

47. Fielmann Akademie Kolloquium

Perspektiven Sehen

Samstag, 23. November 2019

Netzhautscreening mit Künstlicher Intelligenz 2

Dr. med. Andreas K. Cordes, Leitender Arzt und Mitinhaber der Hochkreuz Augenklinik Bonn

Refraktionsbestimmung: Gibt's da nicht eine App? 5

Dipl.-Ing. (FH) Olaf Schmidt-Kiy, Leiter der Meisterschule der Fielmann Akademie Schloss Plön

Blaues Licht – Nutzen und Risiken 7

Prof. Dr, med Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jürgen Grein, Leiter Wissenschaft der Fielmann Akademie Schloss Plön/Technische Hochschule Lübeck

Gleitsichtgläser Gestern und Heute - was leisten aktuelle Gläser? 9

Dr. Sabine Latzel, Lens Design, Zeiss Vision Care, Aalen

Netzhautscreening mit Künstlicher Intelligenz

Dr. med. Andreas K. Cordes, Leitender Arzt und Mitinhaber der Hochkreuz Augenklinik Bonn

Das Thema Künstliche Intelligenz ist in den Medien und der Politik längst angekommen. Die Bundesregierung hat ein Maßnahmenpaket entwickelt, mit dem sie den digitalen Wandel gestalten und Deutschland bestmöglich auf die Zukunft vorbereiten will. Doch was genau bedeutet Künstliche Intelligenz? Künstliche Intelligenz ist ein Überbegriff für alle Maschinen, die versuchen, menschliches Verhalten zu imitieren. Wissenschaftler unterscheiden zwei Untergruppen Künstlicher Intelligenz: Machine Learning und Deep Learning.

Machine Learning

Beim Machine Learning werden IT-Systeme in die Lage versetzt, auf der Basis vorhandener Datensätze und Algorithmen Muster und Gesetzmäßigkeiten wieder zu erkennen und daraus Entscheidungen abzuleiten. Die IT-Systeme sind in der Lage, die erzielten Lösungen auf neue Situationen zu übertragen. Damit die Software lernen und Lösungen finden kann, ist zunächst menschliches Handeln erforderlich. Diese Systeme müssen mit einer großen Datenmenge versorgt und die notwendigen Analysealgorithmen programmiert werden. Darüber hinaus müssen die Regeln für die Erkennung von Mustern und Gesetzmäßigkeiten aufgestellt werden. Sind diese Voraussetzungen gegeben, können Systeme mit maschinellem Lernen relevante Muster finden und zusammenfassen, Vorhersagen

auf Basis der analysierten Datenbasis treffen sowie Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Ereignisse berechnen.

Machine Learning in der Ophthalmologie

In Großbritannien werden Bildanalyse-Systeme, die auf der Basis von Machine Learning arbeiten, bereits seit einigen Jahren zur Klassifikation der Diabetischen Retinopathie eingesetzt. Die Software wird dazu mit einer großen Anzahl Fundusbilder gespeist. Entwickler markieren die relevanten Veränderungen der Erkrankung in den Bildern und klassifizieren diese. Die Software sucht in unbekannten Fundusbildern selbständig nach entsprechenden Bildinformationen. Die ARIAS-Systeme konnten in Studien zeigen, dass die Treffgenauigkeit für Diabetische Retinopathie mit einem solchen System bei etwa 80 Prozent liegt. Dieses Ergebnis reicht nicht für eine Diagnosestellung, für ein Screening mit dem Ziel Patienten möglichst frühzeitig an einen Augenarzt zu vermitteln, ist die Genauigkeit jedoch hinreichend.

