

# Akkommodation im Laufe der Zeit



**Christoph Krämer**



## **1 Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Hall in Tirol, am \_\_\_\_\_

---

Christoph Krämer

## **2 Vorwort**

Zu Beginn unserer Gruppengründung Anfang Mai haben wir uns erste Gedanken über die bevorstehende Diplomarbeit. Wir hatten sehr zahlreiche Ideen und Diskussionen über das gewählte Thema, da es uns nicht nur inhaltlich sondern auch persönlich ansprechen bzw. interessieren sollte.

Während unseren Sommerferien indem wir beide als Augenoptiker gearbeitet haben, ist uns aufgefallen, dass sehr viele Refraktionsprotokolle von diversen Augenärzten eine zu hohe Addition aufweisen. Auf Nachfrage sowohl bei den Kunden als auch bei den Augenärzten wurde uns bestätigt, dass keine individuelle Nahzusatzbestimmung erfolgte. Es wurde zur Additionsbestimmung lediglich die Duan'sche Kurve verwendet und aus dem jeweiligen Alter des Patienten der Nahzusatz abgeleitet.

Aufgrund immer belastender Arbeit der Augen in der Nähe (Computerarbeit etc.) und eventuell genetischer Änderungen am Auge (die Duansche Kurve wurde 1922 veröffentlicht), kamen wir zu der Überlegung, dass sich die Akkommodationsbreite geändert haben könnte. Als Startpunkt für unsere Überlegungen dienten uns einschlägige Fachliteratur und die Skripten von Herrn Dipl. Ing. (FH) Gustav Pöltner und Herrn Leopold Maurer.

Der Grundstein der Diplomarbeit wurde beim Brainstorming mit Herrn Pascal Schelling gelegt. Leider quittierte dieser jedoch frühzeitig seine Ausbildung an der HTL für Optometrie, sodass diese Arbeit von mir alleine ausgearbeitet wurde. Sowohl an der Recherche als auch an den Messungen und schriftlichen Ausführungen war Herr Schelling nicht mehr beteiligt.

Ich möchte mich sehr herzlich bei Frau Dr. Cornelia Stieldorf und Herrn Leopold Maurer für die Zeit und Unterstützung sowohl bei der Vorbereitung als auch bei der Analyse der Diplomarbeit bedanken.

### **3 Zusammenfassung**

Der Zweck dieser Diplomarbeit besteht darin herauszufinden, ob sich die Akkommodation im Laufe der Zeit durch die verstärkten Nahätigkeiten verändert hat. Im Berufsleben sind durch die vorhandenen Arbeiten, sei es am Computer oder beim Reparieren von Maschinen, immer mehr Tätigkeiten in der Nähe auszuführen. Auch in unserer Freizeit liegt unser Hauptaugenmerk auf kurze Distanzen, wie zum Beispiel das spielen oder lesen am Tablet und das Basteln für das persönliche Hobby.

Weitere Erkenntnisse, welche ich aus der Arbeit an diesem Essay gewonnen habe sind, in welchen Ausmaße sich die Akkommodation verändert hat und ob sie sich überhaupt verändert hat.

Diese Arbeit soll zudem ein Nachschlagewerk für Optiker und Optikerinnen werden die sich mit diesem Thema beschäftigen wollen. Des weiteren soll es auch ein Handbuch für Personen werden, die sich für die Optik interessieren, insbesondere für die Akkommodation.

Zu Beginn dieser Diplomarbeit werden die wichtigsten Begriffe, Strecken, Punkte, etc. erklärt. Anschließend wird die Funktion der Akkommodation, sowie die Körperbestandteile die dafür nötig sind erläutert und es werden die Theorien der inneren und der äußeren Akkommodation beschrieben.

Der Fokus dieser Arbeit liegt darin wie man die Akkommodationsbreite misst und welche Geräte und Testfiguren hierfür notwendig sind. Es wird auch Bezug genommen auf Herrn Duan, welcher die Duansche Kurve erfunden hat.

Ein weiterer Teil dieser Arbeit ist die eigenständige Durchführung und Protokollierung von Messungen. Die hierbei gewonnenen Daten werden verarbeitet und zu einer Tabelle zusammengefügt Zum Schluss wird eine Gegenüberstellung der beiden Schätztabellen erstellt und die Erfahrungen und Schlussfolgerungen daraus schriftlich festgehalten.

## **4 Abstract**

This thesis pursues the question whether our modern western lifestyle has had an impact on the eyes' ability to accommodate. The assumption was that due to an increase of activities at near distance – for instance, computer work, reading on a tablet and the frequent use of smartphones – the eyes become more able to accommodate. Therefore, a slowdown of accommodation loss at a progressed age was expected.

Furthermore, this thesis should give current and future opticians an overview of the topic of accommodation. The first part of the thesis explains accommodation, provides instructions for measuring accommodation, and discusses the reasons for the decrease of the eyes' adaptability to near distances.

To test the hypothesis, 55 test subjects between the age of 20 and 70 were refracted. For this, measurements of the amplitude of accommodation and near point refractions were carried out. The outcome showed that a slower progression of accommodation loss could be observed. However, since the difference was minor, and the test group relatively small, a more comprehensive study is necessary to answer the question with certainty.

<b>1 EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 VORWORT.....</b>	<b>2</b>
<b>3 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>4 ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>5 AKKOMMODATION .....</b>	<b>7</b>
<b>5.1 DIE ENTWICKLUNG DER AKKOMMODATION:.....</b>	<b>8</b>
<b>5.2 STRECKEN UND BEZUGSPUNKTE .....</b>	<b>9</b>
<b>5.3 DIE GESAMTAKKOMMODATION: .....</b>	<b>10</b>
5.3.1 VORGANG DER ÄUßEREN AKKOMMODATION: .....	10
5.3.2 VORGANG DER INNEREN AKKOMMODATION: .....	12
<b>5.4 BEGRIFFE UND FORMEL UM DEN INNEREN AKKOMMODATIONSAUFWAND AUSzurechnen: .....</b>	<b>13</b>
5.4.1 DER AKKOMMODATIONSAUFWAND $\Delta D$ : .....	13
5.4.2 MAXIMALER AKKOMMODATIONSAUFWAND $\Delta D_{MAX}$ : .....	13
<b>5.5 BEGRIFFE UND FORMEL UM DEN ÄUßEREN AKKOMMODATIONSERFOLG AUSzurechen:</b>	
<b>14</b>	
5.5.1 AKKOMMODATIONSERFOLG $\Delta A$ : .....	14
5.5.2 MAXIMALER AKKOMMODATIONSERFOLG $\Delta A_{MAX}$ : .....	14
<b>5.6 THEORIEN DER AKKOMMODATION.....</b>	<b>15</b>
5.6.1 ALTERUNGSPROZESS DER AUGENLINSE SOWIE FAKTOREN: .....	16
5.6.2 DIE BESCHREIBUNG DER KURVE: .....	17
<b>5.7 WIE MAN DIE AKKOMMODATIONSBREITE MESSEN KANN: .....</b>	<b>20</b>
5.7.1 FUNKTIONSWEISE EINES OPTOMETERS:.....	20
5.7.2 FUNKTIONSWEISE DES AKKOMMODOMETER: .....	22
5.7.3 AKKOMMODATIONSBREITENMESSUNG MIT DEM NAHPRÜFGERÄT:.....	23
5.7.4 AKKOMMODATIONSBREITENMESSUNG MIT DEM PHOROPTER: .....	24
5.7.5 MEM-SKIASKOPIE (MONOCULAR ESTIMATION METHOD) .....	25
5.7.6 KREUZMUSTER MIT FIXEM KREUZZYLINDER .....	26
<b>6 DIE AKKOMMODATIONSFLEXIBILITÄT:.....</b>	<b>27</b>

<b>6.1</b>	<b>WAS IST DIE AKKOMMODATIONSFLEXIBILITÄT:</b> .....	<b>27</b>
<b>6.2</b>	<b>AKKOMMODATIONSSTÖRUNGEN SIND ZUM BEISPIEL: .....</b>	<b>28</b>
6.2.1	DIE AKKOMMODATIONSLÄHMUNG: .....	28
6.2.2	HYPÖAKKOMMODATION: .....	28
6.2.3	AKKOMMODATIONSKRAMPF: .....	29
<b>6.3</b>	<b>DIE MESSUNG DER AKKOMMODATIONSFLEXIBILITÄT:.....</b>	<b>29</b>
6.3.1	DURCHFÜHRUNG: .....	30
<b>6.4</b>	<b>NORMWERTE DER MONOKULAREN AKKOMMODATIONSFLEXIBILITÄT:.....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>PRAKTISCHER TEIL DER DIPLOMARBEIT TEIL 1 .....</b>	<b>33</b>
<b>7.1</b>	<b>ERMITTlung DER AKKOMMODATIONSBREITE .....</b>	<b>33</b>
7.1.1	EINFÜHRUNG: .....	33
<b>7.2</b>	<b>ERGEBNIS UND FAZIT:.....</b>	<b>33</b>
7.2.1	REFRAKTIONSPROTOKOLL: .....	36
<b>8</b>	<b>PRAKTISCHER TEIL DER DIPLOMARBEIT TEL 2.....</b>	<b>37</b>
<b>8.1</b>	<b>MESSUNG DER AKKOMMODATIONSFLEXIBILITÄT .....</b>	<b>37</b>
<b>8.2</b>	<b>ERGEBNIS UND FAZIT:.....</b>	<b>38</b>
8.2.1	GRÜNDE WARUM DIE AKKOMMODATIONSFLEXIBILITÄT HERABGESETZT SEIN KANN:..	38
<b>9</b>	<b>SCHLUSSWORT .....</b>	<b>39</b>
<b>10</b>	<b>LITERATURHINWEISE UND INTERNETQUELLEN .....</b>	<b>41</b>
<b>11</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>42</b>

