzeug	314
Der optokinetische Nystagmus	320
<i>XIV. Das beidäugige Sehen</i>	
Physiologische Grundregeln	321
Der Horopter	324
Die Sehrichtungsgemeinschaft und die Fusion	333
Die beidäugige Leuchtdichte- und Farbenwahrnehmung und der binokulare Kontrast	341
<i>XV. Augenmaß und optische Täuschungen</i>	
Die Maßbeziehungen im Sehraum und ihre Bedeutung	347
Die geometrisch-optischen Täuschungen des Gesichtssinnes	365
Physiologische Täuschungen	372
Bewegungstäuschungen	387
Psychologische Täuschungen und Eidetik	396
<i>XVI. Das räumliche Sehen</i>	
Einäugiges und beidäugiges Raumsehen	404
Die Hilfsmittel für das einäugige Raumsehen	405
Die Grundbegriffe der Perspektive	412
Grundlagen des beidäugigen Raumsehens	415
Literaturverzeichnis	438
Namenverzeichnis	529
Sachwörterverzeichnis	534

DAS SEHEN

VON

PROF. DR. DR. HERBERT SCHOBER

BAND II

ZWEITE, VERBESSERTE UND ERWEITERTE AUFLAGE

MIT 143 BILDERN



FACHBUCHVERLAG LEIPZIG 1958

Redaktionsschluß 30. 11. 1957

Alle Rechte vorbehalten · Fachbuchverlag Leipzig

Satz und Druck: Tribüne Druckerei III Leipzig III/18/36

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 114-210/254/58 des Ministeriums für Kultur
der Deutschen Demokratischen Republik, Hauptverwaltung Verlagswesen

VORWORT

Zwischen der Abfassung der Manuskripte für Band I und II liegen rund drei Jahre. Bei der großen Zahl von Arbeiten, die sich mit der physiologischen und psychologischen Optik beschäftigen, war es zu erwarten, daß manche im Band I dargestellten Erkenntnisse vertieft und erweitert worden sind, während die Theorien für andere Beobachtungen ganz oder teilweise abgeändert werden müssen. Vor allem haben die erst jetzt in ihrer vollen Bedeutung in Deutschland bekanntgewordenen Arbeiten zur Histologie und Elektrophysiologie der Netzhaut und des Sehnervs unser Wissen über den Ablauf der Erregung im Sinnesorgan grundlegend verbessert. Es handelt sich dabei in erster Linie um die Veröffentlichungen von Polyak und von Granit. Die wesentliche Neuerung betrifft die Bedeutung der einzelnen Netzhautorgane. Während in den älteren Theorien fast nur die Zapfen und Stäbchen der Netzhaut eine Rolle spielen (v. Kriessche Duplizitätstheorie) und die übrige Netzhaut bzw. der Sehnerv lediglich die Funktion der Erregungsleitung übernimmt, hat sich in den modernen Theorien das Hauptinteresse auf die Netzhautschaltorgane, die Bipolarzellen und die Ganglienzellen gerichtet. Diesen Organen scheint beim Zustandekommen der Sinneserregung mindestens die gleiche Bedeutung zuzukommen wie den Stäbchen und Zapfen.

Die rasche Entwicklung der Beleuchtungstechnik hat weiter dazu geführt, daß auch den psychologischen Problemen des Sehens, dem Entstehen der Gesichtsempfindung und Gesichtswahrnehmung, wieder größeres Interesse entgegengebracht wird. Der Verfasser hat sich bemüht, allen diesen neuen Gesichtspunkten, soweit sie heute schon als gesicherte Erkenntnisse gelten können, Rechnung zu tragen und an geeigneten Stellen auf die mit ihnen zusammenhängenden Änderungen der bisherigen Anschauungen hinzuweisen.

