

# 1 Grundlagenwissen Myopie

## 1.1 Definition Myopie

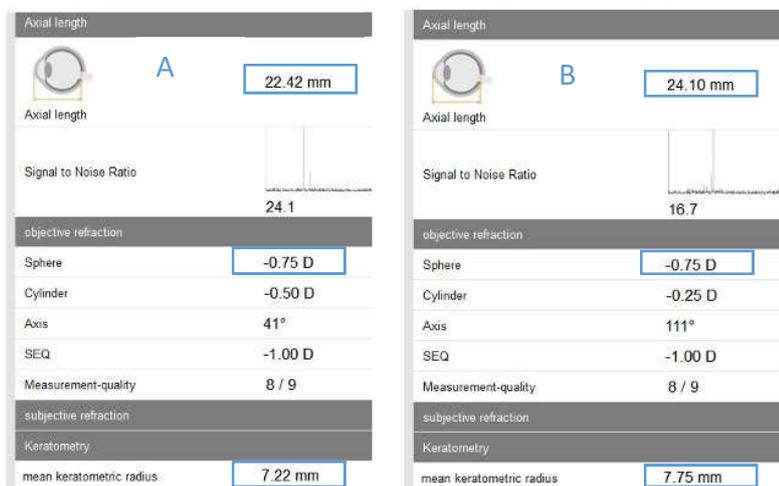
Kurzsichtigkeit oder Myopie ist ein Brechungsfehler des Auges, welcher aus einem Missverhältnis aus Augenlänge, Brechkraft der Hornhaut und Brechkraft der Linse entsteht. Dieses Missverhältnis führt dazu, dass eintretendes Licht zu stark gebrochen wird und deshalb nicht auf der Netzhaut gebündelt wird, sondern davor. Daraus ergibt sich, je nach Ausprägung der Myopie, eine unscharfe Sicht in der Ferne und eine scharfe Sicht in der Nähe. Die Forscher des internationalen Myopie Instituts (IMI) beschäftigen sich seit dem 2015 erschienenen WHO-Report mit der Herausgabe von evidenzbasierten Empfehlungen für die Myopiekontrolle. Für die Forschung und die Entwicklung neuer Produkte im Myopie-Management und der Implementierung einer „gemeinsamen Sprache“ in diesem Bereich, war es wichtig, sowohl quantitative als auch qualitative Kategorisierungen der Myopie festzulegen. Diese wurden im Jahr 2018 vom IMI erstellt und gilt seitdem als internationaler Standard.

### 1.1.1 Qualitative Myopie

#### 1.1.1.1 Primäre Myopie

Als primäre Myopie gilt die Entstehung einer Kurzsichtigkeit ohne eine klar identifizierbare Ursache. Die primäre Myopie lässt sich in zwei Arten unterscheiden: Die axiale Myopie, die aufgrund eines zu langen Auges auftritt und die Brechungs-Myopie, die aufgrund eines zu stark brechenden Systems auftritt (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1 Beispielmessungen Brechungs vs. axiale Myopie



Das IMI hat keine genaue Definition festgelegt, ab welchem Missverhältnis zwischen Brechkraft des Auges und axialer Länge des Auges, von einer axialen oder einer refraktiven Myopie gesprochen werden kann. In der Praxis kann jedoch der Radius der Hornhaut im Verhältnis zum aktuellen Refraktionsfehler als guter Indikator für die Unterscheidung dienen. Verwendet man diesen Indikator bei den in Abbildung 1 dargestellten Bildern, wird klar, dass es sich beim Bild

„A“ um eine Brechungsmyopie handelt, da hier die Myopie von -0.75 dpt im Zusammenhang mit einem Hornhautradius von 7.22 mm und einer axialen Augenlänge von 22.42 mm auftritt. Beim Bild „B“, handelt es sich um eine axiale Myopie, da hier die Myopie von -0.75 dpt in Zusammenhang mit einem Hornhautradius von 7.75 mm und einer Augenlänge von 24.10 mm auftritt.

Da in der Forschung die axiale Länge des Auges als primärer Risikofaktor für die Entwicklung einer pathologischen Myopie gilt (Flitcroft et al., 2019), ist es in der täglichen Praxis wichtig, die Unterteilung der Myopie in die Risikobeurteilung mit einzubeziehen. Aus diesem Grund lässt sich für die Praxis

ableiten, dass bei flachen Hornhautradien im Zusammenhang mit jeglicher Art der Myopie Vorsicht geboten ist.