## 5 Akkommodation

Akkommodation ist eine dynamische Brechkraftänderung der Augenlinse, um weit entfernte Objekte, sowie Objekte die im endlichen vor dem Auge sind, scharf zu sehen. Dieser Prozess funktioniert indem die Linse ihre Brechkraft verändert. So werden die Sehobjekte immer scharf auf die Netzhaut abgebildet. An der Akkommodation ist nicht nur die Augenlinse mit ihrer Linsenkapsel und Linsensubstanz beteiligt sondern auch der Ziliarkörper mit Ziliarmuskel sowie die vorderen und hinteren Zonulafasern. Die Brechkraftveränderung wird vom vegetativen Nervensystem gesteuert. Wenn man auf ein Objekt, welches sich zum Beispiel 80 cm vor dem Auge befindet blickt, ist es im ersten Moment unscharf. Dieses nicht scharfe Netzhautbild löst anschließend einen Reflex aus. Dieser Reflex wird an das Gehirn weiter geleitet wofür die Afferentenbahnen (zum Gehirn führend) zuständig sind. Anschließend wird das Bild im Gehirn bearbeitet und durch die Efferentenbahnen wird der Befehl zum Akkommadieren also scharf stellen des Objektes an das Auge gesendet.

## **5.1 Die Entwicklung der Akkommodation:**

Die Akkommodation bildet sich ab dem 2. Lebensmonat eines Babys. Ab der Geburt liegt ein Akkommodationserfolg von ca. 18 dpt. vor, nur ist diese Annahme eher theoretischer Natur. In Wahrheit besitzt das Kleinkind nur eine geringe Akkommodation da die Netzhautgrube noch nicht vollständig entwickelt ist, welche auch ein bestimmender Faktor für die Fähigkeit akkommodieren zu können ist. Ein weiterer Faktor für die funktionierende Brechkraftveränderung ist die Kontrastempfindlichkeit. Erst durch diese beiden Faktoren und immer kleiner werdenden Gegenständen die das Baby anschaut, ist eine Erlernung der Akkommodation möglich. Die Akkommodation bildet sich nicht alleine denn die Konvergenz ist hiermit gekoppelt. Konvergenz bedeutet, dass sich die Augen um den gleichen Betrag nach innen drehen.

## 5.2 Strecken und Bezugspunkte

Um die Akkommodation erklären zu können sind einige Strecken und Bezugspunkte wichtig.

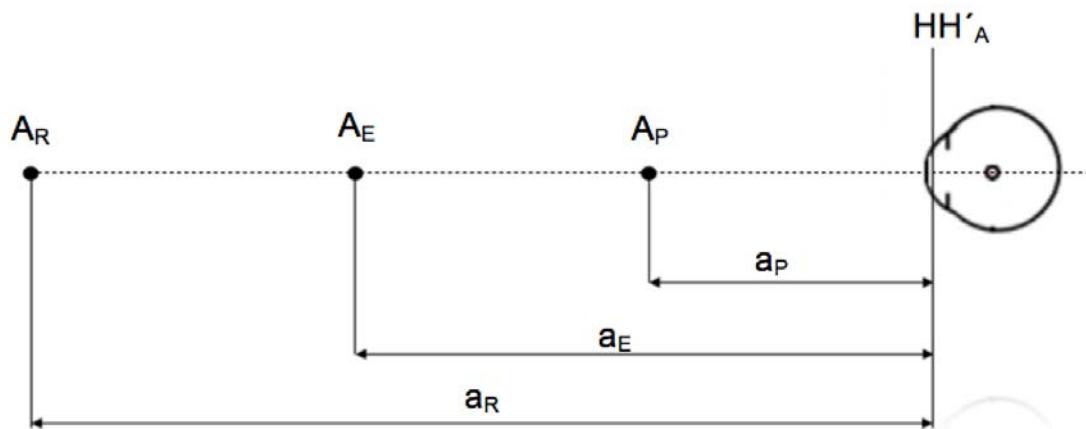


Abbildung 1 Autor: Christoph Krämer, Strecken und Punkte

$A_R$ = Fernpunktrefraktion ist der Punkt, an dem die maximale Fernakkommodation erreicht ist.

$A_P$ = Nahpunktrefraktion ist der Punkt, an dem die maximale Nahakkommodation erreicht ist.

$A_E$ = Einstellrefraktion ist der Punkt der gewünschten Akkommodation (Abstand den der Kunde bestimmen kann z.B.: gemütliche Leseentfernung 40 cm)

$a_R$ = Fernpunktabstand; die Strecke zwischen  $HH'_A$  und  $A_R$

$a_P$ = Nahpunktabstand; die Strecke zwischen  $HH'_A$  und  $A_P$

$a_E$ = Enstelltfernung; die Strecke zwischen  $HH'_A$  und  $A_E$

## **5.3 Die Gesamtakkommodation:**

Wenn man vom Begriff Akkommodation spricht, sollte immer von den zwei Arten der Akkommodation ausgegangen werden, der inneren Akkommodation und der äußeren Akkommodation.

### **5.3.1 Vorgang der äußeren Akkommodation:**

Jedes vom Menschen gesehene Objekt führt im Auge zu einem Akkommodations- und Konvergenzreiz, welcher zu einer Veränderung bzw. Anspannung oder Erschlaffung des Ziliarmuskels führt. Dabei wird der Ziliarmuskel sowohl vorwärts als auch einwärts bewegt und der ziliare Ringdurchmesser wird verkleinert. Dadurch ändert sich die Spannung der Zonularfasern zur Augenlinse, wodurch diese wiederum stärker oder weniger gekrümmmt wird. Bei einer stärkeren Krümmung, d.h. mehr sphärische Fläche führt dies zu einer verkürzten Brennweite. Sowohl die Radien der Vorder- und Rückfläche der Linse, als auch die Linsendicke und die Gesamtbrechkraft der Augenlinse verändern sich. Hierbei wird dann die Fokussierung auf ein nahegelegenes Objekt ermöglicht. Die durchschnittliche Zeit die das Auge benötigt um zu Akkommodieren beträgt ca. 0,5 – 1,5 Sekunden.

Beim Nachlassen des Akkommodationsreizes spannen sich die Zonularfasern wieder an und ziehen die Augenlinse wieder nach hinten und außen in Richtung des Ziliarmuskels bzw. Peripherie der Netzhaut. Dies führt zu einer flacheren Krümmung der Linse, einer verlängerten Brennweite und einer Veränderung der Radien der Linse und der Linsendicke. Nachdem dies geschehen ist befindet sich die Augenlinse wieder in der Akkommodationsruhe bzw. im Fernakkommodationszustand.

Bei diesem Vorgang spricht man von der äußeren Akkommodation. Diese Art macht ca. 75% der Brechkraftveränderung aus.

Vorderflächenänderung von 10 mm auf 6,0 mm.

Hinterflächenänderung von 6 mm auf 5,5 mm.

Durch die Berechnung der Brechwertzunahme ist man zu dem Entschluss gekommen, dass es noch eine zweite Art der Akkommodation geben muss. Diese wird als innere Akkommodation bezeichnet.

