



Die „U-Untersuchung“ fürs Auge: Unterstützung des Myopie-Managements mit Hilfe von Wachstumskurven

Autoren: Dr. Katharina Breher, Dr. Arne Ohlendorf, Prof. Dr. Siegfried Wahl

Myopie wird nicht mehr nur als eine Ametropie betrachtet, sondern ist mittlerweile mit deutlich mehr Kontext verbunden, wie z.B. Myopie-Risiko, -Progression oder -Management. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Häufigkeit (Prävalenz) der Myopie in den letzten Jahrzehnten konstant zugenommen hat und dieser Trend sich laut Prognosen fortsetzen wird. So wird prognostiziert, dass in 30 Jahren ca. die Hälfte der Weltbevölkerung myop sein soll, 10 Prozent sogar hochmyop mit über -5 dpt (Holden et al., 2016). Dabei ist auch festzustellen, dass die Myopie-Prävalenz sich weltweit unterscheidet. In Asien treten beispielsweise hohe Myopien deutlich häufiger und früher auf (Sankaridurg et al., 2021). Dies kann nicht nur durch genetische Risikofaktoren, sondern auch durch eine andere Alltagsgestaltung begründet werden. Im asiatischen Raum sind die Schul- und Lernphasen länger und Kinder verbringen mehr Zeit in Innenräumen mit Aktivitäten im Nahbereich. Im Gegensatz dazu wurde in Studien gezeigt, dass Zeit im Freien das Auftreten und die Progression von Myopie verringert (Cao et al., 2020; Sherwin et al., 2012). Daneben gibt es noch andere Möglichkeiten für ein Management der Progression der Myopie, wie beispielsweise Brillen, Kontaktlinsen oder Augentropfen. Myopie-Management ist notwendig, um das Risiko von potenziellen Spätfolgen zu verringern, da Myopie größtenteils durch ein zu starkes Augenwachstum entsteht. Ein zu langes Auge ist mit einem erhöhten Risiko für diverse Augenerkrankungen mit potenziell irreversiblen Sehverlust verbunden. So ist das Risiko für Netzhautablösungen um ein 3-faches (bei -3 dpt) bis 22-faches (bei -9 dpt) erhöht und eine Makuladegeneration tritt bei Myopen ca. 350-mal häufiger und bereits verfrüht in der Lebensmitte auf (Flitcroft, 2012).

Häufig stellt sich jedoch dem Praktiker die Frage, inwiefern oder ab wann ein Kind mit einer gegebenen Augenlänge oder Refraktionsdefizit Myopie-Management benötigt. Diese Einschätzung wird nochmals komplizierter aufgrund des Prozesses der Emmetropisierung. Es findet parallel ein physiologisches, also normal auftretendes, Augenwachstum statt, welches von einem nicht gewollten myopen Augenwachstum differenziert werden muss. Hier kann die Differenzierung des beobachteten Wachstums sowie eine Risikoabschätzung der Myopie-Progression und ggf. darauffolgende Interventionsentscheidungen durch die Nutzung von sogenannten Wachstumskurven (auch genannt: Perzentilkurven, Normkurven) vereinfacht werden.

Wachstumskurven stellen beim Menschen im Allgemeinen die Verteilung eines bestimmten Körpermerkmals über das Alter dar, meist getrennt nach Geschlechtern, und werden in anderen medizinischen Bereichen bereit seit langem genutzt. Ein bekanntes Beispiel hierfür sind Normkurven zur Einordnung der Körpergröße bzw. des -gewichtes in der Kinderheilkunde. Angenommen, ein 16-jähriger Junge ist 173 cm groß. Damit befände er sich auf dem 50. Perzentil (Median), d.h. 50 Prozent aller 16-jährigen Jungen sind kleiner – und damit folglich 50 Prozent aller 16-jährigen Jungen größer, er ist also normal groß. Hätte der Junge im selben Alter eine Körpergröße von 185 cm, befände er sich lt. Normkurve auf dem 97. Perzentil, d.h. 97 Prozent seiner Altersgenossen sind kleiner, während nur drei Prozent größer sind als er. Somit stellen die sehr hohen oder niedrigen Perzentile die weiter vom Normwert entfernten Verteilungsbereiche dar.