Deep-Learning

Deep Learning ist der nächste Entwicklungsschritt der Künstlichen Intelligenz. Die Methodik ist prinzipiell dieselbe wie beim Machine learning mit dem Unterschied, dass bei der Auswertung ein neuronales Netzwerkcomputer verwendet wird. Diese neuronalen Netzwerkcomputer

können nachdem sie trainiert – nicht programmiert – wurden selbstständig relevante Inhalte identifizieren und analysieren. Wie beim Machine Learning ist auch hier eine große Datenmenge die Basis für ein erfolgreiches System. Im Unterschied zum Machine Learning wird dem Deep Learning System lediglich die Klassifikation vorgegeben. Die Software sucht selbstständig nach ähnlichen Mustern in den bereitgestellten Datensätzen. Deep Learning Systeme sind in der Lage, die erzielten Lösungen zu verallgemeinern und diese auf neue Situationen zu übertragen. Hierzu wird jede Entscheidung durch die Software kontinuierlich hinterfragt. Dadurch erhalten die Entscheidungen bestimmte Gewichtungen. Bestätigen sich Entscheidungen, wird die Gewichtung des erkannten Musters erhöht; werden Entscheidungen revidiert, verringert sich die Gewichtung des erkannten Musters. Die Strukturen dieser IT-Systeme sind somit ähnlich vernetzt, wie neuronale Strukturen des menschlichen Gehirns. Auf Basis welcher Muster ein Deep Learning System seine Entscheidung getroffen hat, lässt sich im Nachhinein nicht mehr rückverfolgen. Der Mensch greift bei Deep Learning Systemen also nach der Einspeisung der Daten nicht mehr in den eigentlichen Lernvorgang der Software ein.

Machine Learning vs. Deep Learning

Der entscheidende Unterschied zwischen Deep-Learning und Machine Learning besteht darin, dass beim Machine Learning der Mensch den Analysealgorithmus für die Daten vorgeben muss. Das System muss programmiert wer-

den welche Elemente beispielsweise in einem Bild zu analysieren sind. Beim Deep Learning stellt der Mensch die für das Lernen notwendigen Informationen während des Trainings bereit. Hierbei wird dem Computer beispielsweise bei Bildern nur mitgeteilt was auf dem Bild zu sehen ist. Die eigentlichen Analysen sowie das Ableiten der Entscheidungen führt das IT-System autark durch.

Deep Learning in der Ophthalmologie

Bisher wurde Deep Learning in der Ophthalmologie nur in klinischen Studien eingesetzt. In einer großen Untersuchung mit 128.175 Bildern verschiedener Stadien einer diabetischen Retinopathie erzielte das Deep Learning System eine annähernd gute Spezifität und Sensitivität, wie die Beurteilung der Bilder durch erfahrene Ophthalmologen. Ein viel versprechender Ansatz, der jedoch stark abhängig von der Datenvielfalt, der zum Lernen zur Verfügung steht, ist nur dann erfolgreich sein kann, wenn die eingespeisten Daten die epidemiologische Streubreite als auch die Varianz der Pathologie und der Bevölkerung abbilden. Ebenfalls erfolgreich haben sich Deep Learning Systeme in der Detektion retinaler Ödeme erwiesen. Durch die Kombination verschiedener Darstellungsarten, wie OCT-Scan, Dickenkarten und Heat-Maps, konnten die IT-Systeme Veränderung bereits in sehr frühen Stadien erkennen. Für die Differentialdiagnose war in diesem Anwendungsbereich die Erfahrung eines Ophthalmologen erforderlich. Mittlerweile sind erste kommerzielle Systeme zu Analyse von Netzhautbildern erhältlich.

Fazit

IT-Systeme können die Arbeit eines Ophthalmologen unterstützen. Durch visuelle Kennzeichnung von Bildarealen, die die Software zur Differentialdiagnose als relevant erachtet, kann künstliche Intelligenz die zeitlichen Ressourcen innerhalb der Praxisabläufe positiv beeinflussen. KI hat sich für verschiedene Screening-Untersuchungen bereits bewährt und nimmt insbesondere in ländlichen Regionen mit geringer Dichte fachärztlicher Versorgung einen zunehmend wichtigen Stellenwert ein. Hier könnte Künstliche Intelligenz die Routineuntersuchungen reduzieren und Landärzte somit entlasten – nach heutigem Stand jedoch keinesfalls ersetzen.

Refraktionsbestimmung: Gibt's da nicht eine App?