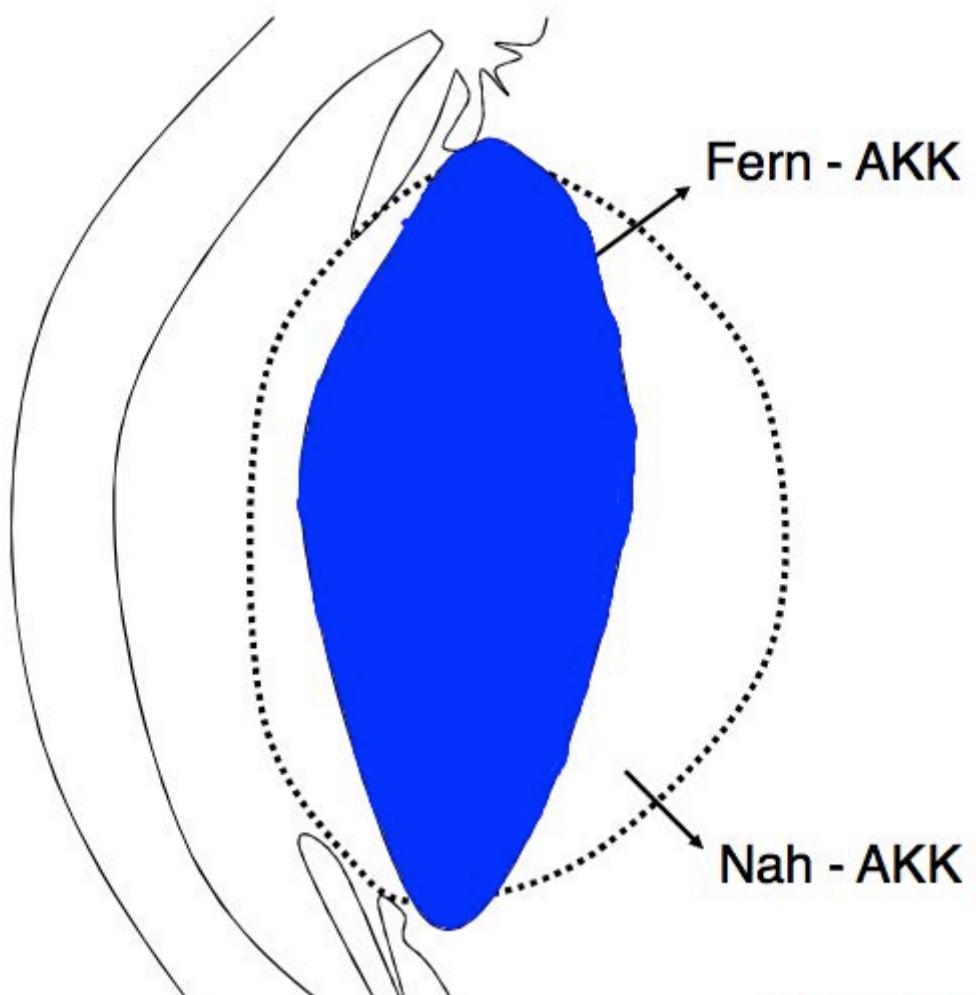


Abbildung 2 Autor: Gustav Pöltner, Akkommodation, Folie 30, original Bild leicht verändert

### 5.3.2 Vorgang der inneren Akkommodation:

Die innere Akkommodation erfolgt durch die Umschichtung, die Formveränderung bzw. durch die Verdichtung der Linsenfasern. Dieser Prozess verändert den Brechungsindex der Augenlinse von 1.386 auf 1.413.

Laut Fachliteraturen macht diese Art ca. 25% der Gesamtakkommodation aus.

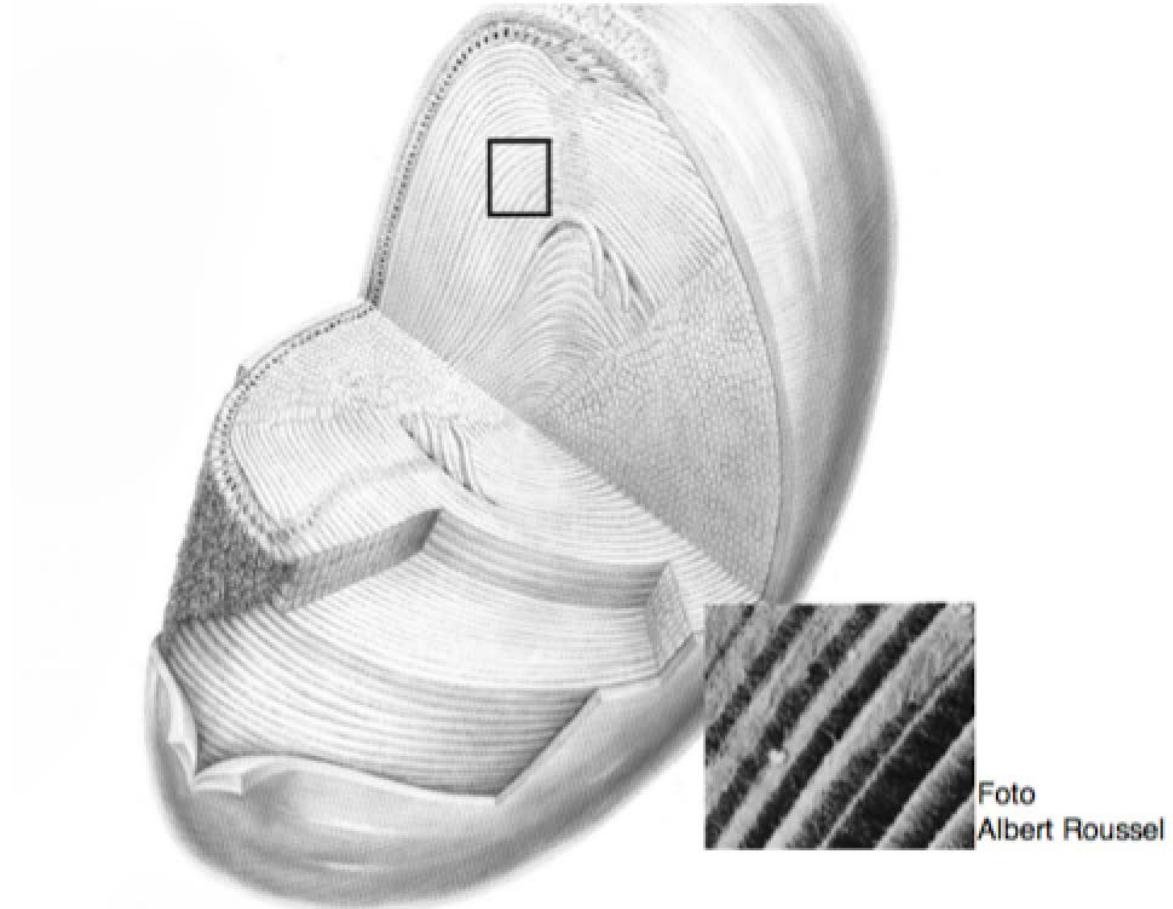


Abbildung 3 Autor: Gustav Pöltner, Akkommodation, Folie Nr.4

## **5.4 Begriffe und Formel um den inneren Akkommodationsaufwand auszurechnen:**

### **5.4.1 Der Akkommodationsaufwand $\Delta D$ :**

Ist die Brechwertzunahme des optischen Systems von einem Fernpunkt R auf einen beliebigen Einstellpunkt E.

$$\Delta D = D_E - D_R$$

$D_E$ = Der Brechwert der Linse für den Einstellpunkt.

$D_R$ = Der Brechwert der Linse für den Fernpunkt.

### **5.4.2 Maximaler Akkommodationsaufwand $\Delta D_{\max}$ :**

Ist der maximal mögliche Brechwertzuwachs bei einer Einstellung von Fernpunkt R auf den Nahpunkt N.

$$\Delta D_{\max} = D_P - D_R$$

## **5.5 Begriffe und Formel um den äußeren Akkommodationserfolg auszurechen:**

### **5.5.1 Akkommodationserfolg $\Delta A$ :**

Ist die Differenz zwischen Fernpunktrefraktion  $A_R$  und der Einstellrefraktion  $A_E$ .

$$\Delta A = A_R - A_E$$

### **5.5.2 Maximaler Akkommodationserfolg $\Delta A_{\max}$ :**

Ist die Differenz zwischen Fernpunktrefraktion  $A_R$  und der Nahpunktrefraktion  $A_P$ . Man bezeichnet den maximalen Akkommodationserfolg auch als Akkommodationsbreite.

$$\Delta A_{\max} : A_R - A_P$$

Beim äußeren Akkommodationserfolg ist es wichtig, dass man immer den Kehrwert des in Meter gemessenen Abstandes zur Berechnung heranzieht.

Worauf man noch achten sollte ist, dass die Fehlsichtigkeit auch eine Rolle beim Akkommodationserfolg spielt. So haben korrigierte myope Personen einen größeren Akkommodationserfolg als emmetrope bzw. korrigierte hyperope Personen. Das bedeutet, dass bei Myopie weniger Aufwand betrieben werden muss um den gleichen Erfolg zu haben wie bei Hyperopie.

## 5.6 Theorien der Akkommodation

Die meisten Fachbücher sprechen von der Theorie die Herr Helmholtz aufgestellt hat.

Der Akkommodationsmechanismus beruht laut Hermann von Helmholtz auf dem Prinzip, dass sich die Augenlinse immer wölben möchte. Beim kontrahierten Ziliarmuskel erschlaffen die Zonularfasern. Dadurch kann sich die Linse optimal wölben. Diese Einstellung ermöglicht einen scharfen Blick in der Nähe.

