

## Chapter 12

August Müller's "Hornhautlinsen"



## Introduction

The destiny of *August Müller* and his relationship with contact lenses are both unique. Having suffered from high myopia since his youth (at the time of his thesis, when he was 25, this was of the order of -14.00 diopters), *Müller* was tormented by the dread of ending his earthly days as a blind person. At the time of the presentation of his “Inaugural Dissertations”, which he defended in order to be promoted to the degree of M.D., he offered his ideas on the improvement of the optical correction of high myopia. (1)

This is how it was that on February 28, 1889, he defended his doctoral dissertation, entitled “***Brillengläser und Hornhautlinsen***” (*Spectacle-glasses and Cornea-lenses*) (2) before the *Faculty of Medicine of Kiel* (Germany) University. This represented a remarkable undertaking both from a theoretical and practical point of view, considering that he did this work as a student, without in-depth knowledge of either ophthalmology or optics and virtually without any support from the university.

Unfortunately, this document was not known outside of the members of the jury that were chosen to judge the merits of his thesis at the time. With exception of *Fick* (3), the professional community throughout the world learned about it only in 1930 (4), and it was to take a half-century in order for that community to discover certain pieces of evidence that *August Müller* had clearly enunciated many years earlier in 1889.

As an old man, *Müller* had the perceptive inspiration to entrust the contact lenses he had used in his experiments to the *Deutsches Museum* in Munich, Germany. This allowed me, some years ago, to have the satisfaction of “discovering”, examining, measuring, and describing these actual lenses. This was more than one hundred years after they had been manufactured and placed in *Müller’s* own eyes.

In the present chapter, I will, first of all, proceed with the reproduction, translation and analysis of the “Inaugural Dissertation” that *Müller* presented in 1889 to the *Faculty of Medicine of Kiel University*, as this forms the core document and reference base for my study.

I will then quote and analyze two letters written by *Müller* dated April 1932 that are preserved in the *Deutsches Museum* wherein he describes his invention.

I will next describe the three contact lenses of *Müller* that are preserved at the *Deutsches Museum* by comparing their characteristics with those their authors described in preceding documents. I will follow this description with a discussion of these aspects. To conclude, I will refer to several judgments made by historians.

## 1 – Source documents

### 1.1 – August Müller's "Inaugural Dissertation" (1889)

#### 1.1.1 – "Brillengläser und Hornhautlinsen" (Spectacle-glasses and Cornea-lenses)

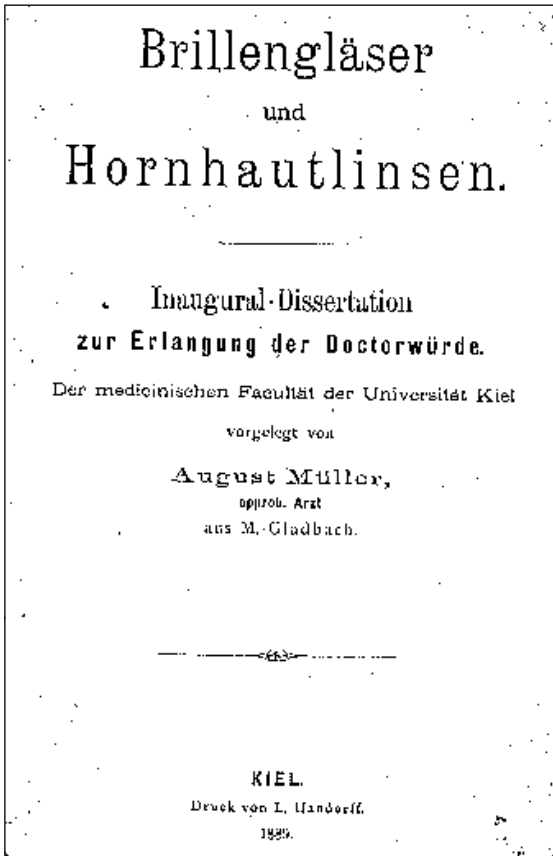


Figure 12-1

Title page of August Müller's Inaugural-Dissertation, "Brillengläser und Hornhautlinsen" (Spectacle-glasses and Cornea-lenses).

On February 28, 1889, August Müller defended his doctoral dissertation before the Faculty of Medicine at Kiel University.

Müller's "Inaugural Dissertation" was published in the form of a brochure, 31 pages long, stitched together and boxed in a carton with a format of nearly 14 x 22 cm (5). The title page bears the heading "**Brillengläser und Hornhautlinsen**" (*Spectacle-glasses and Cornea-lenses*) and, as a subtitle:

*"Inaugural Dissertation intended to obtain the doctoral degree, presented to the Faculty of Medicine of Kiel University by August Müller, approved physician from M. Gladbach."*

*"Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doctorwürde. Der medicinischen Facultät der Universtität Kiel vorgelegt von August Müller approb. Arzt aus M. Gladbach."*

followed by the name of the printer: "L. Handorff, Kiel" and the date "1889."

Page 2 carries the traditional dedication:

*"Dedicated to my parents, in grateful recognition"*

*"Meinen Eltern, als Zeichen dankbarer Gesinnung gewidmet"*

#### Introduction to the Dissertation

The introduction on the fifth page includes six lines of the following touching appeal:

*"The desire to see better than my spectacles allowed was the stimulus for the following three essays. To normal-sighted persons, the length of time that these took me may perhaps appear to be misapplied. My companions in misfortune will, however, find my activity comprehensible. For them alone, there is a possibility that a positive benefit might result from my efforts."*

*"Der Wunsch, besser zu sehen, als meine Brille es gestattete, war die Veranlassung der nachfolgenden drei Aufsätze. Dem Normalsehenden mag die Zeit, die dieselben gekostet haben, vielleicht übel angewandt erscheinen. Meine Schicksalsgefährten werden mein Betreiben begreiflich finden. Ihnen soll ja auch nur der etwaige Nutzen meiner Bemühungen zu gute kommen."* (6)

These lines underline the physical and moral handicap which high myopia represented for their author. He dedicates his work to his “companions of misfortune”, rejected, not understood and not recognized by the world of normal-sighted people. It is significant that, when his dissertation was written at the age of less than twenty-five, his myopia had already reached -14 diopters.

The three chapters of the dissertation summarize the observations he made on himself regarding the deficiencies and inadequacies of spectacle correction and his research into satisfactory optical solutions. Actually, Müller proposed three solutions that were innovative at the time, namely, periscopic spectacle glasses, achromatic spectacle glasses, and contact lenses. He designated the latter as “Hornhautlinsen” (Cornea-lenses).

### The Three Chapters of the Dissertation

#### Periscopic Spectacle Glasses

The **first chapter** of the dissertation (pages 5 to 12) bears the title “*Periskopische Brillengläser*” (*Periscopic spectacle-glasses*).

It is devoted to the analysis of the spherical aberration of the edges of concave spectacle glasses of high refractive power, which is the cause of the significant reduction of the visual field of myopes corrected by these eyeglasses. In order to compensate for this loss of visual field, Müller proposes a beveled grinding of the edge of these lenses. He calculates the inclination and the slope to be given to the beveling of the edges of

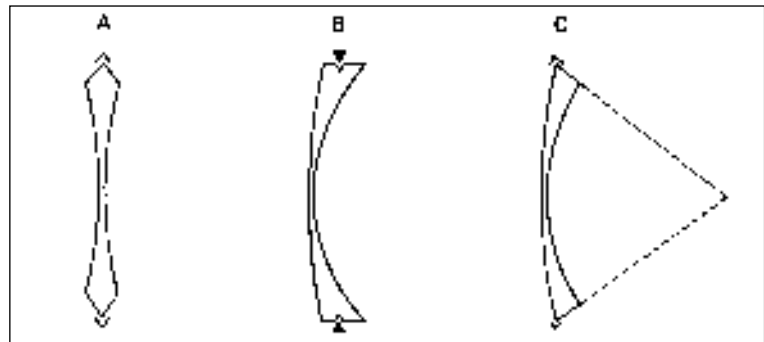


Figure 12-2

The “*Periskopische Brillengläser*” (*Periscopic spectacle-glasses*) of August Müller. Proposed grinding of the edges of concave glasses to suppress spherical aberrations.

Fig. A “For biconcave glasses, opticians give an acute concavo-convex angle for mounting in the groove of the frame.”

Fig. B “Opticians are also accustomed to cut the margins of biconcave periscopic glasses in a straight line (in cylindrical form).”

Fig. C “By edging the glass obliquely, [...] one can cut the edge off in the direction of the line of sight from the front to the back without reducing the field of vision.” (Müller 1889, p. 10-11).

(MÜLLER August, *Brillengläser und Hornhautlinsen*, Inaugural-Dissertation, Kiel, Handorf, 1889. - Figures page 11)

these glass lenses and has them ground by the optician *Steinheil* of Munich to that strength necessary to correct his degree of myopia (7).

#### Achromatic Spectacle Glasses

In the **second chapter** (pages 12 to 18), entitled “*Achromatische Brillengläser*” (*Achromatic Spectacle Glasses*), Müller describes the chromatic aberrations produced by glasses of high refractive power. He proposes means whereby the effect of these can be ameliorated and takes his inspiration from a procedure described earlier by *Huygens* for telescopes and field glasses that combines crown glass with flint glass. This is essentially a theoretical study. At the time of his dissertation, he had not yet had the opportunity to put this idea into practice.

#### “Hornhautlinsen”

The **third chapter** of Müller’s dissertation (from pages 18 to 26), entitled “*Hornhautlinsen*” (*Cornea-lenses*), represents a model of scientific reasoning in respect of its precision and conciseness.

## 1.1.2 – Chapter 3: “Hornhautlinsen” (Cornea-lenses) (Appendix 12-1)

### Principles of Contact Lenses

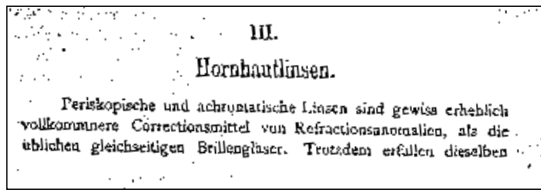


Figure 12-3  
Chapter title of "Hornhautlinsen" (cornea-lenses), third section of August Müller's dissertation.  
(MULLER August, Brillengläser und Hornhautlinsen, Inaugural-Dissertation, Kiel, Handorf, 1889. - Excerpt of page 18)

The principle of refractive-error correction by contact lenses, which is an accepted procedure nowadays, was an innovation a century ago. *Müller* takes a few lines to enunciate this principle. It consists of a corrective lens placed onto the eye, which has a posterior surface conforming to the cornea and of which the anterior surface curvature would give an optical effect appropriate for the patient. Such a lens would

provide optical correction free of the constraints of lenses placed in spectacle frames:

*“If one gives the same form to one surface of a lens as that of the anterior surface of the eyeball, so must this lens, if it will be placed on the eyeball, adhere fast there because it will be, first of all, held through adhesion but, more importantly, through capillary attraction resulting from the collection of tear fluid between this lens and the eye. If I now provide an appropriate curvature to the front surface of this lens, it will thus be evident that I can correct a refractive anomaly in this way.”*

*“Wenn man der einen Seite einer Linse dieselbe Form gibt, die die Vorderfläche des Augapfels hat, so muss diese Linse, wenn sie auf den Augapfel gebracht wird, dort fest haften, denn sie wird einmal durch Adhäsion, vor allem aber durch die Capillarattraction, die durch Ansammlung von Thränenflüssigkeit zwischen dieser Linse und dem Auge entsteht, festgehalten. Wenn ich der vorderen Fläche dieser Linse dann eine entsprechende Krümmung gebe, so ist klar, dass ich auch auf diese Weise eine Refractionsanomalie corrigieren kann.” (8)*

*Müller* thus describes a glass lens with:

first of all, perfect parallelism between the cornea and the back surface of the lens and not, at least at the start of his research, with any bridge or space above the cornea;  
second, optical correction by the power of the front surface curvature of the contact lens.  
The function of the tears is to favor the adherence of the lens to the ocular globe.

### Advantages of Contact Lenses

There follows an enumeration of the theoretical advantages from this arrangement compared with spectacle glasses for myopia:

the absence of spherical and chromatic aberrations and of any prismatic effect of the edge of the lenses,  
the enlargement of the visual field,  
the enlargement of retinal image of a myopic person, and  
the correction of irregular astigmatism:

*“Such a means of correction would obviously fulfill our wish because it is entirely free of the features that make spectacles so unpleasant. However, from an optical point of view, it would be far more satisfactory than the best spectacles because, with it, not only would every spherical and chromatic aberration be absent, the peripheral rays being screened out by the iris, but there would also not be the inevitable reduction of the field of vision that one finds with spectacle lenses or any image-jump at the lens edges. For*

*myopic persons, such a lens would have the additional advantage that it would project larger retinal images in comparison with a spectacle lens of equivalent power, thus improving visual acuity. Furthermore, such lenses would be very appropriate for the correction of regular astigmatism, since they would eliminate the irregularities of the cornea from the optical system and substitute a regularly refracting spherical surface in its place."*

*"Ein solches Correctionsmittel würde offenbar unseren Wunsch erfüllen, denn von allen den Eigenschaften, welche uns die Brille so lästig machen, ist dasselbe vollständig frei. Es würde aber auch optisch viel vollkommener sein, als die beste Brille, denn demselben würde nicht nur jede sphärische und chromatische Aberration fehlen - die Randstrahlen werden ja durch die Iris abgeblendet -; es würde auch nicht die mit einer Brille unvermeidlich verknüpfte Beschränkung des Gesichtsfeldes, noch die Verschiebung der Randbilder zeigen. Für Kurzsichtige würde eine solche Linse noch den Vorzug haben, dass sie grössere Netzhautbilder entwirft als eine gleichwertige Brille, also die Sehschärfe erhöht. Auch für die Correction des regelmässigen Astigmatismus würden solche Linsen sehr geeignet sein, denn dieselben würden die unregelmässig gekrümmte Hornhaut aus dem optischen System ausschalten und eine regelmässig brechende Kugelfläche an deren Stelle setzen." (8)*

As a result of this, the eye would possess "a new cornea", which would provide normal vision that is not distorted by spectacle lenses.

*"In other words, we would thus be able to provide the abnormal eye a new cornea of such refractive power that the images would now be projected at the correct place."*

*"Mit einem Worte, wir könnten auf diese Weise dem abnormen Auge eine neue Hornhaut geben von derartiger Brechkraft, dass nun die Bilder an der richtigen Stelle entworfen werden." (8)*

Müller rejects the idea that such a system could be poorly tolerated. If a prosthesis made of glass is well tolerated under the eyelids, why would a well-polished contact lens with a nicely rounded edge injure the eye? A contact lens would even protect the ocular globe against external injuries. Such arguments lead him to propose the following experiment:

*"That such a glass lens placed on the eye may be able to provoke some injury is, at the outset, very improbable. If an artificial eye can be worn under the eyelids without the least irritation, we can expect with still more reason that our lens can also be worn without irritation. Take into consideration that it is smoothly polished throughout; it can irritate the nervous endings only with difficulty. Therefore, it can hardly provoke the sensation of a foreign body."*

*"Dass eine derart dem Auge aufliegende Glaslinse irgend welchen Schaden anrichten sollte, ist von vornherein wenig wahrscheinlich. Wenn ein künstliches Auge ohne irgendwelche Reizerscheinungen unter den Lidern getragen werden kann, so werden wir das von unserer Linse mit noch viel grösserem Rechte erwarten können. Da dieselbe überall glatt abgeschliffen ist, so kann sie die Nervenendigungen schwerlich reizen, wird also die Empfindung eines Fremdkörpers kaum machen können." (8)*

And, further down, he adds:

*"Furthermore, such a lens would be less hazardous than spectacles in any kind of injury affecting the area of the eye; firstly, because the former occupies a much more protected position than the latter and, secondly, because it provides more resistance to a force meeting it because, to such a force, it offers an opposing force corresponding to it on the inside, depending on its size. If one fears that such a lens will break because of internal*

*stress without any external cause, then one could use rock crystal as a material to overcome this concern."*

*"Auch bei irgendwelchen Läsionen der Gegend des Auges würde eine solche Linse weniger Gefahren bieten, als eine Brille; einmal weil dieselbe eine viel geschütztere Lage einnimmt als die letztere, dann aber wird sie auch einer auf sie treffenden Gewalt mehr Widerstand leisten, weil der letzteren von innen her ein der Grösse ihrer Kraft entsprechender Gegendruck entgegenwirkt. Falls man fürchtet, dass eine solche Linse infolge von Spannungen innerhalb des Glases ohne äusseren Anlass von selbst zerspringen könnte, was übrigens bei gutem Glase und sorgfältiger Schleifung ausgeschlossen, so steht Bergkrystall zur Verfügung als ein Material, das über diesen Verdacht erhaben ist."* (8)

Müller makes his decision as follows:

*"It is evident from simple reasoning that you cannot argue against the advantages of the 'Hornhautlinse.' For this reason, I decided to investigate experimentally how many of my expectations could be realized for practical use."*

*"Wie man sieht, lassen sich Gründe gegen die Vorzüglichkeit der 'Hornhautlinsen' durch die blosse Ueberlegung nicht auffinden. Ich beschloss deshalb, durch den Versuch festzustellen, wieviel von meinen Hoffnungen sich verwirklichen würde."* (9)

### The First Model of "Hornhautlinse"

Müller asked the Berlin optician *Otto Himmler* to make a contact lens for him with a total diameter of 20.00 mm, with two different back radii: the first, corneal, of 8.00-mm radius, the second, scleral and peripheral, of 12.00-mm radius. Meanwhile, the radius of the front optic zone was 10.00 mm:

<i>Front optic zone radius</i>	<i>10.00 mm</i>
<i>Back optic zone radius</i>	<i>8.00 mm</i>
<i>Back scleral zone radius</i>	<i>12.00 mm</i>
<i>Total Diameter</i>	<i>20.00 mm</i>

*Table 12 - 1  
Dimensions of the "Hornhautlinse" which August Müller asked  
Otto Himmler to grind for him.*

*"While I did not find any way at the outset how I could manufacture a grinding tool corresponding to the anterior surface of the eye, I asked the Berlin optician Himmler to grind a lens for me with a larger curvature of 12-mm radius for the conjunctiva and a smaller one of 8-mm radius for the cornea; the anterior surface*

*was ground with a 10-mm radius. The whole lens had a diameter of 20 mm."*

*"Da ich anfangs keinen Weg sah, wie ich eine der Vorderfläche des Auges entsprechende Schleifschale herstellen könnte, liess ich mir von dem Optiker Himmler in Berlin eine Linse schleifen, hinten mit einer grösseren Krümmung von 12 mm Radius für die Conjunctiva und einer kleineren von 8 mm Radius für die Cornea; die vordere Fläche wurde mit einem Radius von 10 mm abgeschliffen. Die ganze Linse hatte 20 mm Durchmesser."* (9)

Placement in the eye was made under topical anesthesia with cocaine. Müller came thus near almost to correcting totally his own myopic refractive error of -14.00 diopters.

