

# Smarte Kontaktlinsen

In den letzten Jahren hat eine ganze Reihe von Erfolgsmeldungen zu sogenannte smarten Kontaktlinsen, also Linsen mit speziellen Zusatzfunktionen, für Aufsehen gesorgt. Im Vergleich zu smarten Brillen, wie beispielsweise der Datenbrille Google Glass, die sich allerdings nicht am Massenmarkt durchsetzen konnte, ist ein Vorteil solcher smarter Kontaktlinsen, dass die integrierte Technologie von außen nicht direkt erkennbar ist oder als störend wahrgenommen wird. Smarte Kontaktlinsen bieten zudem ein wesentlich breiteres Anwendungsspektrum als smarte Brillen, welches sich allerdings sowohl aktuell aber auch in naher Zukunft hauptsächlich auf den medizinischen Bereich und hier insbesondere auf die nicht-invasive Überwachung von Krankheiten und Gesundheitszuständen fokussiert.

Insgesamt reichen die Anwendungsmöglichkeiten von einer eher klassischen Sehkorrektur/Sehhilfe (z. B. künstliche Iris oder Teleskopkontaktlinsen) über die Behandlung von Krankheiten durch gezielte Medikamentenabgabe, die Überwachung von Gesundheitszuständen, die Benutzung als Schutzlinsen vor elektromagnetischer Strahlung und Austrocknung bis hin zu Anwendungsfeldern im Augmented Reality Bereich. Einige Unternehmen, darunter Mojo Vision, Sony und RaayonNova arbeiten mit mehr oder weniger Erfolg an Kontaktlinsen mit integrierten Displays oder Bildaufnahmeeinheiten. Solche Entwicklungen sind potenziell auch für den Augmented Reality Bereich denkbar, aktuell fokussieren sich die Bemühungen dazu aber ebenfalls ausschließlich auf medizinische Anwendungen.

Aktuell können mit smarten Kontaktlinsen neben Vitalzeichen wie dem Blutfluss sowohl physikalische Biomarker (Augeninnendruck, Augenbewegungen) gemessen als auch chemische Biomarker (z. B. Proteine, Antikörper, Peptide) in der Tränenflüssigkeit nachgewiesen werden. Eine Vielzahl an Proteinen, Antikörpern und Neuropeptiden können Aufschluss über verschiedene Krankheiten, wie beispielsweise Diabetes oder

Krebs, liefern. Solche Biomarker lassen sich mit verschiedenen Sensoren detektieren, beispielsweise enzymatische Biosensoren oder ionensensitive Sensoren, welche mit dem zu erkennenden Analyten selektiv reagieren und das Signal mittels elektrochemischem Transducer übersetzen. Auch wenn Google seine Forschung dazu 2018 zunächst eingestellt hat, gibt es doch immer wieder viele neue Ansätze zur Entwicklung von smarten Kontaktlinsen mit integriertem Glukosesensor, die den Träger beispielsweise mittels einer LED bei einem steigenden Glukosespiegel warnen. Weiterhin können smarte Kontaktlinsen durch integrierte krümmungssensitive kapazitive Sensoren z. B. die Krümmung der Hornhaut, welche in Zusammenhang mit dem Augeninnendruck steht, detektieren. Erste Kontaktlinsen, die eine längere Überwachung des Augeninnendruckes ermöglichen und damit Hinweise auf eine Glaukomerkrankung liefern, sind bereits von der US-amerikanischen FDA zugelassen. Neben dem Bereich des Gesundheitsmonitorings werden auch Kontaktlinsen entwickelt, die als spezielle Sehhilfe (z. B. durch Kantenverstärkung) oder auch als Schutzlinsen gegen bestimmte Strahlungen eingesetzt werden können.

Innovationen bei smarten Kontaktlinsen hängen stark von Entwicklungen in anderen Bereichen ab, vor allem von Fortschritten in der Werkstoffforschung sowie der Entwicklung flexibler und transparenter Elektronik und bei neuen Batterietechnologien. Die Materialien für Kontaktlinsen müssen neben einer hervorragenden Biokompatibilität sowohl eine ausreichende Transparenz als auch eine mechanische Flexibilität und Robustheit aufweisen. Ebenso ist eine gute Luftdurchlässigkeit wichtig, um die Tragedauer smarter Linsen zu erhöhen und Schäden an den Augen zu vermeiden. Als Basis für smarte Kontaktlinsen werden aktuell oft Hydrogel-Linsen verwendet, auf welche dann elektronische Bestandteile, beispielsweise elektrisch leitende Nanofasernetze oder fotolithographisch strukturierte Graphen-Metall-

nanodrähte, aufgebracht werden. Speziell Graphen wird seit einigen Jahren für die Entwicklung flexibler Elektronik und der sogenannte Wearables genutzt und weist neben seiner guten Biokompatibilität eine hohe Flexibilität und eine hervorragende Leitfähigkeit auf. Mittels Technologien wie der Laserablation können beispielsweise auf mit Graphen beschichteten Linsen ein- oder zweidimensionale Graphen-Netzwerke erzeugt werden.

Bei der Energieversorgung müssen neben der benötigten geringen Größe und der erforderlichen Biokompatibilität des Energieversorgers weitere Faktoren Beachtung finden. So darf die integrierte Batterie das Gesichtsfeld nicht zu sehr einschränken, muss flexibel und robust sein und muss in feuchtem Umfeld (Tränenflüssigkeit) einsetzbar sein. Oft kommt eine drahtlose Energieübertragung zum Einsatz, bei der eine in der Kontaktlinse befindliche Antenne Energie von einer außerhalb der Linse befindlichen Quelle zugeführt bekommt. Diese externen Geräte können sich auf Brillengestellen befinden oder als kleiner Mini-Computer mitgeführt werden. Eine integrierte Energieversorgung könnte beispielsweise auch mit enzymatischen Biobrennstoffzellen umgesetzt werden, und auch in die Linse integrierte flexible Solarzellen werden als Energielieferant in Betracht gezogen.

Insgesamt gab es in den letzten Jahren weitreichende technologische Fortschritte bei der Entwicklung smarter Kontaktlinsen, hauptsächlich aufgrund von stetigen Entwicklungen im Bereich der Materialforschung und der Entwicklung flexibler Elektronik. Zunehmende Anwendungen sind innerhalb der kommenden Jahre im Bereich des Gesundheitsmonitorings, der Diagnostik und der Behandlung spezifischer Erkrankungen zu erwarten. Die Realisierung einer Augmented Reality Kontaktlinse, die integrierte Displays hat, Foto und Videoaufnahmen erstellen kann und dem Träger aktuelle Umgebungsinformationen liefert, ist aber noch in sehr weiter Ferne.

**Dr. Vanessa Hollmann**