### 1.1.1.2 Sekundäre Myopie

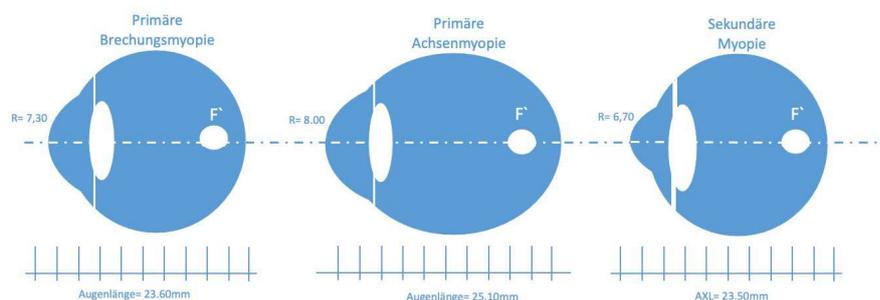
Als sekundäre Myopie gilt die Entstehung einer Kurzsichtigkeit, für die eine einzelne spezifische Ursache identifiziert werden kann, die aber kein offiziell anerkannter Risikofaktor für die Entwicklung einer Myopie ist (Flitcroft et al., 2019). Dazu zählen sogenannte vorübergehende Myopien, die oftmals als Nebenwirkung von Medikamenten auftreten können. Diese Schwankungen der Myopie können zwischen -1.00 und -5.00 dpt liegen und können sich, wenige Tage nach Absetzen des Medikamentes, wieder zurückentwickeln. Als häufigste Ursache für diese transiente Myopisierung werden die von den Medikamenten ausgelösten Linsenquellungen, Ziliarkörperschwellungen oder Ziliarkörperspasmen beschrieben (Berke & Vogel, 2006. S:270-271).

In der Literatur werden neben den pharmakologischen Veränderungen auch traumatische und pathologische Ursachen einer sekundären Myopie zugeschrieben. Durch stumpfe Traumata kann es zu einer anatomischen Verschiebung des Augenlinse-Iris-Gebildes kommen, welche eine Schwellung des Ziliarkörpers zur Folge hat. Durch diese Schwellung kommt es, ähnlich wie bei den pharmakologisch induzierten Myopien, zu einer Brechwertzunahme des Auges (Ikeda et al., 2002).

Weiters zählen korneale Ektasien wie z.B. der Keratokonus zu den pathologischen Ursachen, welche eine sekundäre Myopie auslösen können. Diese Erkrankung ist von einem nicht entzündlichen, fortschreitenden Verdünnungsprozess der Hornhaut gekennzeichnet, welcher mit einer extremen Verteilung der Brechungsradien der Hornhaut einhergeht (Espandar & Meyer, 2010). Durch die Veränderung der Brechungsradien kommt es zu einer Brechwertzunahme des Auges und somit je nach Grad des Keratokonus zu einer hohen sekundären Brechungsmyopie.

In Abbildung 2 werden die verschiedenen Klassifizierungen der Myopien anhand von unterschiedlichen Grafiken dargestellt.

Abbildung 2 Differenzierung primäre und sekundäre Myopie



### 1.1.1.3 Pathologische Myopie

Bei der pathologischen Myopie handelt es sich um ein Krankheitsbild, welches durch eine hohe Myopie und der damit verbundenen hohen axialen Augenlänge hervorgerufen wird. Dies kann zu strukturellen Veränderungen im hinteren Augenabschnitt und dadurch zum Verlust der bestkorrigierten Sehschärfe führen (Flitcroft et al., 2019). In diesem Begriff eingeschlossen sind pathologische Veränderungen, wie zum Beispiel posteriore Staphylome, myopische Makulopathien oder eine mit hoher Kurzsichtigkeit einhergehender Optikusneuropathie.

### 1.1.2 Quantitative Myopie

Da es bis 2018 keine einheitlichen Begriffe für die Höhe der Myopie gab, hat das IMI neben den qualitativen Definitionen auch eine Quantifizierung der Myopie eingeführt. Die Werte der Kurzsichtigkeit beziehen sich hierbei, wie in der Branche üblich, auf das sphärische Equivalent der Brillenglasbestimmung. Insgesamt wurden vier Begriffe festgelegt, die in Tabelle 1 erklärt werden (Flitcroft et al., 2019).