*"After anesthetizing by means of a cocaine solution, I positioned the lens in the eye. The result was entirely according to expectations. My myopia of -14.00 diopters was corrected to within half a diopter and the objects appeared larger than with spectacles. I kept the lens on the eye for a short time only and I did not notice unpleasant sensations during this time."*



*“Nach Anästhesierung mittels Cocainlösung setzte ich die Linse ins Auge. Der Erfolg war ganz nach Erwarten. Meine Myopie von – 14,0 war bis auf eine halbe Dioptrie korrigiert, dabei erscheinen aber die Gegenstände größer als durch die Brille. Ich behielt die Linse nur kurze Zeit im Auge und bemerkte während dieser Zeit keine unangenehme Empfindungen.” (9)*

### **The Insertion Technique**

He describes a procedure to insert the lens underwater with the aim of eliminating air bubbles. Finally, he discontinues the use of anesthesia:

*“I learned to avoid the little inconveniences caused by the impairment of my vision by an air bubble situated between my lens and the cornea by inserting the lens underwater. In my later trials, I always inserted the lenses without using cocaine. Apart from slight discomfort caused by lack of skill in performing the insertion, the presence of the glass is no longer perceived as soon as it has slipped under the lids.”*

*“Den kleinen Uebelstand, dass eine zwischen meiner Linse und der Hornhaut befindliche Luftblase das Sehen behinderte, lernte ich bald durch Einsetzen der Linse unter Wasser vermeiden. Bei meinen späteren Versuchen setzte ich die Linsen immer ohne Cocain ein. Abgesehen von dem geringen Schmerz, den ungeschickte Ausführung hierbei verursacht, wird die Anwesenheit des Glases nicht mehr empfunden, sobald es unter die Lider geschlüpft ist.” (9)*

### **Taking Eye Impressions**

#### **Plaster Impressions of Human Ocular Globe**

Müller wished to obtain a more accurate measurement of the corneal radius in order to adjust as precisely as possible the back central zone radius of the lens. His two attempts at taking impressions in a living eye failed “due to accessory circumstances”, but he gave no details:

*“Meanwhile, because it is more advantageous if the back surface of the lens corresponds exactly to the configuration of the eyeball, I tried to obtain a plaster impression of an eye of a living person; from this plaster cast, a galvanoplastic impression was to be prepared that would then be used as a grinding tool. Two attempts in this direction failed due to accessory circumstances. These attempts demonstrated, however, that such a plaster impression can be taken without serious difficulties and that the mass of plaster does not adversely affect the eye, provided that you wait only until the latter is completely dry and make certain that, when the cast is removed, no little plaster particles remain in the eye. For the reproduction of the cast by the galvanoplastic technique, a cast of graphite mixed with wax might be more convenient than a plaster cast.”*

*“Da es indessen offenbar viel vorteilhafter ist, wenn die hintere Fläche der Linse der Gestalt des Augapfels vollständig entspricht, so versuchte ich einen Gipsabguss vom Auge eines lebenden Menschen zu gewinnen; nach diesem Gipsabguss sollte ein galvanoplastischer Abdruck gemacht werden, der als Schleifschale dienen sollte. Zwei Versuche in dieser Richtung scheiterten an Nebenumständen; dieselben zeigten indessen, dass sich ein solcher Gipsabdruck ohne erhebliche Schwierigkeiten nehmen lässt und dass die Gipsmasse dem Auge keinen Schaden bringt, wenn man nur wartet, bis dieselbe vollständig trocken ist und dafür sorgt, dass bei der Abnahme keine Gipsteilchen im Auge bleiben. Für die Reproduktion auf galvanoplastischem Wege wäre ein Abguss aus mit Graphit gemischtem Wachs günstiger als ein Gipsabguss.” (9)*

#### **Impression of an Ocular Prosthesis**

Müller, not being able to take his intended impression of a human eye, had to content himself with the mold from a glass eye. The optician *Himmler* worked out the radius for this - 7.50 mm for the cornea and 14.00 mm for the sclera - and he also prepared suitable

grinding tools that were used to produce a series of contact lenses:

*“After the failure of these attempts, I took impressions of an artificial eye and sent these to the optician. Because artificial eyes are made according to estimation, this method is very approximate. The optician determined meanwhile the radii of the impression to be 7.5 mm and 14.0 mm, measurements that corresponded very closely with those of the anterior surface of the eye; however, the surfaces were not exactly spherical. It was nevertheless possible to grind the back surface of the lenses with the galvanoplastic casts prepared from the impression molds.”*

*“Nachdem diese Versuche mislungen waren, nahm ich Abgüsse von einem künstlichen Auge und schickte dieselben dem Optiker ein. Da die künstlichen Augen nach Augenmaass gemacht werden, so ist dieses Verfahren sehr ungenau. Der Optiker bestimmte indessen die Radien der Abgüsse auf 7,5 und 14 mm, Maasse, die mit denjenigen der vorderen Augenfläche sehr nahe übereinstimmen; allerdings waren die Flächen nicht genau kugelförmig. Es gelang aber, mit dem nach den Abgüssen angefertigten galvanoplastischen Abdruck die hintere Fläche der Linsen zu schleifen.” (10)*

### **The Second Series of “Hornhautlinsen”**

The trials with these new contact lenses did not meet his expectations, by reason of a failure to tolerate them, preventing prolongation of the experiment beyond half an hour:

*“The experiments that I tried with these lenses gave the following. As soon as the lenses were inserted, I had quite a vague sensation of something being in the eye. However, this sensation was in no way unpleasant. Gradually, about a quarter of an hour after insertion, a feeling of pressure and burning appeared, which, however, could not be particularly localized. After a further quarter of an hour, this feeling became so agonizing that I had to remove the lenses. Upon their removal, the severe symptoms ceased immediately, and, after a short while, I was able to work with the eye again.”*

*“Die Versuche, die ich mit denselben anstellte, ergaben folgendes. Sind die Linsen eingelegt, so habe ich ganz schwach die Empfindung, dass sich etwas auf dem Auge befindet; jedoch ist diese Empfindung in keiner Weise unangenehm. Allmählich, etwa eine Viertelstunde nach dem Einlegen, stellt sich ein Gefühl von Druck und Brennen ein, das jedoch nicht bestimmt localisirt ist. Nach einer weiteren Viertelstunde ist diese Empfindung so quälend geworden, dass ich die Linsen wegnehmen muß. Mit der Entfernung derselben hören diese heftigen Erscheinungen sofort auf, und kurze Zeit nachher kann ich mit dem Auge wieder arbeiten.” (10)*

### **The Risk of Contact between the Lens and the Eye**

If one recalls that Müller had proposed the closest parallelism between the cornea and the back lens surface, one understands why he attributed the poor toleration to compression of the cornea by the contact lens. It seemed obvious to him that he should pursue his experiments with a contact lens of which the back radius of the optic zone would be steeper. The improvement achieved was not, however, spectacular, and toleration did not go beyond the 30 minutes already reached using the earlier lenses:

*“Initially, I believed that this series of symptoms might be due to the fact that the lens had too flat a curvature and for that reason exerted pressure on the center of the cornea. For this reason, I ordered smaller radii to be ground in and I also changed the lenses in different ways. I did not find a glass which could be tolerated for longer than half an hour; the lenses were, however, variously tolerated depending on their design.”*

*“Anfangs glaubte ich, diese Reihe von Erscheinungen sei dadurch veranlasst, dass die Linse eine zu*

*schwache Krümmung und deshalb auf die Mitte der Cornea einen Druck ausübe. Ich liess deshalb kleinere Radien einschleifen, auch sonst die Linsen in der verschiedensten Weise umformen. Ein Glas, das länger als eine halbe Stunde vertragen wird, habe ich auf diese Weise jedoch nicht erhalten; die Linsen werden aber je nach ihrer Form verschieden gut vertragen.” (10)*

### **Other Factors concerning Tolerance for Contact lenses**

Müller observes different reactions depending on the model of the contact lenses: i.e., thickness, total diameter and edge geometry. Poor tolerance was most pronounced for thick and large lenses. A contact lens was well tolerated when its edges were rounded. He made the interesting observation that the lens with the steepest back optic zone radius, which therefore passes like a bridge over the cornea, was the least well tolerated (11):

*“Thick and large lenses are worse tolerated than small and thin ones. Furthermore, the shape of the edge is very important: in a glass with a rounded edge, the manifestations are significantly less severe than in the same glass with a sharp edge. The most severe irritating sensations appeared with a lens in which the cavity appointed for the cornea had a posterior radius of 7 mm and was ground with an 11-mm aperture, therefore ruling out a possible corneal touch.”*

*“Dicke und grosse Linsen werden schlechter vertragen als kleine und dünne. Die Form des Randes ist ferner sehr wesentlich: bei einem Glase mit abgerundetem Rand sind die Erscheinungen bedeutend weniger heftig als bei demselben Glase mit scharfem Rand. Die heftigsten Reizerscheinungen machte eine Linse, die in der für die Hornhaut bestimmten Höhlung einen Radius von 7,0 mm, bis zu 11 mm Oeffnung eingeschliffen hatte, bei der also eine Berührung der Cornea ausgeschlossen war.” (10)*

### **Advantages and Disadvantages of Contact Lenses**

In the following paragraph, Müller describes the advantages that contact lenses give to the myopes but also points out signs of intolerance.

Müller notes an enlargement of the retinal image, aside from which there was, furthermore, a perceptible improvement of visual acuity. He noted that, as he had predicted, in the periphery of the visual field the images were no longer distorted and that the colored reflections had disappeared. Contact lenses did not apparently interfere with the movement of the eyes:

*“The optical phenomena are different with different lenses. With all lenses, objects appeared to be enlarged, but, on the other hand, they did not produce any remarkable improvement in visual acuity. The images were natural, neither distorted nor hemmed around by colored fringes; also, the lenses in no way impaired the free movement of the eye.”*

*“Die optischen Erscheinungen sind bei verschiedenen Linsen verschieden. Bei allen erscheinen die Gegenstände grösser dagegen tritt keine bemerkbare Erhöhung der Sehschärfe ein. Die Bilder sind natürlich weder verzerrt noch farbig umsaunt auch behindern die Linsen in keiner Weise die freie Bewegung des Auges.” (12)*

The most annoying sign (one that is, besides, more pronounced with the contact lens, of which the back optic zone radius is less than 7.50 mm) consists of the occurrence of a progressive visual blurring, a fall in visual acuity, and the image of colored halos around lights. The blurring and the accompanying signs are reversible after removal of the lens:

*“With glasses that had a shorter radius than 7.5 mm in the part destined to correspond with the corneal curvature, there occurred a strange phenomenon. Very gradually, but increasing steadily, there appeared a veiling of the visual field and the objects appeared to be enshrouded in a mist. In the lens that I mentioned a moment ago, this veiling was so intense at the end of the experiment that visual acuity was considerably reduced in consequence. As soon as the mist reached a certain intensity, a rainbow appeared around points of light and flames viewed at a short distance, with the blue part nearest to the light. This also increased at the same gradual rate as the veiling of the visual field. This phenomenon did not disappear immediately after removal of the lenses but gradually diminished in intensity until just as they appeared and could no longer be observed half an hour after removal of the lens.”*

*“Bei Gläsern, die in der für die Hornhaut bestimmten Krümmung einen kleineren Radius haben als 7,5 mm, tritt ein seltsames Phänomen auf. Es stellt sich nämlich eine ganz allmählich immer mehr zunehmende Verschleierung des Gesichtsfeldes ein, die Gegenstände erscheinen wie in Nebel gehüllt. Bei der oben an letzter Stelle erwähnten Linse war diese Verschleierung am Ende des Versuchs so stark, dass infolge davon die Sehschärfe erheblich herabgesetzt war. Hat der Nebel eine gewisse Intensität erreicht, so wird um Lichtpunkte und Flammen in geringer Entfernung von denselben ein Regenbogen sichtbar, dessen blauer Teil dem Lichte zunächst erscheint. Derselbe nimmt ebenso allmählich wie die Verschleierung des Gesichtsfeldes an Deutlichkeit zu. Diese Erscheinungen verschwinden nicht sofort nach Herausnahme der Linsen, sondern sie nehmen ebenso allmählich, wie sie gekommen sind an Intensität ab und sind eine halbe Stunde nach Herausnahme der Linse nicht mehr bemerkbar.” (12)*

### **Examination of the Eye after Wearing the Contact Lenses**

Professor *Völckers* performed the slit lamp examination of the eye, which has been subject to the symptoms resulting from the wearing of contact lenses. The examination of the eye affected by the symptoms and signs just described revealed evidence corneo-conjunctival pathology:

*“Professor Voelckers very kindly described afterwards the externally visible changes of the eye during the experiments as follows: strong conjunctival injection, increased tear secretion, pronounced injection of episcleral blood vessels and of limbus.”*

*“Die äusserlich sichtbaren Veränderungen des Auges während der Versuche sind nach den Angaben des Herrn Professor Völckers, der so freundlich war, mich daraufhin zu untersuchen, folgende: Starke Injection der Conjunctiva, verstärkte Thränensecretion, starke Injection der episcleralen Gefässe und des Limbus.” (12)*

The remaining parts of the ocular examination, especially ocular pressure, were normal, although the halos affecting the vision in the form of a rainbow around the lights led to the fear of acute glaucoma:

*“The fundus appeared normal and, with pressure applied onto the eye, no arterial pulsation was observed, indicating that the ocular pressure was not increased.”*

*“Der Augenhintergrund ist normal, auch bei Druck auf das Auge zeigt sich kein Arterienpuls, ebensowenig ist der Tonus des Augapfels nicht vermehrt.”(12)*

### **Discussion of the Etiology of Contact Lens Intolerance**

#### **The Relations between Corneal Haze and Back Optic Zone Radius**

Haziness of the cornea was particularly marked with the contact lens that had the steepest back optic zone radius, and focal illumination showed epithelial edema in this

area:

*“With the lens mentioned previously, ground with an aperture of 11 mm and a corneal curvature of 7 mm radius, there was a remarkable appearance that did not occur in any other experiments. The cornea was cloudy and, with focal illumination, a roughness was shown similar to that found with tissue loss.”*

*“Bei der oben schon angeführten Linse mit der auf 11 mm Oeffnung eingeschliffenen Hornhautkrümmung von 7 mm Radius zeigt sich eine merkwürdige Erscheinung die bei allen anderen Versuchen fehlte. Die Hornhaut war getrübt und bei focaler Beleuchtung zeigten sich Substanzverlusten ähnlich sehende Rauigkeiten.” (12)*

These signs were reversible on removal of the contact lens, and their disappearance occurred in parallel with the amelioration of the subjective signs.