In zahlreichen Zuschriften, die der Verfasser seit dem Erscheinen von Band I erhalten hat, sind Fragen aufgeworfen worden, die zeigen, wo für den Praktiker die brennendsten Probleme und wichtigsten Schwierigkeiten liegen. Der Verfasser hat versucht, solchen Wünschen nach Möglichkeit Rechnung zu tragen. Deshalb mußte manches etwas breiter dargestellt werden, als ursprünglich geplant war.

Wieder ist einigen Damen und Herren für Rat und Hilfe beim Lesen der Korrekturen zu danken, so vor allem den Herren Professoren Dr. Dr. M. Monjè und Dr. M. Richter (Farbenlehre und Farbenmessung), Dr. rer. nat. C. Klett, Dr. rer. nat. J. Meißner, Fräulein Dr. rer. nat. M. Roggenhausen, Dipl.-Phys. W. Seide, Dipl.-Ing. W. Tamm, Fräulein M. Jessen und Frau L. Kohn. Die Abbildungen wurden größtenteils von den Herren Ing. G. Honigmann und stud. phys. H. Reher gezeichnet.

Den Mitarbeitern des Fachbuchverlages in Leipzig danke ich für das bereitwillige Eingehen auf meine Wünsche und die Ausstattung des Buches.

Die farbigen Tafeln hat Herr akad. Maler Saumer in Münster i. Westf. hergestellt. Zum Schluß möchte ich nicht verabsäumen, Herrn Prof. Dr. Dr. E. Freerksen, Direktor des Tuberkuloseforschungsinstituts Borstel, für sein Interesse an der Fertigstellung des gesamten Werkes meinen besonderen Dank abzustatten.

Borstel über Bad Oldesloe, im Februar 1954

Herbert Schober

VORWORT ZUR 2. AUFLAGE

Der rasche Absatz dieses Bandes und die mit der Neuauflage notwendig gewordene Angleichung des äußeren Aussehens an den ebenfalls neu erschienenen Band I waren für Verlag und Verfasser der Anlaß, auch den zweiten Band textlich und in seinen Bildern vollkommen neu zu überarbeiten. Einige Kapitel, z. B. die Behandlung der Elektrophysiologie des Sehorgans, sind dabei in Wegfall gekommen, da sie bereits in die Neuauflage von Band I übernommen wurden. Die Abschnitte über die Akkommodation und Adaptation sowie der größte Teil des Kapitels über das Farbsehen wurden neu geschrieben. Größere Veränderungen finden sich auch im Abschnitt über den Kontrast und das beidäugige Sehen, da gerade diese Themen in den wissenschaftlichen Arbeiten des In- und Auslandes in den letzten Jahren viele neue Erkenntnisse gebracht haben.

Der Verfasser möchte sich an dieser Stelle für einige notwendige Korrekturen sowie wertvolle Ratschläge für die Neugestaltung bedanken, die zum allergrößten Teil berücksichtigt werden konnten. Unter der großen Anzahl seien vor allem die Herren Oberreichsbahnarzt Dr. K. Engelbrecht, Erfurt, Dr. H. Jensen, Hamburg und Prof. Dr. S. Rösch, Wetzlar, erwähnt.

Wie bisher wurde auch bei dieser Auflage besonderer Wert auf eine möglichst enge Angleichung der Formelbezeichnungen und Fachausdrücke an die Veröffentlichungen des Deutschen Normenausschusses gelegt.

Für das Lesen der Korrekturen habe ich besonders meinen beiden Assistenten, Herrn Dr. rer. nat. R. Röhler und Herrn Dipl. Physiker E. Hartmann, zu danken. Ebenso danke ich dem Fachbuchverlag und seinen Mitarbeitern für das gewohnt bereitwillige Eingehen auf die vom Verfasser geäußerten Wünsche und für die rasche Fertigstellung des Buches.