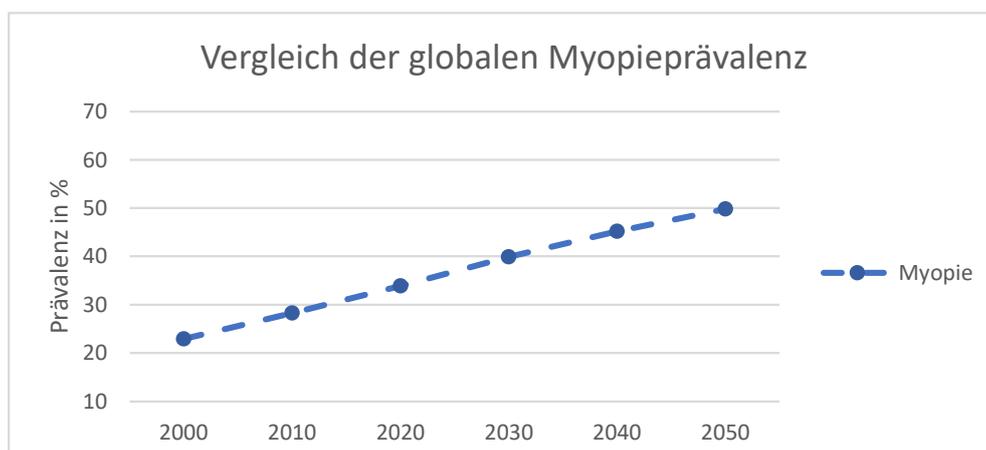
Tabelle 1 Quantifizierung der Myopie

Myopie
Ein Zustand bei dem das sphärische Equivalent (SE) des Refraktionsfehlers bei entspannter Akkommodation größer oder gleich -0.50 dpt ist.
Geringe Myopie
Ein Zustand bei dem das sphärische Equivalent (SE) des Refraktionsfehlers bei entspannter Akkommodation zwischen -0.50 dpt und -6.00 dpt liegt.
Hohe Myopie
Ein Zustand bei dem das sphärische Equivalent (SE) des Refraktionsfehlers bei entspannter Akkommodation größer oder gleich -6.00 dpt ist.
Vor-Myopie
Refraktionsstatus eines Kindes zwischen +0.75 dpt und -0.50 dpt in Kombination mit anderen, quantifizierbaren Risikofaktoren für die zukünftige Entwicklung einer Myopie, welche präventive Maßnahmen rechtfertigen.

## 1.2 Epidemiologie der Myopie

Die vom Brien Holden Vision Institute (BHVI) im Jahr 2016 erschienene systematische Metaanalyse der Myopie Prävalenz mit den zeitlichen Trends der Myopie-Entwicklung von 2000 bis 2050 bildet bis heute die Basis der modernen Myopie-Forschung. Basierend auf 145 Studien mit insgesamt 2.1 Millionen Studienteilnehmern wurde erhoben, dass im Jahr 2000 ca. 23% der Weltbevölkerung myop und ca. 2.7% der Weltbevölkerung stark myop waren. Basierend auf diesen Daten wurde berechnet, dass im Jahr 2050 fast 50% der Weltbevölkerung myop und fast 10% der Weltbevölkerung stark myop sein werden (Holden et al., 2016).

Abbildung 3 Vergleich der globalen Myopie Prävalenz



### 1.2.1 Myopie-Prävalenz im DACH-Raum

Bei der geografischen Unterscheidung der Myopie Prävalenz sah man bereits im Brien-Holden Report, dass es eine weltweit unterschiedliche Verteilung der Myopie-Prävalenz gibt. Der Bericht zeigte, dass 65% der Gesamtbevölkerung im asiatischen Raum mit hohem Einkommen im Jahr 2050 von einer Myopie betroffen sein werden. Beim Vergleich mit Daten aus dem europäischen Raum wird klar, dass die Myopie-Prävalenz für Zentraleuropa mit 54.1% der Gesamtbevölkerung etwas geringer ausfallen wird (Holden et al., 2016).

