

# IRISERKENNUNG

Vortrag  
von Elena Filatova und Roman Keller  
zum Seminar  
*„Biometrische Identifikationsverfahren“*  
Dozenten: Prof. Johannes Köbler und Matthias Schwan

1. Ein bisschen Geschichte.....	3
2. Biologischer Hintergrund.....	3
3. Der Algorithmus von John Daugman.....	6
3.1 Gewinnung des Bildes.....	6
3.2 Extraktion der Iris aus dem Bild.....	6
3.3 Iriscode Generierung.....	7
3.4 Problem: Position, Größe und Orientierung.....	9
3.4.1 Optische Größe der Iris und Größe der Pupille.....	9
3.4.2 Ausrichtung der Iris.....	9
3.4.3 Orientierung und Körperhaltung.....	10
3.5 Mustercode- / Iriscodevergleich.....	10
4. Theoretische Wahrscheinlichkeiten.....	11
5. Entscheidungsumgebung.....	11
6. Produkte und Anwendungen.....	13
6.1 Komponenten.....	13
6.2 Front-End-Komponenten.....	14
6.2.1 Kiosk-Basierte Systeme.....	14
6.2.2 Physischer-Zugriff Systeme.....	15
6.2.3 Desktop-Kamera Systeme.....	16
6.3 Produkte.....	16
7. Performance der Systeme.....	19
8. Täuschungsmöglichkeiten:.....	19
9. Vorteile und Nachteile.....	21
9.1 Vorteile.....	21
9.2 Nachteile.....	21
10. Vergleichstabellen von biometrischen Verfahren.....	22
10.1 Bewertung der biometrischen Verfahren in bezug auf generelle biometrische Anforderungen.....	22
10.2 Bewertung der biometrischen Verfahren in bezug auf Kosten, Benutzerfreundlichkeit und Wartungsaufwand.....	22
10.3 Bewertung der biometrischen Verfahren in bezug auf Anwendungsumgebungen.....	23
11. Literatur.....	24

## 1. Ein bisschen Geschichte

**1983:** Der James-Bond-Film "Sag niemals nie" flimmert weltweit über die Leinwände der Kinos: Am Auge eines durch seine Drogensucht erpressbar gewordenen Offiziers der US Air Force wird eine "Hornhauttransplantation" vorgenommen, um den per Augenscanning realisierten Zugriffsschutz für den Austausch von Gefechtsattrappen durch Nuklearsprengköpfe zu überlisten. Diese Befugnis ist nämlich einzig dem amerikanischen Präsidenten vorbehalten und so ist das Transplantat folgerichtig eine "Nachbildung" dessen Auges.

**1993:** *Der Algorithmus von John Daugman zur Erkennung der Iris.*

**1998:** Olympische Winterspiele im japanischen Nagano: Die Biathleten gelangen nur dann in die Waffenkammer und damit an die zu ihrer Disziplin notwendigen - in falschen Händen durchaus gefährlichen - Sportgeräte, wenn das biometrische Muster ihrer Iris/Regenbogenhaut mit dem zuvor individuell gespeicherten Referenzmuster übereinstimmt. Was in dem zuvor erwähnten Film noch als Fiktion erscheinen mochte, ist Realität geworden.

## 2. Biologischer Hintergrund

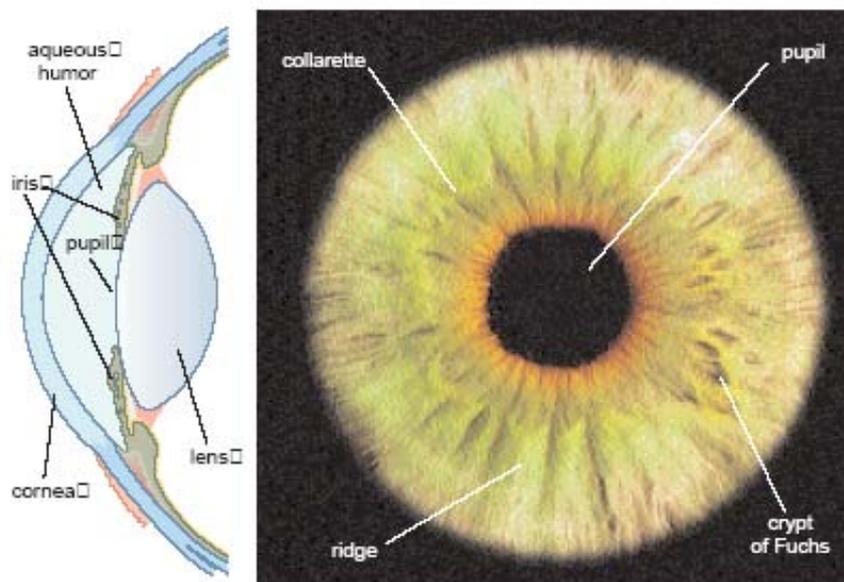


Abb. Aufbau des Auges

An den Augapfel schließt sich nach vorne die Regenbogenhaut (Iris) an. Durch ihr kreisrundes Loch, die Pupille, fällt das Licht ins Auge. Der Rand der Pupille liegt auf der Linse auf. Die Iris wirkt wie eine Lichtblende eines Photoapparates und kann durch Weit- oder Engstellung den Lichteinfall ins Auge regulieren. Diese Vergrößerung oder Verkleinerung der Pupille erfolgt durch Muskeln innerhalb der Regenbogenhaut. Die Pupillenweite kann zwischen ca. 8 und 1,5mm variieren. So wird bei Dunkelheit die Pupille vergrößert und im grellen Licht enggestellt.

Die Regenbogenhaut besteht aus Bindegewebe und Muskulatur zum Schließen der Pupille, sie hat kein vorderes Epithel (wahrscheinlich einzige Stelle im Körper).

