

# Retinaerkennungssysteme

Jörg Ottenberg

[ottenberg@informatik.hu-berlin.de](mailto:ottenberg@informatik.hu-berlin.de)

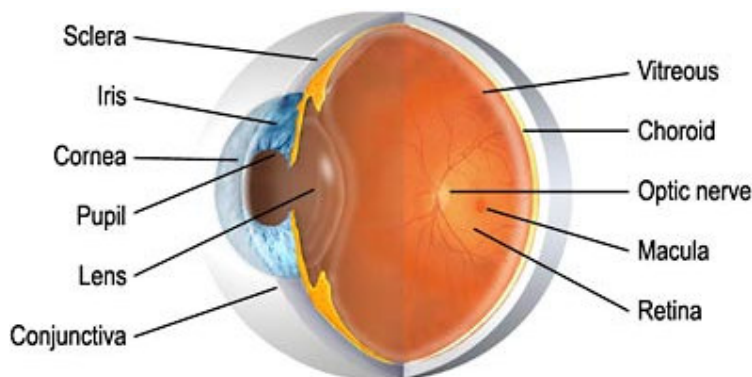
## **Abstract**

*Neben anderen biometrischen Methoden stellen Retinaerkennungssysteme eine weitere Möglichkeit dar, Personen anhand körpereigener Merkmale zu identifizieren oder zu verifizieren. Dieses biometrische Verfahren soll hier näher erläutert werden. Dabei wird der Aufbau der Retina, die bestehenden Technologien sowie die Benutzung dieser Systeme betrachtet. Um eine Einschätzung der Benutzbarkeit vornehmen zu können, werden Stärken und Schwächen gegenübergestellt. Zusammenfassend wird zum Schluss ein Vergleich des Retinaerkennungssystems mit anderen biometrischen Verfahren vorgenommen und die heutige Anwendung in der Praxis beleuchtet.*

## **1. Einführung – biometrische Einordnung**

### **1.1 Was ist die Retina?**

Als erstes stellt sich wohl die Frage, welcher exakte Bereich des Körpers hier zur Erkennung von Personen herangezogen wird. Die Retina ist ein Teil des Auges und bezeichnet die Anordnung der Blutgefäße in bzw. hinter der Netzhaut. Dieser lichtempfindliche Bereich im Augennern erstreckt sich von der Macula, dem Ort des schärfsten Sehens, über die hinteren zwei Drittel des Augapfels. Sie liegt damit der Pupille gegenüber. Von hier werden empfangene Lichtsignale über den Sehnerv direkt an das Gehirn weitergeleitet.



**Abbildung 1:** Anatomie des Auges

### **1.2 Biometrische Einordnung**

Die beschriebenen Blutgefäße im Augenhintergrund bilden ein Muster und stellen somit die gemessene Eigenheit dar. Dieses charakteristische Gebilde entsteht durch die Reflexion des eingestrahnten Lichtes an der Retina, dass dann von einer Kamera aufgenommen werden kann. Eine

Ähnlichkeit zu den Iriserkennungssystemen besteht hier allerdings nicht, da sich Hardware, Software und Algorithmen im Vergleich zur Technologie der Iriserkennung grundlegend unterscheiden. Die Retina gehört zur Gruppe der physiologischen, passiven Merkmale. Zur besseren Einordnung sei hier die dynamische Unterschrift im Vergleich dazu als Vertreter der aktiven Merkmale genannt. Die passiven, physiologischen Merkmale sind meist ‚offen‘ (so zum Beispiel das Gesicht), das heißt von außen erkennbar und daher für potentielle ‚Angreifer‘ leichter zugänglich. Diese Eigenschaften machen sie auf der anderen Seite aber auch anwendungsfreundlich im Sinne bequemer Benutzung. Damit verbunden ist dann allerdings auch die Möglichkeit einer unbemerkten, nicht autorisierten Identifikation zum Zweck der Überwachung.