München, im März 1958

Herbert Schober

INHALTSVERZEICHNIS

<i>V. Der Akkommodationsvorgang und seine praktische Bedeutung</i>	
Die Bildeinstellung des Auges	9
Die grundlegenden Meßgrößen (Fernpunkt und Nahpunkt, Akkommodationsbereich und Akkommodationsbreite)	14
Die Alterssichtigkeit	18
Zielen und Peilen	24
<i>VI. Die Adaptation</i>	
Verhalten von Pupille, Zapfen und Stäbchen bei der Hell- und Dunkel- anpassung des Auges	33
Adaptation und Vitamine bzw. andere Wirkstoffe	45
Unterschiede zwischen Adaptation und Ermüdung	50
Die Lokaladaptation	51
Die gegenseitige Beeinflussung des Adaptationszustandes verschiedener Netzhautstellen und der beiden Augen	54
Praktische Anwendung der Adaptationsregeln	56
Die Dunkelanpassungsbrillen	58
Die Nachtmyopie und Nachtpresbyopie	58
<i>VII. Die Blendung</i>	
Arten, Ursachen und Folgen der Blendung	62
Hilfsmittel zur Blendungsbekämpfung	78
Die Schutzbrillen	82
Die Irradiation	90
<i>VIII. Die absolute Empfindungsschwelle</i>	
Größe der einfachen Schwelle und Abhängigkeit von den physikalischen und physiologischen Bedingungen	93
Empfindungsgeschwindigkeit und Empfindungszeit	103
Unterschiede zwischen Empfindung und Wahrnehmung	116
<i>IX. Die Farbempfindung</i>	
Farbton, Helligkeit und Sättigung	118
Physiologische Grundregeln der Farbempfindung	128
Die Farbmetrik	135
Die Farbenfehlsichtigkeit	170
Theorien des Farbensehens	204
<i>X. Die Wahrnehmung von Leuchtdichteunterschieden</i>	
Physiologische Grundregeln	225
Wahrnehmungsgeschwindigkeit für Leuchtdichteunterschiede	237
Abhängigkeit der Leuchtdichteunterschieds-Wahrnehmung von lichttech- nischen, physiologischen und psychologischen Umständen	241

<i>XI. Sehschärfe und Formenempfindlichkeit</i>	
Die verschiedenen Arten der Sehschärfe und ihre Beziehungen zur Formenempfindlichkeit	244
Das Auflösungsvermögen des Auges	256
Physiologische Grundregeln der Sehschärfe und Formenempfindlichkeit	262
Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit für Sehschärfe und Formen.	275
Das Lesen	276
<i>XII. Die Kontrasterscheinungen</i>	
Simultan- und Sukzessivkontrast	277
Der Metakontrast	286
Der Farbenkontrast	287
Die Nachbilder	293
Die Bedeutung der Kontrasterscheinungen für das Sehen	300
Der binokulare Kontrast	304
Sichtweite und Sehen im Nebel	305
Forderungen an Verkehrszeichen, Schriftzeichen usw. hinsichtlich ihrer Kontrasteigenschaften	312
<i>XIII. Die Wahrnehmung von Bewegungen</i>	
Das Sehen von bewegten Gegenständen und das Sehen im Fahrzeug und Flugzeug	314
Der optokinetische Nystagmus	320
<i>XIV. Das beidäugige Sehen</i>	
Physiologische Grundregeln	321
Der Horopter	324
Die Schrichtungsgemeinschaft und die Fusion	333
Die beidäugige Leuchtdichte- und Farbenwahrnehmung und der binokulare Kontrast	341
<i>XV. Augenmaß und optische Täuschungen</i>	
Die Maßbeziehungen im Sehraum und ihre Bedeutung	347
Die geometrisch-optischen Täuschungen des Gesichtssinnes	365
Physiologische Täuschungen	372
Bewegungstäuschungen	387
Psychologische Täuschungen und Eidetik	396
<i>XVI. Das räumliche Sehen</i>	
Einäugiges und beidäugiges Raumsehen	404
Die Hilfsmittel für das einäugige Raumsehen	405
Die Grundbegriffe der Perspektiv	412
Grundlagen des beidäugigen Raumsehens	415
Literaturverzeichnis	438
Namenverzeichnis	529
Sachwörterverzeichnis	534

V. Der Akkommodationsvorgang und seine praktische Bedeutung

Die Bildeinstellung des Auges. Die grundlegenden Meßgrößen (Fernpunkt und Nahpunkt, Akkommodationsbereich und Akkommodationsbreite). Die Alterssichtigkeit. Zielen und Peilen.