Bei entspanntem bzw. ruhendem Ziliarmuskel sind die dazugehörigen Zonularfasern maximal gespannt und ziehen an den Linsenspitzen nach oben. Dadurch ergeben sich aufgrund der Anatomie der Augenlinse die möglichst kleinsten Radien welche den Blick in die Ferne ermöglichen.

Auch im Alter ist dieser Prozess der Vorwölbung der Augenlinse sowie das kontrahieren der Zonularfasern problemlos möglich.

Im Unterricht von Herrn Dipl. Ing. (FH) Gustav Pöltner hörten wir noch über eine zweite Theorie, welche von Herrn Frank Edlinger aufgestellt wurde. Diese Theorie besagt, dass sich die Augenlinse wie ein mit Luft gefüllter Ballon verhält. Wenn man an den Enden der Linse zieht wird sie am Rand immer dünner und in der Mitte immer dicker. Dadurch kommt es zu einer Radienveränderung und Objekte die sich in der Nähe befinden werden somit deutlich gesehen.

Im Laufe der Zeit wird dieser Prozess der Vorwölbung immer schwieriger weil sich die Augenlinse durch Umweltfaktoren verhärtet und dadurch nicht mehr so elastisch ist wie in jungen Jahren.

### **5.6.1 Alterungsprozess der Augenlinse sowie Faktoren:**

Die Augenlinse ist ständig Umweltfaktoren ausgesetzt welche ihr zusetzen und den Linsenkern dadurch versteifen lässt (Sklerotisierung). Es gibt heutzutage noch keine Hilfsmittel um diese Entwicklung zu stoppen.

Sklerotisierung der Augenlinse bedeutet, dass der Linsenkern wasserärmer und starrer wird. Das Volumen nimmt dadurch ab und es wird Raum für neugebildete Fasern geschaffen. Sie wachsen anschließen von der Oberfläche in die Linse hinein. Dieser Vorgang fängt schon nach der Entstehung der Linse an. Bemerkbar wird es aber erst, wenn die Einstellung auf die Arbeitsentfernung (z.B.: 40 cm) schwierig wird. Hierbei rückt der Nahpunkt abstand immer weiter vom Auge weg in Richtung Ferne.

Faktoren, warum sich die Augenlinse verhärtet sind unteranderem das Alter, die Einnahme von bestimmten Medikamenten wie zum Beispiel Cortison und starke UV Belastung.

Wird der Betrag des Nahpunktabstandes zu groß und die Arbeit in der Nähe ist ohne optischen Hilfsmitteln (z.B.: Nahbrille bzw. Lesebrille) nicht mehr möglich, spricht man von Presbyopie bzw. Alterssichtigkeit.

Wie wir im Unterricht von Frau Dr. Cornelia Stieldorf lernten durften, sollte man den Begriff „Weitsichtigkeit“ nicht verwenden, da dies leicht von Personen, welche nicht im Nahverhältnis zur Augenoptik stehen, zu Verwechslungen mit dem Begriff „Hyperopie“ führen kann.

## 5.6.2 Die Beschreibung der Kurve:

In den letzten Jahren hat es schon viele Autoren gegeben, die sich mit den Bestimmungen des maximalen möglichen Akkommodationserfolges in Abhängigkeit vom Lebensalter beschäftigt haben. Einer der Ersten war Herr Franciscus Cornelis Donders. Seine Erkenntnis war nach heutiger Erfahrung eher zu schematisch und sie führte dazu, dass viel zu starke Nahzusätze gegeben wurden. Jahre Später hat Herr Duan dieses Thema noch einmal aufgegriffen und schließlich 1922 die Duansche Kurve veröffentlicht. In seiner Arbeit hat der Amerikaner etwa 5000 Probanden vermessen und anschließend das Ergebnis in eine Kurve bildlich dargestellt.

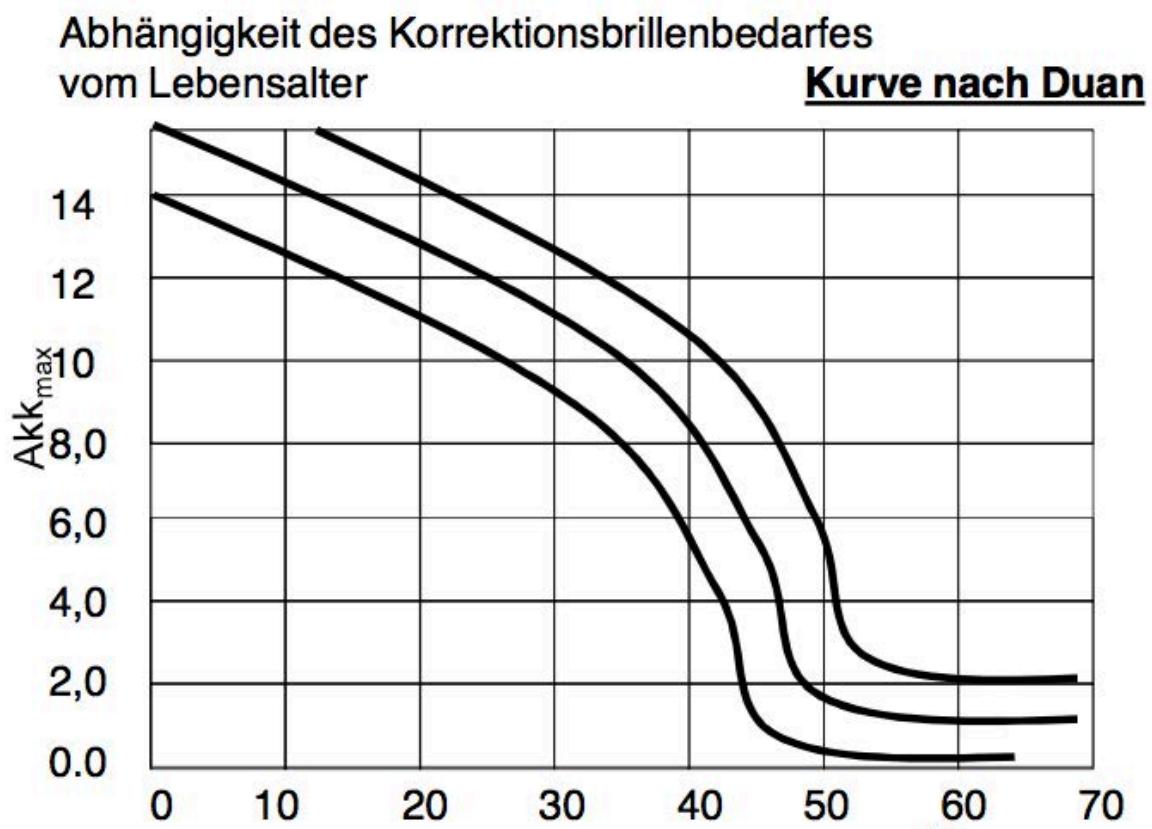


Abbildung 4 Autor: Gustav Pöltner, Akkommodation, Folie 60

Laut Literatur handelt es sich bei dieser Abbildung um einen Querschnitt und keinen Längsschnitt. Der Unterschied zwischen Längs- und Querschnitt besteht im Grunde darin, dass man bei einem Längsschnitt den Akkommodationsverlust über die gesamte Lebensdauer hinweg messen müsste. Dies ist aber aus bekannten und nachvollziehbaren Gründen nicht sehr leicht Durchzuführen.

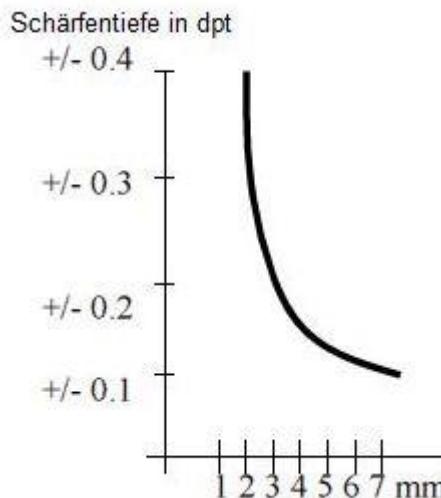
Die Duansche Kurve beschreibt die Akkommodationsabnahme im Alter, welche durch den stetigen Alterungsprozess der Augenlinse verursacht wird. Herr Duan hat wie eingangs erwähnt ca. 5000 Personen vermessen. Für jede Person, die er vermessen hatte, hat er anschließend unter Berücksichtigung des Alters einen Punkt in einem Diagramm gemacht. So ergaben sich anschließend 3 Kurven. Die mittlere Kurve in der Abbildung gibt den Mittelwert des maximalen Akkommodationserfolges an. Die untere und obere Kurve beschreibt laut Fachliteraturen die physiologische Grenzabweichung, was eine Streuung bedeutet. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Nahzusätze für unterschiedliche Altersstufen.