*“Half an hour after removal of the lens [...] the apparent loss of tissue disappeared except for a small trace, and the visual field, which in this experiment had been significantly more misty than usual, became completely clear again.”*

*“Eine halbe Stunde nach Herausnahme der Linse, waren jedoch sowohl die anscheinenden Substanzverluste bis auf eine geringe Spur verschwunden, als auch das Gesichtsfeld, das bei diesem Versuch viel mehr als gewöhnlich verschleiert war, wieder vollständig klar.” (12)*

### **The Etiology of the Obscuration of Vision**

The following pages describe Müller's inferred pathogenesis of the observed phenomena. The ciliary injection, the clouding of vision as by a veil, and the perception of halos around lights indicate some of the clinical features of acute glaucoma. An observed normal intraocular pressure, however, invalidated this diagnosis:

*“Concerning the cause of all these appearances, it is evident that my first opinion that these may be due to pressure exerted by the glass onto the apex of the cornea is not correct. The obscuration of the visual field and the occurrence of rainbows around illuminated areas suggested that acute glaucoma might be present. But this was not so because an increase in intraocular pressure could not be detected. The injection of the episcleral vessels and of the limbus indicated, however, that it is not only the conjunctiva that is irritated. The true cause is probably to be found in corneal involvement, as mentioned in the last experiments.”*

*“Was nun die Ursache aller dieser Erscheinungen angeht, so ist klar, dass meine erste Meinung, dieselben seien durch den Druck des Glases auf die Kuppe der Hornhaut hervorgerufen, nicht zutrifft. Die Verschleierung des Gesichtsfeldes und das Auftreten von Regenbogen um beleuchtete Stellen liessen vermuten, es handle sich um ein akutes Glaucom; dem widerspricht aber der oben aufgeführte Befund, der nichts berichtet, was auf eine Drucksteigerung im Inneren des Augapfels bezogen werden könnte. Die Injection der episcleralen Gefässe und des Limbus deutet indessen darauf hin, dass nicht nur die Conjunctiva gereizt wird. Auf die wahre Ursache führt uns vielleicht die bei dem zuletzt angeführten Versuche eingetretene Affection der Hornhaut.” (13)*

### **Metabolic Disturbance of the Cornea**

Müller showed perceptiveness in attributing the conjunctival irritation, tearing, and corneal lesions to disturbance in corneal metabolism:

*“It is evident that there is in this instance a nutritional disturbance of corneal tissue of*

*such mild degree that it can restore itself within a short time. The resulting corneal cloudiness caused the veiling of the visual field and the appearance of the rainbow. Because these latter occurred to a mild degree in all experiments in which lenses of height curvature in their corneal cavity were used, it would seem probable that there was also a cloudiness of the cornea in these cases that was, however, so mild as not be observable macroscopically."*

*"Es lag hier offenbar eine Ernährungsstörung im Hornhautgewebe vor, so geringen Grades, dass sie sich in kurzer Zeit wiederherstellen konnte. Die damit einhergehende Trübung der Hornhaut bewirkte die Verschleierung des Gesichtsfeldes und die Entstehung der Regenbogen. Da dieses letztere in geringem Grade bei allen Versuchen eintrat, die mit Linsen von starker Krümmung der Hornhautaushöhlung vorgenommen wurden, so ist wahrscheinlich auch in diesen Fällen eine Trübung der Hornhaut eingetreten, jedoch so schwach, dass sie makroskopisch nicht sichtbar war." (13)*

### **Disturbance of Corneal Nutrition as the Cause of Metabolically Induced Obscurations**

For Müller, the cause of the disturbance of corneal nutrition is itself due to interruption of the circulation of tears because of the presence of the contact lens, either because of the edge or by compression of the corneo-conjunctival limbus:

*"Regarding the question of how the corneal nourishment disturbance was brought about, if you consider the situation of the liquid layer between the lens and the cornea, it is evident that the water, following the law of gravity, leaks progressively away from the lower edge of the glass. However, nothing flows probably into its upper edge because in nearly all experiments, the lens edge was sharply ground and pressed itself into the conjunctiva. Furthermore, as the upper eyelid exerts pressure on the lens, it will consequently be pressed with increasing pressure on the eye during the experiment. As corneal touch was ruled out in the above-mentioned trial lens, this pressure affected only that tissue situated around the corneal border. As, however, corneal nutrient blood vessels run in these tissues, these were the ones to be occluded by pressure. It is clear, therefore, that a nutritional impairment must occur in the cornea very quickly."*

*"Es fragt sich nun, wodurch die Ernährungsstörung in der Hornhaut bedingt war. Wenn man sich des Verhalten der Flüssigkeitsschichte zwischen der Linse und der Hornhaut überlegt, so ist klar, dass das Wasser, dem Gesetze der Schwere folgend, am unteren Rande des Glases allmählig absickert. Es fließt aber am oberen Rande wahrscheinlich nichts zu. Denn einmal war bei fast allen Versuchen der Rand der Linse scharf zugeschliffen; derselbe, presste sich also in die Conjunctiva hinein. Ausserdem übt auch noch das obere Augenlid einen Druck auf die Linse aus. Infolgedessen wird dieselbe während der Versuche immer stärker auf das Auge aufgedrückt. Da bei den in Rede stehenden Versuchslinsen eine Berührung der Hornhaut ausgeschlossen war, so trifft dieser Druck allein die um den Rand der Cornea sich ansetzende Gewebsschichte. Da aber in dieser die ernährenden Gefässe für die Hornhaut verlaufen, so werden diese zugedrückt. Es leuchtet also ein dass in der Cornea sehr bald eine Ernährungsstörung eintreten muss." (13)*

### **The Confirmation of the Hypothesis of Corneal Asphyxia by Blockage of the Lacrimal Circulation**

Müller provides confirmation of this hypothesis by suitable trials: The contact lenses with rounded and looser edges caused fewer symptoms because they encourage the flow and renewal of tears under the upper edge, thus compensating for the flow to the lower edge:

*"In support of my viewpoint that the decreased flow of tears may be the major cause of the irritation as described are two experiments I carried out with glasses, the edges of*

*which were smoothed out. The unpleasant sensations that were so pronounced in all other trials were hardly noticeable in these cases and the objective findings were quite minor. Furthermore, you could easily observe that, with every blink, the glass moved. As a result of this and in order to fill up the space between the lens and the cornea, a certain volume of tear fluid has to flow in every time. Apparently, a reservoir of fluid builds up between the upper edge of these rounded-off glasses and the two folds of conjunctiva, which continuously replaces the loss that occurs from the outflow at the lower edge."*

*"Für meine Ansicht, dass der mangelnde Zufluss der Thränenflüssigkeit die letzte Ursache aller beschriebenen Reizerscheinungen sei, sprechen zwei Versuche die mit Gläsern angestellt wurden, deren Rand rund abgeschliffen war: Die unangenehme Empfindungen, die bei den anderen Versuchen so sehr hervortraten, waren in diesen Fällen kaum nennenswert, und die objectiven Erscheinungen waren nur sehr wenig ausgeprägt. Ausserdem konnte man deutlich bemerken, wie bei jedem Lidschlag eine deutliche Verrückung des Glases eintrat. Hierbei muss, um den Zwischenraum zwischen letzterem und der Hornhaut anzufüllen eine gewisse Menge Thränenflüssigkeit jedesmal einfließen. Offenbar bildet sich zwischen dem oberen Rand dieser abgerundeten Gläser und den beiden Blättern der Conjunctiva gleichsam ein Reservoir von Flüssigkeit, aus dem der Verlust, der durch den Abfluss am unteren Rande entsteht, jederzeit ersetzt werden kann."* (14)

### **Müller's Reservations of Judgment**

Müller had reservations of judgment concerning his experiments. For the same reason, he expresses his conviction that contact lenses will be capable of lengthier tolerance at a future date:

*"Whether the 'Hornhautlinsen' will ever make it possible to replace spectacles, as I had originally hoped, is a very open question. The results of my experiments are too unfavorable to permit a very optimistic prediction. This much is clear from the above observations: that, if such a lens could be tolerated for a longer time period by the eye, its bearing surface has to follow the shape of the eye as closely as possible; the lens must also be so loosely on the surface that the circulation of tear fluid is not impaired by it."*

*"Ob die Hornhautlinsen jemals das leisten werden was ich anfänglich hoffte, nämlich dass sie die Brillen ersetzen wurden, das ist sehr fraglich. Die Ergebnisse meiner Versuche sind jedenfalls einer allzu hoffnungsvollen Betrachtung der Sache durchaus ungünstig. Soviel geht aus den obigen Ausführungen hervor, dass falls eine solche Linse vom Auge überhaupt auf die Dauer ertragen werden soll, die Haftfläche derselben eine möglichst genaue Wiedergabe der Gestalt des Auges sein muss; dieselbe muss zugleich so lose aufliegen, dass die Circulation der Thränenflüssigkeit dadurch nicht behindert wird."* (14)

### **Considerations on the Optics of the Contact System and the Tears**

Müller finally expounds on two factors that distinguish the refraction produced by contact lenses from that produced by spectacle glasses.

#### **The Optics of Contact Lenses**

The first factor consists of the effects of adding algebraically or fusing the dioptric power of the corneal zone of the lens with that of the cornea. As the contact lens comes nearer to the eye, a change in the dioptric power occurs with reference to that of spectacle glasses. For example, for a patient with myopia to the degree at which Müller was affected, a contact lens of -18.62 diopters, measured in air, is needed:

*"I would like once again to consider briefly the calculation of the radii of curvature of the 'Hornhautlinse' because this presents a certain number of specific difficulties. Because its back surface is in contact with the tear layer, the focal length of the posterior*

surface is greater than that of the anterior surface as determined for air. Its refracting power, as determined for air, must therefore be greater than that of spectacles, if this is to have the same effect as the latter. The magnitude of the focal lengths of a lens in different media depends on the refractive indices of these, as follows:

$$f/f' = n/n' \quad \text{or} \\ d/d' = n_1/n \quad <22>$$

In our case, therefore,

$$d = 1.33 \\ d_I = I \\ d = 1.33 D_I \quad <23>$$

Therefore, applying equation '4' (34) for 'Hornhautlinsen,'

$$D = 1.33 (n-1) (I/r_1 + I/r_2) \quad <24>$$

A myopia of -14.0 requires for its correction, therefore, a 'Hornhautlinse' of:

$$d = -1.33 \times 14 = -18.62''$$

“Wenn ich noch kurz auf die Berechnung der Radien von Hornhautlinsen eingehen darf, so bietet diese eigentümliche Schwierigkeiten. Da die Linse mit ihrer hinteren Fläche an Thränenflüssigkeit grenzt, so ist die hintere Brennweite derselben grösser als die vordere für Luft bestimmte, ihre Brechkraft für Luft berechnet sollte also grösser sein als die einer Brille, wenn sie eine ebenso grosse Wirkung entfalten soll, wie letztere. Die Grösse der Brennweiten einer Linse verhält sich in verschiedenen Medien wie die Brechungsindices der letzteren, also

$$f/f' = n/n' \quad \text{oder} \\ d/d' = n_1/n \quad <22>'$$

In unserem Falle also

$$d = 1.33 \\ d_I = I \\ d = 1,33 d_I \quad <23>$$

Darnach lautet Gleichung <4> für Hornhautlinsen:

$$d = 1,33 (n - 1) (I/r_1 + I/r_2) \quad <24>$$

Eine Myopie von - 14.0 verlangt also zu ihrer Correction eine Hornhautlinse von

$$D = - 1,33 \times 14 = - 18,62'' \quad (14)$$

### The Optical Effect of the Liquid Lens

The second factor consists of the presence of the refractive power of the tear lens between the lens and the eye. Depending on the geometry of this volume of liquid, the final effect can be increased, diminished, or reduced to zero value:

“The effective refractive power, however, depends on yet another circumstance. If the back surface of the lens has exactly the same curvature as the anterior surface of the cornea, it follows that it will actually refract the light rays as indicated in equation #24. If, however, the back surface of the lens has a somewhat different curvature than that of the cornea, I therefore give the eye a new cornea by placing a lens on it because the refractive index of the liquid situated between the lens and the eye is identical to that of the cornea. Depending on whether the radius of the back surface of the 'Hornhautlinse' is greater or less than that of the cornea, the glass reduces or increases the refraction of the eye; in the first case, the eye becomes more hyperopic and, in the second, more myopic than it really is. Thus, in the first assumption, the effectiveness of the lens is increased while, in the second, it is reduced to less than it should be according to equation #24.”

“Die zur Wirkung kommende Brechkraft hängt indessen noch von einem anderen Umstand ab. Wenn die



*hintere Fläche der Linse genau ebenso gekrümmt ist, wie die vordere Fläche der Hornhaut, so wird sie in der That die Strahlen so brechen, wie es die Gleichung ,24' angiebt. Hat dagegen die hintere Fläche der Linse eine etwas andere Krümmung als die Cornea, so gebe ich durch das Einlegen des Glases dem Auge eine neue Cornea, denn der Brechungsindex der zwischen Linse und Auge befindlichen Flüssigkeit ist ja gleich dem der Hornhaut. Je nachdem der Radius der hinteren Fläche der Hornhautlinse grösser oder kleiner ist als der der Cornea, verringert oder erhöht das Glas die Refraction des Auges ; im ersten Falle wird das Auge weitsichtiger, im zweiten Falle kurzsichtiger, als es in Wirklichkeit ist. Dadurch wird bei der ersten Annahme die Wirkung der Linse gesteigert, während sie bei der letzten Annahme geringer ist, als sie gemäss Gleichung ,24' sein sollte." (16)*

## **Final Considerations**

### **Reference to Fick's Publication**

In his final chapter, *Müller* indicates that he has taken cognizance of *Fick's* article, just when his own studies were coming to an end. He describes the points of agreement as well as the essential differences. He emphasizes that *Fick* was interested only in the correction of irregular astigmatism. He is amazed that this author observed the signs of intolerance in the rabbit only after 6 to 8 hours and that he may have been able to resolve the problem of intolerance by means of a 2% sterile glucose solution. *Müller* also mentions that *Fick* gave no indication of instances of intolerance when he was conducting his experiments on humans. (17)

*"When this work was completed, a publication from A.E. Fick concerning a 'Contactbrille' became known to me through a reference in Zehender's Monatsblätter. The 'Contactbrille' is essentially the same entity as the 'Hornhautlinse.' Fick indicates, however, that his glasses are suitable only for correction of irregular astigmatism. It is remarkable that he, to judge from the indications of the reference, did not observe the difficulties described above. He first tried out his glasses on rabbits and noted, only after 6 to 8 hours (!), cloudiness of the liquid between the glass and the eye, a slightly clouded cornea, an epithelium that was not completely smooth, and a conjunctiva only moderately injected. However, by replacing the liquid between the glass and the eye with 2% sterilized glucose solution, he was able to avoid all of these minor signs of irritation. In his trials, carried out later on several astigmatic patients, Fick apparently observed even fewer symptoms and signs of irritation. I greatly regret that I was not aware of the mentioned work earlier in its original form since this would probably have significantly aided me in my experiments."*

*"Als diese Arbeit fertig war, wurde mir ein Aufsatz von A.E. Fick über eine ,Contactbrille' durch eine Referat in Zehender's Monatsblättern bekannt. Die Contactbrille ist dem Wesen nach dasselbe, was die Hornhautlinsen sind. Fick will jedoch seine Gläser nur zur Correction des unregelmässigen Astigmatismus anwenden. Auffallend ist, dass er, nach den Angaben des Referats zu urteilen, von den oben beschriebenen Schwierigkeiten nichts gesehen hat. Er versuchte seine Gläser zuerst bei Kaninschen und bemerkte erst nach 6-8 Stunden (!) Trübung des Wassers, das sich zwischen Glas und Auge befand, die Hornhaut war leicht getrübt, das Epithel derselben nicht ganz glatt und die Bindehaut mässig injicirt. Aber auch diese geringen Reizerscheinungen hat er dadurch vermieden, dass er anstatt Wasser 2% sterilisierte Traubenzuckerlösung zwischen Glas und Auge brachte. Bei den Versuchen, die er später bei mehreren Astigmatikern anstellte, hat Fick anscheinend ebenso wenig Reizerscheinungen gesehen. Ich bedaure sehr, die genannte Arbeit nicht früher im Original gekannt zu haben, da dieselbe mich aller Wahrscheinlichkeit nach bei meinen Versuchen wesentlich hätte unterstützen können." (16)*

## **Final Pages of the Dissertation**

### **Acknowledgements**

The following acknowledgments are recorded:

*"Finally, I have the pleasant task of expressing my most heartfelt thanks to my esteemed*

teacher, Professor Völkers, for his very kind assistance to me during my experiments.”

“Zum Schluss bleibt mir noch die angenehme Pflicht meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Völkers für die freundliche Hülfe, die er mir bei meinen Versuchen gewährte, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.” (18)

### Bibliography, Quotation of Theses, Curriculum Vitae

On page 27 of the dissertation, there are 14 bibliographic references, but only that of *Fick* is related to contact lenses (19). Page 29 gives the titles of the four theses that *Müller* submitted. They deal with periscopic glasses, pulmonary edema, inflammation of the conjunctiva, and of the “urgent need to nationalize the pharmaceutical industry”. (20) The folder ends with a brief curriculum vitae of the author.

## 1.2 – The Two Letters of Müller at the Deutsches Museum in Munich

(Appendix 12 – 2)

Two manuscript letters that *Müller* wrote in 1932 are preserved in the archives of the *Deutsches Museum* in Munich. These date from the time of the donation of his contact lenses to the museum. (21)

### The Letter of April 18, 1932

In a first letter of three pages, dated April 18, 1932, *Müller* recalls that he discovered contact lenses in 1887, at the same time as *Fick*, but that his own were ground, whereas those of *Fick* were blown:

“While I was a student in the year 1887, I invented contact glasses to replace spectacles for hyperopic or myopic individuals, astigmatic persons and so on. I was, at that time, unable to develop that invention further, nor could I interest those competent in these matters. At the same time, Prof. Fick, then of Zürich, now at Herrsching, developed the same idea for abnormal corneal curvatures. While he was having the glasses blown, I was the first, as Prof. Siegrist of Berne recently wrote me, to have the glasses ground and applied for the correction of refractive anomalies.”

