

Acta Medica Okayama

Volume 2, Issue 4

1930

Article 8

DEZEMBER 1931

Studien über die Augentemperatur

Yoshio Matsuo*

*Okayama University,

Copyright ©1999 OKAYAMA UNIVERSITY MEDICAL SCHOOL. All rights reserved.

Aus der Augenklinik der Med. Universität Okayama
(Vorstand: Prof. Dr. B. Hata).

Studien über die Augentemperatur.

Von

Yoshio Matsuo.

Eingegangen am 14. Juli 1931.

Einleitung.

Die Quelle der tierischen Wärme liegt in der im Körper stattfindenden Verbrennung. Weil diese in sämtlichen Körperteilen stattfindet, sind alle die verschiedenen Organe an der Wärmebildung des Körpers beteiligt. Jedoch ist der Anteil der einzelnen Organe an der genannten Wärmebildung sehr verschieden, indem nämlich der Stoffwechsel in gewissen Organen verhältnismässig stärker oder schwächer als in anderen ist. Der Reichtum der Blutversorgung, die das wichtigste Transportmittel der Wärme im Körper ist, und die anatomische Lage der Organe beeinflussen auch die Organtemperaturen. Die Lebhaftigkeit des Stoffwechsels, der Reichtum der Blutversorgung und die anatomische Lage sind in allen Körperteilen verschieden; die Temperaturen des tierischen Körpers in den verschiedenen Körperteilen sind somit nicht gleichmässig. Unter den verschiedenen Organen liegt der Augapfel am oberflächlichsten im Körper, und die den vordersten Teil des Bulbus bildende Hornhaut ist der umgebenden Luft frei zugänglich. Durch die Verdunstung der Tränenflüssigkeit wird dem Bulbus Wärme entzogen. Im Verhältnis zum Volumen des Gewebes sind die Gefässe im Bulbus relativ spärlich verteilt. Es ist somit sehr interessant, die Temperaturen am und im Auge, das die oben erwähnten Eigentümlichkeiten aufweist, zu messen, und diese Resultate mit der Rektumtemperatur zu vergleichen. Die Tatsache, dass die Temperatur der oberflächlichen Teile des Körpers niedriger ist als die der tieferen, ist allbekannt. Es muss also weiter untersucht werden, ob diese Regel auch für den Bulbus gilt oder nicht. Aber solche Untersuchungen sind am menschlichen Auge nicht durchführbar, sie müssen vielmehr am tierischen Auge gemacht werden.

In der Literatur über diese Probleme liegen Experimente am Kaninchenauge vor von *Michel* (1886), *Silex* (1893), *Hertel* (1900) und *Nelson* (1927), alle diese Arbeiten sind indes unvollkommen.

Die Wärmeabgabe des tierischen Körpers erfolgt durch Leitung, Strahlung, Konvektion und durch Verdunstung an der Körperoberfläche. Das Auge liegt oberflächlich im Körper; die Wärmeabgabe ist daher relativ gross und steht zudem in innigster Beziehung zur umgebenden Atmosphäre (Lufttemperatur, Feuchtigkeit und Luftzug). Beim Studium der Augentemperaturen müssen alle diese Bedingungen daher berücksichtigt werden. Das Haarkleid der Kaninchen verändert zwecks Regulierung der Körperwärme seine Beschaffenheit unter dem Einflusse der Jahreszeiten. Bei Kaninchenversuchen dürfen auch die Einflüsse der Jahreszeiten folglich nicht vernachlässigt werden.

Ich habe die Augentemperaturen der Kaninchen an verschiedenen Abschnitten mittels der thermoelektrischen Methode untersucht unter Berücksichtigung der Jahreszeit, Temperatur, Feuchtigkeit und der Einflüsse der Lidzustände.

Literatur.

*Michel*¹⁾ untersuchte die Temperaturen der Kaninchenaugen mit einem aus Neusilber- und Eisendraht konstruierten Thermolement. Die Körpertemperatur wurde zugleich im Rektum gemessen und betrug im Durchschnitt 38.5°C–38.9°C. Aus einer Reihe von Versuchen ergab sich für die Mitte der Vorderkammer eine Durchschnittstemperatur von 31.9°C und für die Mitte des Glaskörpers eine solche von 36.1°C, die auch als Durchschnittstemperatur für die Mitte der Linse anzusehen ist. Die Temperatur in der Vorderkammer sank um einige 1/10 Grade, wenn man die Spitze nach der Hinterwand der Hornhaut zu bewegte, dagegen stieg sie und zwar um so stärker, je mehr man sich der Vorderfläche der Iris näherte, und erreichte fast oder ganz die Temperatur des Glaskörpers. Im Glaskörperaume stieg wiederum die Temperatur, wenn man sich den Wänden des Bulbus näherte, und sie erlangte die Höhe der Körpertemperatur, wenn man die Innenfläche der Augenhäute möglichst genau mit der Spitze betastete. Die niedrige Temperatur der Vorderkammer erhöhte sich in kürzester Zeit im Durchschnitt um 2°C–3°C, wenn man die Lider geschlossen hielt; öffnete man sie wieder, so sank wiederum die Temperatur.

*Sillex*²⁾ mass die Augentemperaturen der Kaninchen mit Thermolementen aus Kupfer- und Eisendraht. Bei ätherisierten Kaninchen mit Rektumtemperaturen von 38.6°C ergaben sich folgende Zahlen: Bindehautsack 35.4°C, vordere Kammer 32.1°C, Linse 35.46°C, Irisgewebe höchstens 0.5°C geringer als Rektum, Glaskörperzentrum 33.5°C, dicht vor dem Opticus 35.16°C. Unter Berücksichtigung aller Verhältnisse können wir im allgemeinen wohl sagen, dass der Bindehautsack 2°C, die

Hornhautlamellen 10°C, die vordere Kammer 6°C, die Linse 3°C, das Irisgewebe 0.36°C und das Glaskörperzentrum 4°C kälter sind als die jeweilige Rektumtemperatur.

*Hertel*³⁾ bediente sich zur Ausführung seiner Messungen der Augentemperaturen durchweg eines besonderen Quecksilberthermometers, das er nach eigenen Angaben von einem Glastechniker anfertigen liess. Aus den angeführten Messungen an Kaninchenaugen ergibt sich als mittlere Temperatur des Konjunktivalsackes 36.81°C bei einer mittleren Körpertemperatur von 38.83°C (im Rektum), also eine Differenz von 2.02°C. Alle Messungen hatte er in Räumen vorgenommen, die mittels Zentralheizung konstant auf einer Temperatur von 18°C–20°C gehalten wurden.

*Nelson*⁴⁾ narkotisierte die Kaninchen mit Urethan, das, in 20% Lösung intravenös injiziert (2 ccm pro Kg Tier), eine tiefe, sichere Narkose herbeiführte. Dann mass er die Augentemperaturen mit Thermoelement aus Neusilber- und Kupferdraht. Bei geschlossenen Lidern fand er im Verlaufe seiner Messungen in der Vorderkammer im Durchschnitt eine Temperatur von 35°C–35.5°C bei einer Körpertemperatur (Rektum) von 36.5°C–37.0°C. Öffnung der Lider setzte die Temperatur in wenigen Sekunden um 2.0°C–2.6°C herab. Die Erniedrigung wurde um so grösser, je weiter die Lider geöffnet wurden. Bei halbgeschlossenen Lidern konnte eine grössere Differenz als 1.0°C zwischen der Temperatur des Kammerwassers und der des Glaskörpers nicht gefunden werden.

Bei Durchsicht der obigen Literatur erweisen sich alle Arbeiten als sehr lückenhaft. *Michel* erwähnte weder Zimmertemperatur noch Feuchtigkeit und mass nur die Temperaturen der Vorderkammer, des Glaskörpers und der Linse. Den Einfluss des Lidschlusses auf die Augentemperaturen untersuchte er nur in der Vorderkammer. *Silex* mass die Augentemperaturen der ätherisierten Kaninchen. Bei narkotisierten Zuständen sinken die Körpertemperaturen im allgemeinen, und auch die Wärmeregulation wird gestört; man kann die Ergebnisse solcher Zustände somit nicht als physiologische Werte gelten lassen. *Silex* liess auch Zimmertemperatur, Feuchtigkeit und Lidzustände ausser Acht und mass die Temperaturen nur an Bindehautsack, Vorderkammer, Linse, Irisgewebe und Glaskörper. *Hertel* mass nur die Temperatur des Konjunktivalsackes in Räumen von 18°C–20°C. *Nelson* mass die Temperaturen der Vorderkammer und des Glaskörpers der mit Urethan narkotisierten Kaninchen. Diese Ergebnisse bei narkotisierten Zuständen sind, wie bei der *Silex*'schen Untersuchung, nicht physiologisch. Auch er berücksichtigte weder Aussentemperatur noch Feuchtigkeit. Den Einfluss des Lidschlusses auf die Augentemperatur untersuchte er nur in der Vorderkammer.

Als äussere Bedingungen berücksichtigte ich die Aussentemperatur, Feuchtigkeit und Jahreszeit. Die Fenster des Versuchszimmers wurden ganz geschlossen, sodass es keinen nennenswerten Luftzug gab. Unter möglichst natürlichen Bedingungen mass ich mittels der thermoelektrischen Methode die Temperaturen der Augenlider, des Konjunktivalsackes (an Hornhautoberfläche, Conjunctiva bulbi und Übergangsfalte), des Hornhautparenchyms, der Vorderkammer (nahe der Hornhaut-hinterfläche, in der Mitte und nahe der Irisvorderfläche), der Linse und des Glaskörpers (am hinteren Pole der Linse, in der Glaskörpermitte und an deren Hinterpole) der Kaninchen, unter Berücksichtigung der Einflüsse der Lidzustände. Im Folgenden will ich darüber eingehend berichten.

Untersuchungsmethode und -material.

I. Instrumente für die Temperaturmessung.

Wenn man die Temperatur so kleiner Gebiete, wie es die verschiedenen Abschnitte des Auges sind, genau und schnell messen will, so muss die Wärmekapazität des Messapparates klein sein. Das Quecksilberthermometer hat einen zu grossen Quecksilberbehälter im Vergleiche zum Messobjekt und muss daher der Messfläche notgedrungen Wärme entziehen. Die abgelesene Temperatur entspricht demnach nicht der wirklichen Temperatur der Messfläche. Ein weiterer Nachteil liegt in der Trägheit, die jedem Glasthermometer anhaftet. Das Quecksilberthermometer ist somit ungeeignet für Temperaturmessung der kleinen Abschnitte des Auges. Die Temperaturmessung mittels der Thermo-nadel hat gegenüber dem Quecksilberthermometer den Vorteil, dass der Messfläche keine Wärme entzogen wird, da man die temperaturempfindende Spitze des Thermoelementes beliebig klein machen kann, und so die Wärmekapazität sehr gering ist. Man wird dadurch in die Lage versetzt, Temperaturen an genau fixierten kleinen Stellen mit äusserster Genauigkeit zu messen. In dieser Hinsicht ist die Messung der Augentemperaturen mittels der thermoelektrischen Methode sehr zweckmässig.