### 1.3 Eigenschaften der Retina

Als Identifizierungsmerkmal ist die Retina durch Verteilung, Form und Muster ihrer Blutgefäße individuell eindeutig charakterisiert. Da das exakte Muster der Blutgefäße nicht nur durch genetische Faktoren festgelegt wird, lassen sich selbst eineiige Zwillinge anhand ihrer Retina unterscheiden. Ebenfalls wie das Irismuster bleibt das Adernmuster der Netzhaut im Verlauf des Lebens weitgehend konstant und macht dadurch die Retina zu einem sehr beständigen Erkennungsmerkmal. Beeinträchtigt werden kann das Muster der Blutgefäße aber durch Krankheiten oder Verletzungen, die dann das Bild der Retina vorübergehend oder andauernd verändern. Zu diesen Krankheiten zählen zum Beispiel Diabetes oder eine Degeneration der Macula, sowie bedingt durch Bluthochdruck geplatzte Kapillargefäße.

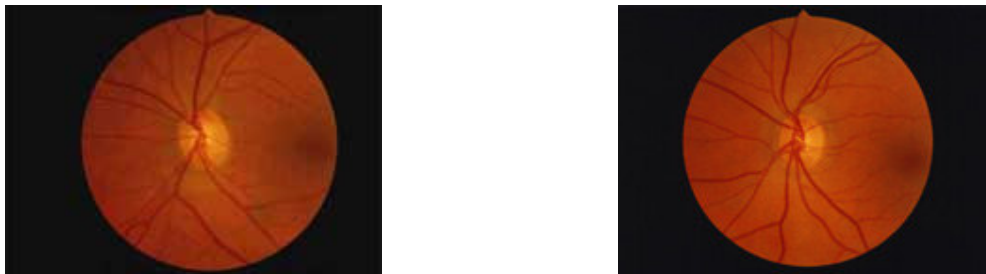


Abbildung 2: Retinae eineiiger Zwillinge im Vergleich

## 2. Technologie

### 2.1 Entwicklung der Technologie

Erstaunlicherweise ist schon seit über 70 Jahren die Tatsache bekannt, dass das Adernmuster der Retina durch ihre individuell verschiedene Ausprägung eine nutzbare Quelle biometrischer Information darstellt.

Die Entwicklung der Retinaerkennungssysteme wurde vor allem durch die Firma *EyeDentify Inc.* geprägt. Eine Vielzahl von Patenten geht auf das Konto dieser Firma, die 1975 ein erstes Technologiekonzept entwickelte. Die Realisierung stellte sich aber als sehr komplex und teuer heraus, da die verwendeten Spezialkameras wegen der geringen Pupillengröße extrem sensibel auf die Ausrichtung des Auges reagierten. Für eine gute Aufnahme war außerdem, bedingt durch den geringen Lichtaustritt aus der Pupille, eine ziemlich starke Belichtung nötig, was wiederum zu einem Akzeptanzproblem innerhalb der potentiellen Nutzergruppe dieses Systems führte. So stellen Pupillenerweiterungen, wie sie zum Beispiel in der Medizin durchgeführt werden, um verwertbare Bilder des Augenhintergrundes zu gewinnen, für RI-Systeme keine Alternative dar, da das Sehvermögen dadurch für Stunden deutlich beeinträchtigt werden kann. Ebenso ist eine Weitung der Pupille durch Dunkeladaption nicht durchführbar, da ein solcher Vorgang mehrere Minuten in Anspruch nimmt und ein RI-System unter diesen Umständen für eine Massenabfertigung, wie zum Beispiel auf einem Flughafen, nicht verwendet werden könnte.

1981 kam schließlich das erste benutzbare RI-System (retina identification) auf den Markt. Mit der stetigen Verbesserung dieser Technik über ca. 5 Jahre entstand daraus letztendlich das sogenannte *System 7.5* mit den 3 Funktionen Registrierung, Verifikation und Identifikation (Erkennung).

## 2.2. Gegenwärtiger Stand der Technik

Seit 1985 gibt es mit dem oben erwähnten *EyeDentify 7.5* ein Gerät, das mittels Infrarotlaser die Blutgefäße der Netzhaut scannt. Dieser Retinascanner ist sowohl für den Desktopeinsatz als auch für den Anbau an Wände geeignet. Die erforderliche, relativ aufwendige Spezialtechnik lässt den Scanner, abhängig von der Stückzahl, zwischen 2000 und 2500 US\$ kosten. Bedingt durch die komplizierte Benutzung eignet sich dieses Gerät nicht für den Heimgebrauch, wo Nutzkomfort und einfache Bedienung eher im Vordergrund des Interesses stehen.