Die Iris hat zwei Lagen, eine äußere, die Pigmente enthält (wenn dicht, dann braune Augen, wenn weniger dann grüne, wenn noch weniger schimmern die Blutadern darunter durch, so dass die Augen blau wirken, wenn alle Pigmente fehlen: Albino), und eine innere, die Blutadern enthält. Die „Augenfarbe“, wird vererbt und ändert sich teilweise nach der Geburt. Jeder Mensch hat eine individuelle und einmalige Augenfarbe. Die Entwicklung der Iris setzt im 3. Schwangerschaftsmonat ein, im 8. Schwangerschaftsmonat ist die Iris komplett ausgebildet. Zu den Merkmalen eines Irismusters zählen feine Erhöhungen, Furchen, Flecken, Ringe, Corona usw., man kann mehr als 400 individuell verschiedene Merkmale unterscheiden, das ist acht mal mehr als bei einem Fingerabdruck.

Im Jahr 2001 wurde an der Cambridge Universität eine Studie durchgeführt, dabei wurden mehr als 2 Mio. Bilder verglichen [9].

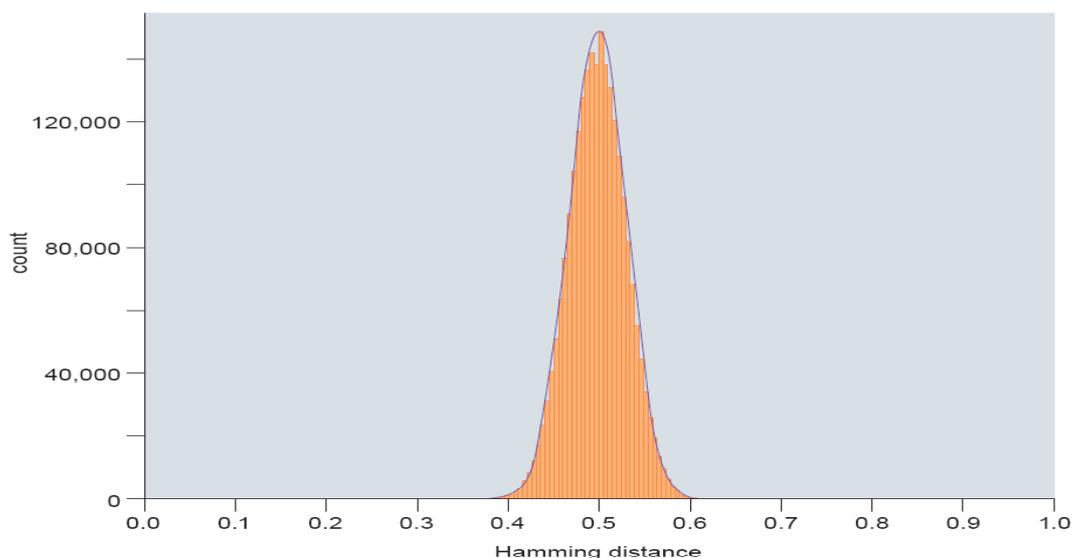


Abb. Verteilung des Hamming Abstand bei dem Vergleich von Irismuster von 2,3 Mio. Menschen

Bei dem Vergleich stießen die Forscher auf keine einzige Doppelung. Das Muster der Iris bildet sich im Gegensatz zur Pigmentation zufällig und ist genetisch unabhängig, deshalb lassen sich dadurch selbst genetisch identische Augen unterscheiden. Die genetisch identischen Zwillinge, bzw. das rechte und das linke Auge einer einzelnen Person haben so unterschiedliche Codes, wie zwei völlig verschiedene Menschen. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Iris zweier Menschen zufällig übereinstimmen, liegt bei ca. 1 zu  $10^{1078}$  [10]

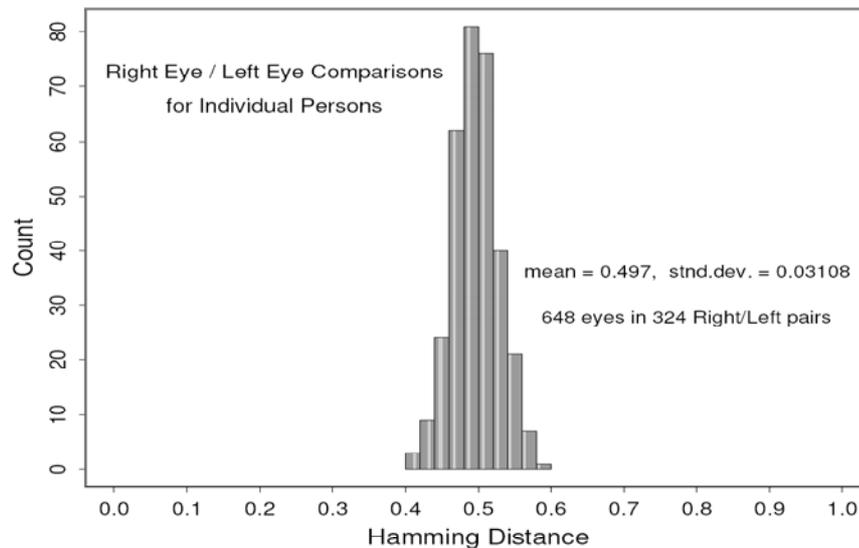


Abb. Verteilung von Hamming Abschtand bei dem Vergleich des linken und des rechten Auges bei 324 Personen.