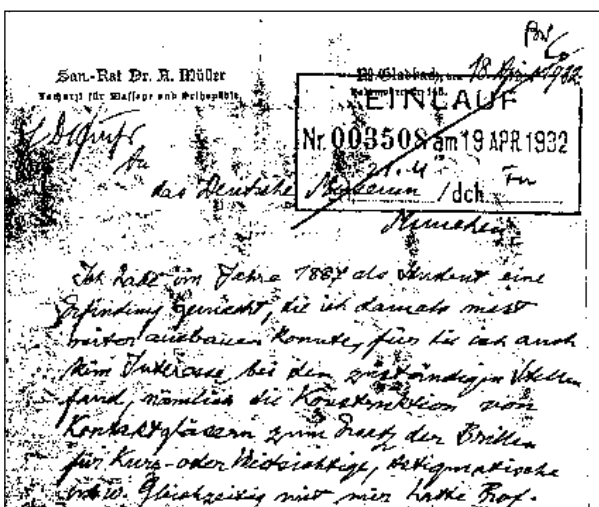


Figure 12-4

Letter of the April 18, 1932, from August Müller to the Deutsche Museum in Munich.

In this letter, August Müller describes his 1887 invention of “Hornhautlinsen” and proposes that the contact lens be deposited in the Deutsches Museum in Munich.

(Archives of the DEUTSCHES MUSEUM, Munich, # 3508)

“Ich habe im Jahre 1887 als Student eine Erfindung gemacht, die ich damals nicht weiter ausbauen konnte, für die ich auch kein Interesse bei den zuständigen Stellen fand, nämlich die Konstruktion von Kontaktgläsern zum Ersatz der Brillen für Kurz- oder Weitsichtige, Astigmatische usw. Gleichzeitig mit mir hatte Prof. Fick, damals Zürich, jetzt Herrsching die gleiche Idee verwirklicht für abnorme Krümmungen der Hornhaut. Während er die Gläser blasen liess, war ich, wie mir Prof. Siegrist-Bern kürzlich schrieb, der erste, der die Gläser schleifen liess und zum Ausgleich von Refraktionsanomalien verwandte.” (22)

His invention has been only recently applied in practice, following the work of *Heine* and the recent commercialization of contact lenses by *Zeiss*:

*“This idea has only in recent years found more widespread practical application following the publications of Prof. Heine of Kiel, who knew how to persuade the firm of Zeiss-Jena to manufacture the glasses in multiple variations and thereby provide a wide range of lenses in a trial set for the ophthalmologists to determine the most suitable glass for a given patient. In 1887, I tried in vain to interest the Zeiss firm in this object. In fact, Heine is solely responsible for drawing generalized interest to this subject.”*

*“Diese Idee hat nun seit einigen Jahren erst durch die Veröffentlichungen von Prof. Heine - Kiel ausgedehntere praktische Verwendung gefunden dadurch dass er die Firma Zeiss-Jena zu veranlassen wusste, die Gläser in mehrfacher Variation herzustellen und dadurch dem Augenarzte eine Auswahl zum Anprobieren des passendsten Glasses zur Verfügung zu stellen. Ich habe mich im Jahre 1887 vergebens bemüht, die Firma Zeiss für den Gegenstand zu interessieren. Durch Heine ist erst das allgemeine Interesse auf den Gegenstand gelenkt worden.”* (23)

Müller indicates that he had sent his three contact lenses to Professor *Siegrist*, director of the *Berne Ophthalmological Clinic*, so that they could be shown at a historical exhibition on the invention of contact lenses. *Siegrist* wanted to keep them for his own collection, but Müller preferred to offer them to a museum in Germany:

*“Last year, I forwarded the three lenses that I had the optician Himmler of Berlin grind for me at this time to Prof. Siegrist, Director of the University Eye Clinic in Berne. Siegrist wanted to have them for an exhibition on hygiene in Berne, in which he planned to describe the history of the ‘Haftglas’* (24). *Now, Prof. Siegrist wishes to keep the three glasses for his Eye Clinic.”*

*“Die drei Gläser, die ich mir damals von dem Optiker Himmler in Berlin schleifen liess, habe ich im vergangenen Jahre Herrn Prof Siegrist, dem Direktor der Universitäts-Augenklinik in Bern zugeschickt, der sie für eine hygienische Ausstellung in Bern haben wollte, in der er die Geschichte des Haftglases darstellen wollte. Herr Prof. Siegrist möchte nun die drei Gläser für seine Augenklinik behalten.”* (25)

### The Letter of April 27, 1932

As soon as the museum had agreed, Müller confirmed in a letter dated April 27, 1932, that he had requested *Siegrist* to send his three contact lenses to the museum. They actually arrived on May 31, 1932, and were registered on June 8.

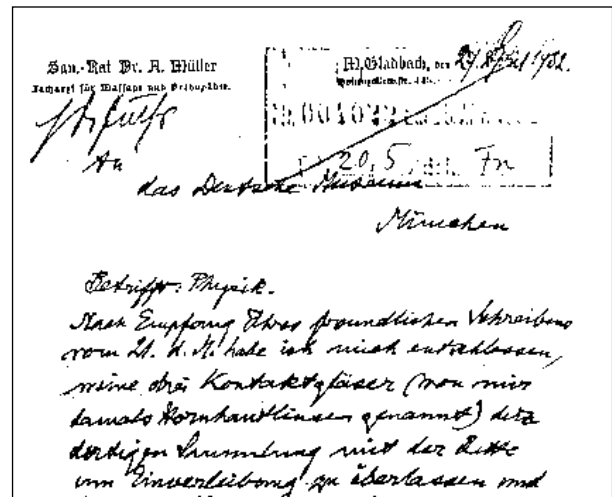


Figure 12-5  
Letter of the April 27, 1932, from August Müller to the Deutsches Museum in Munich.

In this letter, August Müller confirms his agreement with the deposition of the contact lenses in Munich at the Deutsches Museum.

(Archives of the DEUTSCHES MUSEUM, Munich, # 3508)

## 1.3 – Müller's Contact Lenses in the Deutsches Museum in Munich



Figure 12-6  
The three contact lenses of August Müller preserved at the  
Deutsches Museum in Munich.  
(DEUTSCHES MUSEUM, Munich, # 64,676 a, b, c)

### Registration and Presentation

The three contact lenses of *August Müller* were registered at the *Deutsches Museum* in Munich, under the inventory numbers 64676 a, b and c. In the registry of museum entries, one can read the following statement under this reference number:

“3 items of ground contact glasses for placement on the cornea as substitute for spectacles, constructed in 1887 by A. Müller. Entrance June 8, 1932. “Sanitäts-Rat” Dr. A. Müller, M-Gladbach, Value: 12 – RM.”

“3 Stück geschliffene Kontaktgläser zum Aufsetzen auf die Hornhaut als Brillenersatz, konstruiert von A. Müller 1887, Zugang: 8. Juni 1932. San. Rat. Dr. A. Müller, M-Gladbach, Wert: 12- RM.”

The three contact lenses are displayed on a plaque of painted plywood, onto which three brass nails secure each lens. The plaque bears the inscription:

“Ground contact glasses for placement on the cornea as a substitute for spectacles for short-sighted and far-sighted persons. Constructed in 1887 and donated by Sanitäts-Rat Dr. A. Müller, München Gladbach.”

“Geschliffene Kontaktgläser zum Aufsetzen auf die Hornhaut als Ersatz der Brille für Kurz- u. Weitsichtige. Konstruiert 1887 und gestiftet von San. Rat Dr. A. Müller, München Gladbach.”

### The Characteristics of the Three Lenses

These three contact lenses are “*scleral contact lenses*”. They are ground from glass, expertly fashioned and perfectly polished. The transitions between different curvatures are gradual and blended to perfection. The edges are extremely well worked and, even under high magnification, I was unable to detect any scratches or imperfections. Undoubtedly, they are pieces originating from the second series of trial lenses:

their total diameter is between 15.30 and 16.00 mm,

the radii and the power of two of the lenses are quite close, whereas the dimensions of the third lens (# 64 676/c) are different,

the thickness at the lens center is approximately 0.35 mm and the thickest part, bordering the optical zone, is no more than 0.82 mm. This represents a significant technical achievement, given the high refractive powers.

### Special Features of the “Right-Side” Contact Lens

The *right side* contact lens has several peculiarities when compared with the other two lenses:

1.) the back optic zone radius is 7.06 mm, versus 7.62 to 7.65 mm for the two other lenses,

Müller's "Hornhautlinsen"	a) Left	b) Central	c) Right
Back optic zone radius (mm)	7.65	7.62	7.06
Front optic zone radius (mm)	9.75	9.80	9.55
Back scleral zone radius (mm)	12.00	12.00	12.00
Transition radius (mm)		10.00	
Back optic zone diameter (mm)	10.50	10.00	8.00
Total diameter (mm)	13.30 to 15.50	16.00 to 16.40	16.50 to 16.90
Central thickness (mm)	0.315	0.375	0.350
Greatest thickness (mm)	0.82	0.70	0.70
Back vertex power (D)	-15.00	-14.50	-19.00

Table 12 - 2

Dimensions of August Müller's contact lenses in the Deutsches Museum in Munich (Inventory # 64676 a, b, c).  
Comments

Contact lenses "a" and "b" appear to have been ground and polished with the same grinding and polishing tools. The essential difference concerns the total diameter; it is oval for lens "a" and practically circular for lens "b".

Contact lens "c" shows numerous differences in relation to lenses "a" and "b". It is a large diameter lens with a steep back optic radius and a transition zone. Of particular note are:

- the transition of 10.00-mm radius, situated at the junction of the back optic and scleral zones,
- the steeper back optic zone radius of curvature (7.06 mm),
- the steeper front optic zone radius, providing an higher back vertex power compensating for the liquid lens,
- the back vertex power of -19.00 D (as opposed to about -15.00 D for the two other lenses).

- 2.) its refractive power is -19.00 diopter, versus -14.50 D and -15.00 D,
- 3.) finally, it has a transition, or intermediate curvature, at the junction of the back corneal and scleral zones.

### The Enigma of the Transition

One can imagine that Müller may have carried out other trials that were not described in his dissertation, either because he judged them to be poorly substantiated or because he conducted these after his dissertation *viva voce*. We will probably never know the circumstances under which he had the transition (26) curvature ground between the optic and the scleral zones of this lens. It fits, however, within the line of reasoning of the author: after all, he did offer the hypothesis that compression at the limbus could be the cause of lacrimal blockage that, in turn, caused lens intolerance. I am filled with admiration for the prowess and technical excellence of the optician *Himmler*, not to mention the perseverance, determination and courage of *August Müller*, who conceived these contact lenses and had the audacity and courage to wear them in his own eyes.

## 2 – Discussion

In the analysis of the most remarkable features of *Müller's* work, I intend to focus on the following aspects:

the terminology *Müller* used to designate contact lenses,  
technically unique aspects of the contact lenses used,  
the consequences of wearing such a lens on the physiology of the eye,  
repercussions from the wearing of the lenses on the patient's optical correction,  
arguments regarding who was first to describe contact lenses,  
finally, a general appreciation of *Müller's* work.

### 2.1 – Nomenclature

#### **The Term “Hornhautlinsen”**

*Müller* proposed the term “Hornhautlinse” (cornea-lens), written as one word, to designate his contact device. He describes that it is a “a lens” (Linse), the posterior surface of which would have the same shape as the anterior surface of the ocular globe (i.e., cornea and sclera). To be precise, considering that the lens has a large scleral zone, it is a scleral lens and not a corneal lens.

The justification for the choice of the term “Hornhautlinse” (cornea-lens) would be found, according to *Müller*, in the fact that, for him, the contact lens would be a substitute for the cornea and would “provide a new cornea for the abnormal eye”. Thus, he used the term “Hornhautlinse” to designate a structure that would be a substitute for the corneal refractive power.

In his dissertation, *Müller* prefers, in any event, to use the abbreviation “Linse” (Lens) 39 times and its equivalent, “Glas” (glass), 11 times, whereas “Hornhautlinse” is only used five times.

### 2.2 – Technical Aspects

#### 2.2.1 – The First Model of “Hornhautlinse”

Without envisaging trials on animals and not without initially having any idea “how to manufacture a grinding tool corresponding to the anterior surface of the eye”, *Müller* asked the optician *Himmeler* to grind for him a contact lens to place on his own eye. In his dissertation, he does not describe the parameters of his eye or the thought processes that led to the choice of the dimensions of the lens, which correspond quite closely to the average for cornea and sclera in human eyes.

#### **A Good Choice**

The radius of the front surface of the contact lens is calculated to correct his myopia of -14.00 diopter in the appropriate fashion. The choice of the dimensions is not therefore empirical but corresponds with a careful consideration of these by *Müller* and/or *Himmeler*. We do not know the criteria that motivated this selection, which was, all said and done, very appropriate. Furthermore, we do not know the dimensions of the optic

zone diameter or the shape, spherical or oval, of the total diameter.

### Plaster Impressions

After the success of the first ground contact lens, *Müller* investigated, by means of experimentation with a second series, possible remedies for the intolerance noted with the first model. As he was not able to take a satisfactory impression from a human eye, he based a controversial choice on the impression of an ocular prosthesis. *Müller* does not give details in his dissertation regarding the “accessory circumstances” causing his two experiments in taking an impression from a living eye to fail or why he chose a glass eye prosthesis, the curvatures and the structure of which were, by his own admission, very approximate.

<i>Plaster impression dimensions</i>	
<i>Optic zone radius (mm)</i>	7.50
<i>Scleral zone radius (mm)</i>	14.00

Table 12 - 3  
*Dimensions determined by Otto Himmler for the plaster impression of an ocular prosthesis.*

### Reasons for a Bad Choice

His reserve could give credence to the idea that he had neither received the necessary support from his thesis director, Professor *Völker*, nor from the physicians of the *University of Kiel Ophthalmology Clinic*. On the contrary, they would have oriented him towards taking an impression from an ocular prosthesis, which was, in their opinion, less dangerous and less risky than from a living human ocular globe.

As a student, *Müller* was not even destined for a career in ophthalmology, handicapped as he was by his high myopia and disturbed by his unusual ideas. It is probable that he was not welcome in the circle of physicians staffing the Eye Clinic, who undoubtedly lived with a solemn respect for the ocular surface. The haunting thought of blinding corneal lesions had strongly impregnated the thinking of ophthalmologists of that era. Local anesthesia had only just been introduced and there was no effective treatment of traumatic, infectious or inflammatory corneal lesions. It is less understandable why *Müller* did not choose a human cadaver eye as a reference point. Similarly, he did not seek keratometric data. It is also not clear why he did not initiate preliminary studies on animals (27).

### 2.2.2 – The Second Series of “Hornhautlinsen”

The dimensions of the second series of lenses, made from the model of an ocular prosthesis, correspond with two of the contact lenses (designated “a” and “b”) at the *Deutsches Museum*.

### Similarities of the Parameters

The similarity of the observed parameters in these two lenses leads one to suppose that they were ground and polished with the same grinding and polishing tools. The two lenses possess nearly the same back radius of the optic and scleral zones. The difference between the two lenses concerns their total diameter: One lens (lens “a”) is oval, while the other (lens “b”) is almost circular and significantly larger. Whereas the first model of a trial lens had had a relatively flat back optic zone radius of 8.00 mm, *Müller* gave to the second models “the same shape to one surface of a lens as that of the anterior surface of the eyeball”, a steeper posterior central radius of 7.62 to 7.65 mm. According to *Müller*, there would thus have been less risk of touching the cornea, over which the lens would pass bridge-like, but it has, in fact, favored the inclusion of a liquid lens, blocking the circulation of tears between the lens and the eye and inducing a hypoxic stress. The

effect of a steeper optic zone radius is reduced by the smoothing out of the scleral zone, the radius of curvature of which has been increased to 14.00 mm, compared with 12.00 mm of the first model. This aberrant dimensions of the scleral zone has probably been reproduced starting with the ocular prosthesis, where the ocularist often blows a flatter peripheral portion in order to give support to the palpebral layer, which is often collapsed after enucleation.

### Total Diameter

The two lenses differ in their total diameter. In one of them (lens "a"), the edge is oval and relatively small (13.30 to 15.50 mm), while, in the other (lens "b"), the edge is practically circular and larger (16.00 to 16.40 mm) but nevertheless less than that of the first experiments (20.00 mm). It is plausible that, in trying lenses of different diameters, *Müller* wished to evaluate tolerance as a function of this criterion. He probably did not take into account the fact that, as a result of a smaller total diameter and a flattening of the scleral zone, he brought the contact lens closer to the globe and erased the bridge effect researched elsewhere by a steeper corneal zone.

### Edge Polishing

The contact lenses in the *Deutsches Museum* have in common that they have been extremely carefully made with special regard to the perfect polishing of the edge and of the junction between the optic and the scleral zones, as confirmed by photographic enlargement.