Alternativ bietet die gleiche Firma noch den Retinascanner *Icam2001* an. Dieses Gerät ist wesentlich kleiner und kann bis zu 3000 Referenztemplates speichern. Außerdem werden die letzten 3300 Transaktionen des Systems für eine eventuelle spätere Überprüfung festgehalten.



EyeDentify7 5



Icam 2001



Ein Prototyp

**Abbildung 3:** Retinaerkennungssysteme

Durch den Ablauf vieler Patente der Firma *EyeDentify* seit 1995 entstehen auf dem Markt nun auch mehr Chancen für alternative Anbieter und ermöglichen so eine größere Verbreitung und Vielfalt dieser Systeme.

Einen vielversprechenden Prototypen hat die Firma *Retina Technologies Inc.* entwickelt. Die Kamera dieses Systems soll laut Angaben um die 50US\$ kosten, und wäre damit um ein vielfaches preiswerter als die bisher vorgestellten Systeme. Geht man davon aus, dass die Kamera im allgemeinen das teuerste Einzelteil eines RI-Systems ist, so bleibt wohl auch der Preis für das Gesamtsystem, selbst für einen Privatanwender erschwinglich, obwohl dazu vom Hersteller noch keine Angaben gemacht wurden. Neben der geringen Größe dieses Gerätes, besticht es vor allem durch seine Robustheit, denn Brille oder Kontaktlinsen beeinflussen die Funktion dieses Systems nicht negativ. Extrem vielseitig, lässt sich dieser Scanner entweder an einer Tür befestigen, in eine Wand integrieren oder mit einem Computer verbinden. Außerdem lässt es sich auch außerhalb von Gebäuden bei geringem Lichteinfall verwenden.

## 2.3 Komponenten eines RI-Systems

Ein RI-System besteht im allgemeinen aus einer Kamera, einem Phasen-Korrektur-Modul sowie einem Vergleichsmodul. Die Kamera nimmt das Bild durch einen kreisrunden Scan der Retina auf und stellt diese Aufnahme in digitaler Form zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung. Durch die Multifokale Linse wird von  $-7$  bis  $+3$  Dioptrien alles abgedeckt und damit die Kurz- und Weitsichtigkeit in diesem Bereich kompensiert.

Das Phasen-Korrektur-Modul sorgt für die Bildkorrektur falls der Kopf, und damit auch die Retina, bei der Aufnahme leicht verdreht wurde. Um diese Korrektur zu erreichen, wird der Code des digitalen Abbildes, mehrfach in kleinen Schritten, zyklisch zum Referenzobjekt in der Datenbank verschoben und die Korrelation zwischen der jeweiligen Verschiebung und der Referenz gebildet.

Das Vergleichsmodul besteht aus einer Datenbank und speichert die Referenzcodes. Diese Referenzdaten, die bei der Registrierung aufgenommen werden, beinhalten das Retinatemplate, den Namen der Person und eine PIN (eindeutige ID). Zum Vergleich mit einem aktuellen Abbild werden Referenz und aktueller Code mit der gleichen Rate abgetastet und normiert (z.B. gleicher RMS). Anschließend wird der Korrelationswert der Codes im Zeit- oder Frequenzbereich (Diskrete Fouriertransformation) bestimmt. Aus den Korrelationswerten zwischen  $-1$  und  $1$  werden dabei Werte über  $0,7$  als positive Identifikation interpretiert.