Die Bildeinstellung des Auges

Im IV. Kapitel von Band I wurde gezeigt, daß auf der Netzhaut niemals streng punktförmige Bilder, sondern nur Zerstreuungsfiguren von individuell sehr wechselnder Gestalt entstehen können. Am Aussehen des Netzhautbildes sind sowohl die geometrisch-optischen Abbildungsverhältnisse als auch die Lichtbeugung beteiligt. Die Zerstreuungsfiguren dehnen sich im Bildraum aber nicht nur nach der Seite, sondern auch nach der Tiefe aus. Es erhebt sich daher von vornherein die Frage, welche Stelle des Lichtbündels als eigentlicher Bildort anzusprechen ist. Grundsätzlich sind zwei Möglichkeiten gegeben, die auch bei der Behandlung der Bildentstehung auf der photographischen Schicht immer in Erwägung gezogen werden. Das ist einmal die engste Stelle des Bildbündels und zweitens die Spitze der Kaustik, d. h. der Vereinigungspunkt der achsennahen Bildstrahlen. Beide Möglichkeiten haben Vor- und Nachteile. Die engste Bündelstelle ist der Ort größter Bildleuchtdichte, während die Spitze der Kaustik der Ort des schärfsten Bildpunktes ist. Engste Bündelstelle und Spitze der Kaustik fallen aber nur im aberrationsfreien System zusammen. Schon Gauß hat vermutet, daß bei Fernrohren der eigentliche Bildort wahrscheinlich die engste Bündelstelle ist. Bei der Abbildung durch photographische Objektive hat neuerdings Flügge zeigen können, daß auch hier das an der engsten Bündelstelle entstehende Bild trotz einer gewissen Unschärfe dem schärferen, aber kontrastärmeren Bild an der Spitze der Kaustik vorzuziehen ist. Bei der Abbildung im Auge ist die gleiche Meinung von beinahe allen Autoren vertreten worden. Unter diesen seien lediglich Helmholtz, Gullstrand, Ivanoff, Le Grand, Rößler, Schober und Jung genannt. Es wird noch weiter unten bei der Besprechung der Leuchtdichteabhängigkeit der Sehschärfe notwendig sein, auf diese Frage zurückzukommen.

Die Bildeinstellung erfolgt beim menschlichen Auge mit Hilfe des in Band I besprochenen Akkommodationsmechanismus. Dieser besteht einerseits in einer Änderung der Krümmungsradien der Linse (*äußere Akkommodation*) und andererseits in einer Änderung der totalen Brechungszahl der Linsensubstanz (*innere Akkommodation*). Die Bedeutung der letzteren wird übrigens neuerdings von Pau bestritten. Eine zusätzliche Translationsbewegung der Linse, wie sie bei niederen Tieren erfolgt, und eine Mitbeteiligung der Hornhaut scheiden nach den bisherigen Erfahrungen der Anatomie und Physiologie beim Menschen aus. Der Akkommodationsvorgang wird vom vegetativen Nervensystem gesteuert und ist in seinen Impulsen mit dem Konvergenzimpuls und dem Impuls zur Veränderung der Pupillenweite gekoppelt.