Um einen genaueren Einblick auf die Myopie-Prävalenzen der einzelnen Länder zu bekommen, ist es notwendig, neben dem Brien-Holden Report ebenfalls einen Blick auf andere große populationsbasierte Studien zu werfen. Im Jahr 2014 wurden im „*British Journal of Ophthalmology*“, Daten aus der Gutenberg Gesundheitsstudie veröffentlicht, dessen Ziel es war, die Verteilung der Refraktionsfehler bei erwachsenen Europäern herauszufinden. Bei dieser in Deutschland durchgeführten Studie wurden insgesamt 13.959 Studienteilnehmern zwischen 35-74 Jahren rekrutiert. Die Ergebnisse dieser Studie konnten aufzeigen, dass die Myopie mit 35.1% die am häufigsten vorkommende Fehlsichtigkeit war (Mirshahi et al., 2014).

Anfang 2020 wurde im „*British Journal of Ophthalmology*“ ebenfalls eine Studie über die Myopie-Prävalenz in Österreich veröffentlicht. In dieser Studie wurden Daten von insgesamt 1.507.063 wehrpflichtigen Männern zwischen 1983 und 2017 inkludiert. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Myopie der am häufigsten vorkommende Refraktionsfehler in Österreich ist. Es konnte außerdem verdeutlicht werden, dass die Myopie über die letzten 35 Jahre von 13.5% auf 24.5% anstieg (Yang et al., 2020).

Da im Myopie-Management mit wesentlich jüngeren Menschen gearbeitet wird, macht es deshalb Sinn, sich die Prävalenzwerte jüngerer Menschen anzuschauen. In den Jahren von 2003 bis 2006 wurde in Deutschland die Studie zur Gesundheit von Kinder und Jugendlichen durchgeführt. Insgesamt wurden Daten von 17.640 Kindern im Alter von 3 bis 17 Jahren erhoben. Durch die Auswertung der verwendeten Elternfragebögen konnte eine Myopie-Prävalenz von 13.3% ermittelt werden (Schuster et al., 2017). Auch in Österreich wurden Fragebögen als Mittel der Wahl für die Erhebung des Refraktionsstatus bei Kindern und Jugendlichen gewählt. Im Jahr 2014 wurden durch diese Fragebögen der Refraktionsstatus bei 728 Schülern eines Elitelynasiums erhoben. Bei den Kindern und Jugendlichen zwischen 10 und 17 Jahren konnte eine Myopie-Prävalenz von 32.2% festgestellt werden (Landmann & Bechrakis, 2014).

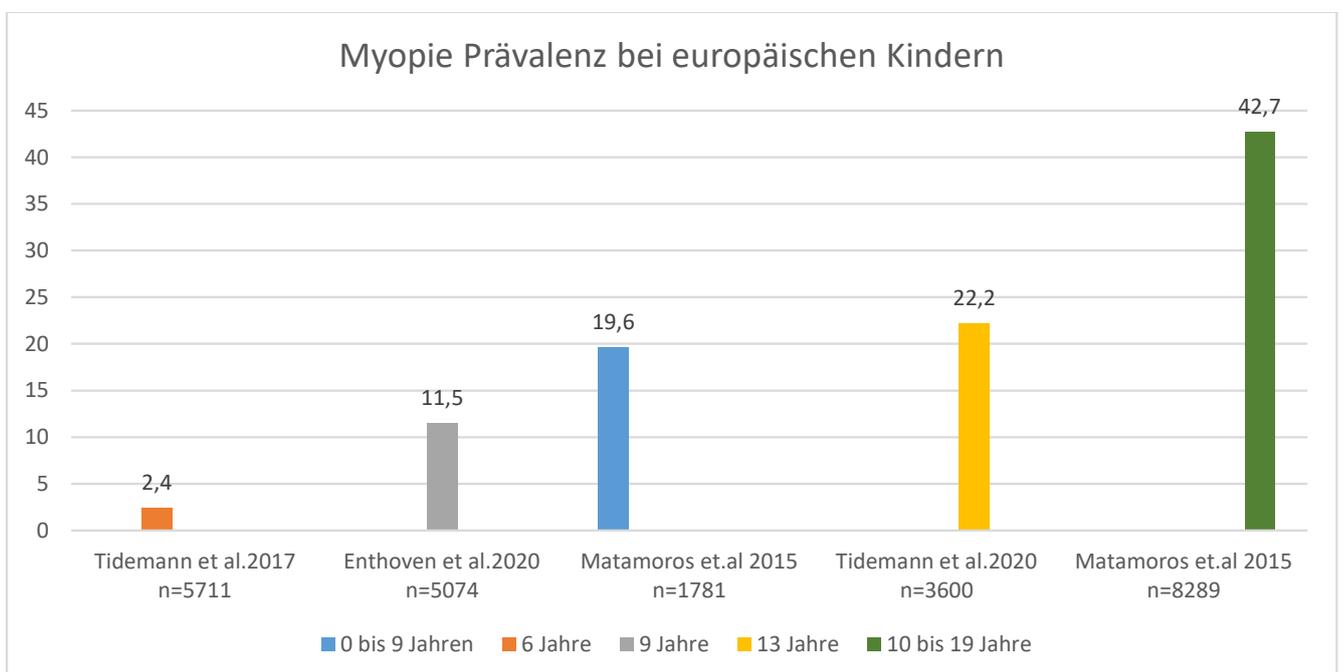
Mittlerweile gibt es bereits neuere Daten mit jüngeren Studienkohorten aus Deutschland, welche für modernes Myopie-Management noch mehr von Bedeutung sind. Im März 2021 wurden im „*Optometry and Contact Lenses Journal*“ Daten von einer in Leipzig durchgeführten Studie veröffentlicht. Insgesamt wurden hier 1934 Studienteilnehmer im Alter von 3-16 Jahren rekrutiert. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass sich die Myopie-Prävalenz ab dem zehnten (9.8%) bis zum 15. Lebensjahr (29.2%) erhöht. Insgesamt ließ sich für die gesamte Studienkohorte ein gemittelter Wert der Myopie-Prävalenz von 10.8% ermitteln, welcher den Autoren zufolge mit anderen pädiatrischen Studien aus dem europäischen Raum vergleichbar ist. Außerdem wurde von den Autoren festgestellt, dass die Prävalenz-Werte der deutschen Studie im Vergleich zu den Ost-Asiatischen Studien geringer ausfallen (Brandt et al., 2021).