## **2.4 Die Grundfunktionen Registrierung, Verifikation, Identifikation**

Bei der Registrierung (enrollment) eines neuen Benutzers ist besondere Sorgfalt geboten. Unter fachkundiger Anleitung sollte dem Benutzer die korrekte Ausrichtung des Auges zum Scanner sowie die Bedienung des RI-Systems gezeigt werden. Es werden mehrere Scans durchgeführt und ein Mittelwert qualitativ guter Scanergebnisse als RI-Code abgespeichert. Zusätzlich wird geprüft, ob es mit diesem neuen Code schon einen anderen Benutzer gibt (obwohl das ziemlich unwahrscheinlich ist, wenn sich der neue Benutzer nicht schon einmal registriert hat), um eine eindeutige Zuordnung zu gewährleisten. Dem neuen Benutzer wird dann eine Identität, bestehend aus Name und PIN zugewiesen und die Daten zusammen mit dem Template abgespeichert.

Zur Verifikation muss der Benutzer seine PIN eingeben und den Retinascan abnehmen lassen. Wird beim Vergleich mit dem Referenztemplate eine Korrelation von über  $0,7$  festgestellt, so wird eine korrekte Korrelation angenommen.

Zur Identifikation eines Benutzers ist ein Templatevergleich mit der gesamten Datenbank nötig. Hier eignet sich die Retinaerkennung besonders gut zum Abgleich mit großen Datenmengen da der Code kompakt ist und damit eine schnelle Bearbeitung ermöglicht.

## **3. Benutzung und Scanvorgang**

### **3.1 Anforderungen an den Benutzer**

Entgegen der in Kinofilmen dargestellten Möglichkeit, eine Person aus großer Entfernung im „Vorbeigehen“ zu scannen, werden in der Realität ziemlich hohe Anforderungen an eine solche Person gestellt. Zur erfolgreichen Erfassung sind Einweisung, Kooperation, Training und manchmal viel Geduld des Benutzers notwendig, da für eine Registrierung sehr oft mehrere Scans nötig sind und der gesamte Vorgang deshalb mehrere Minuten dauern kann. Das heißt auch, dass eine Retinaaufnahme gegen den Willen einer Person wohl nicht möglich erscheint. Während eine Brille abgenommen werden muss, stellen Kontaktlinsen in der Regel kein Problem mehr für ein modernes System dar. Wie schon weiter oben erwähnt, darf die Fehlsichtigkeit allerdings den Bereich von  $-7$  bis  $+3$  Dioptrien nicht über- oder unterschreiten.

### **3.2 Benutzung des Scanners**

Ein normaler Scanvorgang für eine Verifikation läuft in der Regel folgendermaßen ab:

1. Eingabe der PIN
2. evtl. Brille abnehmen
3. Auge und Kamera auf gleiche Höhe positionieren, dabei darf der Abstand zur Aufnahmeoptik nicht mehr als  $1-2\text{cm}$  betragen und es darf nicht beblinzelt werden, da sonst das Augenlid die Aufnahme zerstören könnte
4. Startknopf drücken und während der Aufnahme den Kopf ruhig halten

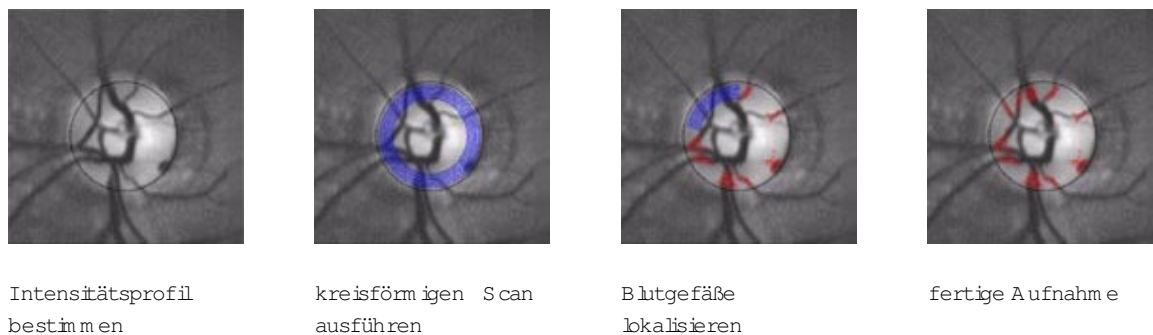
Bei Labortests gab es schon erfolgreiche Scanversuche mit einer Entfernung des Auges von bis zu  $30\text{cm}$  bis zur Kamera.