Dipl.-Ing. (FH) Olaf Schmidt-Kiy, Leiter der Meisterschule der Fielmann Akademie Schloss Plön

Die Verwendung von Smartphones und Tablet-PCs als universeller Träger von Programmen aller Art ist seit Jahren etabliert. Für die Augenoptik und Optometrie finden sich inzwischen zahlreiche Anwendungen in unterschiedlicher Qualität und mit unterschiedlichen Einsatzgebieten. Im Vortrag wurde eine Auswahl derartiger Apps kurz vorgestellt.

Bezogen auf Screenings für verschiedene Sehfunktionen und vor allem die Refraktionsbestimmung erscheint der Einsatz solcher Apps im dicht besiedelten Deutschland auf den ersten Blick überflüssig; schließlich ist der nächste Augenoptiker nicht weit entfernt. Für Menschen, die in abgelegenen Gebieten wohnen oder nicht mobil sind, ist der Gang zum Augenoptiker mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Hier liegt die eigentliche Zielgruppe der meisten Apps.

Im Idealfall ist eine Screening-App so gestaltet, dass jedermann sie ohne Fachkenntnis bedienen kann und das Messergebnis entweder automatisch ausgewertet oder per Mail an geschulte Fachleute versendet wird. Beispielsweise sei hier eine Anwendung genannt, mit der Kinderärzte ihre jungen Patienten auf Fehlsichtigkeiten, Anisometropie und Strabismus screenen können, ohne ausgewiesener Experte in diesen Disziplinen zu sein. Mit der App wird ein

Foto der Augen des Kindes gemacht, das Programm beurteilt die Reflexe des speziell modifizierten Blitzes und gibt eine Einschätzung ab. Gegebenenfalls würde der Kinderarzt den Patienten aufgrund seines Screenings an einen Augenarzt überweisen.

Zur Bestimmung der Fernpunktrefraktion ist bisher noch keine zuverlässige App zu finden, die mit der gleichen Messsicherheit aufwarten kann wie moderne Autorefraktometer – jedenfalls nicht zu Preisen, die ein typischer Bürger zu investieren bereit ist. Erschwingliche Apps sind derzeit noch recht schwierig zu bedienen, wenn man im Umgang mit Smartphones nicht sehr geschickt ist, was zumindest für ältere Menschen gilt. Dennoch haben auch diese Anwendungen ihre Berechtigung: Eine nennenswerte Myopisierung beispielsweise würde mit diesen Apps erkannt. Dank der hochentwickelten Kameras ist sogar die Fundusfotografie mit einem Smartphone möglich. Ein solches Bild könnte beispielsweise in einem Altenheim entstehen und zur Auswertung an einen Augenarzt geschickt werden.

In der nahen Zukunft werden vorhandene Apps verbessert werden und weitere entstehen. Die Vision, alle mit solchen Apps erhobenen Testergebnisse und Befunde zu bündeln, ist verlockend. Und potenziell gefährlich: Man-

che Anwendungen funktionieren nur mit der Unterstützung von externen Servern, auf denen die Berechnungen stattfinden und fordern eine Authentifikation. Name, Vorname, Adresse, Fernpunktrefraktion und eine Reihe anderer Eigenschaften gehen derzeit schlecht kontrolliert an den Betreiber der App. Was der mit diesen Daten anfängt, ist weitgehend unbekannt, denn der Betreiber unterliegt nicht der deutschen Rechtsprechung, wenn er zum Beispiel in den USA sitzt.

In jedem Fall ist die Entwicklung spannend und alle Augenoptiker und Augenärzte sind gut beraten, eine Strategie zu entwickeln, wie sie mit dieser Herausforderung umgehen möchten.

Blaues Licht – Nutzen und Risiken

Prof. Dr, med Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jürgen Grein, Leiter Wissenschaft der Fielmann Akademie Schloss Plön/Technische Hochschule Lübeck

Sehen ist zwangsläufig mit dem Einfallen von elektromagnetischer Strahlung ins Auge verbunden. Es gilt: Je kurzwelliger die Strahlung, desto höher die Energie, die bei der Absorption umgesetzt wird. Dabei kann es mit steigender Energie zu Schäden in den absorbierenden Geweben kommen. Folglich besitzen aus dem relevanten elektromagnetischen Spektrum das sichtbare Blau und die daran angrenzende UV-Strahlung das höchste Schädigungspotential.