Das oben beschriebene Prinzip der Wachstumskurven kann auch auf okuläre Parameter, wie beispielsweise Augenlänge oder Refraktion übertragen werden. Wichtig ist hier, dass europäische Daten als Grundlage dienen,



die der entsprechenden Ethnie entsprechen – also z.B. Daten aus Europa, wenn es um die Einteilung der Augen von kaukasischen Kindern geht. Die in Abbildung 1 bis 4 dargestellten Wachstumskurven, welche im Folgenden genauer erläutert werden, sind mit Hilfe von Messdaten aus der „LIFEchild“ Studie erstellt worden. Die LIFEchild Studie findet im Leipziger Forschungszentrum für Zivilisationserkrankungen statt und wird in Kollaboration mit ZEISS Vision Care durchgeführt. In die Studie wurden initial 2000 Kinder eingeschlossen, bei denen bereits seit 2014 jährlich eine Vermessung der objektiven Refraktion sowie der Augenlänge stattfindet. Damit stellt die LIFEchild Studie eine der größten laufenden longitudinalen Studien in Mitteleuropa dar. Aus diesen Daten wurden die im Folgenden beschriebenen Wachstumskurven für europäische Kinder erstellt.

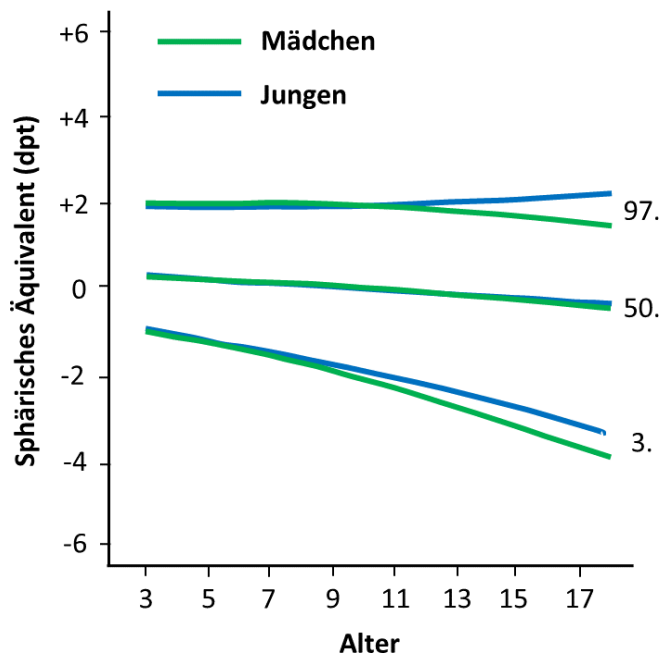


Abbildung 1: Kurven für das 3., 50. und 97. Perzentil für das sphärische Äquivalent (dpt) für Mädchen und Jungen aus der LIFEchild Studie (adaptiert von Truckenbrod et al., 2020).

Abbildung 1 (Truckenbrod et al., 2020) zeigt die Wachstumskurven für das objektive sphärische Äquivalent ohne Zykloplegie mit dem 3., 50. und 97. Perzentil für Mädchen und Jungen im Alter von drei bis 17 Jahren. Hieraus können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Mit zunehmendem Alter verschiebt sich das 50. Perzentil (Median) in Richtung Myopie. Zwischen drei und 18 Jahren beträgt diese Verschiebung ca. -0.70 dpt. Im Alter von 11 Jahren findet der Übergang von Pluswerten (Hyperopie) zu Minuswerten (Myopie) statt.
- Die oberen Perzentile (hyperope Refraktion) zeigen über das Alter im Allgemeinen eine weniger starke Abnahme des sphärischen Äquivalents als die niederen Perzentile (myope Refraktion). Dies lässt schlussfolgern, dass die Myopie-Progressionsrate mit höherer Ausgangsmyopie steigt, was durch in anderen Forschungsarbeiten publiziert wurde.
- Im 3. Perzentil verläuft die Kurve immer steiler Richtung minus nach unten, d.h. bei Kindern, die auf dieser Kurve liegen, erfolgt die Myopie-Progression zunehmend schneller mit zunehmendem Alter.
- Die Kurven für Mädchen und Jungen unterscheiden sich nicht klinisch relevant im 50. Perzentil und zeigt bei beiden Geschlechtern eine Tendenz zur Verschiebung der Kurzsichtigkeit mit zunehmendem Alter. Im 3.



und 97. Perzentil zeigen die Daten im Alter von drei Jahren noch keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Ab dem Grundschulalter driften die Kurven jedoch auseinander und Mädchen zeigen eine stärkere Myopisierung als Jungen – vgl. 3. Perzentil mit 18 Jahren: Mädchen mit -3.00 dpt vs. Jungen mit -2.50 dpt.