### 3.3 Details des Scanvorgangs

Beim Scannen schaut der Benutzer auf ein schwach erleuchtetes Ziel. Obwohl ein grünes Licht während des Scannens zu sehen ist, ist das eigentliche zum Abtasten benutzte Infrarotlicht unsichtbar. Um die optische Achse von Auge und Kamera in eine Linie zu bringen, werden dem Benutzer Ziele, zum Beispiel Punkte, bei Verwendung verschiedener Dioptrien präsentiert, die dann von diesem in eine Linie gebracht werden müssen. Die Bewegung in Z-Richtung kann durch eine Kopfaufklappe kontrollierbar gemacht werden.

Der rotierende Scanner erfasst und analysiert die Informationen in Form von der Retina reflektiertem Licht. Dabei wird zuerst das Intensitätsprofil extrahiert, das heißt die Stelle bestimmt, an der das Gefäßmuster aufgenommen werden soll. Dann wird ein kreisförmiger Scan gestartet, um die Blutgefäße zu lokalisieren. Ein größerer Scankreis bietet mehr Toleranz, was die Ausrichtung des Auges angeht, jedoch ist auch die Produktion eines Templates aufwendiger. Aus dem vom Photosensor aufgenommenen Licht werden etwa 400 Punkte als Augensignatur(Template) entlang des 360° Kreises festgehalten. Eine Software übersetzt die Dicke der Blutgefäße sowie deren Anordnung in einen Barcode der dann entweder abgespeichert oder zum Vergleich mit einem vorhandenen Muster benutzt wird.

Die Templates sind mit 40-96Bytes im Vergleich zu den Ergebnissen anderer Biometrieverfahren mittelgroß. Für eine Verifikation dauert etwa 3 Sekunden. Um eine Person aus 1500 gespeicherten Templates zu identifizieren werden ca. 5 Sekunden benötigt



**Abbildung 4:** Der Scanvorgang

### 3.4 Fehlerraten

Obwohl bis jetzt noch keine ausführlichen statistischen Veröffentlichungen über Praxisversuche existieren, wird trotzdem eine Falscherkennungswahrscheinlichkeit von 1 zu 1.000.000 angegeben. Das bedeutet die Wahrscheinlichkeit einer Korrelation von über 0,7 zwischen zwei verschiedenen Templates liegt bei 1 zu 1Million. Anhand von Evaluierungen ergab sich bei den RI-Systemen eine False Acceptance Rate (FAR) von sehr guten 0,001% und eine False Rejection Rate (FRR) von bis zu 12%.

Für die recht hohe FRR gibt es eine Reihe von Fehlerquellen. Neben schlechter Ausrichtung oder Fixierung des Auges führen ein falscher Abstand zur Kamera, Brillen, Kontaktlinsenränder oder auch zu starkes Umgebungslicht zu einer Beeinträchtigung des Ergebnisses und damit zu einer fehlerhaften Ablehnung des Benutzers. Aber auch durch einen zu kleinen Pupillendurchmesser kann die Bildqualität negativ beeinflusst werden.

### 3.5 Täuschung des Systems

Um ein Retinaerkennungssystem zu täuschen, müsste ein gefälschtes Auge ein ausgefeilte, geeignete Optik besitzen, um das Reflexionsverhalten von Retina, Fundus und Hornhaut korrekt zu simulieren. Eine Linse müsste das einfallende Licht fokussieren und das vom Fundus reflektierte Licht korrekt ausrichten. Zusätzlich müsste noch ein System zur Ausrichtung des falschen Auges zur RI-Kamera vorhanden sein. Obwohl schon diese Anforderungen extrem schwer zu realisieren sein dürften, kann noch ein zusätzlicher Schutz gegen künstliche Augen eingebaut werden: Dem Auge wird dabei vom

System eine Zahlenfolge präsentiert, die das Auge korrekt lesen muss und dann vom Benutzer über eine Tastatur eingegeben wird. Das künstliche Auge müsste also neben dem geeigneten optischen Aufbau die Fähigkeit zum Lesen und Interpretieren besitzen und mit mehreren Körperteilen täuschend echt interagieren können. Diese zusätzliche Sicherung macht das System zwar sehr täuschungsresistent aber die Bedienung und erfolgreiche Absolvierung für einen legalen Benutzer nicht gerade einfacher.