Die Iris ist ein stabiles Merkmal, falls keine mechanische Schaden auftreten, bleiben die Muster ein Leben lang erhalten. Bilder einer Iris, im Abstand von 25 Jahren aufgenommen, können nicht von einander unterschieden werden. Außerdem wird das Auge, und die Iris mit ihm, ein Leben lang besonderes gut geschützt. Das liegt nicht nur an der menschlichen Natur. Das Auge ist durch den menschlichen Schädel, durch die Lederhaut und durch die Hornhaut gut geschützt. Die Veränderungen der Iris können durch mechanische Schäden und durch verschiedene Krankheiten (u.a. Augenkrankheiten) verursacht werden. Das Irismuster bleibt weitgehend von den Veränderungen durch Krankheiten verschont, da hauptsächlich die Pigmentation des Auges bei Krankheiten geändert wird.

Noch eine Besonderheit des Auges macht die Irismustererkennung besonders interessant. Die Augen eines Toten sind leicht zu unterscheiden von den Augen lebender Personen ( Die Pupille dehnt sich auf über 80 % aus und der Augapfel wird sehr matt und trübe)

## Zusammenfassung:

Das Irismuster ist ein

1. sehr stabiles (hält ein Leben lang)
2. sicheres (weil
  - unterschiedlich selbst bei genetisch gleichen Augen und
  - leicht zwischen dem Auge eines Lebenden und eines Toten zu unterscheiden)

Merkmal des Menschen.

### 3. Der Algorithmus von John Daugman

Fast alle kommerzielle Produkte für Iriserkennung, die es heutzutage auf dem Markt gibt, basieren auf dem Algorithmus von John Daugman [<http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000>] von der University of Cambridge, Institute of Mathematics and Informatics.

Sein Algorithmus durchläuft folgende Schritte ab:

- Bildaufnahme eines Auges
- Extraktion der Iris aus dem Bild
- Umwandlung des Musters in eine digitale Form 2048 Bit lang (Codierung)
- Bitweiser Vergleich der aufgenommenen Iris mit einem vorhandenen Code

#### 3.1 Gewinnung des Bildes

Der Ablauf einer Bildaufnahme hängt von den verwendeten Geräten ab, welche in dem Kap. „Produkte und Anwendungen“ dargestellt werden. Nachdem eine geeignete, der Irisradius muss mindestens 70 Pixel aufweisen (üblich sind jedoch 100-140 Pixel), Aufnahme des Auges erfolgreich abgeschlossen wurde, kann die eigentliche Verarbeitung des Bildes stattfinden.

#### 3.2 Extraktion der Iris aus dem Bild

Nun wird mit Hilfe folgender Formel die Iris in dem gegebenen Bild dadurch lokalisiert, dass man den Radius für die Pupille und für den äußeren Rand der Iris berechnet:

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right|$$

Das Kreisintegral berechnet dabei für jeden Mittelpunkt  $(x_0, y_0)$  den Mittelwert der Bildpunkte, die auf dem von Radius  $r$  erzeugten Kreis liegen, wobei  $r$  schrittweise erhöht wird. Diese Mittelwerte werden anschließend partiell nach  $r$  abgeleitet und mit einem Gaußfilter  $G$  geglättet. Angenommen  $x_0$  und  $y_0$  lägen genau in der Pupillenmitte, so würde man für Kreislinien, die sich bis zur Pupillengrenze ausdehnen, Mittelwerte von etwa 0 erhalten. Für den ersten Kreis, dessen Kreislinie auf die Iris fällt, würde ein höherer Mittelwert berechnet werden, da die Iris hellere Farbwerte hat. Betrachtet man die Mittelwerte bei zunehmendem Radius als Graph, so ist der Übergang zwischen Pupille und Iris als starker Anstieg der Funktion zu erkennen (siehe Abb.). Der Punkt  $(x_0, y_0)$ , für den dieser Übergang am stärksten ist (erkenntlich durch die Ableitung nach  $r$ ), wird als Mittelpunkt bestimmt. [1]

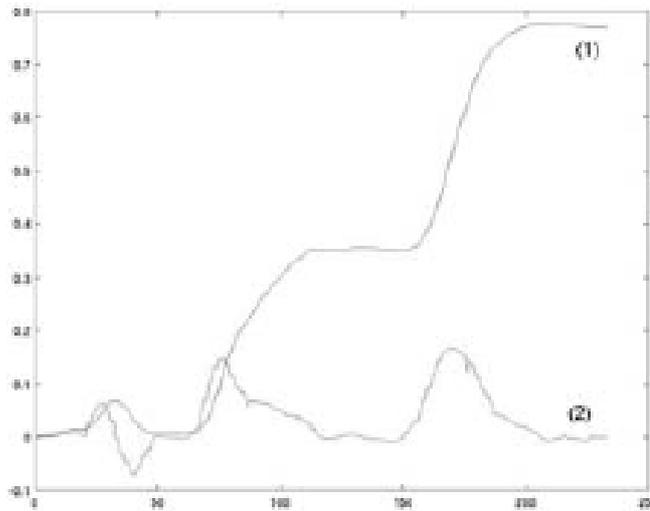


Abb. Mittelwerte (1) und Ableitung der Mittelwerte (2)

Um genaue Werte zu bekommen muss diese Methode separat für den Übergang Iris/Sclera (weiße Augenpartie) angewendet werden, da die Pupille nicht exakt in der Mitte der Iris liegt.

### 3.3 Iriscode Generierung

Nun, da man die Position der Iris kennt, ist es möglich den digitalen Iriscode zu generieren. Doch zuvor findet eine Abbildung des Irisringes auf eine beschränkte Ebene statt, die ein Irisring in Polardarstellung (siehe Abb. unten) umwandelt:

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \rightarrow I(r, \theta)$$

$$x(r, \theta) = (1 - r)x_p(\theta) + rx_s(\theta)$$

$$y(r, \theta) = (1 - r)y_p(\theta) + ry_s(\theta)$$

Dabei wird die Breite der Iris normiert und der Radius in der obigen Abbildung bekommt die Werte aus dem Intervall  $[0,1]$  (0 – der Punkt liegt an der Grenze Pupille-Iris, 1 – der Punkt liegt an der Grenze Iris-Sclera).