Was ist nun die thermoelektrische Methode? Wenn man die Lötstelle zweier zu einem geschlossenen Kreise verbundenen Metalle erwärmt, so entsteht in beiden an dieser Lötstelle sich berührenden, verschiedenen und beliebig gewählten Metallen an den freien Enden eine Spannungsdifferenz. Solchen im Schliessungskreise entstehenden Strom nennt man den Thermoström. Diese Thermoströme wurden bereits im Jahre 1821 von *Seebeck* entdeckt^{5) 6) 7)}. Wir haben hier also galvanische, durch einfache Wärmewirkung hervorgebrachte Ströme vor uns. Die elektromotorischen Kräfte eines solchen Thermoelementes

haben eine bestimmte unveränderliche Grösse, wenn man die beiden verschiedenen Metalle an ihren Enden aneinanderlötet und diese beiden Lötstellen des Thermoelementes auf konstanter und gleichbleibender, aber unter sich verschiedener Temperatur erhält. Die zwischen den Lötstellen im geschlossenen Kreise herrschende Spannungsdifferenz ist dann umso grösser, je grösser der Temperaturunterschied zwischen den beiden Lötstellen ist. Bringt man z. B. die eine Lötstelle in schmelzendes Eis und damit auf eine ungefähr konstante Temperatur von 0°C , so kann man die Temperatur an der anderen Lötstelle direkt aus der elektromotorischen Kraft des in diesem Kreise fliessenden Thermostromes ablesen. Denn die elektromotorische Kraft dieses Systems ist bei zwei Lötstellen proportional der Temperaturdifferenz dieser Lötstellen. Die elektromotorische Kraft des Thermoelementes ist verschieden je nach der Metallkombination. Um die niedrige Temperatur genau zu messen, muss man eine Metallkombination von hoher thermoelektrischer Kraft wählen⁸⁾. In dieser Absicht verwandte ich die Kupfer-Konstantan-Kombination, die eine relativ grosse elektromotorische Kraft hat. Konstantan hat gewöhnlich die Zusammensetzung: 58 Teile Kupfer, 41 Teile Nickel, 1 Teil Mangan⁹⁾.

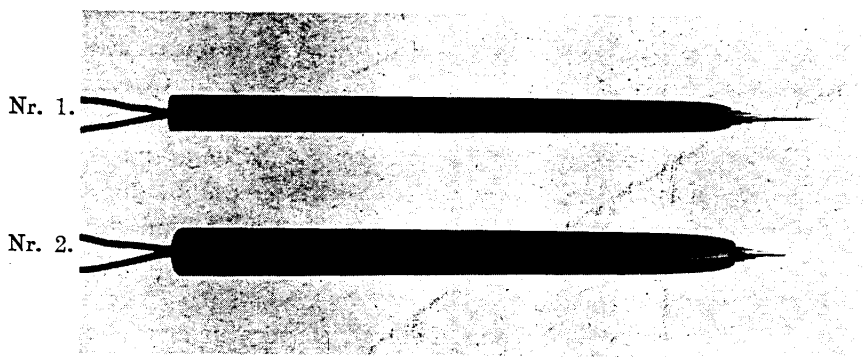


Fig. 1. Thermonadel (2/3 Grösse).

Thermonadel Nr. 1 (Siehe Fig. 1). Die spitz auslaufende, fast ganz runde Nadel hat eine Länge von 10 mm, der Durchmesser am Fusse ist 1.2 mm. Diese Thermonadel besteht aus einer Kombination von je einer Hälfte Kupfer und Konstantan. Diese zwei Metalle werden nur an der Spitze auf 2 mm Länge zusammengelötet. Unterhalb der Lötstelle zwischen den zwei Metallen liegt Baklite, um die zwei Metalle zu isolieren. Baklite¹⁰⁾ ist ein chemisches Kondensationsprodukt von 15 Teilen Phenol und 14 Teilen Formaldehyd, und sein chemischer Name ist Oxybenzylmethylenglykolanhydrid ($\text{C}_{42}\text{H}_{38}\text{O}_7$ oder $\text{C}_{43}\text{H}_{38}\text{O}_7$). Baklite ist ein guter elektrischer Isolator. Am Fusse der Thermonadel wird

jede Hälfte der Nadel mit ihrem entsprechenden Kupfer- oder Konstantandraht fest verbunden. Diese Drähte haben eine Dicke von 0.5 mm und sind mit feiner Seide zweischichtig umspinnen. Die Drähte durchbohren einen viereckigen Ebonitstab, der eine Länge von 9.5 cm und eine Dicke von 6 mm besitzt. Dieser Ebonitstab dient nicht nur als Handgriff der Nadel, sondern auch als Wärmeisolator.

Thermonadel Nr. 2 (Siehe Fig. 1). Diese Thermonadel hat eine Länge von 5 mm und einen Fussdurchmesser von 1 mm. Die Länge der Lötstelle ist 2 mm. Die übrige Struktur ist ganz gleich wie bei Thermonadel Nr. 1. Dieser Thermonadel Nr. 2, die bei den Messungen an Hornhautoberfläche, Hornhautparenchym und Conjunctiva bulbi angelegt werden muss, gebe ich durch zweckmässige Biegung eine derartige Gestalt, dass sie sich den Wänden des Bulbus gut anschmiegt.

Die zweite Lötstelle der Metalldrähte muss man immer auf konstanter Temperatur halten. Am besten hält man sie in schmelzendem Eis auf 0°C. Zu diesem Zwecke füllte ich eine Thermosflasche mit fein gebrochenen Eisstückchen und Wasser. Die Thermosflasche besitzt einen doppelt durchbohrten Gummistopfen, dessen eine Bohrung ein Quecksilberthermometer mit einer Skala zwischen 0°C und 70°C führt und dessen andere Bohrung ein Glasröhrchen trägt. Das Quecksilberreservoir des Thermometers und das blinde Ende des Glasröhrchens liegen in der Thermosflasche auf gleicher Höhe. Im blinden Ende des Glasröhrchens befindet sich die zweite Lötstelle. Das Quecksilberthermometer zeigt immer 0°C; somit hält sich auch die Lötstelle immer auf 0°C. Um die Stärke des thermoelektrischen Stromes zu messen, schneide ich den Kupferdraht durch und verbinde die beiden freien Enden mit einem Strommesser (Millivoltmeter). Damit sind die Instrumente für die Temperaturmessung vollständig vorhanden und angebracht.

Wenn die Thermonadel auf eine höhere Temperatur erwärmt wird, so entsteht ein Temperaturunterschied zwischen der Thermonadel und der Lötstelle in der Thermosflasche, wo die Temperatur konstant auf 0°C erhalten wird. Diesem Temperaturunterschied entsprechend entsteht ein elektrischer Strom, dessen Stromstärke vom Ausschläger des Millivoltmeters angezeigt wird. Wie sich die thermoelektrische Kraft (infolge einer Temperaturänderung) der Thermonadel jedesmal messen lässt, so kann man umgekehrt die Temperatur der betreffenden Stelle durch den Ausschlag der Thermonadel ablesen. Daher ist es notwendig, vorher die elektromotorischen Kräfte für jede Temperatur der Thermonadel zu messen. Das nennt man die Eichung.

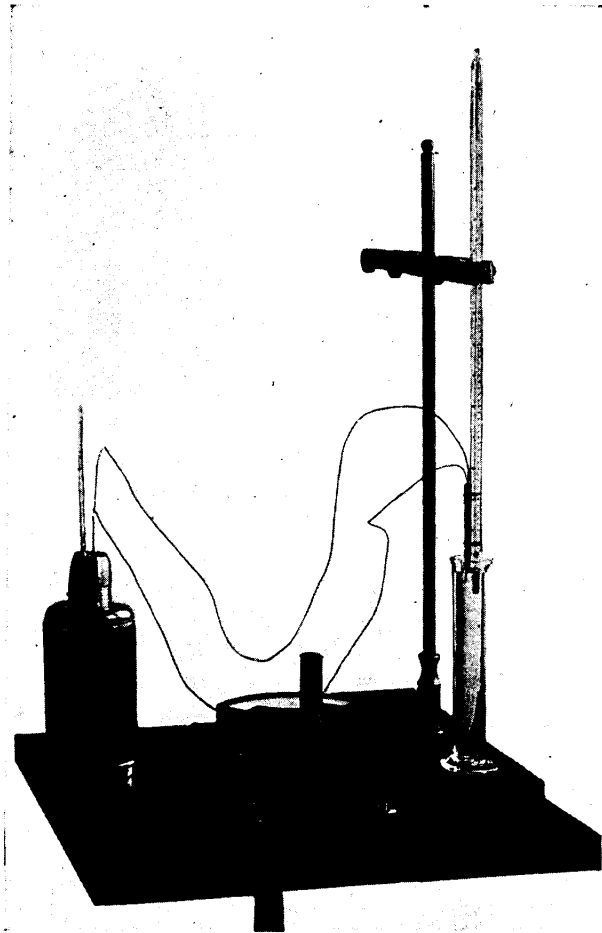


Fig. 2. Eichung.

II. Eichung und Eichkurve.

Wie Fig. 2 zeigt, binde ich die Thermonadel und ein im Zehntelgrad geteiltes Normalquecksilberthermometer zusammen und tauche sie zusammen in hoch erwärmtes, im Glaszylinder enthaltenes destilliertes Wasser, wobei das Quecksilberreservoir des Thermometers und die Thermonadel ganz unter Wasser sein müssen. Durch beständiges Umrühren des Wassers mit einem Rührer wird die Temperatur der Umgebung der Thermonadel und des Quecksilberreservoirs gleichmässig gehalten. Der Ausschlag des Millivoltmeters zeigt die elektromotorische Kraft an. Die Temperatur des Wassers verringert sich allmählich und zugleich auch die Stromstärke. Um die im Vergleiche zur Zimmertemperatur niedrigeren Temperaturen zu eichen, beginne ich die Eichung von 0°C des schmelzenden Eises. Die thermoelektrische Kraft steigert sich dabei mit der Erhöhung der Wassertemperatur. Bei

dieser Eichung ist vom Normalthermometer nur sein Quecksilberreservoir unter Wasser; es muss die Skala des Thermometers daher nach folgender Formel korrigiert werden:¹¹⁾

$$t = t' + 0.000156a(t' - t'')$$

t' : Thermometerskala

a : Grade des Thermometers ausserhalb des Wassers

t'' : Zimmertemperatur

0.000156: scheinbarer Ausdehnungskoeffizient

Die elektromotorische Kraft bei jeder Eigentemperatur der Thermonadel bestimmte ich durch den Durchschnittswert von fünf Eichungsergebnissen. Die Ergebnisse werden in ein Koordinatensystem eingetragen und zwar auf der Abszisse die Temperaturen der Thermonadel, auf der Ordinate dagegen die elektromotorischen Kräfte in Millivolt. Eine Verbindung der Punkte untereinander ergibt die Eichkurve (Siehe Fig. 3). An Hand dieser Kurve lässt sich zu jedem Millivoltmeterwerte die entsprechende Temperatur der Thermonadel ablesen. Die auf obige Weise gewonnene Eichkurve stellt den Teil einer Parabel dar, denn die allgemeine Gleichung für die Abhängigkeit der thermoelektrischen Kräfte von der Temperatur enthält ein quadratisches Glied und muss durch eine Parabel dargestellt werden. Die Formel ist wie folgt:⁶⁾