## **4. Stärken und Schwächen**

### **4.1 Stärken**

Zur den Stärken der Retinaerkennungssysteme zählt die Einzigartigkeit einer Retina, so dass sich selbst eineiige Zwillinge unterscheiden lassen und das System außerdem durch diese Individualität eine sehr niedrige FAR besitzt. Verletzungen und Krankheiten ausgeschlossen, ist die Retina zudem ein sehr beständiges Merkmal, dass sich im Laufe eines Lebens nur geringfügig ändert und deshalb die Erkennungsrate nicht negativ beeinflusst. Leichten Veränderungen, wie sie auch bei der Retina auftreten, können vom System erkannt und zur Aktualisierung des Referenztemplates verwendet werden. Durch den berührungslosen Scannvorgang werden auch Hygienebedenken ausgeschlossen. Die geringe Datensatzgröße eines Templates prädestiniert RI-Systeme besonders für Identifikationen von Personen in großen Datenbeständen. Da es sich, wie schon erwähnt, bei der Retina um ein nicht offenes Merkmal handelt, sind RI-Systeme sehr überwindungsresistent und durch die komplizierten Aufnahmevorgang wird auch eine Überlistung des Systems durch Attrappen kaum für möglich gehalten.

### **4.2 Schwächen**

Probleme haben heutige RI-Systeme zum Teil noch mit der Aufnahme von qualitativ ausreichenden Bildern bei Kontaktlinsenträgern ab einer bestimmten Dioptrienzahl, da die Systeme in solchen Fällen nicht genügend Toleranz zur richtigen Positionierung des Auges bieten. Ähnliche Schwierigkeiten gibt es bei Krankheiten wie Astigmatismus. Dabei handelt es sich um eine Hornhautverkrümmung, die eine recht häufige Ursache für Fehlsichtigkeit darstellt. Die manuelle Ausrichtung des Auges für einen korrekten Scan stellt allerdings auch ungeübte Benutzer ohne Fehlsichtigkeit vor Probleme.

Die bisher im Einsatz befindlichen Geräte sind im Vergleich zur anderen Biometriesystemen außerdem relativ groß und teuer. Bei potentiellen Nutzern gibt es zudem Vorbehalte, da es theoretisch möglich ist, aus den Retinaaufnahmen Krankheitsbilder auszulesen. Hinzu kommen Gesundheitsbedenken, da eine Verursachung von Augenschäden durch den Laser befürchtet wird, auch wenn es dafür bislang keine Hinweise gibt. Diese Befürchtungen werden aber auch schon deshalb entschärft, weil Lasersysteme in der Medizin schon seit Jahren erfolgreich zum Einsatz kommen. Insgesamt besitzen RI-Systeme aber gerade durch das Eindringen in einen als intim betrachteten Bereich und das Ausleuchten der Retina mit einem Laser eine potentiell niedrige Benutzerakzeptanz.

Die Erfassung der Retina kann trotz Widerstand auch durch physische Gewalt erzwungen werden, was zwar für Zwecke der Strafverfolgung von Vorteil ist, aber im Hinblick auf kriminellen Missbrauch auch als Nachteil angesehen werden muss.

### **4.3 Vergleich mit anderen Biometrieverfahren**

Im Verhältnis zu anderen biometrischen Verfahren besticht die Retina durch vergleichsweise hohe Universalität, Einzigartigkeit, Leistung und Resistenz gegen Überwindungsversuche. Ihre Beständigkeit wird mäßig gut eingestuft. Im Vergleich zu anderen Verfahren sind RI-Systeme aber extrem teuer. Wartungsanforderungen an bestehenden Systemen fallen allerdings nicht überdurchschnittlich stark ins Gewicht. Die Anwenderfreundlichkeit wiederum lässt durch die komplizierte Benutzung zu wünschen übrig. So ist die Nutzerakzeptanz eines Fingerbildererkennungssystems beispielsweise um einiges höher.