Die Netzhaut wird durch die Augenlinse vor UV-Strahlung geschützt. Allerdings besteht bei Kleinkindern eine Resttransmission für UV-Strahlung. Etwa acht Prozent des UV-A kommen auf der Netzhaut an und können Schäden erzeugen. Deshalb ist auch bei Kleinkindern eine Sonnenbrille in entsprechenden Umgebungsbedingungen wichtig. Für die Netzhaut ist im Erwachsenenalter keine UV-Belastung mehr gegeben. Allerdings ist auch das sichtbare blaue Licht so energiereich, dass photochemische Schäden entstehen können. Dabei entstehen im Netzhautgewebe freie Radikale - Atome oder Moleküle, die ungepaarte Elektronen auf der Außenschale besitzen. Durch Reaktion mit umgebenden Zellen entstehen oxidative Schäden. Besonders betroffen von diesen Schäden ist das retinale Pigmentepithel (RPE). Die dort vorliegenden

Zellen haben wichtige Aufgaben bei der Entsorgung von Stoffwechsellmüll aus den lichtempfindlichen Rezeptoren. Der verbrauchte Sehfärbstoff, All-trans-Retinal, wird mit Hilfe der RPE-Zellen regeneriert. Reste dieses Prozesses, sogenanntes A2E, lagern sich zusammen und bilden Ansammlungen von Lipofuscin. Im Laufe des Lebens akkumulieren diese Müllhalden aus Zellschutt. Das blaue Licht im Bereich um 415 bis 455 nm wird insbesondere von Lipofuscin absorbiert. Bei der Blaulichtabsorption im Lipofuscin kommt es zu Autofluoreszenz und zur Bildung von freien Radikalen. Diese Vorgänge stehen im Verdacht, die Bildung der altersabhängigen Makuladegeneration zu fördern.

Ein natürlicher Schutz gegen zu viel Blaulicht im Bereich der Makula bilden die Pigmente Lutein und Zeaxanthin. Sie sind vor den lichtempfindlichen Rezeptoren der Netzhaut angeordnet und wirken wie eine innere Sonnenbrille. Allerdings lässt die Konzentration dieser Substanzen im Laufe des Lebens nach. Durch gesunde Ernährung mit viel grünem Gemüse kann die Konzentration des Makulapigments nachweislich erhöht werden.

Auch die natürliche Augenlinse, die sich im Laufe des Lebens leicht gelblich eintrübt, bietet einen gewissen Blau-

lichtschutz. Nach Katarakt-OP mit Implantation einer klaren Intraokularlinse entfällt dieser natürliche Schutz. Besonders in diesen Fällen empfiehlt sich Sonnenschutz mit Blaulichtreduktion durch geeignete Brillengläser (Blauabschwächer).

Blaues Licht ist aber auch wichtig, um den Tag-Nacht-Rhythmus des Körpers zu steuern. Spezialisierte Ganglienzellen der Netzhaut werden durch blaues Licht insbesondere im Bereich von 440 bis 480 nm stimuliert. Sie hemmen die Melatoninbildung im Gehirn, was Ermüdung tagsüber unterdrückt. Darüber hinaus wird ein Einfluss des blauen Lichtes auf die Myopieentwicklung bei Kindern diskutiert. Eine komplette Absorption von Blaulicht durch Filtergläser hätte zwar einen protektiven Effekt für die Netzhaut, jedoch auch eine Störung des circadianen Rhythmus zur Folge. Selektive Blaufilter, die kurzwelliges Blau unter 450 nm absorbieren, jedoch genügend langwelliges Blau ab 460 nm durchlassen, erfüllen beide Anforderungen: Sie reduzieren die Blaulichtschäden ohne den Tag-Nacht-Rhythmus zu beeinträchtigen (Abb. 1).