$$E = bt + ct^2$$

E : thermoelektrische Kraft

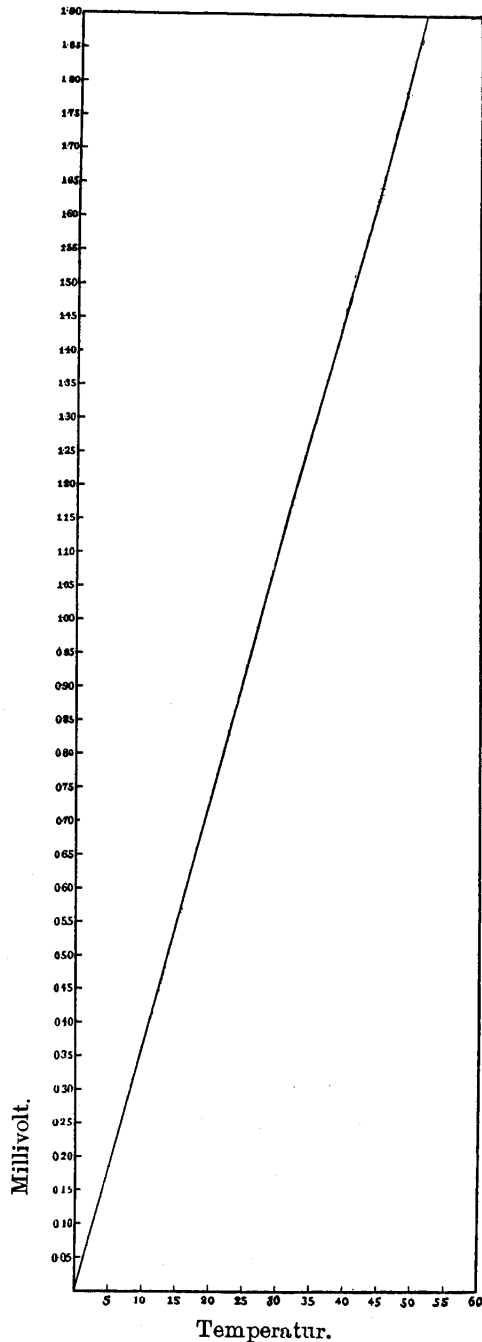


Fig. 3. Eichkurve.

t : Temperatur der Thermonadel

b und c: Konstanten für die Metallkombination

Der Scheitel der Parabel liegt ganz verschieden bei verschiedenen Metallkombinationen. Es genügt also, durch einen Versuch bei bekannter und kleiner Temperaturdifferenz die entsprechende Stromstärke festzustellen. Heute herrscht die Ansicht vor, dass nicht die mathematische Behandlung, sondern das empirische Eichungsverfahren zum Ziele führt⁸⁾.

III. Untersuchungsmaterial und Vorbereitung.

Als Versuchstiere wählte ich albinotische, kräftige männliche Kaninchen, deren Körpergewicht jeweils über 2000 g betrug.

Um den Stoffwechsel des Körpers konstant zu halten, fütterte ich die Kaninchen vor dem Versuche wenigstens eine Woche lang einzeln im Käfig täglich morgens mit 350 g *Okara* (Rückstand der Sojabohnengallerte). Die Körperwärmeregulation des Kaninchens ist unvollkommen und steht unter dem Einflusse der Aussentemperatur^{12) 13) 14) 15)} und Nahrungsaufnahme¹⁶⁾. Man muss also die Körperwärme des Kaninchens zu einem bestimmten Zeitpunkte nach der Nahrungsaufnahme und im Zimmer von bestimmter Temperatur messen. Ich fütterte die Kaninchen mit 350 g *Okara* um 10 Uhr morgens und mass die Rektumtemperatur alle 30 Minuten. Die Werte der Rektumtemperaturen weisen zwischen 2 Uhr und 3 Uhr nachmittags fast keine Schwankung auf, und da auch die Schwankung der Zimmertemperaturen minimal ist, so begann ich immer 2 Uhr nachmittags.

IV. Versuchsanordnung.

Wenn man die Kaninchen in der Bauch- oder Rückenlage fesselt, so sinkt die Körperwärme, wie schon *Kinoshita*¹⁷⁾, *Abe*¹⁸⁾ und *Nishishita*¹⁹⁾ festgestellt haben. Nach der Meinung von *Nishishita* wird das Wärmezentrum bei der Fesselung narkotisiert. Um also die natürlich-physiologischen Werte der Körpertemperatur zu messen, soll man ohne Fesselung arbeiten. Ich ordnete daher meine Versuche in der Art an, dass das Kaninchen in natürlicher Bauchlage auf einem Tische von der Hand des Assistenten auf dem Rücken ruhig festgehalten wurde (Siehe Fig. 4).

Um das Kaninchen an die Temperatur des Versuchszimmers zu gewöhnen, fütterte ich das Versuchstier im Käfig des Versuchszimmers am vorhergehenden Tage. Am Anfang des Versuchs mass ich die Rektumtemperatur mittels des Rektalquecksilberthermometers (*Accoson*), das zwei Minuten lang 8 cm tief im Rektum gehalten wurde.

Die Messungen wurden in der folgenden Ordnung ausgeführt:

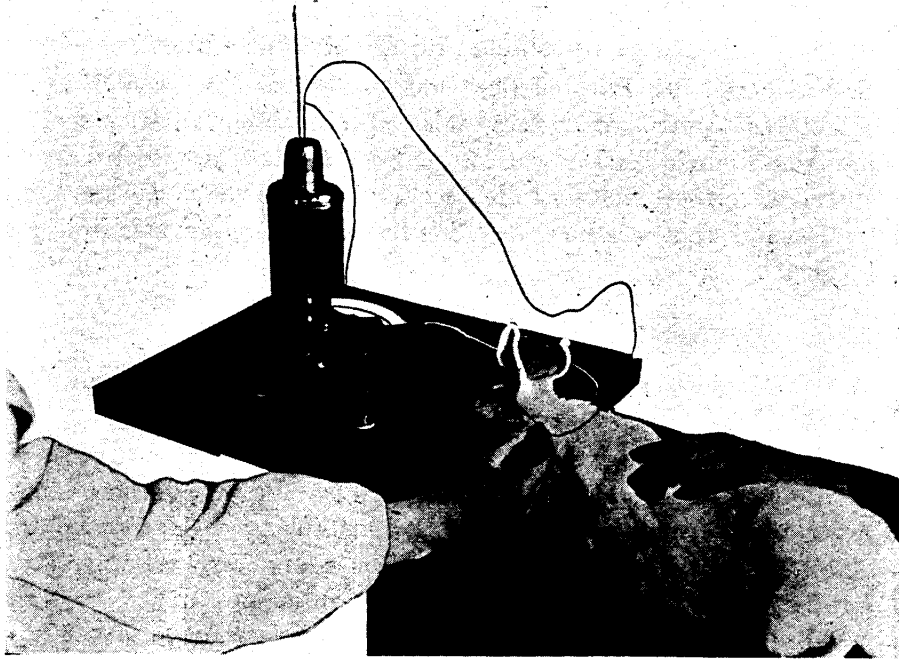


Fig. 4. Versuchsanordnung.

1. Messung der Temperaturen des Konjunktivalsackes.

Ich lege die Thermonadel Nr. 1 in die untere Übergangsfalte hinein; darnach schliesse ich die Lidspalte. Nach zwei Minuten lese ich den Millivoltmeterwert ab; dann lasse ich die Lidspalte zwei Minuten lang offen stehen und lese wieder den Millivoltmeterwert ab. Hierauf messe ich die Temperatur der oberen Übergangsfalte wie oben.

Um die Temperatur der Hornhautoberfläche zu messen, lege ich die Thermonadel Nr. 2 auf die Hornhaut, wobei die Krümmung der Nadel sich der Hornhautkonvexität gut anpasst. Das Messverfahren ist ganz gleich wie bei der Übergangsfalte.

Die Temperatur der Conjunctiva bulbi messe ich so, dass die Thermonadel Nr. 2 nahe am Limbus corneae, ihre Krümmung der Bulbuskonvexität anpassend, subkonjunktival eindringt. Das Messverfahren der Millivoltmeterwerte ist ganz gleich wie bei der Übergangsfalte. Es wird nämlich die Temperatur nach zweiminutenlanger Lidschliessung und dann wieder nach zweiminutenlangem Offenstehen der Lidspalte gemessen.

2. Messung der Temperatur des Hornhautparenchyms.

Mit einer Discisionsnadel steche ich intralamellär in das Hornhautparenchym von Limbus corneae zum Zentrum, ziehe die Nadel heraus und lege dann sofort die Thermonadel Nr. 2 in diese Stichwunde. Die übrigen Messverfahren sind wie oben.

3. Messung der Temperatur in der Vorderkammer.

Wenn man die natürliche Temperatur des Kammerwassers messen will, so ist es besonders wichtig, die Thermonadel ohne Herausfliessenlassen des Kammerwassers in die Vorderkammer zu bringen. Den Kammerwasserverlust beim Zurückziehen der Discisionsnadel zu vermeiden ist schwer, wenn die Hornhaut selbst durchstochen wird. Leichter gelingt es, wenn die Einführung der Discisionsnadel zuerst subkonjunktival ca. 2 mm vom Hornhautrande entfernt und an der Korneoskleralgrenze möglichst im Bereiche der Sklera im Kammerwinkel bewerkstelligt wird. Als Stelle des Einstichs wird immer die temporale Seite gewählt. Kurz nach dem Zurückziehen der Discisionsnadel bringe ich die Thermonadel Nr. 1 durch diese Stichwunde in die Vorderkammer. Durch diese Manipulation wird der Abfluss des Kammerwassers gleich null oder sehr gering.

Die Thermonadel wird zuerst dicht an die vordere Fläche der Iris angelegt, und in diesem Zustand wird der Millivoltmeterwert nach zweiminutenlanger Lidschliessung abgelesen. Darnach bewege ich die Thermonadel nach vorn bis zur Hornhauthinterfläche. Während dieser Bewegung notiere ich den Wert der Mitte der Vorderkammer und beim Berühren mit der Hornhauthinterfläche den dortigen Wert. Dann lasse ich die Thermonadel wieder bis zur Irisfläche zurückkehren, und nach zweiminutenlangem Offenstehen der Lidspalte werden die Temperaturen der oben genannten drei Stellen der Vorderkammer ganz wie beim Lidschliessungszustande abgelesen.

4. Messung der Temperatur im Glaskörper.

Ich führe zuerst die Kanthomie des temporalen Augenwinkels aus und steche dann mit einer Discisionsnadel in der Äquatorgegend des Bulbus durch die Bulbuswand. Durch diese Stichwunde wird die Thermonadel Nr. 1 leicht in den Glaskörper eingeführt. Die Spitze der Thermonadel liegt zuerst am hinteren Pole des Glaskörpers. Nach zweiminutenlanger Lidschliessung und dann wieder nach zweiminutenlanger Lidöffnung lese ich jedesmal die Millivoltmeterwerte ab. In der Mitte des Glaskörpers und auch am hinteren Pole der Linse sind die Temperaturen ganz wie oben zu messen.

5. Messung der Linsentemperatur.

Am Scheitel der Hornhaut wird eine perforierende Stichöffnung mit der Discisionsnadel angebracht, und da durchsteche ich die Linse mit der Thermonadel Nr. 1. Das Messverfahren ist ganz wie oben.