## 5. Anwendung in der Praxis und Ausblick

Durch die jahrelange „Patentmonopol“-Macht der Firma *EyeDentify* gibt es bis heute nur sehr wenige Anbieter von RI-Systemen auf dem Markt. Quantitativ bilden die „Augenverfahren“ Iris- bzw. Retina-Scan mit weniger als 3% Anteil an eingesetzten Biometrieverfahren das Schlusslicht unter den verschiedenen Technologien, was vermutlich auf die Komplexität der dieser Technik zurückzuführen ist. Da es sich beim Retinascan um ein sehr empfindliches Verfahren handelt, werden RI-Systeme vor allem bei der Zutrittssicherung zu Hochsicherheitseinrichtungen sowohl im öffentlichen wie auch privaten Bereich verwendet. Zu solchen Einrichtungen zählen zum Beispiel militärische Objekte und Kernkraftwerke.

Die recht hohe Rückweisungsrate von ca. 12% beim ersten Scan-Versuch (lt. Herstellerangabe) stellt ein weiteres Verbreitungshemmnis dar. So sollten Mitte der 90er Jahre in Illinois/USA alle Sozialleistungsempfänger per Retinascan erfasst werden, um Missbrauch von sozialen Leistungen zu verhindern. Dieses „Experiment“ scheiterte jedoch, da sich die Technik durch die hohe Abweisungsrate und die schwierige Bedienung als zu kompliziert herausstellte.

Wenn weitere technologische Entwicklungen die FRR herabsetzen und den Nutzerkomfort steigern, könnten sich Retinasysteme in Zukunft aber in Hochsicherheitseinrichtungen, bedingt durch ihre sehr geringe FAR, als geeignetes Biometriesystem durchsetzen, obwohl nicht abzusehen ist, dass in näherer Zukunft ihr Marktanteil stark ansteigen wird und sie eine so große Bedeutung wie zum Beispiel Fingererkennungssysteme erlangen.

## Literaturangaben

### Zitierte Quellen

[1] [www.retinaltech.com](http://www.retinaltech.com)

[2] [www.cast.uni-linz.ac.at](http://www.cast.uni-linz.ac.at)

[3] [www.tpi-gnf.com/eky1.htm](http://www.tpi-gnf.com/eky1.htm)

[4] [perso.wanadoo.fr/fingerchip/biometrics/types/retinal.htm](http://perso.wanadoo.fr/fingerchip/biometrics/types/retinal.htm)

[5] Thomas Petermann, Arnold Sauter, "Biometrische Identifikationssysteme"; Februar 2002, [www.tab.fzk.de/de/projekt/zusammenfassung/ab76.pdf](http://www.tab.fzk.de/de/projekt/zusammenfassung/ab76.pdf)

[6] Stefan Schenke, „Techniken und Anwendungen von Iris - und Retina-Scans“; März 2002  
[www2.informatik.uni-jena.de/~wettig/sem\\_biometrie\\_ss\\_2002/irisscan\\_und\\_retinascan/irisscan\\_und\\_retinascan.pdf](http://www2.informatik.uni-jena.de/~wettig/sem_biometrie_ss_2002/irisscan_und_retinascan/irisscan_und_retinascan.pdf)

[7] Tobias Schwarzkopf, Andreas Mayer, „Verfahren zur biometrischen Identifikation“  
Dezember 2003  
[www.rz.rwth-aachen.de/mata/downloads/seminar\\_dv/2003\\_04/Biometrie\\_Skript.pdf](http://www.rz.rwth-aachen.de/mata/downloads/seminar_dv/2003_04/Biometrie_Skript.pdf)

### Abbildungsnachweis

Abbildung 1: StLuke's Cataract and Laser Institute:  
[www.stlukeseye.com/Anatomy.asp](http://www.stlukeseye.com/Anatomy.asp)

Abbildung 2: [www.retinaltech.com](http://www.retinaltech.com)

Abbildung 3: [perso.wanadoo.fr/fingerchip/biometrics/types/retinal.htm](http://perso.wanadoo.fr/fingerchip/biometrics/types/retinal.htm)

Abbildung 4: [www.retinaltech.com](http://www.retinaltech.com)