## 2.2.3 – The Modified Lens

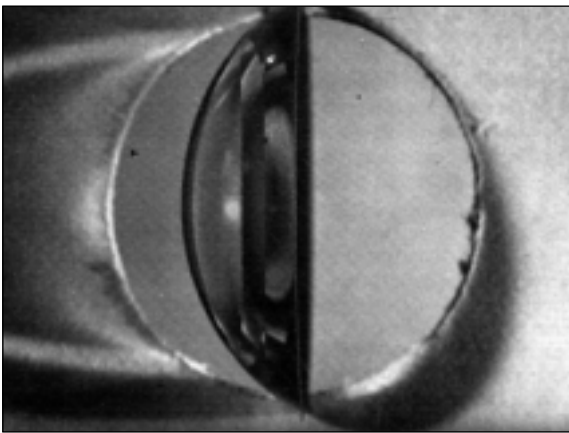


Figure 12-7

Lateral view of "right-side" contact lens of August Müller (# 64676/c) in the *Deutsches Museum*, Munich.

The transition curvature at the junction of optic and scleral curves is clearly apparent.

(Photo DEUTSCHES MUSEUM, Munich, # 64,676/c)

In his dissertation, *Müller* describes that he had had his lenses ground with "smaller radii of curvature" and that besides, he had "modified them in the most varied ways". He does not give any details regarding these transformations, but one of the lenses (# 64766/c, on the right side on the plywood plaque) at the *Deutsches Museum* differs significantly in its characteristics from the other two models. This lens has a steeper back optic zone radius, a limbal clearance zone and a higher dioptric power.

### A Steeper Back Optic Zone Radius

It was with this lens that *Müller* tried, in his description of it, to have it pass amply like a bridge over the cornea, thereby avoiding the corneal touch or tissue contact. To achieve this, he had the lens ground with a back optic zone radius of 7.00 mm and an optic zone diameter of 11.00 mm.

### The Transition

This lens # 64,766/c exhibits also the refinement of a transition curve of 10.00 mm radius between the corneal zone and the scleral zone. The aim of this is to create a smooth transition in decreasing the sharp junction between the optic (7.00 mm) and scleral (14.00 mm) zones. By producing limbal clearance, this blending, or transition curve, was



required in order to avoid compression of the pericorneal vessels.

### Calculation of Contact Lens Power

Another striking aspect of this lens consists in the fact that its power (-19.00 D in air) is significantly higher than that of the other two lenses (-14.00 D to -15.00 D in air). This is justified by the introduction of a liquid lens of the steeper radius of the back optic zone. Contrary to *Müller's* claim, the required contact lens power is not simply the spectacle refraction multiplied by the refractive index of water. Furthermore, the cornea and the tears do not have the same refractive index.

## 2.3 Physiological Aspects

### 2.3.1 – Fitting Considerations

*Müller's* first idea was to give to the contact lens a curvature parallel to that of the eye. The limited tolerance that he attributed to contact between the lens and cornea subsequently caused him to adopt steeper optic zone radius. The more steeply curved lens caused new problems, however, and these were linked to the presence of a precorneal liquid lens. Furthermore, the inclusion of this tear layer could be responsible for corneal hypoxia. This liquid lens played an optical role that *Müller* analyzed elsewhere and followed with a translation into mathematical terms.

### 2.3.2 – Factors Involved in Tolerance

Whatever the geometry of the lenses, *Müller* could not wear them longer than half an hour at a stretch: *"I have not been able to obtain a glass that could be tolerated for more than half an hour"* (28). *Müller* observed, however, that the lenses were tolerated to varying degrees, depending on their design. The smallest lenses, those that were thinnest, and those with the best rounded edge were the best tolerated: *"Thick and large lenses are worse tolerated than small and thin ones. Furthermore, the shape of the edge is very important: in a glass with a rounded edges, the most severe manifestations are significantly less severe than in the same with a sharp edge."* (29)

### 2.3.3 – The Hypothesis of Lens-cornea Contact

*Müller* initially postulated contact between lens and cornea as one of the possible causes of intolerance. This hypothesis was ruled out, however, when he observed that the most pronounced symptoms and signs occurred with the lens of steeper back optic zone radius. *Müller* commented on this as follows: *"The most severe irritating sensation appeared with a lens in which the cavity appointed for the cornea had a posterior radius of 7.0 mm and was ground with an 11-mm aperture, therefore ruling out possible corneal touch."* (30)

### 2.3.4 – The Clinical Appearances, Pathogenesis and Management of Metabolic Disturbance

Another explanation for lens intolerance remained to be determined. This was most evident in the lens with a back optic zone of 7.00 mm radius and of 11.00 mm diameter.

In this case, corneal contact was ruled out, but the lens caused pressure on the limbus. *Müller* postulates a metabolic disturbance of the cornea resulting from compression of the limbal vessels: “*As corneal touch was ruled out in the above-mentioned trial lens, this pressure affected only that tissue situated around the corneal border. As, however, corneal nutrient blood vessels run in these tissues, these were the ones to be occluded by pressure. It is clear, therefore that a nutritional impairment must very quickly occur in the cornea.*” (31)

This is verified by the fact that, with a lens with a well-rounded edge and under which the tears are replaced when blinking occurs, intolerance is less pronounced and its appearance delayed.

The Munich “right side lens” (lens # 64,676/c), which had the steepest back optic zone radius, fits into *Müller’s* line of reasoning. The limbal clearance, which he had had ground between the back optic and scleral zones, necessarily avoids compression of the limbus and favors the circulation of tears between the eye and the lens. It is unfortunate that *Müller* used a contact lens with poorly fitting optic and scleral parameters. Had he introduced the transition zone into one of the two other lenses, he might possibly have obtained a more satisfactory tolerance.

### **Early Description of Contact-lens-induced Corneal Edema**

*Müller* describes the symptoms and signs of contact-lens-induced corneal edema, which is typical of corneal hypoxia, occurring when the ocular tissues are disturbed. The clinical features consist essentially of visual veil or blur, a drop in visual acuity and visualization of a rainbow around lights. Recovery is progressive after removal of the contact lens (32):

*“There appears notably a quite gradual but steadily increasing veiling of the visual field, and the objects appear enshrouded in a mist. [...] This veiling was so intense at the end of the experiment that the visual acuity was considerably reduced in consequence. As soon as the mist reached certain intensity, a rainbow appeared around points of light and flames were viewed at a short distance, with the blue part nearest to the light. This also increased at the same gradual rate as the veiling of the visual field. This phenomenon did not disappear immediately after removal of the lenses but gradually diminished in intensity, until just as they appeared, and could no longer be observed half an hour after removal of the lens.”*

*“Es stellt sich nämlich eine ganz allmählich immer mehr zunehmende Verschleierung des Gesichtsfeldes ein, die Gegenstände erscheinen wie in Nebel gehüllt. [...] diese Verschleierung war am Ende des Versuchs so stark, dass infolge davon die Sehschärfe erheblich herabgesetzt war. Hat der Nebel eine gewisse Intensität erreicht, so wird um Lichtpunkte und Flammen in geringer Entfernung von denselben ein Regenbogen sichtbar, dessen blauer Teil dem Lichte zunächst erscheint. Derselbe nimmt ebenso allmählich wie die Verschleierung des Gesichtsfeldes an Deutlichkeit zu. Diese Erscheinungen verschwinden nicht sofort nach Herausnahme der Linsen, sondern sie nehmen ebenso allmählich, wie sie gekommen sind an Intensität ab und sind eine halbe Stunde nach Herausnahme der Linse nicht mehr bemerkbar.“* (33)

The observed clinical signs of conjunctival redness, lacrimal secretion, ciliary injection and, in severe cases, opacification of the cornea on slit-lamp examination, together with the appearance of epithelial bullae, were noted upon focal illumination: “*The externally visible changes of the eye during the experiment are [...] as follow: marked conjunctival injection, increased tear secretion, pronounced injection of the episcleral and limbal*

vessels. [...] *The cornea was cloudy and, with focal illumination, a roughness was shown similar to that found with tissue loss.*" (34)

### **The Role of the Tears**

Initially, Müller attributed but a modest role to tears, namely that of maintaining the lens in position. He realized, however, that tears have a primordial and essential role when he used contact lenses with a steeper back optic zone radius and when he observed problems with corneal nutrition. At this time, he discovered the metabolic role of tears and the need to ensure their rapid renewal with blinking. He noted that lacrimal surface tension holds the lens in position: "*This lens, if it will be placed on the eyeball, adheres fast there [...] because it will be held through capillary attraction resulting from the collection of tear fluid between this lens and the eye.*" (35)

The metabolic role of tears and their need for continuous renewal is emphasized: "*In order to fill up the space between the lens and the cornea, a certain volume of tear fluid has to flow in every time. Apparently, a reservoir of fluid builds up between the upper edge of these rounded-off glasses and the two folds of conjunctiva, [a reservoir] which continuously replaces the loss that occurs from the outflow at the lower edge.*" (36)

It should be noted that Müller inserted the lenses underwater in order to avoid the occurrence of air bubbles. He does not give any details either on the quality of the water or on the technique that he used: "*I learned to avoid the little inconvenience caused by the impairment of my vision by an air bubble situated between my lens and the cornea by inserting the lens underwater.*" (37)

The use of water as a filling liquid, rather than a balanced solution such as saline, could also have contributed to the discomfort and the corneal edema during the wearing trials.

### **The Conditions for Prolonged Tolerance**

Müller enumerates two conditions necessary for perfect tolerance; the back surface of the lens should conform to the surface of the eye and support for it must not impair the circulation of tears: "*This much is clear from the above observations: that, if such a lens could be tolerated for a longer time period by the eyes, its bearing surface has to follow the shape of the eye as closely as possible; the lens must also be so loosely on the surface that the circulation of tear fluid is not impaired by it.*" (38)

There are two essential conditions that, though contradictory, are required for satisfactory tolerance of contact lenses. This rule remains valuable nowadays, where numerous examples of intolerance are observed, stemming from the fact that the conditions mentioned are not respected.

## **2.4 – Optical Aspects**

### **Correction by a Ground Optic**

Müller envisages the correction of refractive errors by the appropriate grinding of the curvature of the front surface of the optic zone: "*If I now provide an appropriate curvature to the front surface of this lens, it will thus be evident that I can correct a refractive anomaly in this way.*" (39)

Considering that the contact lens is placed on the eye, one cannot give it the same power as that of a spectacle glass, positioned, as a rule, 12.00 mm anterior to the cornea. *Müller* gives a formula that allows this modification to be calculated. He indicates that his myopia of -14.00 diopter demands a contact lens power of -18.62 diopter.

*Müller* is thus the first to use an optic that was ground onto the front surface of the optic zone of a contact lens. He is the first to have calculated the optical power of this and to have formulated the necessary prescription. We should remember that *Fick* and *Kalt* used blown contact lenses and that these produced a correction of refractive errors by virtue of the lacrimal meniscus.

### **The Refractive Power of the Liquid Lens**

Initially, *Müller* had foreseen that the back optic zone would be parallel to the corneal surface. He abandoned this approach in favor of a steeper curvature and he then had to take account of the tear lens situated between the cornea and contact lens. The power of the liquid lens would correspond to the refraction of the liquid layer situated between the front surface of the cornea and the back surface of the optic zone of the contact lens. When the curvatures of these two surfaces are identical (parallel fitting), the dioptric power of the liquid lens is zero. In the case where there is a difference between these two curvatures, there results a liquid lens with refractive power, increasing or decreasing the retained power of the lens (40):

*“If the back surface of the lens has exactly the same curvature as the anterior surface of the cornea, it follows that it will actually refract the light rays as indicated in equation # 24. If, however, the back surface of the lens has a somewhat different curvature than that of the cornea, I therefore give the eye a new cornea by placing the lens on it because the refractive index of the liquid situated between the lens and the eye is identical to that of the cornea. Depending on whether the radius of the back surface of the ‘Hornhautlinse’ is greater or less than that of the cornea, the glass reduces or increases the refraction of the eye; in the first case, the eye becomes more hyperopic, in the second, more myopic than it really is. Thus, in my first assumption, the effectiveness of the lens is increased, while, in the second, it is reduced to less than it should be according to equation # 24.”* (41)

### **The Optical Advantages of Correction by Contact Lenses**

*“With such a means of correction [...] not only would every spherical and chromatic aberration be absent—the spherical rays are screened out by the iris—there would also not be the inevitable reduction of the field of vision that one finds with spectacle lenses or any image-jump at the lens edges. For myopic persons such a lens would have the additional advantage that it would project larger retinal images in comparison with a spectacle lens of equivalent power, thus improving visual acuity.”* (42)

In the astigmatic subject, corneal irregularities would be neutralized: *“Furthermore, such lenses would be very appropriate for the correction of regular astigmatism, since they would eliminate the irregular curved cornea from the optical system and substitute a regularly refracting spherical surface in its place.”* (43)

### **Reservations about Müller’s Appreciation of Contact Lens Optics**

Pearson & Efron (1989) made a special attempt to appreciate the optical aspects of *Müller*’s work. These authors note that *Müller* made no mention of the terms “ocular

refraction” and “spectacle refraction”, and it must be assumed that the latter was implied when he described himself as a  $-14.00$  D myope. The distinction between ocular and spectacle refraction assumes an importance that increases with the magnitude of both the refractive error and the vertex distance. A spectacle refraction of  $-14.00$  D corresponds to an ocular refraction that can vary from  $-12.91$  D for a vertex distance of  $6.00$  mm to  $-10.94$  D for a vertex distance of  $20.00$  mm. For a vertex distance in the middle of this range,  $12.00$  mm, the ocular refraction has a value of  $-11.99$  or, say,  $-12.00$  D.

According to *Müller's* calculation, his myopia required a “Hornhautlinse” of  $-18.62$  D, and there is no indication of whether this was intended to be a front or back vertex power. His first “Hornhautlinse” specification included a back optic zone radius of  $8.00$  mm and a front optic zone radius of  $10.00$  mm, and it has been calculated that such a lens would have had a back vertex power of  $-12.16$  D. While his choice of front optic zone radius provides a much lower ‘power’ ( $-12.16$  D) than that calculated ( $-18.62$  D), as mentioned previously, *Müller* reported that his myopia “was corrected to within half a diopter”. This suggests that the liquid lens power must have been approximately afocal and, accordingly, that *Müller's* corneal curvature (i.e., keratometric reading) was close to  $8.00$  mm. Since *Müller* argued that the back optic radius of the “Hornhautlinse” should be of similar curvature to that of the cornea, it is understandable that he did not acknowledge the contribution made by the liquid lens to the correction of the refractive error. (44)

### 3 - August Müller, Corneal Dioptric Power Neutralization, and Contact Lenses

Several authors have doubted the primacy of *Müller's* invention and the originality of his intellectual initiative (45). This opinion is not acceptable because all analysis shows that *Müller's* motives were original and that his initiative was independent of any external influence. There is no doubt that *Müller* followed an original initiative. As an isolated researcher without university support, he was distanced from the preconceptions that impeded the established ophthalmologists from inserting a glass lens into the eye, whereas a similar lens could have been placed in a spectacle frame without risk. *Müller* was tormented by his strong myopia and by the limited means available to him to guarantee useful vision. His vision was rendered tubular as a result of the spherical aberrations of the imperfect spectacle lenses of the period. His initiative resulted from a process of reasoning that appears quite mundane: the glasses for myopic persons are biconcave, and their posterior surfaces could be brought as close as possible to the eye or could even touch the ocular surface. It required an initiative both naïve and courageous to dare to bring this about, and *Müller* had both the initiative and the courage.

#### 3.1 – Uncontested Priorities

*August Müller* is undoubtedly the inventor of the contact lens. He the same entitlement as *Fick* and *Kalt*. The definition he gave to contact lenses is beyond discussion: “*If one gives the same form to one surface of a lens as that of the anterior surface of the eyeball, so must this lens, if it will be placed on the eyeball, adhere fast there because it will be, first of all, held through adhesion but, more importantly, through capillary attraction, resulting from the collection of tear fluid between this lens and the eye. If I now provide an appropriate curvature to the front surface of the lens, it will thus be evident that I can correct a refractive anomaly in this way.*” (46)

#### **Use of Ground Contact Lenses**

*Müller* was the first to use ground contact lenses. This distinction should be shared, however, with the optician *Himmler* because he achieved a technical excellence in grinding specifically two concentric curvatures, optic and scleral, in a glass cube. *Müller* was also the first person to have used a prescribed power of optical correction ground onto the front surface of the contact lenses. (47)

#### **Idea and Realization of a Limbal Clearance**

*Müller* was also the inventor of the idea of the limbal clearance of contact lenses. Although he did not describe this in his thesis, the ‘right-side lens’ (# 64676/c) preserved in Munich at the *Deutsches Museum* is a proof of it. (48)

#### **Observations of Contact-lens-induced Corneal Edema**

*Müller* was the first to observe signs of intolerance as shown by colored haloes around lights that were caused by corneal edema. He attributed the responsibility for this to an excessively tight contact lens that produced compression of limbal vessels and entrapment of tears. He described the symptoms and signs later rediscovered by *Sattler* and widely known as “*Sattler's Veil*”.

### **Description of the Role of Lacrimal Circulation on Corneal Metabolism**

*Müller* was the first to demonstrate the role of the circulation and exchange of tears in contact lens tolerance. Contrary to *Fick*, who had tried out several intermediary liquids, *Müller* did not spend any time studying the quality of the liquid. It is true that he did not have the wherewithal to analyze the liquid layer and to draw scientific deductions thereof. He contented himself, however, with observation of corneal disturbances and concluded that they resulted from poor tear exchange provoked by the contact lens.