6. Messung der Temperatur des Lides.

Nahe am äusseren Augenwinkel macht man einen ganz kleinen Einschnitt mit dem *v. Graefe'schen* Linearmesser und schiebt nun vorsichtig die Thermonadel Nr. 1 unter die Lidhaut bis an die Mitte des Lides. Nach zweiminutenlangem Anliegen der Thermonadel im Unter-

Tabelle

Nr.	Körpergewicht g	Datum	Zimmer- tempera- tur C	Feuchtigkeit %	Rektum	Lid	Konjunktivalsack				
							Hornhaut- oberfläche		Conj. bulbi		Fornix
							o	s	o	s	
1	2500	18/VIII	31.8	53	40.1	38.4	37.0	38.7	37.6	39.0	39.0
						1.39	1.34	1.40	1.36	1.415	1.415
2	2270	20/VIII	31.5	63	39.9	38.1	37.4	38.8	37.6	38.9	38.9
						1.38	1.355	1.405	1.36	1.41	1.41
3	2100	21/VIII	32.1	49	40.1	38.7	37.4	38.8	37.7	39.0	39.0
						1.40	1.355	1.405	1.365	1.415	1.415
4	2550	23/VIII	33.7	47	40.8	38.7	38.1	39.0	38.4	39.5	39.5
						1.40	1.38	1.415	1.39	1.43	1.43
5	2300	24/VIII	32.5	60	39.6	38.4	37.6	38.7	37.9	38.9	38.9
						1.39	1.36	1.40	1.37	1.41	1.41
6	2480	27/VIII	31.8	52	40.5	38.7	37.6	39.0	38.0	39.7	39.7
						1.40	1.36	1.415	1.375	1.44	1.44
7	2200	28/VIII	32.2	60	39.9	38.7	37.6	39.0	37.9	39.5	39.5
						1.40	1.36	1.415	1.37	1.43	1.43
8	2000	3/IX	31.4	51	40.1	38.8	38.1	39.0	38.1	39.7	39.7
						1.405	1.38	1.415	1.38	1.44	1.44
9	2100	10/IX	30.2	44	40.0	38.1	37.6	38.4	37.9	38.9	38.9
						1.38	1.36	1.39	1.37	1.41	1.41
10	2250	11/IX	30.9	50	40.4	39.2	37.9	39.2	37.9	39.7	39.7
						1.42	1.37	1.42	1.37	1.44	1.44
Durchschnittswert			31.81	52.9	40.14	38.58	37.63	38.86	37.90	39.28	39.28

Fette Ziffern : elektromotorische Kraft (Einheit : Millivolt).

o : Lidöffnung.

s : Lidschliessung.

1.

Hornhaut- paren- chym		Vorderkammer						Linse		Glaskörper					
		Hornhaut- hinter- fläche		Mitte		Irisvorder- fläche				nahe am Linsenbin- terpole		Mitte		Hinterpol	
o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	o	s		
37.0	38.7	37.6	39.0	38.1	39.0	38.4	39.0	38.4	39.0	38.4	39.0	39.2	39.2	39.5	
1.34	1.40	1.36	1.415	1.38	1.415	1.39	1.415	1.39	1.415	1.39	1.415	1.42	1.42	1.43	
37.4	38.8	37.6	38.9	38.1	38.9	38.4	38.9	38.4	38.9	38.4	38.9	39.2	39.2	39.7	
1.355	1.405	1.36	1.41	1.38	1.41	1.39	1.41	1.39	1.41	1.39	1.41	1.42	1.42	1.44	
37.4	38.8	37.6	39.0	38.1	39.0	38.4	39.0	38.4	39.0	38.7	39.0	39.5	39.5	39.9	
1.445	1.405	1.36	1.415	1.38	1.415	1.39	1.415	1.39	1.415	1.40	1.415	1.43	1.43	1.45	
38.1	39.0	38.4	39.5	38.9	39.5	39.3	39.5	39.3	39.5	39.3	39.7	39.8	39.8	40.2	
1.38	1.415	1.39	1.43	1.41	1.43	1.425	1.43	1.425	1.43	1.425	1.44	1.445	1.445	1.46	
37.6	38.7	37.6	38.9	38.1	38.9	38.4	38.9	38.4	38.9	38.4	38.9	39.2	39.2	39.5	
1.36	1.40	1.36	1.41	1.38	1.41	1.39	1.41	1.39	1.41	1.39	1.41	1.42	1.42	1.43	
37.6	39.0	37.9	39.7	38.4	39.7	38.8	39.7	38.8	39.7	38.8	39.7	39.9	39.9	40.0	
1.36	1.415	1.37	1.44	1.39	1.44	1.405	1.44	1.405	1.44	1.405	1.44	1.45	1.45	1.455	
37.6	39.0	37.9	39.5	38.4	39.5	38.7	39.5	38.7	39.5	38.7	39.5	39.7	39.7	39.9	
1.36	1.415	1.37	1.43	1.39	1.43	1.40	1.43	1.40	1.43	1.40	1.43	1.44	1.44	1.45	
38.1	39.0	38.1	39.7	38.9	39.7	39.2	39.7	39.2	39.7	39.2	39.7	39.9	39.9	40.0	
1.38	1.415	1.38	1.44	1.41	1.44	1.42	1.44	1.42	1.44	1.42	1.44	1.45	1.45	1.455	
37.6	38.4	37.6	38.9	38.1	38.9	38.4	38.9	38.4	38.9	38.4	38.9	39.2	39.2	39.5	
1.36	1.39	1.36	1.41	1.38	1.41	1.39	1.41	1.39	1.41	1.39	1.41	1.42	1.42	1.43	
37.9	39.2	38.4	39.7	38.9	39.7	39.2	39.7	39.2	39.7	39.2	39.7	39.9	39.9	39.9	
1.37	1.42	1.39	1.44	1.41	1.44	1.42	1.44	1.42	1.44	1.42	1.44	1.45	1.45	1.45	
37.63	38.86	37.87	39.28	38.40	39.28	38.72	39.28	38.72	39.28	38.75	39.30	39.55	39.55	39.81	

Tabelle

Nr.	Körpergewicht g	Datum	Zimmer- tempe- ratur C	Feuchtigkeit %	Rektum	Lid	Konjunktivalsack				
							Hornhaut- oberfläche		Conj. bulbi		Fornix
							o	s	o	s	
1	2480	6/X	21.4	42	39.7	37.6	35.8	38.1	35.8	38.7	38.7
						1.36	1.30	1.38	1.30	1.40	1.40
2	2640	11/X	20.2	47	39.1	37.3	35.8	37.6	35.8	38.4	38.4
						1.35	1.30	1.36	1.30	1.39	1.39
3	2400	12/X	20.4	46	39.8	37.9	35.8	38.1	35.8	38.7	38.7
						1.37	1.30	1.38	1.30	1.40	1.40
4	2450	15/X	20.3	43	39.1	38.1	36.1	38.1	36.1	38.7	38.7
						1.38	1.31	1.38	1.31	1.40	1.40
5	2200	17/X	20.3	48	39.5	37.9	35.8	37.9	35.8	38.7	38.7
						1.37	1.30	1.37	1.30	1.40	1.40
6	2300	20/X	22.9	62	39.5	37.9	35.8	37.9	35.8	38.7	38.7
						1.37	1.30	1.37	1.30	1.40	1.40
7	2100	21/X	21.7	50	39.6	37.9	36.4	37.9	36.4	38.7	38.7
						1.37	1.32	1.37	1.32	1.40	1.40
8	2000	22/X	21.1	41	39.3	37.9	36.4	38.1	36.4	38.7	38.7
						1.37	1.32	1.38	1.32	1.40	1.40
9	2540	23/X	20.6	49	39.5	37.9	36.4	37.9	36.4	38.7	38.7
						1.37	1.32	1.37	1.32	1.40	1.40
10	2230	28/X	20.8	50	39.3	37.6	36.1	37.6	36.1	38.4	38.4
						1.36	1.31	1.36	1.31	1.39	1.39
Durchschnittswert			20.97	47.8	39.44	37.80	36.04	37.92	36.04	38.64	38.64

2.

Hornhaut- paren- chym		Vorderkammer						Linse		Glaskörper				
		Hornhaut- hinter- fläche		Mitte		Irisvorder- fläche				nahe am Linsenhin- terpole		Mitte		Hinterpol
o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	
35.8	38.1	35.8	38.7	36.4	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.9	38.7	38.7
1.30	1.38	1.30	1.40	1.32	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.37	1.40	1.40
35.8	37.6	35.8	38.4	36.4	38.4	37.3	38.4	37.3	38.4	37.3	38.4	37.6	38.4	38.4
1.30	1.36	1.30	1.39	1.32	1.39	1.35	1.39	1.35	1.39	1.35	1.39	1.36	1.39	1.39
35.8	38.1	35.8	38.7	36.4	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.9	38.7	38.7
1.30	1.38	1.30	1.40	1.32	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.37	1.40	1.40
36.1	38.1	36.1	38.7	36.7	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.9	38.7	38.7
1.31	1.38	1.31	1.40	1.33	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.37	1.40	1.40
35.8	37.9	35.8	38.7	36.4	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.9	38.7	38.7
1.30	1.37	1.30	1.40	1.32	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.37	1.40	1.40
35.8	37.9	35.8	38.7	36.4	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.3	38.7	37.9	38.7	38.7
1.30	1.37	1.30	1.40	1.32	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.37	1.40	1.40
36.4	37.9	36.4	38.7	37.0	38.7	37.6	38.7	37.6	38.7	37.6	38.7	37.9	38.7	38.7
1.32	1.37	1.32	1.40	1.34	1.40	1.36	1.40	1.36	1.40	1.36	1.40	1.37	1.40	1.40
36.4	38.1	36.4	38.7	37.0	38.7	37.6	38.7	37.6	38.7	37.6	38.7	37.9	38.7	38.7
1.32	1.38	1.32	1.40	1.34	1.40	1.36	1.40	1.36	1.40	1.36	1.40	1.37	1.40	1.40
36.4	37.9	36.4	38.7	37.0	38.7	37.6	38.7	37.6	38.7	37.6	38.7	37.9	38.7	38.7
1.32	1.37	1.32	1.40	1.34	1.40	1.36	1.40	1.36	1.40	1.36	1.40	1.37	1.40	1.40
36.1	37.6	36.1	38.4	36.7	38.4	37.3	38.4	37.3	38.4	37.3	38.4	37.9	38.4	38.4
1.31	1.36	1.31	1.39	1.33	1.39	1.35	1.39	1.35	1.39	1.33	1.39	1.37	1.39	1.39
36.04	37.92	36.04	38.64	36.64	38.64	37.39	38.64	37.39	38.64	37.39	38.64	37.87	38.64	38.64

Tabelle

Nr.	Körpergewicht g	Datum	Zimmer- tempe- ratur C	Feuchtigkeit %	Rektum	Lid	Konjunktivalsack				
							Hornhaut- oberfläche		Conj. bulbi		Fornix
							o	s	o	s	
1	2050	21/II	12.9	56	38.9	36.1	33.3	35.8	33.3	35.8	37.6
						1.31	1.21	1.30	1.21	1.30	1.36
2	2100	23/II	12.9	56	39.1	36.7	34.1	36.4	34.1	36.4	37.9
						1.33	1.24	1.32	1.24	1.32	1.37
3	2200	25/II	10.2	45	39.2	36.7	33.0	36.1	33.0	36.1	37.9
						1.33	1.20	1.31	1.20	1.31	1.37
4	2150	26/II	11.6	50	39.7	36.7	34.1	36.4	34.1	36.4	38.4
						1.33	1.24	1.32	1.24	1.32	1.39
5	2200	27/II	11.5	56	39.6	37.0	34.4	36.7	34.4	36.7	38.7
						1.34	1.25	1.33	1.25	1.33	1.40
6	2300	28/II	10.6	53	38.4	36.7	33.9	36.4	33.9	36.4	38.1
						1.33	1.23	1.32	1.23	1.32	1.38
7	2200	3/III	12.6	53	38.7	36.4	34.1	35.8	34.1	35.8	37.9
						1.32	1.24	1.30	1.24	1.30	1.37
8	2000	5/III	13.2	47	39.4	37.0	34.4	36.7	34.4	36.7	38.4
						1.34	1.25	1.33	1.25	1.33	1.39
9	2100	8/III	10.2	51	39.0	37.0	33.6	36.7	33.6	36.7	38.7
						1.34	1.22	1.33	1.22	1.33	1.40
10	2200	13/III	10.7	50	39.2	36.7	34.1	36.4	34.1	36.4	38.7
						1.33	1.24	1.32	1.24	1.32	1.40
Durchschnittswert			11.64	51.7	39.12	36.70	33.90	36.34	33.90	36.34	38.23

3.