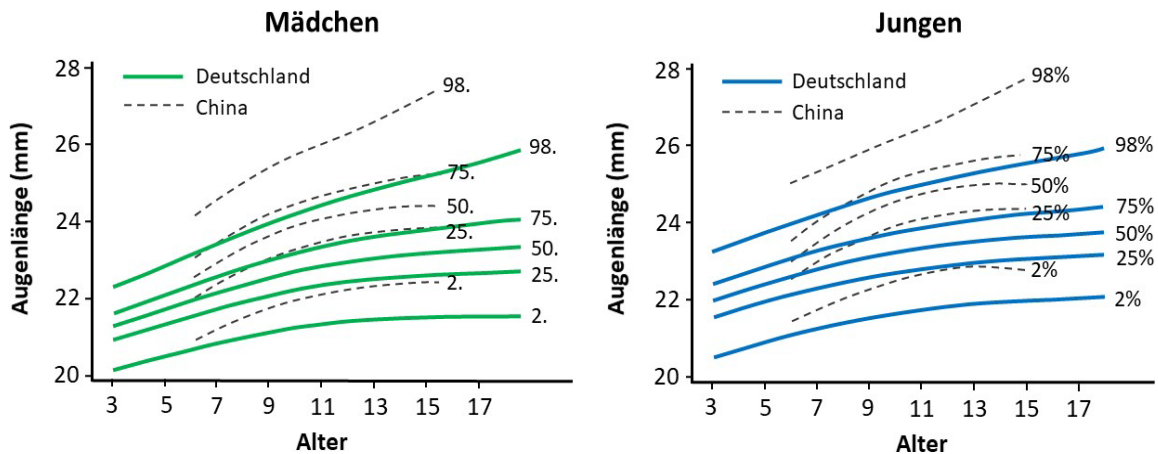


Abbildung 2: Wachstumskurven für die Augenlänge (mm) für Mädchen und Jungen im Vergleich zu Daten aus China (adaptiert von Truckenbrod et al., 2021).

Abbildung 2 (Truckenbrod et al., 2021) stellt Wachstumskurven für die Augenlänge für Mädchen und Jungen erneut im Alter zwischen drei und 17 Jahren dar. Neben den europäischen Daten (durchgezogene Linien) werden hier jedoch auch Daten von chinesischen Kindern (gestrichelte Linien) im direkten Vergleich gezeigt. Hier können folgende Tendenzen und Unterschiede beobachtet werden:

- Wenn man das europäische 50. Perzentil betrachtet, erkennt man das physiologische Augenwachstum im Rahmen der Emmetropisierung wieder. Während das Auge bei der Geburt ca. 17 mm lang ist (nicht abgebildet, Fledelius, 1992), wächst es auf ca. 23 mm im jungen Erwachsenenalter.
- Generell haben Jungen etwas längere Augen als Mädchen. Dieser Unterschied ist in den höheren Perzentilen ausgeprägter, wird jedoch kleiner mit zunehmendem Alter. Im 98. Perzentil beträgt der Geschlechterunterschied mit drei Jahren 0.91 mm, mit 18 Jahren jedoch nur noch 0.21 mm. Hier kann wieder auf die bereits in Abbildung 1 erkannte stärkere Myopisierung von Mädchen geschlossen werden.
- Europäische und chinesische Daten unterscheiden sich signifikant. Das europäische extreme 98. Perzentil ist ungefähr auf dem Level des noch moderaten 75. Perzentils in China. Das heißt, während eine Augenlänge von ca. 25 mm mit 15 Jahren in Europa in das 98. Perzentil fällt und somit als extrem lang eingeschätzt wird, fiel es in China in das 75. Perzentil und gälte dort folglich nur als etwas überdurchschnittlich lang. Umgekehrt müsste ein 15-jähriges Kind eine Augenlänge von ca. 27 mm haben, um in China in das 98. Perzentil zu fallen. Innerhalb derselben Perzentile beider Regionen sind die Wachstumsraten jedoch vergleichbar.