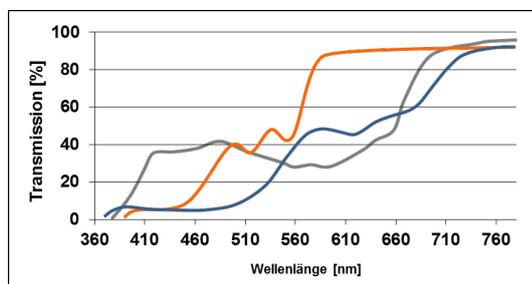


Abb. 1: Transmissionskurven unterschiedlicher Filtergläser: Graufilter (graue Kurve) mit hoher Transmission im blauen Bereich, nicht selektiver Blaufilter (blaue Kurve) mit nur geringer Transmission im gesamten Blaubereich bis 500 nm und selektiver Blaufilter (orange Kurve) mit erhöhter Transmission bereits ab 460 nm.

Augenoptiker sollten sich intensiver mit den Transmissionskurven der angebotenen Filtergläser auseinandersetzen und dieses Wissen in das Beratungsgespräch einbauen.

Die Risiken von Blaulicht werden seit der Einführung von LED-Lampen intensiv diskutiert. LEDs emittieren konstruktionsbedingt besonders viel Blaulicht. Die Empfindlichkeit für photochemische Netzhautschäden und der Blue-Peak bei LEDs haben beide im Spektralbereich um 435 nm ihr Maximum. Trotz einiger Indizien und Studien an Zellkulturen ist bis heute jedoch unklar, ob die üblicherweise vorhandenen Strahlungsbelastungen unter LED-Beleuchtung oder an LED-Monitoren tatsächlich zu einer Netzhautschädigung führen können.

Unstrittig ist in jedem Falle, dass UV-Schutz Schäden an den verschiedenen Geweben des Sehorgans verhindern kann. Sonnenschutzgläser sollten daher in jedem Fall bis 400 nm keine Transmission aufweisen. Aufgrund der Transmissionseigenschaften der Augenmedien muss bei hoher UV-Belastung insbesondere bei Kleinkindern auf eine Sonnenbrille geachtet werden.

Gleitsichtgläser Gestern und Heute - was leisten aktuelle Gläser?

Dr. Sabine Latzel, Lens Design, Zeiss Vision Care, Aalen

Historisches

Als die ersten Gleitsichtgläser in den 1960er Jahren auf den Markt kamen war die Idee schon über ein halbes Jahrhundert alt. 1907 hat Owen Aves, Mitbegründer des Londoner Institute of Optometry, ein Patent für ein Gleitsichtglas eingereicht. Es war auf sphärische Verordnungen beschränkt. Ein verbessertes Konzept legte dann Henry Orford Gowlland in Patenten von 1909 und 1914 vor. Hier ermöglichte eine Kegelschnittfläche auf der Glasrückseite die Additionswirkung.

Eines der ersten Patente auf ein Gleitsichtglas mit Progressivfläche vorne stammt von Estelle Glancy, einer Wissenschaftlerin bei American Optical in Southbridge, MA. Sie meldete es 1923 an.

Alle diese Erfindungen konnten jedoch mit der damals zur Verfügung stehenden Technologie nicht als Korrektionsbrillen produziert und auf den Massenmarkt gebracht werden.

1959 kam mit Varilux von Essilor das erste Gleitsichtglas auf den Markt – damals glaubte niemand sonst an den Erfolg eines solchen Produkts. Der Seheindruck durch ein solches Glas wäre heute wohl nicht mehr akzeptabel.

Grundlagen

Nach dem Satz von Minkwitz [1] sind astigmatische optische Fehler in der Peripherie eines Gleitsichtglases unvermeidbar. Die Additionswirkung in einem Gleitsichtglas wird realisiert durch einen Krümmungsanstieg in vertikaler Richtung entlang einer Linie ohne Flächenastigmatismus, einer sogenannten Scheitellinie. Flächenastigmatismus ist die Differenz der Krümmung in den beiden Hauptschnitten in einem Flächenpunkt. Nach dem Theorem von Minkwitz bedingt ein Krümmungsanstieg entlang der Scheitellinie einer Fläche einen doppelt so hohen Anstieg des Flächenastigmatismus entlang jeder Linie senkrecht dazu. Der Astigmatismus der Fläche bewirkt dann astigmatische optische Fehler beim Blick durch das Glas.