Hornhaut- paren- chym		Vorderkammer								Linse		Glaskörper					
		Hornhaut- hinter- fläche		Mitte		Irisvorder- fläche		nahe am Linsenhin- terpole				Mitte		Hinterpol			
		o	s	o	s	o	s	o	s			o	s		o	s	
33.3	35.8	33.6	35.8	34.6	35.8	35.2	35.8	35.2	36.7	35.2	36.7	35.8	36.7	36.7			
1.21	1.30	1.22	1.30	1.26	1.30	1.28	1.30	1.28	1.33	1.28	1.33	1.30	1.33	1.33			
34.1	36.4	34.1	37.0	34.9	37.0	36.1	37.0	36.1	37.3	36.1	37.3	36.7	37.3	37.3			
1.24	1.32	1.24	1.34	1.27	1.34	1.31	1.34	1.31	1.35	1.31	1.35	1.33	1.35	1.35			
33.0	36.1	33.3	36.7	35.5	36.7	34.9	36.7	34.9	37.0	34.9	37.0	36.1	37.0	37.0			
1.20	1.31	1.21	1.33	1.24	1.33	1.27	1.33	1.27	1.34	1.27	1.34	1.31	1.34	1.34			
34.1	36.4	34.1	37.6	34.9	37.6	36.4	37.6	36.4	37.9	36.4	37.9	37.3	37.9	37.9			
1.24	1.32	1.24	1.36	1.27	1.36	1.32	1.36	1.32	1.37	1.32	1.37	1.35	1.37	1.37			
34.4	36.7	34.4	37.9	35.8	37.9	36.7	37.9	36.7	38.1	36.7	38.1	37.3	38.1	38.1			
1.25	1.33	1.25	1.37	1.30	1.37	1.33	1.37	1.33	1.38	1.33	1.38	1.35	1.38	1.38			
33.9	36.4	33.9	37.3	34.9	37.3	36.4	37.3	36.4	37.9	36.4	37.9	37.3	37.9	37.9			
1.23	1.32	1.23	1.35	1.27	1.35	1.32	1.35	1.32	1.37	1.32	1.37	1.35	1.37	1.37			
34.1	35.8	34.1	37.3	34.9	37.3	36.1	37.3	36.1	37.3	36.1	37.3	36.7	37.3	37.3			
1.24	1.30	1.24	1.35	1.27	1.35	1.31	1.35	1.31	1.35	1.31	1.35	1.33	1.35	1.35			
34.4	36.7	34.4	37.3	35.2	37.3	36.1	37.3	36.1	37.9	36.1	37.9	36.7	37.9	37.9			
1.25	1.33	1.25	1.35	1.28	1.35	1.31	1.35	1.31	1.37	1.31	1.37	1.33	1.37	1.37			
33.6	36.7	33.6	37.3	34.6	37.3	35.8	37.3	35.8	37.9	35.8	37.9	36.7	37.9	37.9			
1.22	1.33	1.22	1.35	1.26	1.35	1.30	1.35	1.30	1.37	1.30	1.37	1.33	1.37	1.37			
34.1	36.4	34.1	37.3	35.2	37.3	36.1	37.3	36.1	37.9	36.1	37.9	37.0	37.9	37.9			
1.24	1.32	1.24	1.35	1.28	1.35	1.31	1.35	1.31	1.37	1.31	1.37	1.34	1.37	1.37			
33.90	36.34	33.96	37.15	35.05	37.15	35.98	37.15	35.98	37.59	35.98	37.59	36.76	37.59	37.59			

hautgewebe des oberen und unteren Augenlides werden die Werte des Millivoltmeters abgelesen.

Alle Messungen werden am linken Auge durchgeführt, und während dieses Versuches messe ich von Zeit zu Zeit als Kontrolle die Temperatur der rechten Übergangsfalte. Die Temperaturen der rechten und linken Übergangsfalte sind immer gleich, daher kann man den anderen Wert als Kontrolle benutzen. Nach dem Versuche ist wieder die Rektumtemperatur zu messen. Wenn die Rektumtemperaturen vor und nach dem Versuche nicht übereinstimmen, so wird der Versuch als wertlos ausgeschieden.

Das Normalquecksilberthermometer zeigt die Temperatur des Versuchszimmers, und die Feuchtigkeit wird mittels des *Auguster'schen* Psychrometers berechnet. Beim Versuche sind die Fenster des Zimmers ganz geschlossen, damit es keinen merkbaren Luftzug gibt.

Versuchsergebnisse.

Die 1. Tabelle zeigt die Versuchsergebnisse im Sommer (18/VIII – 11/IX 1930), die Zimmertemperaturen schwanken zwischen 33.7°C und 30.2°C (Durchschnittswert von zehn Messungen: 31.81°C), die Feuchtigkeit zwischen 63% und 44% (Durchschnittswert: 52.9%).

Die 2. Tabelle zeigt die Ergebnisse im Herbst (6/X – 28/X 1930), die Zimmertemperaturen schwanken zwischen 22.9°C und 20.2°C (Durchschnittswert: 20.97°C), die Feuchtigkeit zwischen 62% und 41% (Durchschnittswert: 47.8%).

Die 3. Tabelle zeigt die Ergebnisse im Winter (21/II – 13/III 1931), die Zimmertemperaturen schwanken zwischen 13.2°C und 10.2°C (Durchschnittswert: 11.64°C), die Feuchtigkeit zwischen 56% und 45% (Durchschnittswert: 51.7%).

Die Werte der oberen und unteren Übergangsfalte sind immer gleich, ebenso die Werte des oberen und unteren Augenlides; die Tabellen zeigen also jedesmal nur eine Reihe. Die Temperaturen des Glaskörpers am hinteren Pole werden nicht beeinflusst durch die Lidspaltenzustände, alle Tabellen zeigen diese Werte also nur einmal.

Zusammenfassung und kritische Betrachtung.

1. Die Rektumtemperatur. Die Rektumtemperaturen betragen 40.8°C – 39.6°C bei 33.7°C – 30.2°C Zimmertemperatur und 63% – 44% Feuchtigkeit; 39.7°C – 39.1°C bei 22.9°C – 20.2°C Zimmertemperatur und

62% – 41% Feuchtigkeit; 39.7°C – 38.4°C bei 13.2°C – 10.2°C Zimmertemperatur und 56% – 45% Feuchtigkeit. Die Durchschnittswerte von je zehn Messungen sind die folgenden:

Tabelle 4.

Zimmertemperatur	Feuchtigkeit	Rektumtemperatur
31.81°C	52.9%	40.14°C
20.97°C	47.8%	39.44°C
11.64°C	51.7%	39.12°C

Wenn auch die Kaninchen zu den homiothermen Tieren gehören, so stehen ihre Rektumtemperaturen dennoch unter dem Einflusse der Atmosphäre. Die Entwicklung der Körperwärmeregulation ist verschieden je nach der Tierart, und die des Kaninchens ist nicht vollkommen, wie schon *Martin*¹²⁾, *Book*¹³⁾, *Yoshinaga*²⁰⁾, *Nishishita*¹⁹⁾, *Sueoka*¹⁴⁾ und *Kakinuma*¹⁵⁾ festgestellt haben.

Die Bedingungen der umgebenden Atmosphäre (Aussentemperatur, Feuchtigkeit und Luftzug) beeinflussen die Körperwärme des Kaninchens. Bei meinen Versuchen gab es keinen bemerkenswerten Luftzug im Versuchszimmer, denn die Fenster waren alle geschlossen. Welches Moment unter den zwei Bedingungen (Aussentemperatur und Feuchtigkeit) spielt nun bei meinen Versuchen die Hauptrolle?

Um die Resultate kurz auszudrücken, werden die Zimmertemperaturen in allen folgenden Tabellen als 30°C statt 31.81°C, als 20°C statt 20.97°C und als 10°C statt 11.64°C angegeben.

Tabelle 5.

Zimmertemp. C	Feuchtigkeit %		
	über 40	über 50	über 60
30°	40.3°	40.2°	39.8°
20°	39.5°	39.4°	39.5°
10°	39.3°	39.0°	

Wie obige Tabelle zeigt, ist bei gleichen Feuchtigkeitsgraden die Rektumtemperatur umso niedriger, je niedriger die Aussentemperatur ist. Unter gleichen Aussentemperaturen gibt es keine allgemeine Regel über die Beziehung zwischen Feuchtigkeit und Rektumtemperatur, und der Einfluss der Feuchtigkeit ist unbedeutend. Es hat also bei meinen Versuchen (Aussentemperatur: 33.7°C – 10.2°C, Feuchtigkeit: 63% – 41%) die Feuchtigkeit keine innige Beziehung zur Rektumtemperatur. Diese Tatsache stimmt gut überein mit dem *Tanabe*'schen Ergebnis²¹⁾,

wonach sich bei Zimmertemperaturen unter 35°C kein deutlicher Einfluss der Feuchtigkeit auf die Körpertemperatur des Menschen zeigt. *Ishikawa*²²⁾ veröffentlichte auch das gleiche Ergebnis bei Versuchen an Menschen.

2. Die Temperatur des Augenlides. Die Temperaturen der Augenlider sind immer niedriger als die Rektumtemperaturen. Die Resultate sind aus Tabelle 6 ersichtlich.

Tabelle 6.

Äussere Bedingung	Lidtemperatur	Unterschiede zwischen Rektum- und Lidtemperatur
30°C, 52.9%	38.58°C	1.56°C
20°C, 47.8%	37.80°C	1.64°C
10°C, 51.7%	36.70°C	2.42°C

Welche unter den zwei Hauptbedingungen (Zimmertemperatur und Feuchtigkeit) hat nun einen innigeren Zusammenhang mit dem Unterschiede zwischen Lid- und Rektumtemperatur?