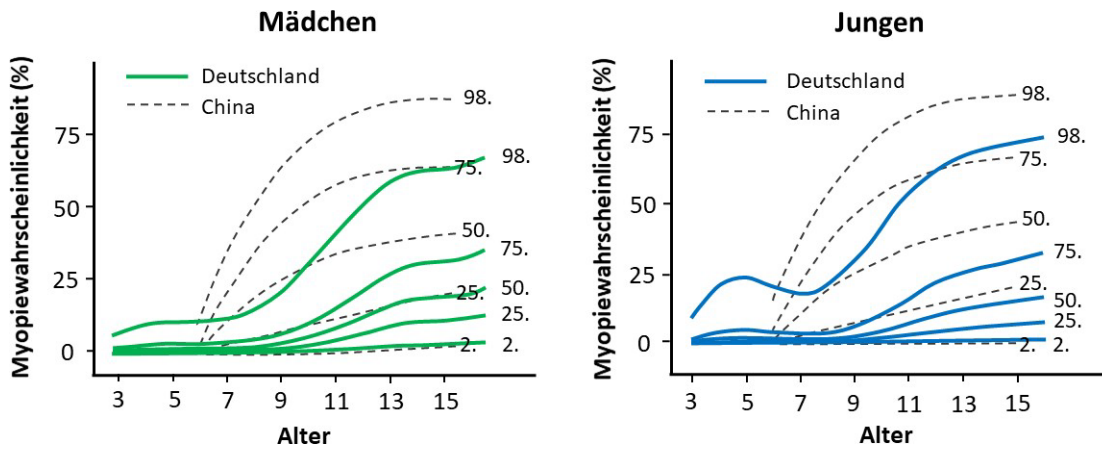


Abbildung 3: Übertrag der Perzentile für Augenlänge in prozentuale Myopie-Wahrscheinlichkeit (adaptiert von Truckenbrod et al., 2021).

In Abbildung 3 (Truckenbrod et al., 2021) werden die vorher beschriebenen Perzentile der Axiallänge in eine prozentuale Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung einer Myopie übertragen. Hier sind ebenfalls im linken Diagramm die Kurven der Mädchen und unten die Kurven der Jungen abgebildet (durchgezogene Linien: europäische Daten, gestrichelte Linien: Daten aus China im Vergleich). Folgende Rückschlüsse können aus den Kurven gezogen werden:

- Zwischen 8 und 12 Jahren ist ein rapider Anstieg der Myopie-Wahrscheinlichkeit sichtbar, vor allem oberhalb des 50. Perzentils. Davor und danach ist eine stabilere Phase. In China findet dieser Anstieg schon früher ab 6 Jahren, sowie deutlich extremer statt.
- Kinder, die sich bereits in jungen Jahren in höheren Perzentilen befinden, haben die höchste Wahrscheinlichkeit später myop zu werden, wenn sie es noch nicht sind.

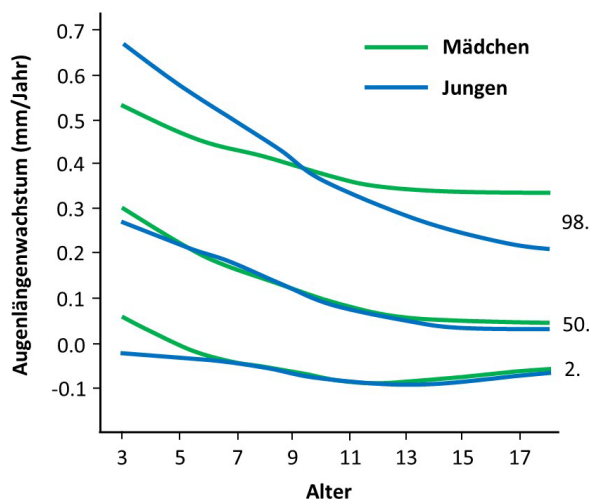


Abbildung 4: Wachstumskurven für das jährliche Augenlängenwachstum (mm) für Mädchen und Jungen aus der LIFEchild Studie (adaptiert von Truckenbrod et al., 2021).