Abb. Irisaufnahme



Abb. Polardarstellung der Iris

Somit ist die tatsächliche Größe der Iris und die Ausdehnung der Pupille während der Bildaufnahme nicht mehr stören. Und der Informationsgehalt bleibt erhalten (siehe Kap. „Biologischer Hintergrund“).

Jetzt erfolgt die eigentliche Digitalisierung der Iris, oder Erzeugung des Iriscodes über Gaborwavelets, angewendet an die Polardarstellung:

$$h_{\{Re,Im\}} = \text{sgn}_{\{Re,Im\}} \int_{\rho} \int_{\phi} I(\rho, \phi) e^{-i\omega(\theta_0 - \phi)} \cdot e^{-(r_0 - \rho)^2 / \alpha^2} e^{-(\theta_0 - \phi)^2 / \beta^2} \rho d\rho d\phi$$

Jeder Berechnungsschritt, der mit dieser Formel ausgeführt wird, setzt zwei Bits des Iriscodes. Für das Setzen der Bits ist der Signum-Operator (*sgn*) verantwortlich. Dieser nimmt per Definition eine reelle Zahl an und gibt, je nach Vorzeichen dieser Zahl, entweder 1, falls die Zahl positiv ist, oder 0, falls die Zahl kleiner oder gleich Null ist, zurück. In der oben angegebenen Formel wird der Operator auf eine komplexe Zahl angewendet. Dieses entspricht einer jeweils separaten Anwendung des Operators auf den Real- und den Imaginärteil der Zahl. Deswegen ist das Ergebnis einer Anwendung dieses Operators ein Zwei-Tupel. [8]

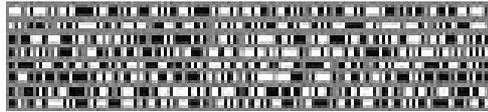


Abb. Iriscode

Nachdem das *Wavelet* auf das polare Irisbild angewendet wurde, erhält man 2048 Bits (256 Byte). Zusätzlich zu diesen Bits werden noch 2048 Maskenbits mit abgespeichert, die angeben, ob die betreffende Position durch Artefakte beeinträchtigt wurde (z.B. Wimpern oder Reflexionen). Insgesamt erhält man also 512 Byte Iriscode. [1]

### 3.4 Problem: Position, Größe und Orientierung

Nun betrachten wir einige Problemstellungen, die auf das Resultat eines Iriserkennungs Vorganges negativen Einfluss nehmen können. Dazu zählen optische Größe der Iris auf dem Bild, die von der Zoomeinstellungen einer Kamera und der Entfernung des Objektes zur Kamera abhängig ist, Größe der Pupille im Auge, abhängig von der umgebenden Beleuchtung, Position der Iris auf dem Bild und Ausrichtung der Iris, die von der Kopf- und Körperhaltung abhängig sind. Diese Aspekte stellen ein Problem für einen funktionierenden Algorithmus dar und sollen deshalb vor dem eigentlichen Ablauf der Iriserkennung beseitigt bzw. ausgeglichen werden.

#### 3.4.1 Optische Größe der Iris und Größe der Pupille

Die Größe der Pupille spielt hierbei keine Rolle, da bei deren Vergrößerung die Iris nicht verdeckt wird, sondern sich lediglich zusammenzieht und der Merkmalsbestand bleibt unverändert erhalten.

Die Größe der Iris hat ebenfalls keine dramatischen Auswirkungen, da die Iris durch ein Polarkoordinatensystem dargestellt und dabei ausgeglichen wird. Das heißt, dass wenn das Irismuster auf dem Bild seine Größe ändert, wird das relative Muster in Polardarstellung gleich bleiben (siehe Kap. „Algorithmus von John Daugman“).

#### 3.4.2 Ausrichtung der Iris

Die Rotation des Auges wird dadurch korrigiert, dass die Pixelzeilen des Irisbildes in Polarkoordinaten jeweils um einige Pixel „geschiftet“ werden. Eine Verschiebung um  $K$  Pixel entspricht dabei einer Drehung um

$$K \cdot 360^\circ / M$$

wobei  $M$  die Anzahl an Pixelspalten in der Polardarstellung ist. Zu jedem rotiertem Bild wird der Code berechnet und dasjenige Bild im Weiteren verwendet, das die beste Hamming Distanz zu den anderen Codes besitzt. (Laut Daugman reichen i.d.R. bereits 7 Verschiebungen aus). [5]

### 3.4.3 Orientierung und Körperhaltung

Eine falsche Körperhaltung eines Nutzers kann von einem intellektuell implementierten System durch Interaktionen mit dem Nutzer vorgebeugt bzw. korrigiert werden.

### 3.5 Mustercode- / Iriscodevergleich

Da die Iriserkennung normalerweise nicht unter idealen Bedingungen stattfindet, wird die Wahrscheinlichkeit für eine komplette Übereinstimmung der zwei identischen Muster nicht bei 100 % liegen. Der Vergleich wird von Rauschen, Reflexionen, Bewegungen des Menschen beeinflusst.