Tabelle 7.

Zimmertemp. C	Feuchtigkeit %		
	über 40	über 50	über 60
30°	1.8	1.5	1.4
20°	1.6	1.7	1.6
10°	2.4	2.4	

Wie Tabelle 7 zeigt, ist im allgemeinen und bei gleicher Feuchtigkeit der Unterschied umso grösser, je niedriger die Aussentemperatur ist. Bei gleicher Aussentemperatur ist der Einfluss der Feuchtigkeit unbedeutend.

3. Die Temperaturen der verschiedenen Abschnitte des Auges innerhalb der Lider sind nicht gleichmässig. Diese Wärmetopographie steht unter den Einflüssen der Lidzustände und der umgebenden Atmosphäre (Siehe Tabelle 1, 2 und 3).

4. Im allgemeinen werden die Augentemperaturen bei Lidschliessung höher und bei Lidöffnung niedriger. Die Augenlider spielen nämlich eine wichtige Rolle für den Wärmehaushalt des Auges. Die Erniedrigungsgrade der Augentemperaturen bei Lidöffnung werden beeinflusst durch die Beschaffenheit der umgebenden Atmosphäre. Bei meinen Versuchen sind Aussentemperatur und Feuchtigkeit zu berücksichtigen, denn der Luftzug ist im geschlossenen Zimmer unmerklich.

Tabelle 8.

Abschnitt Feuchtigkeit % Aussen- temperatur C	Hornhaut- oberfläche			Conjunctiva bulbi			Hornhaut- parenchym			Hornhaut- hinterfläche			Vorder- kammer- mitte			Irisvorder- fläche			Linse			nahe am Linsen- hinterpole			Glaskörper- mitte					
	über 40	über 50	über 60	über 40	über 50	über 60	über 40	über 50	über 60	über 40	über 50	über 60	über 40	über 50	über 60	über 40	über 50	über 60	über 40	über 50	über 60	über 40	über 50	über 60	über 40	über 50	über 60			
30°	1.0	1.3	1.3	1.1	1.3	1.3	0.9	1.3	1.3	1.2	1.5	1.4	0.7	0.9	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0
20°	1.9	1.5	2.1	2.6	2.3	2.9	1.9	1.5	2.1	2.6	2.3	2.9	2.0	1.7	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.4	0.8	0.6	0.8	
10°	2.7	2.3		2.7	2.3		2.7	2.3		3.1	3.1		1.6	2.2	1.5	1.0		1.3	1.5		1.3	1.5		1.3	1.5		1.0	0.7		

Wie Tabelle 8 zeigt, ist bei gleicher Feuchtigkeit der Erniedrigungsgrad umso grösser, je niedriger die Aussentemperatur ist. Bei gleichen Aussentemperaturen ist der Einfluss der Feuchtigkeit unregelmässig und unbedeutend. Bei meinen Versuchen (Aussentemperatur: 33.7°C - 10.2°C, Feuchtigkeit: 63% - 41%) blieb die Feuchtigkeit ohne nennenswerten Einfluss, und in der weiteren Beschreibung wird daher nur die Aussentemperatur berücksichtigt.

Die Grade des Einflusses der Aussentemperaturen sind nicht gleichmässig bei den verschiedenen Abschnitten des Auges. Tabelle 9 drückt diesen Einfluss aus.

Im allgemeinen ist die Temperaturerniedrigung umso grösser, je niedriger die Aussentemperaturen und je oberflächlicher die Augenabschnitte sind. Die Übergangsfalte und der hintere Pol des Glaskörpers benehmen sich anders, denn die dortigen Temperaturen werden nicht beeinflusst durch die Lidzustände. Bei einfacher Lidöffnung berühren sich Conjunctiva bulbi und Conjunctiva palpebrae noch dicht miteinander, und die Übergangsfalte ist der Luft daher nicht zugänglich. Der hintere Pol des Glaskörpers liegt tief im Bulbus, sodass der Einfluss der Lidzustände sich nicht bemerkbar macht. Die übrigen Augenabschnitte und besonders die Hornhaut und Conjunctiva bulbi, die bei Lidöffnung der umgebenden Luft frei zugänglich sind, stehen unter dem Einflusse der Aussentemperatur. Die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung ist umso grösser, je niedriger die Aussentemperatur ist. Da die Wärmeproduktion und Wärmezufuhr nicht genügend vermehrt werden, so erniedrigen sich die Augen-

Tabelle 9.

Erniedrigungsgrade der Temperatur bei Offenstehen der Lidspalte.

Aussen- temperatur	Konjunktivalsack			Hornhaut- parenchym	Vorderkammer			Linse	Glaskörper		
	Hornhaut- oberfläche	Conjunc- tiva bulbi	Fornix		Hornhaut- hinter- fläche	Mitte	Irisvorder- fläche		nahe am Linsen- hinterpole	Mitte	Hinterpol
30°C	1.23	1.38	0	1.20	1.41	0.88	0.56	0.56	0.55	0	0
20°C	1.88	2.60	0	1.88	2.60	2.00	1.25	1.25	1.25	0.77	0
10°C	2.44	2.44	0	2.44	3.19	2.10	1.17	1.61	1.61	0.83	0

temperaturen. Die Tatsache, dass die Hornhaut, Linse und Glaskörper keine Blutgefäße besitzen, gibt diesen Geweben eine ungünstige Stellung im Wärmehaushalte des Organismus.

5. Die Augentemperaturen sind stets niedriger als die Rektumtemperatur, wie Tabellen 1, 2 und 3 zeigen.

6. Die Unterschiede zwischen Augentemperaturen und Rektumtemperaturen sind bei verschiedenen Augenabschnitten nicht gleichmässig und stehen auch unter dem Einflusse der Aussentemperatur (Siehe Tabelle 10 und 11).

Tabelle 10.

Die Unterschiede zwischen Augen- und Rektumtemperatur bei Lidöffnung.

Aussen- temperatur	Konjunktivalsack			Hornhaut- parenchym	Vorderkammer			Linse	Glaskörper		
	Hornhaut- oberfläche	Conjunc- tiva bulbi	Fornix		Hornhaut- hinter- fläche	Mitte	Irisvorder- fläche		nahe am Linsen- hinterpole	Mitte	Hinterpol
30°C	2.51	2.24	0.86	2.48	2.27	1.74	1.42	1.42	1.39	0.59	0.33
20°C	3.40	3.40	0.80	3.40	3.40	2.80	2.05	2.05	2.05	1.57	0.80
10°C	5.22	5.22	0.89	5.22	5.16	4.07	3.17	3.14	3.14	2.36	1.53

Tabelle 11.

Die Unterschiede zwischen Augen- und Rektumtemperatur bei Lidschliessung.

Aussen- temperatur	Konjunktivalsack			Hornhaut- parenchym	Vorderkammer			Linse	Glaskörper		
	Hornhaut- oberfläche	Conjunc- tiva bulbi	Fornix		Hornhaut- hinter- fläche	Mitte	Irisvorder- fläche		nahe am Linsen- hinterpole	Mitte	Hinterpol
30°C	1.28	0.86	0.86	1.28	0.86	0.86	0.86	0.86	0.84	0.59	0.33
20°C	1.52	0.80	0.80	1.52	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
10°C	2.78	2.78	0.89	2.78	1.97	1.97	1.97	1.53	1.53	1.53	1.53

Die Unterschiede zwischen Augen- und Rektumtemperaturen sind umso grösser, je oberflächlicher die Augenabschnitte liegen und je niedriger die Aussentemperaturen sind. Bei den verschiedenen Augenabschnitten benehmen sich die Temperaturen der Übergangsfalte eigentümlich, die Unterschiede sind bei den verschiedenen Aussentemperaturen nämlich fast gleich. Man kann die Temperatur der Übergangsfalte somit als Merkmal der körperlärmerregulatorischen Vorrichtung bei homiothermen Tieren betrachten, ähnlich wie die Rektumtemperatur. Die Temperatur der Übergangsfalte verändert sich fast parallel mit der Rektumtemperatur. Die Übergangsfalte ist geschützt durch Lider und hat gute Blutversorgung, die dortige Wärmeregulation ist daher die beste unter den verschiedenen Augenabschnitten.

7. Wenn man die Temperatur der Übergangsfalte als Richtschnur der Augentemperatur annimmt, so sind die Temperaturen der übrigen Augenabschnitte gleich gross oder niedriger. Es gibt jedoch eine Ausnahme, nämlich den Glaskörper bei 30°C, denn die Glaskörpertemperaturen liegen etwas höher als die Fornixtemperaturen. Die Zahlenwerte sind aus Tabelle 12 und 13 ersichtlich.

Tabelle 12.

Die Unterschiede zwischen der Fornixtemperatur und den Temperaturen der anderen Augenabschnitte bei Lidöffnung.

Aussen-temperatur	Konjunktivalsack		Hornhaut-parenchym	Vorderkammer			Linse	Glaskörper		
	Hornhaut-oberfläche	Conjunctiva bulbi		Hornhaut-hinterfläche	Mitte	Irisvorderfläche		nahe am Linsen-hinterpole	Mitte	Hinterpol
30°C	1.65	1.38	1.62	1.41	0.88	0.56	0.56	0.53	+0.27	+0.56
20°C	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.00	1.25	1.25	0.77	0
10°C	4.33	4.33	4.33	4.27	3.18	2.25	2.25	2.25	1.47	0.64

Tabelle 13.

Die Unterschiede zwischen der Fornixtemperatur und den Temperaturen der anderen Augenabschnitte bei Lidschliessung.

Aussen-temperatur	Konjunktivalsack		Hornhaut-parenchym	Vorderkammer			Linse	Glaskörper		
	Hornhaut-oberfläche	Conjunctiva bulbi		Hornhaut-hinterfläche	Mitte	Irisvorderfläche		nahe am Linsen-hinterpole	Mitte	Hinterpol
30°C	0.42	0	0.42	0	0	0	0	+0.02	+0.27	+0.56
20°C	0.72	0	0.72	0	0	0	0	0	0	0
10°C	1.89	1.89	1.89	1.03	1.08	1.08	0.64	0.64	0.64	0.64

Im allgemeinen sind die Augentemperaturen der verschiedenen Abschnitte höchst gleichmässig bei einer Aussentemperatur von 20°C. Man kann die Regel, dass die Aussentemperatur von 20°C das Optimum für die Regulation der Körperwärme sei (*Rubner*²³), *Höber*²³) und *Hashida*²⁴), somit auch für die Augen als gültig betrachten.

8. Die Wärmetopographie des Augapfels (Siehe Tabelle 14 und 15).

Tabelle 14.
Die Wärmetopographie des Augapfels bei Lidöffnung.

Aussen- temperatur	Hornhaut- parenchym	Vorderkammer			Linse	Glaskörper		
		Hornhaut- hinter- fläche	Mitte	Irisvorder- fläche		nahe am Linsen- hinterpole	Mitte	Hinterpol
30°C	37.63	37.87	38.40	38.72	38.72	38.75	39.55	39.81
20°C	36.04	36.04	36.64	37.39	37.39	37.39	37.87	38.64
10°C	33.90	33.96	35.05	35.98	35.98	35.98	36.76	37.59

Tabelle 15.
Die Wärmetopographie des Augapfels bei Lidschliessung.