## 1.2.2 Altersabhängige Prävalenzunterschiede

Dass die Myopie Prävalenz bei Kindern unter sechs Jahren relativ gering ausfällt, wurde bereits im Jahr 2016 bei einer Kohortstudie in Shanghai festgestellt. Hier wurde bei den 8.276 Studienteilnehmern im Alter von drei Jahren „nur“ eine Myopie Prävalenz von 1.8% festgestellt (Ma et al., 2016). Dass diese Prävalenzwerte jenen europäischer Kinder ähneln, wurde im Jahr 2018 bei einer prospektiven, bevölkerungsbasierten Kohortstudie in den Niederlanden bestätigt. Insgesamt ergaben sich bei den 5.711 Studienteilnehmer im Alter von sechs Jahren Prävalenzwerte von 2.4% (Tideman, Polling, Hofman, et al., 2018).

Eine erst kürzlich in den Niederlanden erschienene Kohortstudie mit 5.074 Studieneilnehmern im Alter von neun Jahren zeigte eine Myopie Prävalenz von 11.5% (Enthoven et al., 2020). Die Theorie der steigenden Prävalenz mit zunehmendem Alter wird auch durch die im Jahr 2020 veröffentlichte Kohortstudie von 13-jährigen Holländern bestätigt. Bei den 3.600 Studienteilnehmern stieg die Prävalenz auf 22.2% an (Tideman et al., 2020). Die höchste Prävalenz bei europäischen Kindern wurde bei französischen Kindern im Alter zwischen 10 und 19 Jahren festgestellt. Bei den 8.289 Teilnehmern wurden etwa 42.7% der Kinder in diesem Alter myop (Matamoros et al., 2015). Aus den in der Abbildung 4 dargestellten Daten der größten europäischen epidemiologischen Studien lässt sich ableiten, dass bei europäischen Kindern ab einem Alter von 9 bis 19 Jahren die Prävalenzwerte der Myopie stetig zunehmen. Für die Praxis ergibt sich daraus die wichtige Erkenntnis, dass es genau diese Altersgruppen sind, auf die beim Myopie-Management der Fokus gerichtet werden sollte.