Als Maß für die Ähnlichkeit zweier Iriscodes wird bei Daugman die normierte Hammingdistanz (Hamming Abstand) HD benutzt:

$$HD = \frac{\|(codeA \otimes codeB) \cap maskA \cap maskB\|}{\|maskA \cap maskB\|}$$

Hierbei codeA und codeB sind zu vergleichende Wörter (2048 Bits Vektoren), maskA, maskB – die Masken, die angeben welche Bereiche nicht berücksichtigt werden XOR (exklusiv Oder) vergleicht zwei Bitvektoren, wobei eine Nichtübereinstimmung eine 1 liefert. Der Schnitt (AND-Operator) mit den Masken beschränkt den Vergleichsbereich (im Zähler) und der Schnitt im Nenner dient der Normierung.

#### Zusammengefasst

die 1-en, die durch XOR-Funktion ermittelt wurden, werden zusammengezählt und durch die Anzahl der zu vergleichenden Bits geteilt – so wird das Maß an Ähnlichkeit bestimmt.

HD kann zwischen 0 und 1 liegen, wobei die 0 der absoluten Übereinstimmung entspricht und die 1 ein Ergebnis des Vergleiches zweier absolut unterschiedlicher Muster ist .

Wegen vieler Faktoren, die das Bild verfälschen können, braucht man den bestimmten Freiheitsgrad. Andererseits kann eine zu hoch gesetzte Schwelle zu falschen Ergebnissen führen.

Bis heute wurde der Algorithmus in Japan, USA, Deutschland und UK eingesetzt. Bei den Feldversuchen wurde kein Muster falsch identifiziert, aber es gab die Muster, die fälschlicherweise nicht erkannt wurden.

## 4. Theoretische Wahrscheinlichkeiten

In der Praxis interessiert man sich für die Anwendung der Iriserkennung mit großen Datenbanken. Die Frage, die daraus folgt, ist, ob und wie zuverlässig die Iriserkennung dabei wird. Wenn  $p_1$  die Wahrscheinlichkeit für die falsche Identifizierung ist, dann ist

$$p_n = 1 - (1 - p_1)^n$$

die Wahrscheinlichkeit für eine falsche Identifizierung in einer Datenbank mit  $n$  Einträgen.

Man kann die Schwelle für HD je nach Größe der Datenbanken wählen, um so die Wahrscheinlichkeit des Fehlers klein zu halten.

<i>HD Criterion</i>	<i>Odds of False Match</i>
0.26	1 in $10^{13}$
0.27	1 in $10^{12}$
0.28	1 in $10^{11}$
0.29	1 in 13 billion
0.30	1 in 1.5 billion
0.31	1 in 185 million
0.32	1 in 26 million
0.33	1 in 4 million
0.34	1 in 690,000
0.35	1 in 133,000

Tabelle: Wahrscheinlichkeit für eine falsche Identifizierung für feste HDs [6]

## 5. Entscheidungsumgebung

Das wichtigste Kriterium für die Iriserkennung und Identifikation ist die Bestimmung der Schwelle der HDs. Die Entscheidung, ob es sich um zwei gleiche oder zwei verschiedene Muster handelt, wird durch den Vergleich der ermittelten HD mit dem Schwellenwert getroffen. Man erhält zwei verschiedene Verteilungen, eine für den Vergleich von identischen Irismustern und eine für den Vergleich von unterschiedlichen Irismustern. Setzt man die Schwelle auf den Schnittpunkt dieser Verteilungen, wird in dem Punkt die *False Accept Rate* gleich die *False Reject Rate* sein.

Verkleinert man den Wert der HD, der als Schwelle dient, wird die Wahrscheinlichkeit sinken, dass eine nicht autorisierte Person einen beispielsweise für sie unerlaubten Zugriff bekommt.

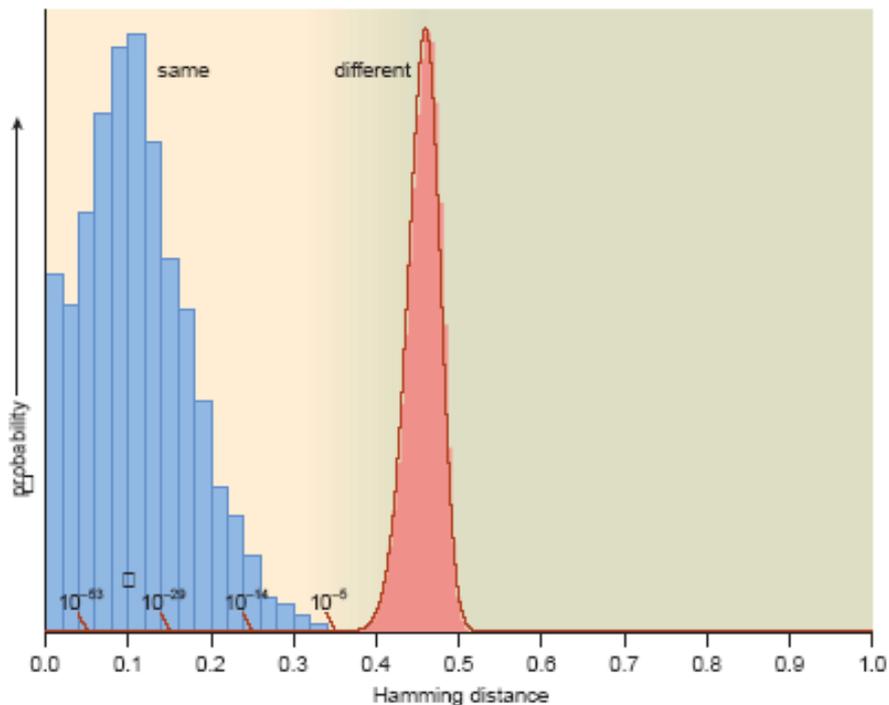


Abb. Verteilung HD bei Vergleich zweier Muster gleicher Augen (blau) und zweier Muster verschiedener Augen (rot) [11]

Andererseits steigt die Wahrscheinlichkeit, dass eine autorisierte Person zurückgewiesen wird.