Bis vor wenigen Jahren war man der Auffassung, daß die Ruhelage der Akkommodation mit der stärksten Entlastung des Ziliarmuskels zusammenfalle. Das hat zu gewissen Auffassungen und Definitionen geführt, die heute nicht mehr voll berechtigt sind. Schon aus anatomischen Gründen ist, wie bereits in Band I angedeutet wurde, nicht zu erwarten, daß der Ziliarmuskel sich anders verhält als die übrige glatte Muskulatur. Vor einigen Jahren konnte Meesmann zeigen, daß in den Ziliarmuskel nicht nur parasympathische Fasern aus dem Nervus oculomotorius, sondern auch sympathische Fasern münden. Eine eigentliche Ruhelage für den Ziliarmuskel ist daher aus anatomischen Gründen nicht zu erwarten. Die physiologisch-optischen Untersuchungen von Y. Le Grand, Olmsted und Morgan, von Kühl und Schober haben gezeigt, daß der aktive Akkommodationsvorgang nicht nur in Richtung einer Erhöhung der Linsenkrümmung (*positive Akkommodation*), sondern auch als eine über die vermeintliche Ruhelage hinausgehende Verflachung der Linse (*negative Akkommodation*) verlaufen kann. Beim rechtzeitigen Beobachter liegt die „Ruhelage der Akkommodation“ wahrscheinlich nicht im Unendlichen, sondern bei der Einstellung auf einen rund 1····2 m vor dem Auge gelegenen Punkt. Da das Ausmaß der Akkommodationsanstrengung üblicherweise in Dioptrien angegeben wird, d. h. als Brechkrafterhöhung der Augenlinse, bedeutet eine Akkommodationszunahme in die Nähe eine viel geringere Streckenänderung als eine Akkommodationsabnahme in die Ferne. Nimmt beispielsweise vom hypothetischen Ruhepunkt 1 m die Akkommodationsanstrengung in die Nähe, also in positiver Richtung, um 1 dptr zu, so bedeutet das, daß das Auge nicht mehr auf die Entfernung von 1 m, sondern nurmehr auf 50 cm einstellt. Nimmt die Akkommodation in negativer Richtung von diesem hypothetischen Ruhepunkt aus um 1 dptr ab, so geht der Einstellungspunkt von 1 m bis ins Unendliche. In diesem Umstand dürfte die Ursache zu suchen sein, weshalb man die negative Akkommodation so lange nicht gefunden und beachtet hat. Y. Le Grand konnte zeigen, daß einzelne Personen, besonders kurzsichtige, ihr Sehen in die Ferne durch besondere Willensanspannung bei „weit geöffneter Pupille und weit offenen Augenlidern“ deutlich verbessern können. Ihre Kurzsichtigkeit nimmt dabei um rund 2····3 dptr ab. Er konnte auch ähnliche Beobachtungen an Rechtsichtigen und Übersichtigen machen, die durch Vorsetzen von Minusgläsern künstlich kurzsichtig gemacht worden waren. Interessanterweise tritt bei dieser nur unter äußerster Willensanstrengung möglichen und daher sehr ermüdenden negativen Akkommodation ein gewisser Astigmatismus auf, der es fraglich erscheinen läßt, ob nicht auch eine Änderung der Hornhautkrümmung infolge des Nachlassens des Liddruckes entsteht. Ähnliche Beobachtungen über eine anscheinend negative Akkommodation wurden auch von anderen Autoren gemacht und haben dazu geführt, daß eigene „Sehschulen für Kurzsichtige“ gegründet wurden. Diese Sehschulen haben allerdings deshalb keinen Erfolg gehabt, weil zu einer wirksamen Hinausschiebung des Fernpunktes eine erhebliche negative Akkommodation erforderlich ist. Diese bedeutet aber eine sehr große Anstrengung und wird auf die Dauer nicht ertragen. Nach Olmsted und Morgan sowie nach Davson bewirkt das starke Sympathikusreizmittel Kokain ebenfalls eine bis zu 0,5 dptr gehende negative Akkommodation. (Die Fähigkeit des menschlichen Auges, nicht nur in positiver, sondern auch in negativer Richtung aktive Akkommodationsbewegungen auszuführen, hat verschiedene Folgen, von denen noch weiter unten die Rede sein soll.)