Aussen- temperatur	Hornhaut- parenchym	Vorderkammer			Linse	Glaskörper		
		Hornhaut- hinter- fläche	Mitte	Irisvorder- fläche		nahe am Linsen- hinterpole	Mitte	Hinterpol
30°C	38.86	39.28	39.28	39.28	39.28	39.30	39.55	39.81
20°C	37.92	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64
10°C	36.34	37.15	37.15	37.15	37.59	37.59	37.59	37.59

Wie Tabelle 14 und 15 zeigen, liegt die höchste Temperatur immer am hinteren Pole des Glaskörpers und wird nicht beeinflusst durch Lidzustände; man kann die Temperatur des Glaskörperhinterpoles somit als Richtschnur der Bulbustemperaturen aufstellen. Die Unterschiede zwischen der Temperatur des Glaskörperhinterpoles und den Temperaturen der anderen Abschnitte des Bulbus sind aus Tabelle 16 und 17 ersichtlich.

Im Lidschliessungszustande und bei einer Aussentemperatur von 20°C sind die Temperaturen von Vorderkammer, Linse und Glaskörper ganz gleich, und nur die Temperatur des Hornhautparenchyms beträgt etwas weniger. Bei einer Aussentemperatur von 10°C sind die Temperaturen der einwärts von der Linse liegenden Abschnitte ganz gleich, die Temperatur der Vorderkammer beträgt etwas weniger und die des

Tabelle 16.

Die Unterschiede zwischen der Temperatur des Glaskörperhinterpoles und den Temperaturen der anderen Abschnitte des Bulbus bei Lidöffnung.

Aussen- temperatur	Hornhaut- parenchym	Vorderkammer			Linse	Glaskörper	
		Hornhaut- hinter- fläche	Mitte	Irisvorder- fläche		nahe am Linsen- hinterpole	Mitte
30°C	2.15	1.94	1.41	1.09	1.09	1.06	0.26
20°C	2.60	2.60	2.00	1.25	1.25	1.25	0.77
10°C	3.69	3.63	2.54	1.61	1.61	1.61	0.83

Tabelle 17.

Die Unterschiede zwischen der Temperatur des Glaskörperhinterpoles und den Temperaturen der anderen Abschnitte des Bulbus bei Lidschliessung.

Aussen- temperatur	Hornhaut- parenchym	Vorderkammer			Linse	Glaskörper	
		Hornhaut- hinter- fläche	Mitte	Irisvorder- fläche		nahe am Linsen- hinterpole	Mitte
30°C	0.95	0.53	0.53	0.53	0.53	0.51	0.26
20°C	0.72	0	0	0	0	0	0
10°C	1.25	0.44	0.44	0.44	0	0	0

Hornhautparenchyms liegt noch etwas niedriger. Je mehr man bei einer Aussentemperatur von 30°C nach vorn kommt, verringern sich die Temperaturen des Bulbus allmählich.

Bei Lidöffnung ist die Temperatur des Glaskörperhinterpoles am höchsten, und die Temperaturen der übrigen Abschnitte sind umso niedriger, je oberflächlicher sie liegen und je niedriger die Aussentemperaturen sind.

Wenn man die Temperatur der Augenlider mit den Temperaturen des Augapfels vergleicht und solche Abschnitte auswählt, wo die Temperatur höher ist als die der Lider, so liegen solche Stellen unter Lidöffnungszuständen bei 30°C einwärts von der Irisoberfläche, bei 20°C und 10°C einwärts von der Glaskörpermitte, unter Lidschliessungszuständen bei 30°C und 20°C einwärts von der Hornhautoberfläche und bei 10°C einwärts von der Hornhauthinterfläche. Diese Ergebnisse beweisen, dass die Augenlider als Wärmeregulatoren des Bulbus eine grosse Rolle spielen.

9. Die Wärmetopographie in der Vorderkammer. Die Temperaturen in der Vorderkammer mass ich an der hinteren Fläche der Hornhaut, in der Mitte der Vorderkammer und vor der Irisvorderfläche. Bei Lidschliessung sind die Temperaturen dieser drei Stellen immer

gleich, die Zahlenwerte sind 39.28°C bei 30°C Aussentemperatur, 38.64°C bei 20°C und 37.15°C bei 10°C. Wenn man diese Werte mit den Rektumtemperaturen vergleicht, so sind die ersteren niedriger als die letzteren, um 0.86°C, 0.80°C und 1.97°C. Wenn man weiter die Vorderkammertemperaturen mit der Fornixtemperatur vergleicht, so sind die ersteren bei 10°C Aussentemperatur um 1.08°C niedriger als die letztere und bei 30°C und 20°C ganz gleich.

Bei Lidöffnung sind die Temperaturen der oben erwähnten drei Stellen in der Vorderkammer nicht gleich, denn an der Hornhautoberfläche findet eine Wärmeabgabe durch Leitung, Strahlung und Verdunstung statt, die Temperaturen in der Vorderkammer nahe an der Hornhaut erniedrigen sich also stärker als die Temperatur der nahe an der gefässreichen Iris liegenden Stelle. Die Temperatur an der Irisoberfläche ist also immer die höchste, die der Hornhauthinterfläche die niedrigste, und die der Mitte der Vorderkammer liegt dazwischen. Die Zahlenwerte der Erniedrigung bei Offenstehen der Lidspalte sind wie folgt:

Tabelle 18.

Zimmertemperatur	Hornhauthinterfläche	Mitte	Irisvorderfläche
30°C	1.41	0.88	0.56
20°C	2.60	2.00	1.25
10°C	3.19	2.10	1.17

Die Erniedrigungsgrade sind umso grösser, je niedriger die Aussentemperaturen und je oberflächlicher die Abschnitte sind.

Wenn man die Temperatur der Hornhauthinterfläche mit den Temperaturen der Vorderkammermitte und der Irisoberfläche vergleicht, so sind die Zahlenwerte der Unterschiede aus Tabelle 19 ersichtlich.

Tabelle 19.

Aussentemperatur	Vorderkammermitte	Irisvorderfläche
30°C	0.53	0.85
20°C	0.60	1.35
10°C	1.09	2.02

Wie obige Tabelle zeigt, gibt es in der Vorderkammer zwischen Hornhauthinterfläche und Irisvorderfläche Wärmeunterschiede, die ungefähr bei 30°C Aussentemperatur 1°C betragen, bei 20°C Aussentemperatur 1.5°C und bei 10°C Aussentemperatur 2°C. Die Abkühlung an der hinteren Fläche der Hornhaut muss ein Sinken des abgekühlten Kammerwassers, die Erwärmung an der vorderen Fläche der blutge-

füllten erwärmenden Iris ein Steigen des davon betroffenen Kammerwassers zur Folge haben. Diese Strömung heisst die Wärmeströmung des Kammerwassers.

*Ehrlich*²⁵⁾ entdeckte im Jahre 1882 eine unmittelbar an der hinteren Hornhautfläche verlaufende, scharf begrenzte, senkrechte grüne Linie in der Vorderkammer des Kaninchens nach subkutaner Injektion von Fluoresceinlösung. Nach *Ehrlich's* Ansicht selbst sollte die Linie der Ausdruck eines Flüssigkeitswirbels sein, hervorgerufen durch das Zusammentreffen zweier entgegengesetzter, horizontal verlaufender Ströme, die von je einem, wie er meinte, in der Peripherie der Iris nasal und temporal gelegenen Sekretionszentrum ihren Ausgang nähmen. *Türks*^{26) 27)} erklärte im Jahre 1906 diese *Ehrlich'sche* Linie als ein Ergebnis der Wärmeströmung des Kammerwassers. Heute hat diese Theorie allgemeine Annahme gefunden^{28) 29) 30) 31) 32)}. *Türks* Erklärung beruht auf *Sillex's*chen Versuchsergebnissen, wonach beim Kaninchenauge im allgemeinen die Temperatur der Hornhautlamellen um 4°C unter der des Kammerwassers, um 9.6°C unter der des Irisgewebes liegt. *Sillex* mass die Augentemperaturen des ätherisierten Kaninchens, seine Ergebnisse sind also weit entfernt von einem physiologischen Werte. *Meesmann*³³⁾ schätzte die Temperaturunterschiede zwischen den vorderen und hinteren Schichten des Kammerinhaltes auf etwa 4–7 Grad. Nach meinen Versuchen sind diese Temperaturunterschiede auf 1°C bei 30°C Aussentemperatur, auf 1.5°C bei 20°C Aussentemperatur und auf 2°C bei 10°C Aussentemperatur zu schätzen.

10. Die Temperatur der Linse. Die Linse hat eine relativ geschützte Lage im Bulbus, jedoch steht ihre Temperatur unter dem Einflusse der Aussentemperatur.

Tabelle 20.

Aussentemperatur	Lidschliessung	Lidöffnung	Unterschied
30°C	39.28	38.72	0.56
20°C	38.64	37.39	1.25
10°C	37.59	35.98	1.61

Wie Tabelle 20 zeigt, erniedrigt sich die Linsentemperatur mit der Aussentemperatur, und der Erniedrigungsgrad ist bei Lidöffnung umso grösser, je niedriger die Aussentemperatur ist.

Tabelle 21.

Die Unterschiede zwischen der Temperatur der Linse und der Fornixtemperatur.

Aussentemperatur	Lidöffnung	Lidschliessung
30°C	0.56	0
20°C	1.25	0
10°C	2.25	0.64

Wenn man die Temperatur der Linse mit der Fornixtemperatur vergleicht, so ist die Linsentemperatur immer niedriger als die Fornixtemperatur bei Lidöffnung, die Wärmezufuhr ist also zu gering. Bei Lidschliessung hat die Linse bei 30°C und 20°C Aussentemperatur die gleiche Temperatur wie die Fornix, während sie bei einer Aussentemperatur von 10°C etwas niedriger ist.

11. Die Wärmetopographie im Glaskörper. Die Temperaturen im Glaskörper mass ich am hinteren Pole, in der Mitte und nahe am hinteren Pole der Linse. Bei lidergeschlossenen Zuständen und bei einer Aussentemperatur von 30°C ist die Temperatur der Mitte um 0.26°C, die des hinteren Poles um 0.51°C höher als die Temperatur nahe am hinteren Pole der Linse. Bei Aussentemperaturen von 20°C und 10°C haben die drei Stellen die gleichen Temperaturen. Wenn die Temperaturen des Glaskörpers mit denen der Übergangsfalte verglichen werden, so sind die ersteren höher bei einer Aussentemperatur von 30°C, gleich bei 20°C niedriger bei 10°C als die letzteren (Siehe Tabelle 13: Glaskörper). Die Temperatur der Fornix ist die Richtschnur der Augentemperaturregulation. Die Tatsache, dass der Glaskörper unter Beeinflussung durch die Aussentemperatur höhere, gleiche oder niedrigere Temperaturen als die Fornix aufweist, will somit besagen, dass die Wärmeregulation im Glaskörper nicht vollkommen ist. Im allgemeinen ist die Wärmeregulation bei einer Aussentemperatur von 20°C, wie bereits betont, am günstigsten. Wenn man diese Regel berücksichtigt, kann man sagen, dass bei einer Aussentemperatur von 30°C im Glaskörper Wärmestauung entsteht und bei einer Aussentemperatur von 10°C Wärmemangel. Dieses Verhalten beruht auf der Tatsache, dass der Glaskörper keine Blutgefässe besitzt und mit der wärmeausgleichenden Blutzirkulation in einem verhältnismässig lockeren Zusammenhange steht.