Da es in den Laborversuchen von J. Daugman keine falschen Entscheidungen gab, wenn die Schwelle auf der 0,33 gesetzt wurde [6], wird dieser Wert als mögliche Orientierung vorgeschlagen. Es ist klar, dass bei großen Datenbanken dieser Wert verkleinert werden muss, um den Sicherheitsstandard aufrecht zu erhalten. Überraschenderweise ändern die schlechten Aufnahmebedingungen des Irisusters die Sicherheit der Identifizierung nicht, da die Übereinstimmung der Vergleichsbitpaare der verschiedenen Muster zufällig verteilt ist, genauso wie die Störungen. Die Wahrscheinlichkeit einer „false nonmatching“ steigt dagegen. Um dies zu minimieren macht man mehrere Aufnahmen der Iris nach einander (so genannte Signalmittelung), dadurch wird die Anzahl der zufälligen Informationen, die z.B. durch Rauschen entstanden sind, verkleinert.

## 6. Produkte und Anwendungen

### 6.1 Komponenten

Im Allgemeinen bestehen Iriserkennungssysteme aus Front-End Hardwarekomponente und Back-End lokalen oder zentralen Softwarekomponente. [3]

Im Gegensatz zu Gesichtserkennungssystemen, welche sich auf normale existierende Kameras stützen, benötigen Iriserkennungssysteme notwendigerweise spezielle Geräte, die infrarote Beleuchtung des Auges durchführen. Das hat den Vorteil, dass die dunkelpigmentierte Iriden sich im Bild doch noch erkennen lassen und man deren reichhaltige komplexe Muster erhält, außerdem bekommt man allgemein eine deutlichere Abbildung einer Iris, da auch Störungen durch Lichtreflexionen abgeschwächt werden. In der Regel basieren Iriserkennungssysteme auf monochromatischen Kameras.

In Abbildung ist ein solches gescanntes Bild einer Iris bei einem Wellenlängenbereich von 700 nm bis 900 nm (NIR-Bereich – nahe Infrarot Bereich) dargestellt. [2]

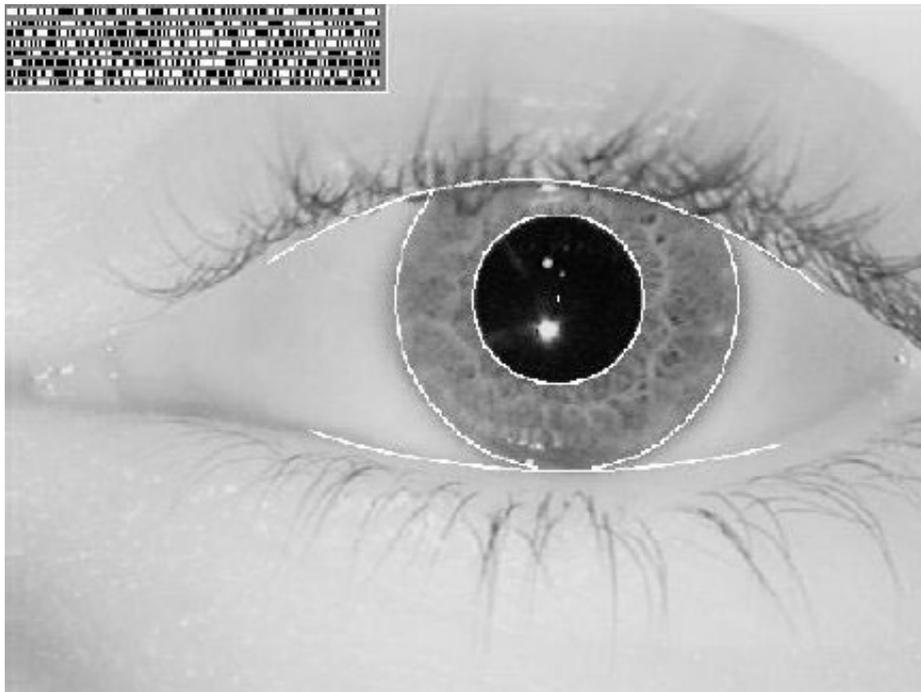


Abb. Irisbild bei einer NIR-Aufnahme.

Softwarekomponente eines Iriserkennungssystem, wie Bearbeitung des Irisbildes, Matching-Engine, oder die Datenbankverwaltung, können auf einem lokalen PC nah zur Bildgewinnungskomponente residieren, oder sich auf lokale und zentrale Rechner verteilen.

In z.B. einem netzwerkbasierendem Sicherheitssystem ist ein zentraler Server, oder Back-End-Komponente, für das Vergleichen (matching) und Abspeichern (store) der Daten und eine Front-End-Komponente mit einer integrierten Rechneinheit für das generieren der Templates zuständig. Iriserkennungssysteme sind aus Sicherheitsgründen nie Web-angeschlossen. [3]

## 6.2 Front-End-Komponenten

Der Prozess der Bildgewinnung an sich und die damit verbundene Bemühungen erfordern unterschiedliche Typen einer Bildgewinnungskomponente.

Es existieren drei Haupttypen eines Iriserkennungssystems: Kiosk-Basierte Systeme, Physischer-Zugriff Systeme, Desktop-Kamera Systeme. [3]

### 6.2.1 Kiosk-Basierte Systeme

Kiosk-Basierte Systeme erfordern, dass der Nutzer in einer Entfernung von etwa 0.6 bis 1 Meter von der oder den Kameras steht, welche in ungefähren Höhe seiner Augen angebracht sind. Der Nutzer muss möglichst still bei dem Scannvorgang stehen bleiben, weil solche Systeme nicht an Lokalisierung der beweglichen Ziele angepasst sind. Wenn das Gesicht des Nutzers richtig lokalisiert ist, beginnt das System nach Augenformen zu suchen. Sind weiterhin diese lokalisiert, verläuft der restlicher Vorgang der Irisbildgewinnung automatisch weiter. Der Vorgang der Iriserkennung dauert normalerweise 1-2 Sekunden.