### **Zur Erklärung:**

Kinder im Alter von 10 Jahren besitzen einen Akkommodationserfolg von ca. 13 bis 14 dpt. Ab einem Alter von 11 bis 12 Jahren nimmt bei jedem Menschen die Fähigkeit ab, Objekte in unterschiedlichen Entfernungen scharf zu sehen können. Dieser Verlust stellt aber bis zum 40. Lebensjahr kein unmittelbares Problem dar. Der Prozess des Verlustes dieser Anpassfähigkeit endet mit ca. 60 Jahren.

Die Kurve zeigt ein weiteres interessantes Detail und zwar, dass man über 60 Jahre noch eine gewisse Fähigkeit besitzt um akkommodieren zu können. Aus Erfahrungen weiß man aber, dass die Verhärtung der Augenlinse bei Menschen zwischen 55 und 60 Jahren abgeschlossen ist.

Dieses Phänomen erklärt sich dadurch, dass die Tiefenschärfe(Abbildungsschärfe) des Auges auch eine Rolle spielt, was aber nicht Berücksichtigt wurde. Die Abbildungsschärfe hängt mit der Pupilleneinstellung(Miosis) zusammen.



Die sogenannte Miosis kann bis zu 1 dpt. betragen. Diese Abbildung zeigt wie stark die Abweichung je nach Pupillengröße beträgt.

Abbildung 5 Autor: Gustav Pöltner, Akkommodation, Folie Nr. 60

Der Verlust der Akkommodationsfähigkeit wird auch als Presbyopie bezeichnet. Die Ursachen hierfür sind wie oben schon beschrieben, dass die Augenlinsen und die Linsenkapsel die Flexibilität verlieren und verhärten.

## **5.7 Wie man die Akkommodationsbreite messen kann:**

Es gibt verschiedene Arten die zu Akkommodationsbreite messen

- Optometer
- Akkommadometer
- Nahprüfgerät
- Akkommodationsbreitenmessung mit dem Phoropter
- MEM-Skiaskopie (Monocular Estimation Method)
- Kreuzmuster mit fixen Kreuzzylinder

### **5.7.1 Funktionsweise eines Optometers:**

Das Optometer besteht aus einer Metallleiste, welche mit einer Skala versehen ist. Mittels dieser Skala kann man anschließend die erreichten Werte ablesen. Weiters besteht das Gerät aus einem Augenteil in das man gegeben Falls seine persönliche Sehstärke mittels Messgläser einsetzen kann, da es nämlich sehr wichtig ist, dass man vollkorrigiert ist um kein fehlerhaftes Ergebnis zu bekommen. Des weiteren besteht das Optometer aus einem an der Metallleiste befestigtem Schiebeschlitten den man zu sich oder von sich bewegen kann. In diesem Schlitten befindet sich eine Testfigur die von Modell zu Modell unterschiedlich sein kann. Meist handelt es sich hierbei um eine Duansche Testfigur. Durch die Vorwärts- bzw. Rückwärtsbewegung wird die Testmarke anschließend vom Prüfling „scharf“ gestellt. Es befindet sich noch zusätzlich eine Abdeckscheibe auf dem Optometer um das nicht zu messende Auge abzudecken. Der Proband soll ganz ruhig hinter dem Gerät sitzen, denn schon eine geringe Bewegung verfälscht das Ergebnis. Messkriterium ist bei diesem Gerät, dass die Testfigur im Schieber einfach und „scharf“ gesehen wird. Sobald es Doppelbilder gibt, muss man den Schieber wieder so bewegen, dass das Bild wieder einfach gesehen wird.

- Das Auge wird hinter die Blende positioniert, mit der Abdeckscheibe wird das nicht zumessenden Auge abgedeckt.
- Der Schieber wird zuerst soweit wie möglich vom Auge entfernt um den Fernpunkt zum messen. Dies geschieht indem man ein Plusglas (Konvexglas) zwischen dem Auge und den Schieber in die hierfür vorgesehene Einbuchtung einsetzt.
- Anschließend wird der Nahpunkt gemessen. Dies geschieht, indem man das Auge „künstlich“ myop macht. Auch hier wird der Schlitten so nah wie möglich an das Auge geschoben sodass das Bild wieder eindeutig und nicht doppelt gesehen wird.

Die Messungen sollten sowohl für den Fernpunkt also auch für den Nahpunkt mindestens 5 Mal wiederholt werden, um sicher zu gehen ein genaues Ergebnis zu erhalten.

Es ist besser, wenn sich der Prüfer die Ergebnisse merkt und nicht immer wieder die Prüfung abbricht um die Werte zu notieren. Nachdem die Messung für Fern- und Nahpunkt erfolgreich abgeschlossen wurde, wird anschließend ein Mittelwert aus den einzelnen Ergebnissen errechnet und dann mit der unten angeführten Formel die Akkommodationsbreite berechnet.

$$\Delta A_{\max} : A_R - A_P$$



Abbildung 6 Autor: Christoph Krämer, Optometer

### 5.7.2 Funktionsweise des Akkommodometer:

Weil das Optometer als zu ungenau betrachtet worden ist, wurde das Akkommodometer von Monjè erfunden. Die Funktionsweise ist ähnlich wie beim Optometer. Bei diesem Gerät wird die Duansche Strichfigur verwendet. Das Messkriterium besteht darin, dass die Figur solange angenähert wird, bis der dünne schwarze Strich zwischen den zwei dicken schwarzen Balken undeutlich bzw. doppelt gesehen wird. Es müssen bei diesen Gerät von Monjè zwei Anforderungen erfüllt werden und zwar dass das Sehzeichen von innen und von außen angenähert werden müssen.

Ein weiteres Gerät zur Bestimmung des Nahpunktes ist der Akkommodometer von Schober. Hier werden anstatt der Duanschen Strichfigur einfache Strich- und Ziffernproben verwendet. Hier wird ist aber der Ablauf der Messung der gleich wie der vom Akkommodometer nach Monjè.

### 5.7.3 Akkommodationsbreitenmessung mit dem Nahprüfgerät:

Auch hier ist der erste Schritt, dass die Fernrefraktion so gut wie möglich geschieht, um keine falschen Ergebnisse zu bekommen. Anschließend wird ein Nahprüfgerät in die Hand genommen und die Duan'sche Testfigur eingesetzt. Man führt das Gerät zum Kunden und erklärt ihm: „Bitte sagen Sie mir wann diese Figur nicht mehr deutlich gesehen wird“. Der Proband muss hierbei durch seine Fernstärke schauen. Um eine genaues Ergebnis zu bekommen sollte auch diese Messung mehrmals durchgeführt werden. Der aus dem Schnitt der Messergebnisse resultierende Abstand gibt den Nahpunkt an, welcher danach in den Kehrwert genommen wird um dann die Akkommodationsbreite in Dioptrien zu erhalten.

Man kann anstatt eines Nahprüfgeräts auch ein Tablet mit einer geeigneten Testfigur verwenden.



Abbildung 7 Autor: Christoph Krämer, Nahprüfgerät der Firma Rodenstock

#### **5.7.4 Akkommodationsbreitenmessung mit dem Phoropter:**

Von Vorteil für die Messung wäre es, wenn der Proband vor der Messung bereits eine Vollkorrektion in Form einer Brille oder Kontaktlinsen trägt.

- Den Proband hinter den Phoropter setzen, den Nahstab befestigen und die Nahprobe mit der Duanschen Strichfigur vorschalten bzw. auf dem Nahstab befestigen.
- Nun schaltet man +2,5/+3,0 dpt monokular vor. Der Grund dafür ist, dass wegen des Alters des Kunden der Abstand zwischen Auge und Nahprobentafel ohne zusätzliche Dioptrien sehr gering ausfallen würde.
- Nach Vorschalten der Dioptrien wird nun die Nahprobentafel von der maximal möglichen Distanz zum Auge hin verschoben, bis die Nahprobentafel für den Probanden sichtbar wird und noch weiter vor das Auge verschoben, so dass die Duansche Strichfigur wieder unscharf wird bzw. nicht mehr erkannt werden kann.

Mittels Kehrwert aus dem Abstand Auge – Nahprobentafel + +2,5/3,0 kann je nach Alter kann die absolute Akkommodationsbreite errechnet werden.



Abbildung 8 Autor: Christoph Krämer, Phoropter mit Nahprüfstange

### 5.7.5 MEM-Skiaskopie (Monocular Estimation Method)

Nach der Fernrefraktion wird in der Nähe skiaskopiert. Dies geschieht in einem Abstand von ca. 40 cm. Eine Möglichkeit ist, dass sich auf dem Skiaskop eine geeignete Sehzeichenleiste befindet, die der Prüfling vorlesen muss. Eine andere Option ist, dass auf dem Skiaskop eine Figur angebracht ist. Dies ist im Besonderen für Kinder gut geeignet. Der Messablauf ist gleich wie bei einer Fernpunktskiaskopie. Auch hier ist das Messkriterium der Flackerpunkt. Dem Prüfling muss man vor der Refraktion mitteilen, dass die Sehprobe mit dem linken und rechten Auge angeschaut werden muss.