Da die Rate des Anstiegs des Astigmatismus proportional zur Rate des Krümmungsanstiegs ist, sind die astigmatischen Fehler umso höher, je höher die Additionswirkung des Glases und je kürzer die Progression, also die Strecke zwischen Fern- und Nahwirkung, ist.

Die Kunst des Gleitsichtglasdesigns besteht darin, die unvermeidbaren Fehler so auf dem Glas zu verteilen, dass der Brillenträger den bestmöglichen Seheindruck erfährt. Dabei ist der entscheidende Punkt, die Progressivfläche so

zu gestalten, dass die optischen Fehler in Gebrauchsstellung vor dem Auge die gewünschte Verteilung zeigen – die sogenannte brillenträgerrichtige Rechnung.

Fortschritt durch Freiform

Bei den ersten Gleitsichtgläsern, die auf den Markt kamen, wurde die Additionswirkung durch eine Progressivfläche auf der Glasvorderseite realisiert, die nötige Korrektionswirkung durch den passenden Torus auf der Rückseite des Glases. Die Vorderfläche wurde durch eine Formschale festgelegt. Die aufwändige Herstellung dieser Formschalen machte es nötig, ganze Wirkungsbereiche durch eine einzige Vorderfläche abzudecken. Dadurch entsprach der Seheindruck nur für eine einzige Wirkung in jedem dieser Wirkungsbereiche dem festgelegten Ideal. Und selbst bei dieser Wirkung musste die Gebrauchsstellung, also die Lage des Glases vor dem Auge bedingt durch Fassung und Gesichtsform, möglichst gut mit der bei der Erstellung der Fläche angenommenen übereinstimmen, um den vorgesehenen Seheindruck zu erreichen.

Als es möglich wurde, den Umweg über eine Formschale zu vermeiden und Freiformflächen direkt zu fertigen, wurde diese Einschränkung aufgehoben. Seither kann für jede Wirkung und Gebrauchsstellung eine individuelle Glasgeometrie berechnet und gefertigt werden. Dadurch entspricht die tatsächlich vom Brillenträger wahrgenommene Verteilung der Fehler der vorgesehenen.

Zunächst waren die individuell berechneten Flächen, wie bei den abgegossenen Gläsern, auf der Vorderseite

des Glases. Die Korrektionswirkung für die Ferne wurde weiterhin durch einen Torus auf der Rückfläche erreicht. Dadurch mussten beide Flächen des Brillenglases bearbeitet werden.

Eine Vereinfachung brachte eine Erfindung zweier Mitarbeiter von Zeiss, Albrecht Hof und Adalbert Hanßen. [2] Durch die Kombination von Additionswirkung und Korrektionswirkung in einer Fläche, der Rückfläche des Glases, wurde der Fertigungsprozess stark vereinfacht. Die Rückflächen wurden mit einer Auswahl von sphärischen Vorderflächen, je nach Korrektionswirkung kombiniert.

Fokus auf den Brillenträger

Nachdem es durch die Freiformfertigung möglich war, dass der Seheindruck für den Brillenträger dem vom Design festgelegten Seheindruck entspricht, verschob sich der Fokus auf den Brillenträger selbst. Die Gleitsichtgläser werden heute auf individuelle Bedürfnisse und spezielle Anwendungen, wie Beruf, Gewohnheiten und Bedürfnisse der Träger, abgestimmt. Dabei fließen zunehmend Erkenntnisse aus Marktforschung, wissenschaftlichen Studien und Trageversuchen in die Entwicklung ein, um den Nutzen für den Brillenträger sicherzustellen.

[1] Minkwitz, G. (1963). Über den Flächenastigmatismus Bei Gewissen Symmetrischen Asphären. (T. & Francis, Hrsg.) Optica Acta: International Journal of Optics, 10(3), 223-227. doi:10.1080/713817794.

[2] Albrecht Hof, A. H. (1997). DE Patentnr. DE19701312A.