### **First Person to Wear Contact Lenses for Myopia Correction**

*Müller* was certainly the first person to correct his myopia by wearing contact lenses specially ground for this purpose. (49)

## 3.2 Appreciation of Müller's Work

### **August Müller is the Inventor of Contact Lenses**

After analyzing the thesis and letters of *August Müller* and examining the three contact lenses preserved at the *Deutsches Museum* in Munich, it is clear that *August Müller* must be included among the inventors of contact lenses. (50)

It is justified to state that *Müller*:

is the first person to have conceived and to have worn a ground contact lens for the correction of myopia,

used the term "Hornhautlinse" (cornea-lens),

is the first person to have worn contact lenses with the front surface of the optic zone ground so as to have a prescribed dioptric power,

is the first to have observed and described what was later known as "*Sattler's veil*",

is the first to have conceived and utilized a contact lens equipped with a limbal curvature intermediate between the back corneal and haptic zones,

donated the contact lenses used for his experiments that had dimensions corresponding with those described in his "Inaugural Dissertation" to the *Deutsches Museum* in Munich.

**It is incorrect** to attribute to *Müller*:

the use of the term "corneal lenses" (since the term "corneal lens" is currently defined as a contact lens designed to be worn in its entirety on the cornea),

any knowledge of the research of either *Fick* or *Kalt*.

## 3.3 - Did Müller Plagiarize Fick?

It has been suggested that there could have been a possible exchange of information between *Fick* and *Müller*. Such an exchange seems extremely unlikely or even impossible at the time of their publications. *Müller* states, at the end of his dissertation, that he had had no knowledge of *Fick's* publication until after his experiments and does so only in a bibliographical summary: "*When this work was completed, a publication of A.E. Fick concerning a 'Contactbrille' became known to me through a reference in Zehender's Monatsblaetter. The 'Contactbrille' is essentially the same entity as the 'Hornhautlinse'. Fick indicates, however, that his glasses are suitable only for correction of irregular astigmatism. It is remarkable that he, to judge from the*

*indications of the reference, did not observe the difficulties described above.” (51)*

This citation and the technical details described in the course of his dissertation prove the authenticity of *Müller*'s statements. We should not forget that *Müller* was an ordinary medical student, engaged in the preparation of his doctoral thesis, who was probably out of touch with either Paris or Zurich. He describes his self-observations of a myopic person experimenting with improved spectacle glasses and with optical lenses brought up close to the eyeball. The difference between *Fick*'s initiatives to use painted glass-blown contact shells without any optical effect and those of *Müller*, who used ground contact lenses with an optical effect, demonstrates almost certainly the absence of any exchange between the two inventors at the time of their clinical experiments. *Fick* confirmed elsewhere on several occasions that there had been no exchange between himself and *Müller*; thus in 1892, on the occasion of his controversy with *Sulzer*, he wrote: “*Then, in the year 1889, a dissertation by August Müller came to my notice, concerning ‘Hornhautlinsen,’ or, as I called them, ‘Contactbrillen,’ that Mr. Otto Himmler had ground in Berlin.*” (52)

In 1930, when he laid claim to the priority of the invention of contact lenses against *Heine*, *Fick* insisted again on the lack of connection between him and *Müller*: “*Then a doctoral dissertation from August Müller-Gladbach concerning ‘Hornhautlinsen’ came to my aid. Dr. Müller’s idea of the ‘Haftglas’ (‘adhesion glass’) was manifestly quite unconnected with mine and he had found in Otto Himmler a cooperative and willing optician.*” (53)

Any allegations claiming that the medical student *Müller* was inspired by *Leonardo da Vinci* or by *Herschel* are totally improbable and quite ridiculous in the context of his reasoning.



## 4 – A Short History of the Citations, Omissions and Misinterpretations

The work of *Müller* is appreciated by historians to a variable degree. The strangest and most improbable errors have accumulated around his name. The commonest consist of confusion of the name with one of the members of the Wiesbaden glass-blower family *Müller*, who specialized in ocular prosthesis. (54) Others include misspelling or distorting his family name or attributing a secondary role to him. *Müller* is frequently ignored or cited in a laconic fashion, briefly and succinctly. (55) Rare are the citations that are true copies, with appropriate precision and detail. One must pay homage to those rare authors, such as Levine, who refer to the original texts (56) and who emphasize the risk of confusion (57): “*At about the same time, another, unrelated Müller, August Müller of Gladbach, then studying medicine at the University of Kiel, treated the subject as a dissertation topic.*” (58)

<b><i>In the late 19th century:</i></b>	
1887-1888 ( )	<i>August Müller experiments with "Hornhautlinsen"</i> <i>Otto Himler grinds August Müller's contact lenses</i> <i>February 28, 1889 August Müller presents his doctoral dissertation</i> <i>(Inaugural-Dissertation) in Kiel</i>
1892	<i>Fick recognizes Müller's distinction of using ground contact lenses (Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 30, 1892, 306-310)</i>
<b><i>In the 20th century:</i></b>	
1920	<i>Citation of August Müller in the doctoral dissertation of Friedrich E. Müller (Inaugural-Dissertation) in Marburg</i>
1930	<i>Fick remembers Müller's distinction of using ground lenses (Münchener Medizinische Wochenschrift, 12, 1930, 495)</i>
June 13, 1930	<i>Löhlein summarizes Müller's work (Bericht der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, 1930, 189-201)</i>
April 18, 1932	<i>Müller's first letter to Deutsches Museum in Munich</i>
April 27, 1932	<i>Müller's second letter to Deutsches Museum in Munich</i>
May 31, 1932	<i>Receipt of Müller's "Hornhautlinsen" by the Deutsches Museum, Munich</i>
June 8, 1932	<i>Registration of Müller's "Hornhautlinsen" in the Deutsches Museum, Munich</i>
1932	<i>In his history of contact lenses, Much recognizes August Müller's priority (Archiv für Augenheilkunde, 105, 1932, 390-414)</i>

Table 12 - 4

*Chronology of August Müller's presentation and of the related citations.*

### The First Citations

There are no citations of *August Müller's* published work between *Fick's* citation in 1889 and the year 1920. (59) *Friedrich E. Müller* of Wiesbaden was the first, at this point in time, to make reference to his namesake. By the same token, his is an ambiguous appreciation that, in the first place, he does not spell out the absence of family links and, in the second place, does not make it clear that a scleral contact lens was involved:

*“At the same time as Fick and without any knowledge of the latter's work, August Müller made a 'Hornhautlinse' in order to correct his own severe myopia of -14.00 D. This 'Hornhautlinse' was manufactured in a similar manner to and ground like Sulzer's contact glasses, except that the surfaces of the glass corneal zone were not parallel; the back surface had a radius of 8 mm, the front surface of 10 mm. This enabled Müller to correct his own myopia to within - 0.50 D. of emmetropia.”* (60)

In 1929, *Heine*, Professor of Ophthalmology at the *University of Kiel*, at which university *Müller* had defended his dissertation, failed to cite the work of the latter on the occasion when he presented at the *International Congress of Ophthalmology in Amsterdam* the new contact lenses ground by *Zeiss*. (61)

In 1930, *Fick* questioned *Heine*'s right to his claims on his behalf in regard to the priority of invention of the contact lens by reminding him of *Müller*'s work. During the same year, attention was drawn once again to *August Müller* by *Löhlein* at the time of the discussion of a communication regarding the new *Zeiss* contact lenses. *Löhlein* summarizes *Müller*'s dissertation and notes its interest: "I am of the opinion [...] that this [*Müller*'s] excellent work, which developed a completely original idea and followed it through in such a goal-oriented manner, will be torn away from its forgotten existence as soon as the practical application of his concept has been established anew by discussion." (62) This communication had the beneficial effect of reminding *Heine* that the library of the Ophthalmological Clinic of which he was chief was in possession of *Müller*'s dissertation. As it turned out, *Heine* ordered his assistant *Much* to write the first history of contact lenses. (63)

### **Confusion with the Ocularists of Wiesbaden**

The confusion and amalgamation of *August Müller* with the ocularists *Müller-Brothers*, "The Sons of F.Ad. Müller" (*F.Ad Müller's Söhne*) of Wiesbaden, who had the same name, is a recurring theme. For example, in a history of the *Müllers* of Wiesbaden, an author wrote in 1965: "*Müller's* [without first name or locality indicated] experiences with contact lenses were somewhat the same as those of *Fick*, but *Müller's* line of thought was that the disturbances were caused by the narrow scleral flange pressing on the 'pericorneal surfaces.'" (64)

This assertion was often repeated and with the same ambiguity. The evident confusion is also often revealed when, in the course of describing the activity of the *Müller-Brothers* of Wiesbaden, it is stated that one of the latter had corrected his own myopia: "*Müller* [no first name or locality indicated] is stated to have corrected his own myopia, which was – 14 D (spectacle refraction) with a type of corneal glass contact lens in the 1890s." (65) In contrast, *August Müller* is credited with the use of a protective prosthesis for lagophthalmos made by the ocularists of this time: "*Müller (Germany)* used a curved glass cornea in a case of lagophthalmos" (66).

### **The Corneal Lenses Attributed to Müller**

Certain authors make reference to *Müller*'s dissertation in order to attribute to him the use of corneal lenses. In the context of the citation and in the absence of other information on *Müller*, the author leads us to believe that the term "Hornhautlinse" really designated corneal diameter lenses: "*The first use of the term corneal lens appears in the year 1889. In his doctoral dissertation, written in that year, August Müller employs the word 'Hornhautlinsen' (corneal lenses).'*" (67)

### **The Sobriquet "Müller-Gladbach"**

In 1930, *Fick* added *Müller*'s family name to that of his place of birth, the town of *Gladbach*, in order to differentiate thus "Müller-Gladbach" from the ocularists *Müller-Brothers* of Wiesbaden (68). In the historical section of the report on contact lenses in 1937, *Haas* also used the sobriquet "Müller-Gladbach" (69). This was repeated by *Mann* (70) and appeared in numerous publications as a result.

**Errors of Date**

The date of 1889, when *Müller* presented his “Inaugural Dissertation”, is sometimes cited incorrectly: “*In 1889 August Müller, a medical student at the University of Kiel, began his work with contact lenses, which resulted in a doctoral thesis dated 1899.*” (71)

## Notes

- 1 It was possible at that time in history to practice medicine in Germany as "Arzt" (medical practitioner) after passing a "Medical State Examination" (medizinische Staatsexamen) and then to be approved for practice. The doctorate in Medicine (Doctorwürde, title of M.D.) demanded the presentation of four "theses" and the defense of an "Inaugural Dissertation".
- 2 The term "Hornhautlinse" (cornea-lens) has not been interpreted as a "corneal contact lens". According to current terminology, it is a "scleral contact lens". (ISO 8320: *Contact lens: a generic term including any lens designed to be worn on the front surface of the eyeball. - A corneal contact lens is worn in its entirety on the cornea. - A scleral contact lens is worn on the cornea and the sclera - A contact shell: appliance similar in form to a contact lens but not designed to correct vision*). (See Appendix 10-1).
- 3 Fick 1892/b p. 307 & 1930, p. 495, see chapter X: *Adolf Eugen Fick's "Contactbrille"*, & chapter XIII: *The Decades after the Inventions*.
- 4 In 1930, *Löhlein* (of Jena, Germany) contributed, as part of the discussion of a presentation by *Hartinger*, at the 48th Congress of the German Society of Ophthalmology (Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft) in Heidelberg.
- 5 The cover of the brochure is pale turquoise in color. The actual size is 13.8 x 21.8 cm. Page 31 is the biography of the author (Lebenslauf).
- 6 Müller 1889, p. 5.
- 7 Müller failed to popularize the "periscopic glasses" that he invented; he comments sadly on that subject when, forty years later, *Zeiss* manufactures similar spectacle glasses under the trade name of "Punktal" (Müller, letter of April 27, 1932. Archives of the *Deutsches Museum*, Munich – see appendix 12-2).
- 8 Müller 1889, p. 19.
- 9 Müller 1889, p. 20.
- 10 Müller 1889, p. 21.
- 11 This lens certainly ruled out apical corneal touch, but there must have been limbal touch.
- 12 Müller 1889, p. 22.
- 13 Müller 1889, p. 23.
- 14 Müller 1889, p. 24.
- 15 Given in part one of Müller's dissertation, this equation is the formula for the power of a lens given its refractive index and front and back radius.
- 16 Müller 1899, p. 25.
- 17 Müller is referring to a summary of Fick's article in the *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, (Fick 1888/c, 26, 171-172) and not to the original article in the *Archiv für Augenheilkunde* (Fick 1888/a, 18, 279-289) that he quotes in the bibliography.
- 18 Müller 1889, p. 26.
- 19 The reference cites Fick's original article in the *Archiv für Augenheilkunde*.
- 20 "Es ist ein dringendes Bedürfnis, dass das Apothekerwesen vertaatlicht wird."
- 21 See the transcription in Appendix 12-2.
- 22 Müller, letter of April 18, 1932. (Archives of the *Deutsches Museum*, Munich).
- 23 Müller, letter of April 18, 1932. (Archives of the *Deutsches Museum*, Munich).
- 24 "Haftglas" (adhesion glass) is the trademark of the *Zeiss* ground contact lenses.
- 25 Müller, letter of April 18, 1932. (Archives of the *Deutsches Museum*, Munich.)
- 26 Transition: "Junction modified to smooth the change between adjacent curvatures" (ISO3521: Part 3: 2.1.4).
- 27 Topical anesthesia was introduced in ophthalmology in 1884 by *Carl Koller* of Vienna.
- 28 "Ein Glas das länger als eine halbe Stunde getragen wird, habe ich jedoch nicht erhalten." (Müller 1889, p. 21)
- 29 "Dicke und grosse Linsen werden schlechter getragen als kleine und dünne. Die Form des Randes ist ferner sehr wesentlich: bei einem Glase mit abgerundetem Rand sind die Erscheinungen bedeutend weniger heftig als bei demselben Glase mit scharfem Rand." (Müller 1889, p. 21)
- 30 "Die heftigsten Reizerscheinungen machte eine Linse, die in der für die Hornhaut bestimmten Höhlung einen Radius von 7,0 mm, bis zu 11 mm Öffnung eingeschliffen hatte, bei der also eine Berührung der Cornea ausgeschlossen war." (Müller 1889, p. 21-22)
- 31 "Da bei den in Rede stehenden Versuchslinsen eine Berührung der Hornhaut ausgeschlossen war, so trifft dieser Druck allein die um den Rand der Cornea sich ansetzende Gewebsschichte. Da aber in dieser die ernährenden Gefässe für die Hornhaut verlaufen, so werden diese zugedrückt. Es leuchtet also ein dass in der Cornea sehr bald eine Ernährungsstörung eintreten muss." (Müller 1889, p. 23-24)
- 32 In 1935, some forty-five years later, Prof. *C.H. Sattler* of the University Eye Clinic of *Koenigsberg* (Germany) rediscovered the same signs and symptoms of a veil characterized by clouding of vision and seeing colored haloes around lights in patients wearing contact lenses. These symptoms later became widely known as "*Sattler's Veil*".
- 33 Müller 1889, p. 22.
- 34 "Die äusserlich sichtbaren Veränderungen des Auges während der Versuche sind [...] folgende: Starke Injection der Conjunctiva, verstärkte Thränensecretion, starke Injection der episcleralen Gefässe und des Limbus.[...] Die Hornhaut war getrübt und bei focaler Beleuchtung zeigten sich Substanzverlusten ähnlich sehende Rauigkeiten." (Müller 1889, p. 22).
- 35 "diese Linse, wenn sie auf den Augapfel gebracht wird, dort fest haften, [...] denn sie wird durch die Capillarattraction, die durch Ansammlung von Thränenflüssigkeit zwischen dieser Linse und dem Auge entsteht, festgehalten." (Müller 1889, p. 19).
- 36 "Um den Zwischenraum zwischen dem Glase und der Hornhaut anzufüllen muss eine gewisse Menge Thränenflüssigkeit jedesmal einfließen. Offenbar bildet sich zwischen dem oberen Rand dieser abgerundeten Gläser und den beiden Blättern der Conjunctiva gleichsam ein Reservoir von Flüssigkeit, aus dem der Verlust, der durch den Abfluss am unteren Rande entsteht, jederzeit ersetzt werden kann." (Müller 1889, p. 24).
- 37 "Den kleinen Uebelstand, dass eine zwischen meiner Linse und der Hornhaut befindliche Luftblase das Sehen behinderte, lernte ich bald durch Einsetzen der Linse unter Wasser vermeiden." (Müller 1889, p. 20).
- 38 "Soviel geht aus den obigen Ausführungen hervor, dass falls eine solche Linse vom Auge überhaupt auf die Dauer ertragen werden soll, die Haftfläch deselben eine möglichst genaue Wiedergabe der Gestalt des Auges sein muss; dieselbe muss zugleich so lose aufliegen, dass die Circulation der Thränenflüssigkeit dadurch nicht behindert wird." (Müller 1889, p. 24).
- 39 „Wenn ich der vorderen Fläche dieser Linse dann eine entsprechende Krümmung gebe, so ist klar, dass ich auch auf diese Weise eine Refraktionsanomalie corrigieren kann.“ (Müller 1889, p. 19).
- 40 A difference of 0.10 mm between back optic zone radius of the contact lens and the anterior corneal radius introduces a liquid lens power of approximately +/- 0.5 D.
- 41 "Wenn die hintere Fläche der Linse genau ebenso gekrümmt ist, wie die vordere Fläche der Hornhaut, so wird sie in der That die Strahlen so brechen, wie es die Gleichung ,24' angiebt. Hat dagegen die hintere Fläche der Linse eine etwas andere Krümmung als die Cornea, so gebe ich durch das Einlegen des Glases dem Auge eine neue Cornea, denn der Brechungsindex der zwischen Linse und Auge befindlichen Flüssigkeit ist ja gleich dem der Hornhaut. Je nachdem der Radius der hinteren Fläche der Hornhautlinse grösser oder kleiner ist als der der Cornea, verringert oder erhöht das Glas die Refraction des Auges ; im ersten Falle wird das Auge weitsichtiger, im zweiten Falle kurzsichtiger, als es in Wirklichkeit ist. Dadurch wird bei der ersten Annahme die Wirkung der Linse gesteigert, während sie bei der letzten Annahme geringer ist, als sie gemäss Gleichung ,24' sein sollte." (Müller 1889, p. 25).