### **5.7.6 Kreuzmuster mit fixem Kreuzzylinder**

Der Kreuzmustertest mit fixem Kreuzzylinder ist ein monokularer Nahprüftest. Hierbei wird die Beleuchtung leicht reduziert. Die Prüfentfernung beträgt ca. 40 cm. Im Phoropter bzw. Messbrille wird die Stärke hineingesetzt mit der man Visus 1 das bedeutet 100% Sehleistung erreicht. Als Sehzeichen wird der Kreuzmustertest verwendet. Anschließend wird der fixe Kreuzzylinder vorgeschalten. Wichtig bei diesem Test ist, dass auf der Messbrille bzw. am Phoropter der Nahaugenabstand eingestellt ist sowie muss der Kunde von der Zylinderstärke her auskorrigiert sein. Hierbei ist das Testkriterium, dass man die vertikalen und horizontalen Striche gleich schwarz erkennt.

Der Kreuzmustertest ist wie folgend aufgebaut:

- Die Testmarke besteht aus vertikalen und horizontalen Linien
- Durch das Vorschalten des fixen Kreuzzylinders entsteht auf der Netzhaut ein Sturm'sches Konoid. Die Minuszylinderachse liegt hier auf 90°. Dadurch werden die senkrechten Striche hinter der Netzhaut abgebildet und die waagrechten Striche davor.
- Wenn man anschließend Plusgläser vorhältet nähern sich die beiden Linien der Hornhaut an bzw. wenn man Minusgläser vorhältet entfernen sich die Linien der Hornhaut.
- Wenn sich der Kreis kleinerster Verwirrung (KKV) auf der Netzhaut befindet ist die optimale Stärke erreicht. Dies erkennt man wenn der Kunde angibt, dass die waagrechten sowie senkrechten Linien gleich schwarz sind.
- Die schwächste Addition ist dann vorhanden wenn man die waagrechten Striche deutlicher sieht
- Die stärkste Addition ist dann erreicht wenn die senkrechten Linien schwärzer erscheinen.

## **6 Die Akkommodationsflexibilität:**

Die sogenannte Akkommodationsflexibilität ist auch ein Faktor bei dem Prozess der Akkommodation. Sie wird schon seit vielen Jahren in Amerika als eigenes Thema behandelt wird. Die Optometristen sehen die Flexibilität als eigenständige Funktion und sagen, dass erst wenn man diese Flexibilität misst gibt es eine genau Auskunft über die Akkommodation und daraus resultierenden Nahzusatz bei einer Lese-, Gleitsicht-, bzw. für Nahtätigkeiten unterstützende Brillen. Sowie gibt dies auch eine Auskunft warum die Akkommodation im laufe der Zeit immer weniger wird.

### **6.1 Was ist die Akkommodationsflexibilität:**

Darunter versteht man ein schnelles wechseln zwischen Gegenstände/Objekte die in der Nähe und in der Ferne dargeboten werde.

Zum besser Verständnis ein Beispiel:

Wenn man den ganzen Tag am Computer arbeitet dann bildet sich durch die ständige Akkommodation die man tätigen muss ein Akkommodationskrampf. Wenn man jetzt schnell vom PC aufsieht und aus dem Fenster schaut sie man im ersten Moment die Landschaft unscharf. Erst nach einer Zeit wird sie erst scharf und man erkennt Details.

Wenn man die Akkommodation messen möchte kann man dies auf unterschiedliche Arten und weisen durchführen. Dies wurde schon im Kapitel „Durchführung der Messung“ behandelt. Bei diesen Refraktionen werden aber nur die Amplituden gemessen. Wenn man aber die Akkommodationsflexibilität messen möchte müssen wir auch die Akkommodationsstörungen berücksichtigen.

## **6.2 Akkommodationsstörungen sind zum Beispiel:**

### **6.2.1 Die Akkommodationslähmung:**

Das Fachwort dafür ist die Zykloplegie und beschreibt den Funktionsverlust des Musculus ciliaris. Ein solcher Funktionsverlust kann beispielsweise durch Medikamente herbeigeführt werden, wie etwa beim Eintropfen der Augen für bestimmte Untersuchungen. Weitere Ursachen für eine solche Lähmung können pathologischer Natur sein, hier liegt dann eine Schädigung der parasympathischen Nervenfasern vor.

### **6.2.2 Hypoakkommodation:**

Hierbei handelt sich es um eine herabgesetzte Akkommodationsbreite, wobei der Ursprung nicht neurologischer Natur ist. Das bedeutet, dass der erforderliche Akkommodationserfolg nicht vorhanden ist und der Nahpunkt weiter in die Ferne verschoben wird. Bemerkbar macht es sich durch verschiedenste Beschwerden wie zum Beispiel Leseschwierigkeiten, schwankende Sehschärfe von Gegenständen bzw. Objekten die sich in der Nähe befinden.

Diese Hypoakkommodation ist ein medizinisches Gebiet welches noch nicht ganz erforscht ist. Diese Störung tritt eher selten und wenn, dann eher im Kindes- bzw. Jugendalter auf.

### **6.2.3 Akkommodationskrampf:**

Bei nicht korrigierten hyperopen Augen ist das schauen in die Ferne bereits mit einer Akkommodation verbunden. Bei überkorrigierten myopen Menschen ist es der gleiche Fall. Wenn diese unkorrigierte Hyperopie beziehungsweise überkorrigierte Myopie über einen längeren Zeitraum unbehandelt bleibt, bildet sich ein sogenannter Akkommodationskrampf.

Das Ziel der Untersuchung der Akkommodationsflexibilität ist, dass man die Ausdauer und Dynamik der individuell für jeden Menschen eigenen Akkommodation ermittelt.

### **6.3 Die Messung der Akkommodationsflexibilität:**

Die Messung ist relativ einfach und mit nur wenigen Hilfsmitteln durchzuführen. Man benötigt eine Nahvisustafel, die man von jedem Glashersteller bekommt oder indem man sie sich selber bastelt und einem Dioptrien-Wechselhalter in den Stärken +/- zwei Dioptrien.

Die Nahtafel sollte auf einen Abstand von ca. 40 cm dargeboten werden. Die Visusanforderung sollte ein bis zwei Stufen unter dem maximal möglichen Visus liegen.

Wichtig bei dieser Messung ist, dass man die Fernstärke im Phoropter bzw. in der Messbrille vorgeschalten hat. Wenn schon eine Stärke für das Lesen in der Nähe vorhanden ist sollte diese verwendet werden.

### **6.3.1 Durchführung:**

- Der Kunde soll die Leseprobe monokular fixieren, anschließend wird vom Prüfer das Plusglas vorgehalten.
- Der Prüfling wird aufgefordert sofort zu sagen wenn er die Buchstaben scharf und deutlich erkennen und gegebenenfalls vorlesen kann.
- Anschließend wird der Flipper so gewendet, dass das Minusglas vorgehalten ist. Dies sollte relativ zügig und ohne besonderen Schlag gegen den Phoropter bzw. die Messbrille geschehen.
- Der gesamte Vorgang wird circa eine Minute lang wiederholt. Der Untersuchende soll im Kopf die Umdrehungen mitzählen. Eine Umdrehung ist dann erfolgreich durchgeführt worden, wenn einmal das Plusglas und einmal das Minusglas vorgeschalten worden ist. Man spricht dann von 1cpm (abwechselndes anbieten von Plus- und Minusglas)
- Die Anzahl der Umdrehungen pro Minute sollte anschließend notiert werden. Eine weitere wichtige Information welche unbedingt dokumentiert werden sollte ist, ob mit dem Plusglas und dem Minusglas gleichschnell scharf gesehen worden ist oder ob hier ein Unterschied zwischen einem der beiden Gläser erkannt worden ist.

Die komplette Messung muss immer monokular durchgeführt werden. Der Prüfling sollte von Anfang an möglichst genau erklärt bekommen wie diese Überprüfung funktioniert. Man sollte ihn auch darauf aufmerksam machen, dass je genauer seine Angaben sind, desto genauer kann die anschließende Beratung erfolgen.

## 6.4 Normwerte der monokularen Akkommodationsflexibilität:

Bei den Normwerten spielt das Alter eine große Rolle. Weiters ist von großer Bedeutung, ob die Messung monokular oder binokular durchgeführt worden ist. Wenn eine Abweichung zwischen dem rechten und dem linken Auge von 4 cpm oder mehr vorhanden ist, wird dies als auffällig bewertet. Die Normwerte hierzu sind von Fachliteratur zu Fachliteratur unterschiedlich.