Abb. Ticketing System EyeTicket der EyeTicket Corporation.

Kiosk System.

## 6.2.2 Physischer-Zugriff Systeme

Solche Systeme erwarten deutlich mehr Aktionen von einem Nutzer. Eine kleine Kamera, die hinter einem Spiegel untergebracht ist, ist hier zuständig für Bildgewinnung. Der Nutzer wird aufgefordert sein Auge in dem Spiegel zu positionieren und seine Iris in einem 1x1 Zentimeter großen Quadrat zu zentrieren. Eventuell können solche Systeme über eine Nutzernavigation per Sprache oder Schrift verfügen, um eine bestmögliche Position des Nutzers vor der Kamera zu erreichen, was allerdings einen Nachteil solcher Systeme darstellt, da längst nicht alle Nutzer in der Lage wären den Hinweisen eines automatisierten Systems aus unterschiedlichen Gründen zu folgen. Daher bietet sich der Einsatz von solchen Systemen nur in einem geschlossenen Benutzerkreis, Gemeinschaft, oder Umgebung.

Der erwünschte Abstand eines Nutzers zu der Kamera, angesichts der geeigneten Bildqualität und /-Auflösung, beträgt 3 Zentimeter. Eine high-quality Kamera fokussiert sich dann auf die Augen und schießt eine Serie von Bildern bis ein passendes erreicht wurde.



Abb. Physical Access System.

### 6.2.3 Desktop-Kamera Systeme

Desktop-Kamera Systeme sind neuester Typ der Iriserkennungssysteme und werden für logischen Access verwendet. Gewinnung des Bildes geschieht von einer Entfernung von circa 18 Zentimeter, wobei der Nutzer aufgefordert wird seine Augen in eine Linie des Lichtstrahls oder Hologramms zu positionieren. Sobald es korrekterweise der Fall ist, erzeugt das System die Abbildung des Auges.

Diese Methode bereitet allerdings auch Probleme für die Nutzer, die Schwierigkeiten damit haben, ihre Augen genau in dem Strahl zu positionieren, also die, die Orientierungsschwäche aufweisen.



Abb. PC/Network Access System

### 6.3 Produkte

Unter den Produkten finden sich von Desktop-Systemen zur Zugangsberechtigung für PCs über Bankautomaten mit Iriserkennung, Gebäudezutrittssystemen bis hin zu Kontroll-Systemen auf Flughäfen für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten passende Geräte. [2]

Viele großen und mächtigen Firmen weltweit forschen und produzieren auf diesem Gebiet z.B. British Telecom (UK), NCR Corp (UK), Sensar/Sarnoff Inc. (USA), GTE Corp (USA), Electronic Data Systems (USA), Spring Technologies (USA), Oki Electric Co. (Japan), LG Electronics (Korea), Garry AG (Germany) in unterschiedlichsten Richtungen, wie Telekommunikation, Internetsicherheit, Atomkraftwerksicherheit, Sicherheit von Computerlogins, Electronic Commerce Security,

Häftlingskontrollen, Gebäudezutrittssystem, Bankautomaten mit Iriserkennung und weitere. [4]

Der größte Einsatz eines Iriserkennungssystem, den man heute weltweit beobachten kann, geschieht in den Vereinigten Arabischen Emiraten, wo alle einreisende Passagiere auf allen 17 Flug-, See- und Landhäfen sich einem Iriserkennungstest unterziehen sollen. Diese Systeme wurden von IrisGuard Inc. (UK) [<http://www.irisguard.com/>] installiert und werden von Ihrem Personal weiter betreut.

Jeden Tag werden ca. 6.500 ankommende Passagiere einem Iriserkennungstest unterzogen. Dabei wird jede Iris mit den 355.000 Einträgen aus einer „Schwarzen Liste“ verglichen, was sich auf 2.3 Milliarden Vergleiche pro Tag beläuft. Bisher wurden insgesamt etwa 140 Milliarden Vergleiche durchgeführt und, laut Angaben vom Inneren Ministerium der Vereinigten Arabischen Emiraten, ist darunter kein einziger umstritten. [7]



Abb. Einsatz von Iriserkennungssystemen in den Vereinigten Arabischen Emiraten

Pilotprojekte, wie das Eye-Scanning wurden in der Vergangenheit zum Beispiel an Flughäfen in Frankfurt/Main und in Charlotte (North Carolina) durchgeführt. Dabei unterstützte die Technologie der Firma EyeTicket aus Virginia (USA) [<http://www.eyeticket.com>] die Identifizierung des Flughafenpersonals und der Besatzungscrew.

In der folgenden Tabelle, die auch in dieser Form auf der Homepage von John Daugman zu finden ist [7], sind ausgewählte Flughäfen weltweit aufgelistet, in denen die Iriserkennung für unterschiedliche Zwecke benutzt wird.