Abbildung 4 Myopie Prävalenz bei europäischen Kindern



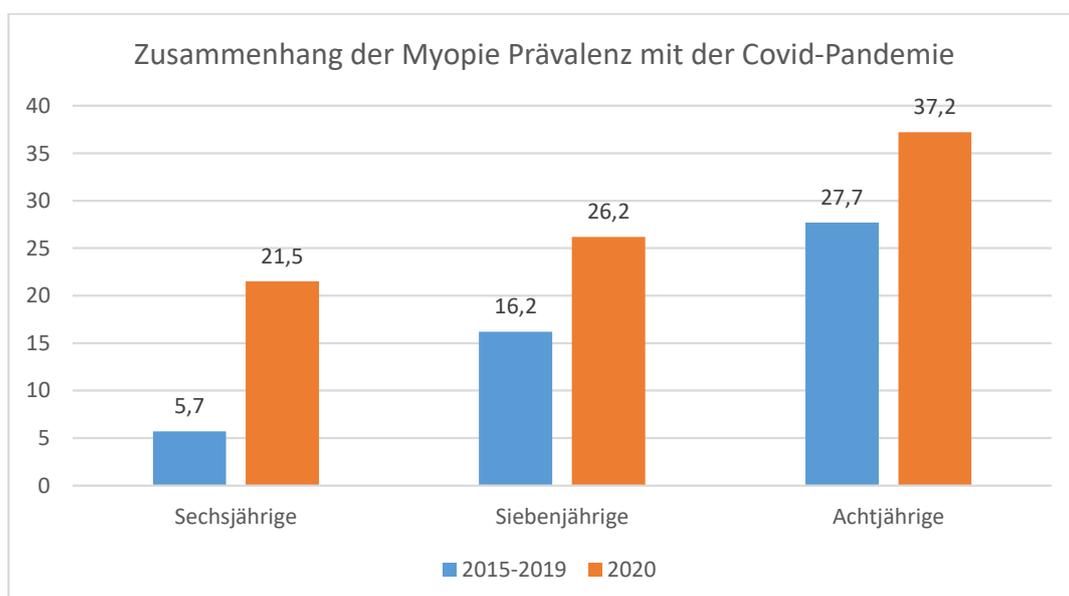
### 1.2.3 Myopie Prävalenz im Zusammenhang mit der Covid-19 Pandemie

Die Prävalenz der Myopie hat sich durch die Covid-19 Pandemie in den Jahren von 2019 bis 2022 noch einmal zugespitzt. Zu den Maßnahmen zur Eindämmung des Virus zählten unter anderem die Schließung von Bildungseinrichtungen und die Einführung von Home-Office bzw. Home-Schooling bei allen dafür geeigneten Berufsgruppen. Dadurch ergab sich bei betroffenen Menschen ein komplett neues Sehanforderungsprofil. Dieses zeichnete sich vor allem durch mehr Bildschirmarbeit, weniger Tageslicht und weniger soziale Kontakte aus. Ein besonderes Augenmerk sollte in diesem Zusammenhang auf Kinder und Jugendliche gelegt werden. Schließlich waren sie es, die nach der Schließung von Schulen und Freizeiteinrichtungen gezwungen waren, ihre Bildung, ihre sozialen Kontakte und auch die Freizeitunterhaltung von zu Hause aus digital zu organisieren. Durch die Lockdowns resultierten erhöhte Bildschirmzeiten und weniger Zeit im Freien, weil der Bereich Bildung durch „Home Schooling“ und die sozialen Kontakte sowie die Freizeitunterhaltung durch soziale Medien abgedeckt wurden.

Erste Studien belegen, dass bei Kindern und Jugendlichen vermehrte gesundheitliche Probleme im Zusammenhang mit der Covid-19 Pandemie und der damit verbundenen Isolierung auftreten. Neben dem vermehrten Auftreten von Depressionen und Angstattacken bei Kindern und Jugendlichen (Hawes et al., 2021), wurden auch erste Auswirkungen auf die Refraktionsentwicklung bekannt. Experten sprechen bereits von einer sogenannten „Quarantäne-Myopie“.

Dass es diese sogenannte „Quarantäne Myopie“ gibt, konnte bereits in mehreren Studien belegt werden. Die bekannteste davon ist eine prospektive Studie mit knapp 125.000 chinesischen Kindern zwischen 6 und 13 Jahren. In dieser Studie wurden die Daten von Kindern während der Corona Pandemie, mit Daten von Kindern von 2015-2019 verglichen. Bei der Gruppe mit den 6- bis 8-jährigen Kindern wurde einer durchschnittlichen Verschlechterung der Myopie von 0.3 dpt gemessen. Die Prävalenz der Myopie nahm bei der Gruppe der 6 Jahre alten Kindern um +15.7% zu. Aber auch bei den 7- und 8-jährigen Studienteilnehmern wurden insgesamt um eine ca. 10% erhöhte Myopie gemessen (Wang et al., 2021).