Abbildung 4 (Truckenbrod et al., 2021) zeigt das jährliche Augenlängenwachstum in mm für Mädchen und Jungen. Folgende Ergebnisse können daraus abgeleitet werden:



- Das mittlere jährliche Wachstum verlangsamt und stabilisiert sich mit zunehmendem Alter von 0.30 mm mit drei Jahren auf 0.05 bis 0.10 mm ab 13 Jahren
- Dieser Trend ist auch in den extremen Perzentilen zu beobachten, jedoch mit anderen absoluten Zahlen. Im 2. Perzentil findet ab 13 Jahren quasi kein Augenlängenwachstum mehr statt – hingegen im 98. Perzentil das Augenlängenwachstum sich lediglich zwischen 0.30 mm und 0.40 mm einpendelt und man hier von einer schnellen Myopie-Progression ausgehen kann.
- Geschlechterspezifische Unterschiede sind vor allem im 98. Perzentil sichtbar. Jungen weisen ein schnelleres Augenlängenwachstum vor dem Alter von neun Jahren auf, während sich dieser Zusammenhang danach umkehrt. Erneut deutet dies auf eine stärkere Myopisierung bei Mädchen ab der Pubertät hin.

Die beschriebenen Erkenntnisse beruhen auf Forschungsarbeiten bezüglich der Entwicklung des juvenilen Auges. Um dieses Wissen in die tägliche augenoptische / optometrische Praxis umzusetzen bzw. anbieten zu können, bedarf es noch weiterer Planung bzw. der Beachtung verschiedener Faktoren, welche in Abbildung 5 visualisiert werden. Die Ausgangssituation und das Zentrum bilden dabei das individuelle myope Kind. Für dieses zählt jede Dioptrie bzw. jeder Zehntelmillimeter Augenlänge, welche in der Entwicklung vermieden werden können.

Im nächsten Kreis um das Zentrum in Abbildung 5 befinden sich alle internen Faktoren, die mit dem Know-how des entsprechenden Augenoptikers zusammenhängen und zumeist selbst gesteuert werden können. Als erster Schritt befindet sich hier die Aufklärung. Zum einen kann hier die Sensibilisierung nach außerhalb erfolgen, sodass Eltern über das Thema Myopie informiert werden, z.B. über Flyer, Anzeigen, Social Media, etc. Zum anderen aber vor allem auch die Eltern, die mit ihren (myopen) Kindern in den Betrieb kommen und eine Abklärung wünschen. Ebenso sollte man den Eltern die akuten Sorgen nehmen, denn eine gefährliche Myopie entwickelt sich nicht über Nacht, sondern über den Verlauf mehrerer Monate bzw. Jahre. Als zweiter Schritt nach der Aufklärung findet ein standardisierter und idealerweise effizienter Workflow, um alle relevanten Messergebnisse sammeln zu können. Im Gesamtbild von Messergebnissen und gründlicher Anamnese (Eltern, Historie, Alter, Alltagsgestaltung...) kann unter Zuhilfenahme der zuvor beschriebenen Wachstumskurven eine Risikoabschätzung erfolgen. Bei Unsicherheiten in der Abschätzung ist es oft am hilfreichsten, einen erneuten Termin in drei bis sechs Monaten zur Verlaufskontrolle zu vereinbaren und die Situation dann neu zu bewerten. Dies wird auch vom International Myopia Institute (IMI) empfohlen (Gifford et al., 2019). Kürzere Zeitabstände sind weniger sinnvoll, da kleinste Veränderungen im Messrauschen der Messgeräte untergehen können. Falls das Kind nun ein Management der Myopie benötigt, gilt es die entsprechende Interventionsstrategie auszuwählen. Die Auswahl der Intervention stellt sich als ein komplexes Zusammenspiel aus Elternwunsch, Compliance der Kinder, Stärke der Myopie-Progression und nicht zuletzt der aktuellen Studienlage, der Empfehlungen durch das IMI bzw. die Verfügbarkeit von Produkten auf dem jeweiligen Markt dar. Mehr Zeit im Freien (in Europa circa 1.5 Stunden am Tag) sowie eine Begrenzung von maximal 2 Stunden täglich vor digitalen Geräten sind immer eine mögliche und sinnvolle Zusatzstrategie zu produktbasierten Interventionen. Die darauffolgenden Verlaufsüberwachungen sind abhängig von der gewählten Intervention zum Management der Myopie und der individuellen Progression – in der Praxis hat sich jedoch ein Zeitraum von circa 6 Monaten etabliert. Myopie-Management ist in den meisten Fällen erst im jungen Erwachsenenalter mit 18 bis 20 Jahren beendet bzw. wenn durch das Management ein Wachstum des Auges vorliegt, das als physiologisch „normal“ beschrieben werden kann (siehe Wachstumskurven aus den Abbildungen 1, 2 und 4). Weitere regelmäßige Kontrollen sollten jedem Myopen natürlich weiterhin empfohlen und angeboten werden.