Bei Lidöffnung verändert sich die Temperatur des hinteren Poles nicht, die Temperaturen der Mitte und der vorderen Partie verringern sich indes wie folgt:

Tabelle 22.
Die Temperaturerniedrigungsgrade des Glaskörpers
bei Lidöffnung.

Aussentemperatur	Mitte	nahe am hinteren Pole der Linse
30°C	0	0.55
20°C	0.77	1.25
10°C	0.83	1.61

Wie obige Tabelle zeigt, sind die Erniedrigungsgrade umso grösser, je niedriger die Aussentemperaturen sind und je oberflächlicher die Partien liegen.

Schluss.

1. Die Rektumtemperatur des Kaninchens steht unter dem Einflusse der umgebenden Atmosphäre. Bei meinen Versuchen, wo die Aussentemperaturen 33.7°C - 10.2°C und die Feuchtigkeit 63% - 41% betragen und kein merklicher Luftzug herrscht, beruht die atmosphärische Beeinflussung hauptsächlich auf der Aussentemperatur, während der Einfluss der Feuchtigkeit sich nicht deutlich bemerkbar macht.

2. Die Temperatur der Augenlider liegt niedriger als die Rektumtemperatur. Die Differenz wird umso grösser, je kälter die Atmosphäre ist. Der Einfluss der Feuchtigkeit tritt unter meinen Versuchsbedingungen nicht in die Erscheinung.

3. Die Augentemperaturen sind an den verschiedenen Abschnitten nicht gleichmässig. Die Wärmetopographie des Auges steht unter dem Einflusse sowohl der Lidzustände als auch der Atmosphäre.

4. Die Augentemperaturen sinken beim Offenstehen der Lidspalte. Die Erniedrigungsgrade sind umso grösser, je kälter die Atmosphäre ist. Der Einfluss der Feuchtigkeit tritt unter meinen Versuchsbedingungen nicht in die Erscheinung. Je niedriger im allgemeinen die Aussentemperaturen und je oberflächlicher die Augenabschnitte sind, desto grösser sind die Erniedrigungsgrade. Die Temperaturen der Übergangsfalte und des Glaskörperhinterpoles werden nicht beeinflusst durch die Lidzustände.

5. Die Augentemperaturen sind stets niedriger als die Rektumtemperatur.

6. Je oberflächlicher die Abschnitte liegen und je niedriger die Aussentemperaturen sind, desto grösser werden die Unterschiede zwischen Augentemperaturen und Rektumtemperaturen. Es ist jedoch bemerkenswert, dass bei verschiedenen Aussentemperaturen die Unterschiede zwischen Übergangsfalte- und Rektumtemperaturen fast stets gleich sind. Man kann die Temperatur der Übergangsfalte somit als das Merkmal einer körperlärmereregulatorischen Vorrichtung bei homoiothermen Tieren betrachten, ähnlich wie die Rektumtemperatur.

7. Wenn man die Temperatur der Übergangsfalte als Richtschnur der Augentemperaturen annimmt, so sind die Temperaturen der übrigen Augenabschnitte gleich gross oder niedriger. Die einzige Ausnahme findet sich beim Glaskörper, wo bei einer Aussentemperatur von 30°C die Temperatur etwas höher ist als die der Übergangsfalte. Im allge-

meinen sind die Temperaturen der verschiedenen Augenabschnitte höchst gleichmässig bei einer Aussentemperatur von 20°C. Man kann die Regel, wonach eine Aussentemperatur von 20°C das Optimum für die Körperwärmeregulation darstellt, daher auch bei den Augen gelten lassen.

8. Im Augapfel erreicht die Temperatur des Glaskörperhinterpoles den höchsten Wert. Je oberflächlicher die Abschnitte liegen und je niedriger die Aussentemperatur ist, desto niedriger sind die Augentemperaturen. Die Lidzustände beeinflussen die Temperaturen des Augapfels bis zur Mitte des Glaskörpers. Die Lider spielen eine grosse Rolle bei der Wärmeregulation des Bulbus.

9. Die Temperaturen in der Vorderkammer sind bei geschlossenen Augen gleichmässig, beim Offenstehen der Lidspalte erniedrigt sich indes die Temperatur der vorderen Partie des Kammerwassers stärker als die der hinteren Partie. Dabei entsteht die Wärmeströmung des Kammerwassers.

10. Die Wärmeregulation der gefässlosen Linse ist nicht vollkommen.

11. Im Glaskörper entsteht Wärmestauung bei hoher Aussentemperatur und Wärmemangel bei niedriger Aussentemperatur. Dieses Verhalten beruht auf der Blutgefässlosigkeit des Glaskörpers.

Zum Schlusse möchte ich Herrn Prof. Dr. *B. Hata* für seine freundliche Leitung und Anregung während dieser Arbeit meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis.

- ¹ *Michel*, Die Temperatur-Topographie des Auges. v. Graefes Arch. f. Ophth. Bd. 32, S. 227, 1886. — ² *Silex, P.*, Zur Temperatur-Topographie des Auges und über warme u. kalte Umschläge. Arch. f. Augenheilk. Bd. 26, S. 141, 1893. — ³ *Hertel, E.*, Über die Wirkung von kalten u. warmen Umschlägen auf die Temperatur des Auges. v. Graefes Arch. f. Ophth. Bd. 49, S. 125, 1900. — ⁴ *Nelson, F.*, Experimenteller Beitrag zur Frage der Temperatur in der vorderen Augenkammer, insbesondere bei Anwendung des Dampfkauters nach Wessely. Klin. Mbl. f. Augenheilk. Bd. 78, Beilageheft, S. 48, 1927. — ⁵ *Duff, A. W.*, A Text-book of Physics. 4. Edition, 1918. — ⁶ *Mori, S.*, Elektrizität und Magnetismus. 55. Auflage, 1926 (Japanisch). — ⁷ *Yamada, M.* und *Yamamoto, M.*, Die Temperatur und ihre Messung. 1927 (Japanisch). — ⁸ *v. Weizsäcker, E.*, Untersuchung der Zuckusgwärme mit thermoelektrischen Methoden. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden von E. Abderhalden. Abt. 5, Methoden zum Studium der Funktionen der einzelnen Organe des tierischen Organismus, Teil 5 A, Heft 1. — ⁹ *Waser, E. B. H.*, Temperaturmessung mit Thermoelementen. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden von E. Abderhalden. Abt. 5, Methoden zum Studium der Funktionen der einzelnen Organe des tierischen Organismus, Teil 1, Heft 3. —

¹⁰ *Saito, M.*, Elektrische Isolatoren. 1926 (Japanisch). — ¹¹ *Mori, S.*, Wärme. 44. Auflage, 1926 (Japanisch). — ¹² *Martin, Hans* Wintersteins Handbuch der vergleich. Physiologie, Bd. 3, 2. Hälfte. Zitiert nach Yoshinaga (20). — ¹³ *Book, Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, 68, 1912. Zitiert nach Abe (18). — ¹⁴ *Sueoka, S.*, Experimentelle Untersuchung über das Wärmeregulationszentrum (I. Mitteilung). Über den Einfluss der verschiedenen Reizungen und Ausschaltungen von nervösen Zentren auf den Wärmehaushalt. *Okayama-Igakkai-Zasshi*, Jg. 43, S. 88, 1931 (Japanisch mit deutscher Zusammenfassung). — ¹⁵ *Kakinuma, K.*, Physiologie und Pathologie der Körperwärmeregulation. *Nippon-Nuika-Gakkai-Zasshi*, Bd. 19, Heft 1, 1931 (Japanisch). — ¹⁶ *Bürger, M.*, Pathologisch-physiologische Propädeutik. 1924. — ¹⁷ *Kinoshita, Y.*, Studien über den Blutzuckerspiegel des Kaninchens. (I. Mitteilung). Einfluss von experimentellen Manipulationen auf den Blutzuckerspiegel. *Fukuoka-Ikadaigaku-Zasshi*, Bd. 19, S. 267, 1926 (Japanisch mit deutscher Zusammenfassung). — ¹⁸ *Abe, T.*, Studien über Adrenalinfiieber. *Keiwo-Igaku*, Bd. 7, S. 649, 1927 (Japanisch). — ¹⁹ *Nishishita, M.*, Über den Einfluss der Körperstellung auf die Körpertemperatur sowie auf die Wirkung der die Körperwärme beeinflussenden Gifte beim Kaninchen. *Okayama-Igakkai-Zasshi*, Jg. 40, S. 2148, 1928 (Japanisch mit deutscher Zusammenfassung). — ²⁰ *Yoshinaga, M.*, Experimentelle Untersuchung über tierische Körperwärme. *Fukuoka-Ikadaigaku-Zasshi*, Bd. 18, S. 42, 1925 (Japanisch). — ²¹ *Tanabe, H.*, Effect of various Atmospheric Conditions on Basal Metabolism. *The Journal of Science of Labour*, Vol. 5, p. 667, 1928 (Japanese). — ²² *Ishikawa, T.*, Influences of the Temperature and Humidity on the Physical Functions. *The Journal of Science of Labour*, Vol. 3, p. 329, 1926 (Japanese). — ²³ *Höber, R.*, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 4. Auflage, 1928. — ²⁴ *Hashida, K.*, Grundriss der Physiologie, 4. Auflage, 2. Hälfte, 1929 (Japanisch). — ²⁵ *Ehrlich, P.*, Über provozierte Fluoreszenzerscheinungen am Auge. *Deut. med. Wochenschr.*, Jg. 8, S. 21, 35 u. 54, 1882. — ²⁶ *Türk, S.*, Untersuchungen über eine Strömung in der vorderen Augenkammer. *v. Graefes Arch. f. Ophth.* Bd. 64, S. 481, 1906. — ²⁷ *Türk, S.*, Weitere Untersuchungen über Wärmeströmung in der vorderen Augenkammer und die Ehrlich'sche Linie. *Klin. Mbl. f. Augenheilk.* Bd. 49, S. 300, 1911. — ²⁸ *Berg, F.*, Über sichtbare Strömungen in der vorderen Augenkammer. *Klin. Mbl. f. Augenheilk.* Bd. 55, S. 61, 1915. — ²⁹ *Erggelet, H.*, Bemerkungen über die Wärmeströmungen in der vorderen Augenkammer. *Klin. Mbl. f. Augenheilk.* Bd. 55, S. 229, 1915. — ³⁰ *Plocher, P.*, Die Wärmeströmung in der Vorderkammer. *Klin. Mbl. f. Augenheilk.* Bd. 58, S. 371, 1917. — ³¹ *Vogt, A.*, Lehrbuch u. Atlas der Spaltlampenmikroskopie des lebenden Auges. 1. Teil, Technik u. Methodik, Hornhaut u. Vorderkammer. 1930. — ³² *Tatui, Y.*, Über das Vorkommen u. die Bildung der Ehrlich'schen Linie. *Arch. f. Augenheilk.* Bd. 103, S. 580, 1930. — ³³ *Meesmann*, Die Mikroskopie des lebenden Auges an der Gullstrand'schen Spaltlampe mit Atlas typischer Befunde. 1927.