Abbildung 5 Zusammenhang der Myopie Prävalenz mit der Covid-Pandemie



Bei einer zweiten Studie aus China mit knapp 30.000 Studienteilnehmern konnte diese Corona-bedingte Myopie ebenfalls nachgewiesen werden. In dieser Studie konnte bei Grund- und Mittelschulkindern, im Beobachtungszeitraum zwischen den Jahren 2019 und 2020, eine rapide Erhöhung der Myopie Prävalenz festgestellt werden. War es im ersten Quartal 2019 noch eine geringe Zunahme der Myopie von 5%, konnte im zweiten und dritten Quartal ein Anstieg von 21% gemessen werden. Interessant war, dass sich die Prävalenz im vierten Quartal wieder um etwa 5% reduzierte, das auf den gleichzeitig endenden Lockdown in dieser Region zurückzuführen war (Chang et al., 2021).

Dieser Effekt der Quarantäne Myopie konnte aber auch außerhalb von China beobachtet werden. Bei einer in Spanien durchgeführten Studie wurden 1.600 Kinder im Alter von 5 bis 7 Jahren zwischen September und Oktober 2020 vermessen. Anschließend wurden diese Daten mit 4.227 Messdaten vom September und Oktober 2019 verglichen. Dabei fanden die Forscher heraus, dass die veränderten Lebensgewohnheiten bei den Kindern zwischen 5 - 7 Jahren zu einer Reduktion des sphärischen Äquivalents und somit zu einer Erhöhung der Myopie geführt haben (Alvarez-Peregrina et al., 2021).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es sicherlich noch zu früh ist, um das Gesamtausmaß dieser durch die Pandemie induzierten Augenprobleme vollkommen zu verstehen. Die im Jahr 2021 durchgeführten Studien und die darin bewiesenen Tendenzen der nochmaligen Erhöhung der Myopie, lassen allerdings nicht viel Gutes hoffen.

### **1.3 Entstehung von Myopie**

Normalerweise werden Lichtstrahlen von weit entfernten Objekten ohne Mithilfe der Akkommodation scharf auf der Netzhaut abgebildet. Dieser Refraktionszustand des Auges wird als Emmetropie bezeichnet. Dieser Zustand wird dann erreicht, wenn die optischen Komponenten des Auges, dazu zählen Hornhaut und Augenlinse, mit der axialen Länge des Auges exakt übereinstimmen. Wird dieses hoch-präzise Zusammenspiel gestört, führt dies zur Entwicklung einer Fehlsichtigkeit, bei der das Licht nun entweder vor (Myopie) oder hinter (Hyperopie) der Netzhaut gebrochen wird (Wallman & Winawer, 2004). In der Myopie Forschung wird derzeit der Ansatz verfolgt, dass der Emmetropisierungs-Prozess durch ein komplexes Zusammenspiel mehrerer Faktoren beschleunigt wird. Diese Faktoren haben die Fähigkeit den normalen Kontrollmechanismus, der für die Koordination des Augenwachstums und der Entwicklung der optischen Komponenten des Auges zuständig ist, zu beeinträchtigen (Troilo et al., 2019).

#### **1.3.1 Tierversuche im Zusammenhang mit der Myopie Entwicklung**

In der Myopie Forschung wurden bereits sehr viele Tierversuche durchgeführt, die darauf ausgelegt waren, die Entwicklung von Fehlsichtigkeiten und Normalsichtigkeiten zu untersuchen. Aus diesen Versuchen konnten drei Ansätze abgeleitet werden, welche mit der Myopie Entwicklung in Verbindung gebracht werden konnten. Die in Tierstudien am häufigsten verwendete Methode, um eine axiale Myopie zu erzeugen, ist die sogenannte Form Deprivation Myopie (FD). Das Forscherteam rund um Prof. Schaeffel konnte bei Hühnern beobachten, dass bei Verwendung von teildurchlässigen Diffusoren, eine Verschlechterung der retinalen Bildqualität erzeugt wurde und damit eine Verschlechterung der Myopie einherging (Schaeffel & Howland, 1991). Der Effekt der induzierten FD-Myopie wurde nicht nur bei Hühnern, sondern auch bei Fischen, Hasen, Mäusen und bei Falken erforscht (Schaeffel & Feldkaemper, 2015). Als Grund für die Myopisierung wurde in allen Studien die