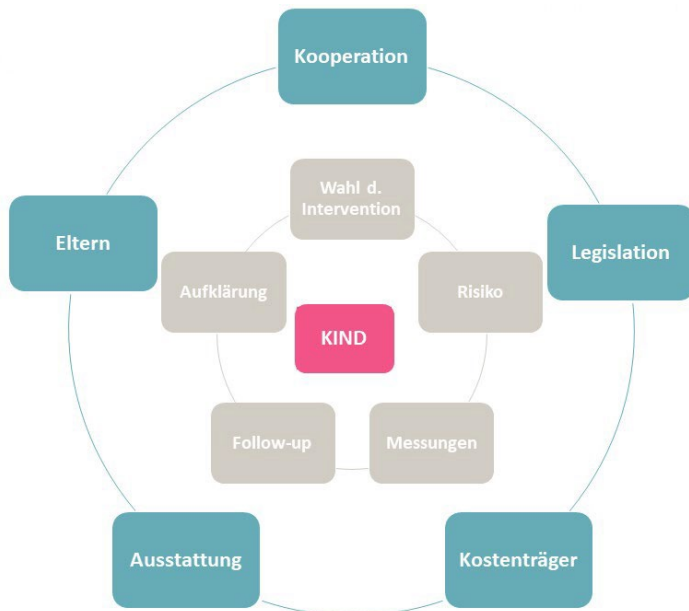


Abbildung 5: Faktoren, die bei der Umsetzung des Myopie-Managements von der Theorie in die Praxis eine wichtige Rolle spielen.

Der äußerste Kreis in Abbildung 5 beschreibt alle externen Faktoren, die der Augenoptiker im Rahmen vom Myopie-Management zumeist nicht selbst beeinflussen kann. Dazu zählen legislative Grundsätze, die die Pflichten und Rechte der Augenoptiker beschreiben. Weiterhin kann die technische, räumliche bzw. personelle Ausstattung eine Limitierung darstellen. Eine Kooperation zwischen Augenoptikern und Augenärzten kann sehr sinnvoll sein, um eine bestmögliche Versorgung des Kindes zu gewährleisten. Nicht zuletzt bleibt die Frage nach der Preisgestaltung und der Kostenträger. Aktuelle Zahlen hierzu gibt es durch aktuelle Abschlussarbeiten an den deutschen Hochschulen. In einer Umfrage der Hochschule Aalen, gaben die Eltern an, dass sie bereit wären, im Mittel 40 Euro pro Monat für die Versorgung Ihres Kindes zu bezahlen, da die Spezialversorgung nicht von der Krankenkasse übernommen wird (Bracknies, 2021). Ein weiterer Baustein ist die Analyse von Brillenverkäufen, z.B. durch die Analyse der Daten der Firma Euronet für 400 Optiker in Deutschland für den Zeitraum 2000 bis 2021. In diesem Zeitraum wurden circa drei Millionen Kinder mit Brillen versorgt. Wie in den Wachstumskurven beschrieben und auch durch andere wissenschaftliche Arbeiten bestätigt, benötigen jedoch nur ein Bruchteil dieser Kinder ein Management der individuellen Myopie-Progression. Im Falle der Betrachtung der Wachstumskurven der Refraktion, benötigen Kinder, die auf dem 25. Perzentil oder darunter liegen ein Management der Myopie – im Falle der Betrachtung der Achsenlänge stimmt dies für Kinder auf dem 75. Perzentil oder darüber. Wird die Versorgung auf ein Jahr berechnet, würden zumindest theoretisch circa 90 Kinder pro Optiker pro Jahr von einem Management der Myopie profitieren.