Alter in Jahren	Normwert	Standardabweichung
6	5,5 cpm	+ - 2,5 cpm
7	6,5 cpm	+ - 2,5 cpm
8-12	7,0 cpm	+ - 2,5 cpm
13 – 30	11,0 cpm	+ - 5,0 cpm
30 – 40	Nicht vorhanden	

Tabelle 1 Autor:Scheiman und Wick 2002 Normwerte der monokularen Akkommodationflexibilität

Bei einer nicht ausreichenden Akkommodationsflexibilität liegen die Beschwerden hauptsächlich bei der Fokuswechselstörung. Das bedeutet beim Wechsel zwischen Nähe und Ferne. Bemerkt wird dies vom Kunden durch verschwommenes Sehen.

Eine herabgesetzte Akkommodationsflexibilität taucht fast immer in Verbindung mit asthenopischen Beschwerden auf. Diese Beschwerden sind vor allem:

- Kopfweh
- Schmerzen im Bereich der Augen bzw. im Bereich der Augenmuskeln
- verschwommenes Sehen
- müde Auge
- Schwindel
- Erschöpfung, Unwohl fühlen, Müdigkeit
- Erschwertes Lesen und dadurch Vermeidung von Nahtätigkeiten
- uvm.

Ob eine Störung der Akkommodationsflexibilität vorliegt kann man nur feststellen wenn man die vollkommene Entspannung und die vollkommene Anspannung, also das akkommodieren, misst. Erst durch diese beiden Überprüfungen kann man sagen ob die Geschwindigkeit der Akkommodation normal und nicht zu langsam funktioniert. Weiters kann man dann erkennen, ob die Amplitude unauffällig oder auffällig ist bzw. wenn sie unauffällig ist, ob die Akkommodation normal schnell funktioniert. Dabei sollte darauf geachtet werden, ob sie normal lange angehalten werden kann. Dies kann man mit einigen Tests messen.

Hierzu muss man jedoch sagen, dass es nicht ratsam ist diesen Test bei jedem Kunden durchzuführen, da er sehr viel Zeit in Anspruch nimmt. Erst wenn ein Kunde sich über asthenopischen Beschwerden beklagt ist es sinnvoll diesen Test durchzuführen.

<b>Untersuchungsmethode</b>	<b>Zu erwartendes Ergebnis</b>
Covertest	Nicht voraussagbar
ACA Quotient	Normal
Nahpunkt der Konvergenz	Normal
Fusionsbreite in der Nähe	Geringe Fusionsbreite Basis innen und außen bis zum Blur Point möglich
Stereosehen	Normal
Amplitude der Akkommodation	Normal
Binokulare Akkommodationsflexibilität	Herabgesetzt mit + und -
Monokulare Akkommodationsflexibilität	Herabgesetzt mit + und -
PRA und NRA	Niedrig

Tabelle 2 Autor: Scheiman und Wick 2002 Untersuchungsergebnisse bei herabgesetzter Akkommodationsflexibilität

## **7 Praktischer Teil der Diplomarbeit Teil 1**

### **7.1 Ermittlung der Akkommodationsbreite**

#### **7.1.1 Einführung:**

Im praktischen Teil dieser Diplomarbeit geht es vor allem darum, wie sich die Akkommodation im Laufe der Zeit verändert hat. Es werden die Ergebnisse beschrieben die im Zuge dieser Arbeit erzielt wurden und wie der Weg dorthin geführt hat.. Anschließend wird noch bezogenenommen auf die Schätztafel und der Unterschied zwischen der Schätztafel nach Duan und meiner eigenen erklärt.

Es wurden bei 55 Personen im Alter von 20 bis 70 Jahren Messungen der Akkommodationbreite durchgeführt. Aus zeittechnischen Gründen wurde ein spezielles Augenmerk auf Personen zwischen 40 bis 70 Jahren gelegt. Die Messungen wurden alle mit der gleichen Methode durchgeführt um einen Vergleich ziehen zu können. Das Gerät, mit welchem die Messungen durchgeführt wurden, war ein iPad mit einer speziellen App, welche für diese Art der Messung gemacht wurde ist.

#### **7.2 Ergebnis und Fazit:**

Wie eingangs erwähnt wurden 55 Probanden vermessen. Es wurden die Testpersonen über meine Diplomarbeit aufgeklärt und das Einverständnis ihrerseits eingeholt um die Daten verwenden zu dürfen. Bei den Messungen wurden immer die gleichen Fragen gestellt um einen möglichst gleichen Ablauf gewährleisten zu können. Anfangs wurde immer die Vollkorrektion gemessen und über diese anschließend die Akkommodationsbreite ermittelt. Die gesammelten Ergebnisse

wurden anschließend in eine Tabelle übertragen, welche schlussendlich dann meine neue Schätztabelle wurde.

Alter	Nahaddition in Dioptrien
40	0,00 dpt
45	0,50 dpt
50	0,75 dpt – 1,25 dpt
60	1,75 dpt
70	2,25 dpt -2,50 dpt

Tabelle 3 Autor Christoph Krämer, Schätztabelle nach 55 Vermessungen

Alter:	41	44	46	48	50	52	53	55	58	61	68
Add:	0,5	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00

Tabelle 4 Schätztabelle

Die Messungen haben gezeigt, dass heutzutage durch den Fortschritt im Berufsleben und der Digitalisierung im Privatbereich der Status der Presbyopie erst später erreicht wird als vor etwa 100 Jahren. Mittlerweile ist es so, dass man ab erst ab ca. 45 Jahren eine leichte Unterstützung in der Nähe benötigt.

Das Resultat bei den Überprüfungen hat mich persönlich sehr verwundert. Ich hätte geglaubt, dass das Alter viel höher als 45 Jahre ausfällt. Man muss bedenken, dass die Kurve von Herrn Duan vor 100 Jahren entstanden ist, als die Menschen noch eher damit beschäftigt waren Dinge in Weiten Entfernung zu erkennen und nicht wie es heutzutage oft der Fall ist, dass man immer wieder wechselt zwischen einem Schriftstück, einem Computer und der Ferne. Genau dieser Wechsel kann laut verschiedenen Studien die Akkommodation positiv beeinflussen. Was für mich noch sehr interessant war ist, dass es, wenn man eine Unterstützung von Ferne auf Nähe von 2,25 dpt. – 2,50 dpt. erreicht hat, nicht mehr notwendig oder sinnvoll ist eine noch höhere Addition zu geben.

Wo wieder ein größerer Sprung auf uns zukommen kann ist bei der heutigen Jugend, da diese zumeist mit Smartphone, Tablet und Laptop aufwächst und es gewohnt ist, dass immer wieder gewechselt wird zwischen Nähe und Ferne. Bei ihnen ist es sicher so, dass die Presbyopie noch ein Stück weiter herausgezögert werden kann. Um sicher noch genauere Ergebnisse zu bekommen ist es ratsam wenn man versucht so wie Herr Duan eine Personenanzahl von ca. 5000 zubekommen. Hier kann man dann noch genauere Resultate erzielen.

Um noch genauere Ergebnisse zu erhalten ist es ratsam, dem Beispiel von Herrn Duan zu folgen und eine größere Gruppe von etwa 5000 Probenden zu vermessen um noch genauere Resultate zu erzielen

### **7.2.1 Refraktionsprotokoll:**

Datum:.....

Nachname:.....

Vorname: .....

Geburtsdatum: .....

Getragene Korrektion :

- |              |                          |
|--------------|--------------------------|
| Brille       | <input type="checkbox"/> |
| Kontaktlinse | <input type="checkbox"/> |
| Keine        | <input type="checkbox"/> |

	Sphäre	Zylinder	Achse	PD	Visus
OD					
OS					

Ergebnis der Messung:.....

Distanz Auge- Nahprobe:.....

.....  
Datum und Unterschrift des Probanden

.....  
Refraktionist/in

## **8 Praktischer Teil der Diplomarbeit Teil 2**

### **8.1 Messung der Akkommodationsflexibilität**

Ein weiterer praktischer Teil meiner Diplomarbeit beinhaltet den Teil des Trainings der Akkommodationsflexibilität. Auf diesen Bereich der Akkommodation bin ich erst durch Herrn Leopold Maurer gestoßen. Die Akkommodationsflexibilität hat mit Sicherheit auch einen großen Einfluss auf den Gesamtprozess der Akkommodation. Hier konnte ich leider nicht so viele Personen vermessen wie bei der Messung der Akkommodationsbreite.

Bei dieser Überprüfung bin ich der Frage nachgegangen, ob man die Akkommodation durch gezieltes Training positiv beeinflussen kann. In diesem Bereich habe ich 5 Personen verschiedener Altersklassen vermessen und die Ergebnisse anschließend wieder protokolliert.

Die Testreihe wurde 1 Woche lang, jeweils zwei Mal pro Tag durchgeführt.