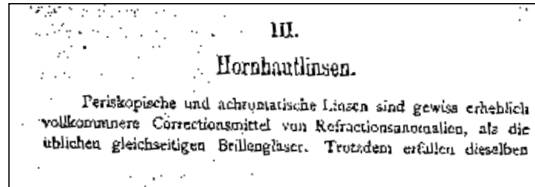
- 42 "Einem solchen Correctionsmittel würde [...] nicht nur jede sphärische und chromatische Aberration fehlen - die Randstrahlen werden ja durch die Iris abgeblendet -; es würde auch nicht die mit einer Brille unvermeidlich verknüpfte Beschränkung des Gesichtsfeldes, noch die Verschiebung der Randbilder zeigen. Für Kurzsichtige würde eine solche Linse noch den Vorzug haben, dass sie grössere Netzhautbilder entwirft als eine gleichwertige Brille, also die Sehschärfe erhöht." (Müller 1889, p. 19).
- 43 "Auch für die Correction des regelmässigen Astigmatismus würden solche Linsen sehr geeignet sein, denn dieselben würden die unregelmässig gekrümmte Hornhaut aus dem optischen System ausschalten und eine regelmässig brechende Kugelfläche an deren Stelle setzen." (Müller 1889, p. 19).
- 44 This paragraph is written in accordance with a personal communication from Richard Pearson, who appends the following comments: "The current aim when fitting scleral lenses is to achieve minimum apical clearance with adequate limbal clearance and this may necessitate the back optic zone radius being up to 0.75 mm flatter than the corneal radius. Such a difference in these curvatures would permit the formation of a liquid lens with a power of about -3.75 D."
- 45 Notably, the gynecologist and historian Sillo-Seidl (1978, 1980). He inspired a newspaper article (DPA -German Press Agency, July 1980) that erroneously announced that Müller had his contact lenses manufactured by Zeiss in Jena, a company he had visited on several occasions. Consequently, Sillo-Seidel wrote that Müller had adopted the idea of contact lenses while observing in Jena the manufacturing of contact lenses on behalf of Fick. This gave rise to several retractions by the German Press (*Frankfurter Allgemeine Zeitung* July 8, 1980, and July 22, 1980) and to a copious exchange of letters preserved in the municipal archives of Mönchengladbach.
- 46 "Wenn man der einen Seite einer Linse dieselbe Form giebt, die die Vorderfläche des Augapfels hat, so muss diese Linse, wenn sie auf den Augapfel gebracht wird, dort fest haften, denn sie wird einmal durch Adhäsion, vor allem aber durch die Capillarattraction, die durch Ansammlung von Thränenflüssigkeit zwischen dieser Linse und dem Auge entsteht, festgehalten. Wenn ich der vorderen Fläche dieser Linse dann eine entsprechende Krümmung gebe, so ist klar, dass ich auch auf diese Weise eine Refraktionsanomalie corrigieren kann." (Müller 1889, p. 19).
- 47 Müller and Himmler achieved what Prof. Abbe of the Zeiss firm, notwithstanding his company being a reference source for optics and glass manufacture at the time, did not think practicable. Unlike Müller, his contemporaries Fick and Kalt did not consider correcting refractive errors by grinding corrective power onto the front surface of the lens but rather by means of the tear lens situated between the cornea and contact lens.
- 48 With a back optic zone radius of 7.06 mm and a back optic zone diameter of 8.00, the back scleral radius extended over the cornea. This is one of the reasons that the "right side lens" was the least comfortable. To achieve an effective limbal clearance, the back optic zone diameter should have been 11.00 mm.
- 49 Fick had fitted blown contact shells for keratoconus and irregular astigmatism, Kalt for keratoconus.
- 50 In fact, Müller is the inventor of the contact lens, because Fick and Kalt used blown contact shells.
- 51 „Als diese Arbeit fertig war, wurde mir ein Aufsatz von A.E. Fick über eine 'Contactbrille' durch ein Referat in Zehender's Monatsblätter bekannt. Die Contactbrille ist dem Wesen nach dasselbe, was die Hornhautlinsen sind. Fick will jedoch seine Gläser nur zur Correction des unregelmässigen Astigmatismus anwenden. Auffallend ist, dass er, nach den Angaben des Referats zu urteilen, von den oben beschriebenen Schwierigkeiten nichts gesehen hat.“ (Müller 1889 p. 25).
- 52 "Da kam mir im Jahre 1889 eine Dissertation von August Müller zu Gesicht, in der von 'Hornhautlinsen', oder wie ich solche Gläser genannt, von Contactbrillen die Rede ist, die Herr Otto Himmler in Berlin geschliffen hatte." (Fick 1892/b, p. 307). See chapter X: Adolf Eugen Fick's "Contactbrille" and chapter XIII: *The Decades after the Invention*.
- 53 „Da kam mir eine Doktordissertation zu Hilfe, von August Müller-Gladbach, über „Hornhautlinsen“. Dr. Müller war offenbar unabhängig von mir, auf den Gedanken des Haftglases verfallen und hatte in Otto Himmler in Berlin einen willigen Optiker gefunden.“ (Fick 1930, p. 495).
- 54 For the history of the three generations of the family Müller glass-blowers and artificial eye makers in Wiesbaden, see the biographical section.
- 55 Particularly the examples of Endore (1948), Samland (1966), Hales (1978), Albert et al. (1996).
- 56 Amongst others, Sabell (1972), Pearson (1978), Levene (1977), Baron (1981), Györfy (1987).
- 57 The publications of my investigations at the *Deutsche Museum* in Munich (Heitz 1981, 1984), inspired several serious and confirmatory studies, especially that of Pearson & Efron 1989 and Brachner 1988.
- 58 Levene 1977, p. 310.
- 59 See chapter XIII: *The Decades after the Invention*.
- 60 „Zur derselben Zeit wie Fick konstruierte August Müller ohne Kenntnis der Fickschen Arbeit eine Hornhautlinse um mit derselben seine eigene hochgradige Myopie von 14,0 D zu korrigieren. Diese Hornhautlinse war ähnlich angefertigt und geschliffen wie Sulzers Kontaktgläser, nur waren die Grenzflächen der Glaskornea nicht parallel; die hintere Fläche hatte einen Radius von 8 mm, die vordere einen von 10 mm. Es gelang Müller auf diese Weise seine eigene Myopie bis auf 0,5 D auszugleichen.“ (Müller 1920, p. 7).
- 61 Heine 1930, p. 232.
- 62 „Ich glaube [...], daß diese gute Arbeit, die eine völlig eigene Idee entwickelte und ihre Verwirklichung so zielbewußt verfolgte, der Vergessenheit entrissen wird, nachdem die praktischen Verwertbarkeit seines Gedanken erneut zur Diskussion gestellt worden ist.“ Löhlein in discussing Hartinger 1930/d, p. 197-198 at the 48th meeting 1930 of the German Society of Ophthalmology (*Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*).
- 63 Much, 1932.
- 64 "In dieser Zeit, [...], beschäftigte sich mit dem gleichen Problem [...] August Müller in Wiesbaden." (At the same time, [...] August Müller was busy with the same problem in Wiesbaden). (Nissel, 1965, also, Sillo-Seidl 1978, p. 89)
- 65 Ruben 1975, p. 3 & 1978, p. 2, quotes Roth's text almost word for word, (1978, p. 29-30).
- 66 Rubin & Hope 1996, p. 103.
- 67 Graham 1959, p. 63. This publication is the transcription of a legal defense, published at the time of a legal suit brought against Graham for violation of patents on corneal contact lenses, in which he intended to prove that corneal lenses were invented a very considerable time before. This erroneous story is often repeated.
- 68 Fick, 1930, in the open letter to the *Münchener Medizinische Wochenschrift*.
- 69 Haas, 1937, Report to the *Paris Society of Ophthalmology (Société d'Ophthalmologie de Paris)*
- 70 Mann 1938.
- 71 Mandell 1988, p. 10. It could be a typographical error in view that the bibliographical reference carried the precise date of 1889.

## Appendix 12 - 1

*Transcription of*  
**August Müller "Inaugural-Dissertation"** (Kiel, February 28, 1889)  
**Chapter III – "Hornhautlinsen"** (p.18-26)

### III. Hornhautlinsen.

Periskopische und achromatische Linsen sind gewiss erheblich vollkommnere Correctionsmittel von Refraktionsanomalien, als die üblichen gleichseitigen Brillengläser. Trotzdem erfüllen dieselben bei weitem nicht alle Wünsche derer, die zum Brillentragen verurteilt sind. Bei weitem die meisten derselben schätzen im Gegenteil die optischen Fehler ihrer Brille gering gegen die vielen ihr anhängenden Unbequemlichkeiten und Nachteile, von denen ein Normalsehender keine Vorstellung hat. Giebt es nun nicht vielleicht ein Mittel, Refraktionsanomalien zu corrigiren, das diese Schäden vermeidet?



Wenn man der einen Seite einer Linse dieselbe Form giebt, die die Vorderfläche des Augapfels hat, so muss diese Linse, wenn sie auf den Augapfel gebracht wird, dort fest haften, denn sie wird einmal durch Adhäsion, vor allem aber durch die Capillarattraction, die durch Ansammlung von Thränenflüssigkeit zwischen dieser Linse und dem Auge entsteht, festgehalten. Wenn ich der vorderen Fläche dieser Linse dann eine entsprechende Krümmung gebe, so ist klar, dass ich auch auf diese Weise eine Refraktionsanomalie corrigiren kann. Ein solches Correctionsmittel würde offenbar unseren Wunsch erfüllen, denn von allen den Eigenschaften, welche uns die Brille so lästig machen, ist dasselbe vollständig frei. Es würde aber auch optisch viel vollkommener sein, als die beste Brille, denn demselben wurde nicht nur jede sphärische und chromatische Aberration fehlen - die Randstrahlen werden ja durch die Iris abgeblendet -; es würde auch nicht die mit einer Brille unvermeidlich verknüpfte Beschränkung des Gesichtsfeldes, noch die Verschiebung der Randbilder zeigen. Für Kurzsichtige würde eine solche Linse noch den Vorzug haben, dass sie grössere Netzhautbilder entwirft als eine gleichwertige Brille, also die Sehschärfe erhöht. Auch für die Correction des regelmässigen Astigmatismus würden solche Linsen sehr geeignet sein, denn dieselben würden die unregelmässig gekrümmte Hornhaut aus dem optischen System ausschalten und eine regelmässig brechende Kugelfläche an deren Stelle setzen. Mit einem Worte, wir könnten auf diese Weise dem abnormen Auge eine neue Hornhaut geben von derartiger Brechkraft, dass nun die Bilder an der richtigen Stelle entworfen werden.

Dass eine derart dem Auge aufliegende Glaslinse irgend welchen Schaden anrichten sollte, ist von vornherein wenig wahrscheinlich. Wenn ein künstliches Auge ohne irgendwelche Reizerscheinungen unter den Lidern getragen werden kann, so werden wir das von unserer Linse mit noch viel grösserem Rechte erwarten können. Da dieselbe überall glatt abgeschliffen ist, so kann sie die Nervenendigungen schwerlich reizen, wird also die Empfindung eines Fremdkörpers kaum machen können. Auch bei irgendwelchen Läsionen der Gegend des Auges würde eine solche Linse weniger Gefahren bieten, als eine Brille; einmal weil dieselbe eine viel geschütztere Lage einnimmt als die letztere, dann aber wird sie auch einer auf sie treffenden Gewalt mehr Widerstand leisten, weil der letzteren von innen her ein der Grösse ihrer Kraft entsprechender Gegendruck entgegenwirkt. Falls man fürchtet, dass eine solche Linse infolge von Spannungen innerhalb des Glases ohne äusseren Anlass von selbst zerspringen könnte, was übrigens bei gutem Glase und sorgfältiger Schleifung ausgeschlossen, so steht Bergkrystall zur Verfügung als ein Material, das über diesen Verdacht erhaben ist.

Wie man sieht, lassen sich Gründe gegen die Vorzüglichkeit der « Hornhautlinsen » durch die blosser Ueberlegung nicht auffinden. Ich beschloss deshalb, durch den Versuch festzustellen, wieviel von meinen Hoffnungen sich verwirklichen würde.

Da ich anfangs keinen Weg sah, wie ich eine der Vorderfläche des Auges entsprechende Schleifschale herstellen könnte, liess ich mir von dem Optiker Himmler in Berlin eine Linse schleifen, hinten mit einer grösseren Krümmung von 12 mm Radius für die Conjunctiva und einer kleineren von 8 mm Radius für die Cornea; die vordere Fläche wurde mit einem Radius von 10 mm abgeschliffen. Die ganze Linse hatte 20 mm Durchmesser. Nach Anästhesirung mittelst Cocainlösung setzte ich die Linse ins Auge. Der Erfolg war ganz nach Erwarten. Meine Myopie von - 14,0 war bis auf eine halbe Dioptrie korrigirt, dabei erschienen aber die Gegenstände grösser als durch die Brille. Ich behielt die Linse nur kurze Zeit im Auge und bemerkte während dieser Zeit keine unangenehmen Empfindungen. Den kleinen Uebelstand, dass eine zwischen meiner Linse und der Hornhaut befindliche Luftblase das Sehen behinderte, lernte ich bald durch Einsetzen der Linse unter Wasser vermeiden. Bei meinen späteren Versuchen setzte ich die Linsen immer ohne Cocain ein. Abgesehen von dem geringen Schmerz, den ungeschickte Ausführung hierbei verursacht, wird die Anwesenheit des Glases nicht mehr empfunden, sobald es unter die Lider geschlüpft ist.

Da es indessen offenbar viel vortheilhafter ist, wenn die hintere Fläche der Linse der Gestalt des Augapfels vollständig entspricht, so versuchte ich einen Gipsabguss vom Auge eines lebenden Menschen zu gewinnen; nach diesem Gipsabguss sollte ein galvanoplastischer Abdruck gemacht werden, der als Schleifschale dienen sollte. Zwei Versuche in dieser Richtung scheiterten an Nebenumständen; dieselben zeigten indessen, dass

sich ein solcher Gipsabdruck ohne erhebliche Schwierigkeiten nehmen lässt und dass die Gipsmasse dem Auge keinen Schaden bringt, wenn man nur wartet, bis dieselbe vollständig trocken ist und dafür sorgt, dass bei der Abnahme keine Gipsteilchen im Auge bleiben. Für die Reproduction auf galvanoplastischem Wege wäre ein Abguss aus mit Graphit gemischtem Wachs günstiger als ein Gipsabguss.

Nachdem diese Versuche misslungen waren, nahm ich Abgüsse von einem künstlichen Auge und schickte dieselben dem Optiker ein. Da die künstlichen Augen nach Augenmaass gemacht werden, so ist dieses Verfahren sehr ungenau. Der Optiker bestimmte indessen die Radien der Abgüsse auf 7,5 und 14 mm, Maasse, die mit denjenigen der vorderen Augenfläche sehr nahe übereinstimmen; allerdings waren die Flächen nicht genau kugelförmig. Es gelang aber, mit dem nach den Abgüssen angefertigten galvanoplastischen Abdruck die hintere Fläche der Linsen zu schleifen.

Die Versuche, die ich mit denselben anstellte, ergaben folgendes. Sind die Linsen eingelegt, so habe ich ganz schwach die Empfindung, dass sich etwas auf dem Auge befindet; jedoch ist diese Empfindung in keiner Weise unangenehm. Allmählich, etwa eine Viertelstunde nach dem Einlegen, stellt sich ein Gefühl von Druck und Brennen ein, das jedoch nicht bestimmt localisirt ist. Nach einer weiteren Viertelstunde ist diese Empfindung so quälend geworden, dass ich die Linsen wegnehmen muss. Mit der Entfernung derselben hören diese heftigen Erscheinungen sofort auf, und kurze Zeit nachher kann ich mit dem Auge wieder arbeiten.