Anhand der präsentierten Studiendaten lässt sich zusammenfassen, dass die weltweite Prävalenz sowie die Zunahme der Progression der Myopie eine globale Herausforderung darstellen, diese bedarf jedoch lokalen Betrachtungen. Erkenntnisse zur Refraktionsentwicklung des juvenilen Auges, die in den letzten 20 Jahren in Asien entdeckt wurden, können nicht 1:1 auf europäische Kinder übertragen werden. Anhand dieser Datenlage müssen sich Augenoptiker nicht gezwungen sehen, sofort auf den „Hype“ Myopie-Management aufzuspringen – hier gilt ganz klar: Keine Panik!

Nichtsdestotrotz ist Myopie-Management jetzt schon eine sinnvolle zusätzliche Dienstleistung des



Augenoptikers. Der Fokus sollte die bestmögliche Unterstützung des Kindes auf dem Weg zu einer normalen Entwicklung seiner Augen sein. Dies bedeutet, dass kein kompletter Stopp des Augenwachstums, sondern ein Bremsen auf ein physiologisch normales Längenwachstum angezielt wird. Für all diese Einschätzungen und Entscheidungen in der Praxis unterstützen die zuvor beschriebenen Wachstumskurven, welche auf wissenschaftlichen Daten basieren und somit zusätzliche Sicherheit für die Anwendung geben. Zusätzlich werden in naher Zukunft ZEISS Empfehlungen rund um das Thema Myopie-Management verfügbar sein.

Beim Transfer des Know-hows in die Praxis gibt es noch zusätzliche Punkte zur Beachtung, von denen einige Faktoren durch den Augenoptiker selbst gesteuert werden können (z.B. Ausgestaltung eines Myopie-Management-Workflows), hingegen andere externe Faktoren (z.B. Gesetzeslage, Kostenträger) zumeist unveränderbar gegeben sind, aber durch gezielte Vernetzung und Preisgestaltung bestmöglich im Sinne des individuellen Kindes genutzt werden können.

Referenzen

- Bracknies, A.-K. (2021). *Entwicklung und Implementierung eines Myopiepräventionskonzeptes mit Ermittlung der Kostenakzeptanz bei den Eltern*.
- Cao, K., Wan, Y., Yusufu, M., & Wang, N. (2020). Significance of Outdoor Time for Myopia Prevention: A Systematic Review and Meta-Analysis Based on Randomized Controlled Trials. *Ophthalmic Research*, 63(2), 97–105. <https://doi.org/10.1159/000501937>
- Fledelius, H. C. (1992). Pre-term delivery and the growth of the eye An oculometric study of eye size around term-time. *Acta Ophthalmologica*, 70(S204), 10–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1992.tb04915.x>
- Flitcroft, D. I. (2012). The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. *Progress in Retinal and Eye Research*, 31(6), 622–660. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2012.06.004>
- Gifford, K. L., Richdale, K., Kang, P., Aller, T. A., Lam, C. S., Liu, Y. M., Michaud, L., Mulder, J., Orr, J. B., Rose, K. A., Saunders, K. J., Seidel, D., Tideman,
- J. W. L., & Sankaridurg, P. (2019). IMI – Clinical Management Guidelines Report. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 60(3), M184– M203. <https://doi.org/10.1167/iovs.18-25977>
- Holden, B. A., Fricke, T. R., Wilson, D. A., Jong, M., Naidoo, K. S., Sankaridurg, P., Wong, T. Y., Naduvilath, T. J., & Resnikoff, S. (2016). Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 123(5), 1036–1042. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006>
- Sankaridurg, P., Tahhan, N., Kandel, H., Naduvilath, T., Zou, H., Frick, K. D., Marmamula, S., Friedman, D. S., Lamoureux, E., & Keeffe, J. (2021). IMI impact of myopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 62(5), 2.
- Sherwin, J. C., Reacher, M. H., Keogh, R. H., Khawaja, A. P., MacKey, D. A., & Foster, P. J. (2012). The association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*, 119(10), 2141–2151. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2012.04.020>
- Truckenbrod, C., Meigen, C., Brandt, M., Vogel, M., Sanz Diez, P., Wahl, S., Jurkutat, A., & Kiess, W. (2021). Longitudinal analysis of axial length growth in a German cohort of healthy children and adolescents. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 41(3), 532–540. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/opo.12817>
- Truckenbrod, C., Meigen, C., Brandt, M., Vogel, M., Wahl, S., Jurkutat, A., & Kiess, W. (2020). Reference curves for refraction in a German cohort of healthy children and adolescents. *PLOS ONE*, 15(3), e0230291. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230291>