Bei dem Test der Akkommodationflexibilität ist es wichtig, dass der Prüfer dem Probanden den Ablauf genau erklärt. Eine Umdrehung (=cpm) ist dann abgeschlossen, wenn einmal das Plusglas und einmal das Minusglas vorgesetzt wurden. Zur Verwendung kam eine Leseprobatafel, der abzulesende Visus war immer zwei Visusstufen unter dem bestmöglichen Visus. Die Messungen wurden bei Tageslicht durchgeführt.

## 8.2 Ergebnis und Fazit:

Alter:	Wert:
25	12cpm
24	11cpm
30	8cpm
29	11cpm
21	11cpm

Tabelle 5 Autor: Christoph Krämer,

Nach einer Woche „Training“ wurden dann diese Werte gemessen.

Alter:	Wert:
25	13cpm
24	11cpm
30	6cpm
29	12cpm
21	13cpm

Tabelle 6 Autor: Christoph Krämer

Bei der Überprüfung der Testpersonen kam ich zu dem Ergebniss, dass sich 4 Personen innerhalb der Standartabweichung befinden (siehe Tabelle 1). Bei einer Person gab es eine Abweichung. Erst nach einem Gespräch über Sehgewohnheiten mit ebendieser Person kam heraus, dass derjenige bei längeren Computerarbeiten große Probleme hat. Dies äußert durch Akkommodationsschwierigkeiten beim Blick vom PC in die Ferne. Die Fokussierung dauert einige Momente, woraus ich schließen konnte, dass der Proband einen Akkommodationskrampf hatte..

### 8.2.1 Gründe warum die Akkommodationsflexibilität herabgesetzt sein kann:

Die Hauptbeschwerden sind unter anderem Störungen beim Fokuswechsel von Ferne auf Nähe. Laut Scheiman und Wick kann es auch sein, dass der Proband nicht 100% vollkorrigiert ist und oder eventuelle Schielstellungen vorhanden sind, welche man noch nicht erkannt hat.

## **9 Schlusswort**

Meines Erachtens nach ist es wichtig, dass für jeden Kunden der für ihn persönlich passende Nahzusatz ermittelt wird. Von Bedeutung ist hierbei auch, dass man auf die individuellen Wünsche der zu vermessenden Person eingeht und dementsprechend einen Nahzusatz wählt der die Bedürfnisse des Kunden optimal abdeckt. Man kann sich bei der Wahl der Addition nicht nur nach einer Schätztabelle richten.

Heutzutage ist die Schätztabelle, die vor circa einhundert Jahren erstellt wurde, durch den Fortschritt der letzten Jahrzehnte nicht mehr aktuell, auch wenn diese sich laut den Ergebnissen meiner Tests im Durchschnitt nur um fünf Jahre verschoben haben.

Ein weiteres interessantes Thema ist die Akkommodationsflexibilität. Hier besteht durch längeres Training sicher die Chance, dass man den Status der Presbyopie erst später erreicht.

Ganz wichtig bei allen Messungen ist, dass man den Kunden zuvor sowohl in der Ferne als auch in der Nähe schon zu 100% vollkorrigiert hat und dass eventuell vorhanden Phorien ausgeglichen sind.

Es ist auch sehr spannend darüber zu spekulieren, wie sich der Nahzusatz in der Zukunft sich noch verändert wird, denn die heutige Jugend wächst mit allerlei Geräten auf, die man fast nur in der Nähe bedienen muss.

Man kann daraus sicher schließen, dass dadurch die Augen trainiert werden. Man muss aber im gleichen Atemzug sagen, dass das auch einige Probleme wie zum Beispiel den Akkommodationskrampf und die fortschreitende Myopie mit sich führen kann.

Alles im allem ein für mich sehr ansprechendes Thema und eines, dass in unserem Berufsleben immer von großer Wichtigkeit sein wird. Vielleicht werde ich in Zukunft diesen Versuch noch einmal aufgreifen, allerdings mit mehr Probanden. Ich bin froh

mich mit diesem Thema befasst zu haben und kann mir viel in mein zukünftiges Optikerdasein mitnehmen.

## **10 Literaturhinweise und Internetquellen**

Diepes, H. (1975) Refraktionsbestimmung

Goersch, H (2000) Zeiss, Handbuch für Augenoptik

Koch, C. (2004) Funktional, Optometrie , Wie, was und warum. Mainz  
Universitätzdruckerei

Lang, J. (2003) Strabismus. Diagnostik, Schielformen, Therapie Bern: Huber

Leydhecker, W (1990) Springer- Lehrbuch, Augenheilkunde

Maurer, L (????) Akkommodationsflexibilität

Pöltner, G (2011) HTL für Optometrie, Schulunterlagen Akkommodation

Scheiman, M. und Wick, B. (2002) Clinical management of binocular vision. Heterophoric,  
Accommodative, and Eye Movement Disorders

Stieldorf, C (2015) HTL für Optometrie, Schulunterlagen

### **Internetquellen**

<https://de.wikipedia.org>

<http://www.spektrum.de>

<http://www.beika.at>

<http://www.augenaerzte-thun.ch>

## **11 Abbildungsverzeichnis**

ABBILDUNG 1 AUTOR: CHRISTOPH KRÄMER, STRECKEN UND PUNKTE .....	9
ABBILDUNG 2 AUTOR: GUSTAV PÖLTNER, AKKOMMODATION, FOLIE 30, ORIGINAL BILD LEICHT VERÄNDERT.....	11
ABBILDUNG 3 AUTOR: GUSTAV PÖLTNER, AKKOMMODATION, FOLIE NR.4...	12
ABBILDUNG 4 AUTOR: GUSTAV PÖLTNER, AKKOMMODATION, FOLIE 60.....	17
ABBILDUNG 5 AUTOR: GUSTAV PÖLTNER, AKKOMMODATION, FOLIE NR. 60	19
ABBILDUNG 6 AUTOR: CHRISTOPH KRÄMER, OPTOMETER .....	22
ABBILDUNG 7 AUTOR: CHRISTOPH KRÄMER, NAHPRÜFGERÄT DER FIRMA RODENSTOCK .....	23
ABBILDUNG 8 AUTOR: CHRISTOPH KRÄMER, PHOROPTER MIT NAHPRÜFSTANGE.....	25
TABELLE 1 AUTOR:SCHEIMAN UND WICK 2002 NORMWERTE DER MONOKULAREN AKKOMMODATIONFLEXIBILITÄT .....	31
TABELLE 2 AUTOR: SCHEIMAN UND WICK 2002 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE BEI HERABGESETZTER AKKOMMODATIONSFLEXIBILITÄT.....	32
TABELLE 3 AUTOR CHRISTOPH KRÄMER, SCHÄTZTABELLE NACH 55 VERMESSUNGEN .....	34
TABELLE 4 SCHÄTZTABELLE .....	34
TABELLE 5 AUTOR: CHRISTOPH KRÄMER, .....	38
TABELLE 6 AUTOR: CHRISTOPH KRÄMER .....	38

Datum	Thema	Arbeitsstunden
14.09.16	Überlegungen der Themen für die Diplomarbeit	3,00
21.09.16	Besprechung der Themen mit dem Projektpartner	2,00
28.09.16	Aufteilung der Themengebiete	1,50
05.10.16	Einreichen der Diplomarbeit	1,50
12.10.16	Informationsmaterial einholen	3,00
19.10.16	Informationsmaterial einholen	3,00
05.11.16	Probanden refraktionieren	2,50
09.11.16	Informationsmaterial einholen	3,00
16.11.16	Informationsmaterial einholen	3,00
23.11.16	Zusammenfassen	2,50
11.01.17	Zusammenfassen	2,50
18.01.17	Zusammenfassen	2,50
25.01.17	schriftlichen Teil schreiben	1,50
01.02.17	schriftlichen Teil schreiben	2,50
04.02.17	Kunden refraktionieren	3,00
08.02.17	schriftlichen Teil schreiben	1,50
11-18.02.2017	Probanden refraktionieren	20,00
22.02.17	schriftlichen Teil schreiben	3,00
01.03.17	Formatierung der Diplomarbeit	2,00
08.03.17	schriftlichen Teil schreiben	3,00
15.03.17	schriftlichen Teil schreiben	2,00
22.03.17	schriftlichen Teil schreiben	2,00
29.03.17	schriftlichen Teil schreiben	2,00
05.04.17	Fotografieren und heraussuchen geeigneter Bilder	2,50
12.04.17	Formatierung der Diplomarbeit	4,00
10-15.04.2017	Kunden refraktionieren	3,00
19.04.17	Erstellung einer Schätztafel	1,50
22.04.17	Probanden refraktionieren	2,00
26.04.17	Zusammenfassen aller Testergebnisse	3,00
29.04.17	Kunden refraktionieren	3,00
03.05.17	Abstract kontrollieren lassen	1,00
06.05.17	Formatierung der Diplomarbeit	3,00
07.05.17	schreiben des Praxisteiles	3,00
09.05.17	Formatierung der Diplomarbeit	4,00
10.05.07	Abschlussarbeiten	4,00
	Summe	106,50