Anfangs glaubte ich, diese Reihe von Erscheinungen sei dadurch veranlasst, dass die Linse eine zu schwache Krümmung und deshalb auf die Mitte der Cornea einen Druck ausübe. Ich liess deshalb kleinere Radien einschleifen, auch sonst die Linsen in der verschiedensten Weise umformen. Ein Glas, das länger als eine halbe Stunde getragen wird, habe ich auf diese Weise jedoch nicht erhalten; die Linsen werden aber je nach ihrer Form verschieden gut getragen. Dicke und grosse Linsen werden schlechter getragen als kleine und dünne. Die Form des Randes ist ferner sehr wesentlich: bei einem Glase mit abgerundetem Rand sind die Erscheinungen bedeutend weniger heftig als bei demselben Glase mit scharfem Rand. Die heftigsten Reizerscheinungen machte eine Linse, die in der für die Hornhaut bestimmten Höhlung einen Radius von 7,0 mm, bis zu 11 mm Oeffnung eingeschliffen hatte, bei der also eine Berührung der Cornea ausgeschlossen war.

Die optischen Erscheinungen sind bei verschiedenen Linsen verschieden. Bei allen erscheinen die Gegenstände grösser, dagegen tritt keine bemerkbare Erhöhung der Sehschärfe ein. Die Bilder sind natürlich weder verzerrt noch farbig umsäumt; auch behindern die Linsen in keiner Weise die freie Bewegung des Auges. Bei Gläsern, die in der für die Hornhaut bestimmten Krümmung einen kleineren Radius haben als 7,5 mm, tritt ein seltsames Phänomen auf. Es stellt sich nämlich eine ganz allmählich immer mehr zunehmende Verschleierung des Gesichtsfeldes ein, die Gegenstände erscheinen wie in Nebel gehüllt. Bei der oben an letzter Stelle erwähnten Linse war diese Verschleierung am Ende des Versuchs so stark, dass infolge davon die Sehschärfe erheblich herabgesetzt war. Hat der Nebel eine gewisse Intensität erreicht, so wird um Lichtpunkte und Flammen in geringer Entfernung von denselben ein Regenbogen sichtbar, dessen blauer Teil dem Lichte zunächst erscheint. Derselbe nimmt ebenso allmählich wie die Verschleierung des Gesichtsfeldes an Deutlichkeit zu. Diese Erscheinungen verschwinden nicht sofort nach Herausnahme der Linsen, sondern sie nehmen ebenso allmählich, wie sie gekommen sind an Intensität ab und sind eine halbe Stunde nach Herausnahme der Linse nicht mehr bemerkbar.

Die äusserlich sichtbaren Veränderungen des Auges während der Versuche sind nach den Angaben des Herrn Professor Völckers, der so freundlich war, mich daraufhin zu untersuchen, folgende: Starke Injection der Conjunctiva, verstärkte Thränensecretion; starke Injection der episcleralen Gefässe und des Limbus. Der Augenhintergrund ist normal, auch bei Druck auf das Auge zeigt sich kein Arterienpuls, ebensowenig ist der Tonus des Augapfels vermehrt. Bei der oben schon angeführten Linse mit der auf 11 mm Oeffnung eingeschliffenen Hornhautkrümmung von 7 mm Radius zeigte sich eine merkwürdige Erscheinung die bei allen anderen Versuchen fehlte. Die Hornhaut war getrübt und bei focaler Beleuchtung zeigten sich Substanzverlusten ähnlich sehende Rauigkeiten. Eine halbe Stunde nach Herausnahme der Linse, waren jedoch sowohl die anscheinenden Substanzverluste bis auf eine geringe Spur verschwunden, als auch das Gesichtsfeld, das bei diesem Versuch viel mehr als gewöhnlich verschleiert war, wieder vollständig klar.

Was nun die Ursache aller dieser Erscheinungen angeht, so ist klar, dass meine erste Meinung, dieselben seien durch den Druck des Glases auf die Kuppe der Hornhaut hervorgerufen, nicht zutrifft. Die Verschleierung des Gesichtsfeldes und das Auftreten von Regenbogen um beleuchtete Stellen liessen vermuten, es handle sich um ein akutes Glaucom; dem widerspricht aber der oben aufgeführte Befund, der nichts berichtet, was auf eine Drucksteigerung im Inneren des Augapfels bezogen werden könnte. Die Injection der episcleralen Gefässe und des Limbus deutet indessen darauf hin, dass nicht nur die Conjunctiva gereizt wird. Auf die wahre Ursache führt uns vielleicht die bei dem zuletzt angeführten Versuche eingetretene Affection der Hornhaut. Es lag hier offenbar eine Ernährungsstörung im Hornhautgewebe vor, so geringen Grades, dass sie sich in kurzer Zeit wiederherstellen konnte. Die damit einhergehende Trübung der Hornhaut bewirkte die Verschleierung des Gesichtsfeldes und die Entstehung der Regenbogen. Da dieses letztere in geringem Grade bei allen Versuchen eintrat, die mit Linsen von starker Krümmung der Hornhautaushöhlung vorgenommen wurden, so ist wahrscheinlich auch in diesen Fällen eine Trübung der Hornhaut eingetreten, jedoch so schwach, dass sie makroskopisch nicht sichtbar war. Es fragt sich nur, wodurch die Ernährungsstörung in der Hornhaut bedingt war. Wenn man sich des Verhalten der Flüssigkeitsschicht zwischen der Linse und der Hornhaut überlegt, so ist klar, dass das Wasser, dem Gesetze der Schwere folgend, am unteren Rande des Glases allmählich absickert. Es fliesst aber am oberen Rande

wahrscheinlich nichts zu. Denn einmal war bei fast allen Versuchen der Rand der Linse scharf zugeschliffen; derselbe, presste sich also in die Conjunktiva hinein. Ausserdem übt auch noch das obere Augenlid einen Druck auf die Linse aus. Infolgedessen wird dieselbe während der Versuche immer stärker auf das Auge aufgedrückt. Da bei den in Rede stehenden Versuchslingen eine Berührung der Hornhaut ausgeschlossen war, so trifft dieser Druck allein die um den Rand der Cornea sich ansetzende Gewebsschichte. Da aber in dieser die ernährenden Gefässe für die Hornhaut verlaufen, so werden diese zgedrückt. Es leuchtet also ein dass in der Cornea sehr bald eine Ernährungsstörung eintreten muss. Für meine Ansicht, dass der mangelnde Zufluss der Thränenflüssigkeit die letzte Ursache aller beschriebenen Reizerscheinungen sei, sprechen zwei Versuche die mit Gläsern angestellt wurden, deren Rand rund abgeschliffen war. Die unangenehmen Empfindungen, die bei den anderen Versuchen so sehr hervortraten, waren in diesen Fällen kaum nennenswert; auch die objectiven Erscheinungen waren nur sehr wenig ausgeprägt. Ausserdem konnte man deutlich bemerken, wie bei jedem Lidschlag eine deutliche Verrückung des Glases eintrat. Hierbei muss, um den Zwischenraum zwischen letzterem und der Hornhaut anzufüllen eine gewisse Menge Thränenflüssigkeit jedesmal zufließen. Offenbar bildet sich zwischen dem oberen Rand dieser abgerundeten Gläser und den beiden Blättern der Conjunktiva gleichsam ein Reservoir von Flüssigkeit, aus dem der Verlust, der durch den Abfluss am unteren Rande entsteht, jederzeit ersetzt werden kann.

Ob die Hornhautlinsen jemals das leisten werden was ich anfänglich hoffte, nämlich dass sie die Brillen ersetzen würden, das ist sehr fraglich. Die Ergebnisse meiner Versuche sind jedenfalls einer allzu hoffnungsvollen Betrachtung der Sache durchaus ungünstig. Soviel geht aus den obigen Ausführungen hervor, dass, falls eine solche Linse vom Auge überhaupt auf die Dauer ertragen werden soll, die Haftfläche derselben eine möglichst genaue Wiedergabe der Gestalt des Auges sein muss; dieselbe muss zugleich so lose aufliegen, dass die Circulation der Thränenflüssigkeit dadurch nicht behindert wird.

Wenn ich noch kurz auf die Berechnung der Radien von Hornhautlinsen eingehen darf, so bietet diese eigentümliche Schwierigkeiten. Da die Linse mit ihrer hinteren Fläche an Thränenflüssigkeit grenzt, so ist die hintere Brennweite derselben grösser als die vordere für Luft bestimmte, ihre Brechkraft für Luft berechnet, sollte also grösser sein als die einer Brille, wenn sie eine ebenso grosse Wirkung entfalten soll, wie letztere. Die Grösse der Brennweiten einer Linse verhält sich in verschiedenen Medien wie die Brechungsindices der letzteren, also

$$\frac{f}{f_I} = \frac{n}{n_I} \quad \text{oder} \quad \frac{d}{d_I} = \frac{n_I}{n} \quad (22)$$

In unserem Falle also

$$\frac{d}{d_I} = 1,33 / 1 \quad (23)$$

Darnach lautet Gleichung (4) für Hornhautlinsen :

$$d = 1,33 (n - 1) (1/r_1 + 1/r_2) \quad (24)$$

Eine Myopie von  $-14,0$  verlangt also zu ihrer Correction eine Hornhautlinse von

$$d = -1,33 * 14 = -18,62$$

Die zur Wirkung kommende Brechkraft hängt indessen noch von einem anderen Umstand ab. Wenn die hintere Fläche der Linse genau ebenso gekrümmt ist, wie die vordere Fläche der Hornhaut, so wird sie in der That die Strahlen so brechen, wie es die Gleichung (24) angiebt. Hat dagegen die hintere Fläche der Linse eine etwas andere Krümmung als die Cornea, so gebe ich durch das Einlegen des Glases dem Auge eine neue Cornea, denn der Brechungsindex der zwischen Linse und Auge befindlichen Flüssigkeit ist ja gleich dem der Hornhaut. Je nachdem der Radius der hinteren Fläche der Hornhautlinse grösser oder kleiner ist als der der Cornea, verringert oder erhöht das Glas die Refraction des Auges; im ersten Falle wird das Auge weitsichtiger, im zweiten Falle kurzsichtiger, als es in Wirklichkeit ist. Dadurch wird bei der ersten Annahme die Wirkung der Linse gesteigert, während sie bei der letzten Annahme geringer ist, als sie gemäss Gleichung (24) sein sollte.

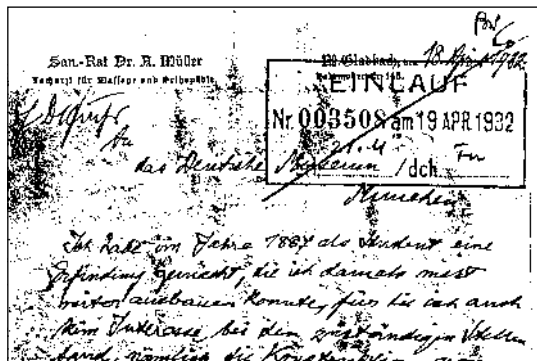
Als diese Arbeit fertig war, wurde mir ein Aufsatz von A.E.Fick über eine « Contactbrille » durch eine Referat in Zehender's Monatsblättern bekannt. Die Contactbrille ist dem Wesen nach dasselbe, was die Hornhautlinsen sind. Fick will jedoch seine Gläser nur zur Correction des unregelmässigen Astigmatismus anwenden. Auffallend ist, dass er, nach den Angaben des Referats zu urteilen, von den oben beschriebenen Schwierigkeiten nichts gesehen hat. Er versuchte seine Gläser zuerst bei Kaninchen und bemerkte erst nach 6-8 Stunden (!) Trübung des Wassers, das sich zwischen Glas und Auge befand, die Hornhaut war leicht getrübt, das Epithel derselben nicht ganz glatt und die Bindehaut mässig injicirt. Aber auch diese geringen Reizerscheinungen hat er dadurch vermieden, dass er anstatt Wasser 2% sterilisirte Traubenzuckerlösung zwischen Glas und Auge brachte. Bei den Versuchen, die er später bei mehreren Astigmatikern anstellte, hat Fick anscheinend ebenso wenig Reizerscheinungen gesehen. Ich bedaure sehr, die genannte Arbeit nicht früher im Original gekannt zu haben, da dieselbe mich aller Wahrscheinlichkeit nach bei meinen Versuchen wesentlich hätte unterstützen können.

Zum Schluss bleibt mir noch die angenehme Pflicht meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Völckers für die freundliche Hülfe, die er mir bei meinen Versuchen gewährte, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.



## Appendix 12 – 2

Transcription of

August Müller's letters to the Deutsches Museum in Munich  
A - August Müller's letter of April 18, 193218 April 1932  
An das Deutsche Museum  
München

Ich habe im Jahre 1887 als Student eine Erfindung gemacht, die ich damals nicht weiter ausbauen konnte, für die ich auch kein Interesse bei den zuständigen Stellen fand, nämlich die Konstruktion von Kontaktgläsern zum Ersatz der Brillen für Kurz- oder Weitsichtige, Astigmatische usw. Gleichzeitig mit mir hatte Prof. Fick, damals Zürich jetzt Herrsching die gleiche Idee verwirklicht für abnorme Krümmungen der Hornhaut. Während er die Gläser blasen liess, war ich, wie mir Prof. Siegrist-Bern kürzlich schrieb, der erste, der die Gläser schleifen liess und zum Ausgleich von Refraktionsanomalien verwandte.

Diese Idee hat nun seit einigen Jahren erst durch die Veröffentlichungen von Prof. Heine - Kiel ausgedehntere praktische Verwendung gefunden dadurch dass er die Firma Zeiss-Jena zu veranlassen wusste, die Gläser in mehrfacher Variation herzustellen und dadurch dem Augenärzte eine Auswahl zum Anprobieren des passendsten Glases zur Verfügung zu stellen. Ich habe mich im Jahre 1887 vergebens bemüht, die Firma Zeiss für den Gegenstand zu interessieren. Durch Heine ist erst das allgemeine Interesse auf den Gegenstand gelenkt worden.

Die drei Gläser, die ich mir damals von dem Optiker Himmeler in Berlin schleifen liess, habe ich im vergangenen Jahre Herrn Prof Siegrist, dem Direktor der Universitäts-Augenklinik in Bern zugeschickt, der sie für eine hygienische Ausstellung in Bern haben wollte, in der er die Geschichte des Haftglases darstellen wollte. Herr Prof. Siegrist möchte nun die drei Gläser für seine Augenklinik behalten.

Zweck meines Schreibens ist nun die Frage, ob das dortige Museum, das ja der technischen Entwicklung gewidmet ist, Interesse für den Gegenstand hat. Wenn das der Fall ist und die Gläser dort zur Aufbewahrung, vielleicht auch Ausstellung kommen könnten, würde ich als Deutscher die Gläser lieber dem Deutschen Museum überlassen. Im anderen Falle würde ich sie der Berner Klinik schenken.

Falls Näheres über den Gegenstand an Auskunft gewünscht wird, ist solches leicht von der dortigen Universitäts-Augenklinik zu erfahren. Auch bin ich auf Wunsch gern bereit, meine Doctordissertation aus 1889, in der ich über meine Erfahrungen mit den Gläsern - ich nenne sie dort Hornhautlinsen - berichte, zuzuschicken.

Für baldige Antwort wäre ich sehr dankbar und verbleibe.

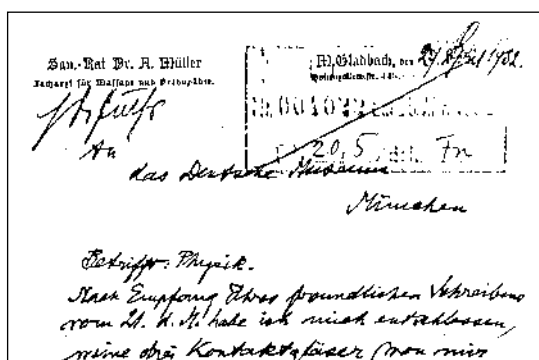
Mit vorzüglicher Hochachtung ergebent.

Dr Müller

## B - August Müller's letter of April 27, 1932

27 April 1932  
An das Deutsche Museum  
München

Betrifft : Physik



Nach Empfang Ihres freundlichen Schreibens vom 21 d.M. habe ich mich entschlossen, meine drei Kontaktgläser (von mir damals Hornhautlinsen genannt) der dortigen Sammlung mit der Bitte um Einverleibung zu überlassen und habe den Direktor der Universitäts-Augenklinik in Bern, Herrn Prof. Dr A. Siegrist, bei dem dieselben zur Zeit sind, gebeten, Ihnen dieselben zuzuschicken. Ich bitte Sie mir von dem Eingang derselben Mitteilung zu machen.

Gleichzeitig schicke ich Ihnen Ihrem Wünsche gemäss meine Doktor-Dissertation ; dieselbe enthält unter III eine Darstellung meiner Erfindungen mit meinen Gläsern. Unter I und II enthält sie die meines Wissens erste wissenschaftliche Konstruktion vollkommener periskopischer (jetzt Punktagläser genannt) und

achromatischer Brillengläser. Auch für diese Gläser gelang es mir nicht trotz vieler Versuche, eine Firma der optischen Industrie soweit zu interessieren, dass sie die Herstellung der Gläser im Grossen übernahm. Ich liess mir damals von der Firma Steinheil in München für meinen Privatgebrauch Gläser schleifen. Die Firma lehnte es aber später ab, mir weiter Gläser anzufertigen. Nach Jahren brachte dann Zeiss seine Punktagläser heraus ; ich gebrauchte diese dann. Dieselben unterschieden sich im optischen Effekt und in der Form durchaus nicht von den von Steinheil nach meiner Angabe angefertigten ; keinesfalls waren sie im optischen Effekt den meinen überlegen.

Mit vorzüglicher Hochachtung.

Dr. Müller