## How Iris Recognition is Used at Airports

Purpose	Locations and Scale
"Iris as Passport:" Expedited immigration clearance for arriving passengers	Amsterdam Schiphol; Frankfurt; 10 UK airport terminals in 2004; 8 Canadian airports in 2004
Expedited processing and check-in of departing passengers	Tokyo Narita (1,000 frequent travellers)
Airline crew facility access and expedited security clearance	Charlotte Douglas (1,200 transactions per day)
Airport employee access to tarmac and other restricted areas (80 access control points)	New York JFK; Amsterdam Schiphol (72,000 airport employees)
"WatchList" screening of all arriving passengers (352,000 expellees in WatchList)	United Arab Emirates, 7 airports (1,174,000 passengers screened; 100 billion iris comparisons done; 4,387 catches; no disputed matches)

## 7. Performance der Systeme

Für den Einsatz eines Iriserkennungssystems spricht nicht zuletzt die Geschwindigkeit der Bearbeitung, die der Algorithmus und die Bearbeitung des Bildes brauchen. In der folgenden Tabelle[5] sind die einzelnen Zeiten eines Iriserkennungsvorganges dargestellt:

Operation	Time
Assess image focus	15 ms.
Scrub specular reflection	56 ms.
Localize eye and iris	90 ms.
Find pupillary boundary	12 ms.
Detect and find both eyelids	93 ms.
Remove lashes and contact lens edges	78 ms.
Demodulation and iriscodes creation	102 ms.
XOR comparison of two iriscodes	10 $\mu$ s.

Hier sind die Zeiten der einzelner Vorgänge bei der Iriserkennung aufgelistet, die sich auf eine 300 MHz. SUN-Workstation beziehen. Außerdem ist zu erwähnen, dass das Matching zweier Iriscodes sehr schnell durchführbar ist, weil XOR Operation (siehe Kap. „Vergleich mittels HD“) auf der Hardwareebene implementiert und schnell von der Hardware durchführbar ist. Somit ist eine Matchingengine fähig 100.000 Vergleiche pro Sekunde durchzuführen. Wenn sich eine Datenbank auf deutlich mehr als 100.000 Einträge ausdehnt, so ist es möglich und sinnvoll den gesamten Datensatz in 100.000-Sätze Teile zu teilen und parallel zu durchlaufen.

## 8. Täuschungsmöglichkeiten:

Die Sicherheit der Iriserkennungssysteme und die Möglichkeit ein solches System zu täuschen hängen hauptsächlich davon ab, wie viel Geld man in das System investiert und welche Sicherheitsanforderungen man an dieses stellt.

Einfachste Systeme lassen sich bereits durch ein normales Foto einer Iris überlisten.

Im Netz findet man sogar eine Art Anleitung, wie man Anhand eines Fotos ein Iriserkennungssystem austricksen kann. Man schneide einfach ein kleines Loch in das Papier (es soll verhindern, dass bei Überbelichtung der Aufnahme und Reflexionen eines Fotobildes, falls man Fotopapier benutzt, ein helles Fleck in der Mitte der Pupille zu sehen ist), mit der Bildaufnahme der Pupille und nehme das Bild vor dem Auge, so dass der Iris-Scanner die Bildaufnahme der Iris und die ORIGINALE Pupille (welche durch das Loch schaut) „sieht“. Damit habe man Zugriff zum System. Die Bildaufnahme soll eine Auflösung von 2400\*1200 dpi haben. Allerdings ist diese Methode auf den heutzutage gängigen Iriserkennungssystemen nicht erfolgreich durchführbar, denn eine Routine zur Lebenderkennung, die z.B. mehrere Beleuchtungen des Auges beim Scannern hintereinander durchführt und somit das Ausdehnen und Zusammengehen der Pupille registriert, schon in der Lage ist, diesen Täuschungsversuch aufzudecken. Außerdem können die Iriserkennungssysteme in der Lage sein, schnellen, nicht beeinflussbaren Augenbewegungen zu erkennen, was bei einer Bildaufnahme nicht gegeben ist.

Bemalte Glasaugen oder bedruckte Kontaktlinsen können Systeme ohne Lebenderkennung überlisten. Auch bei einem solchen Täuschungsversuch wäre die Reaktion der Pupille auf das umgebende Licht nur begrenzt erkennbar. Außerdem lassen sich die Bedruckte Kontaktlinsen durch ihr charakteristisches Fourierspektrum, d.h. durch die zweidimensionale Frequenzanalyse des Kamerabildes, erkennen (siehe Abb.)[2].

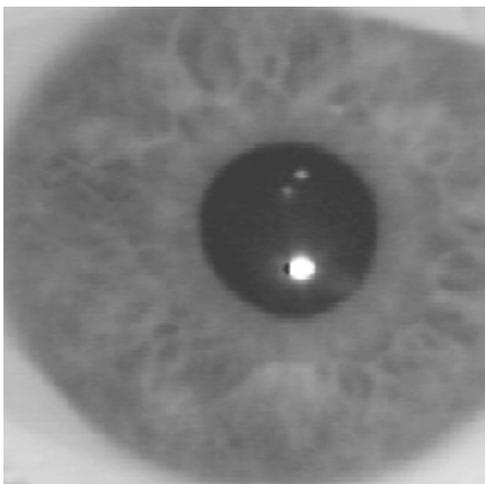


Abb. Originale Iris

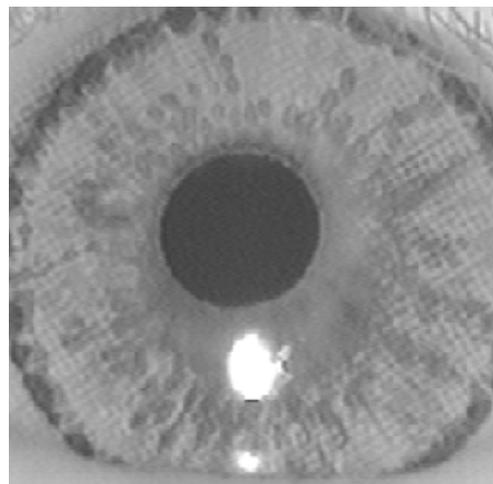


Abb. falsche Iris (bedruckte Kontaktlinse)

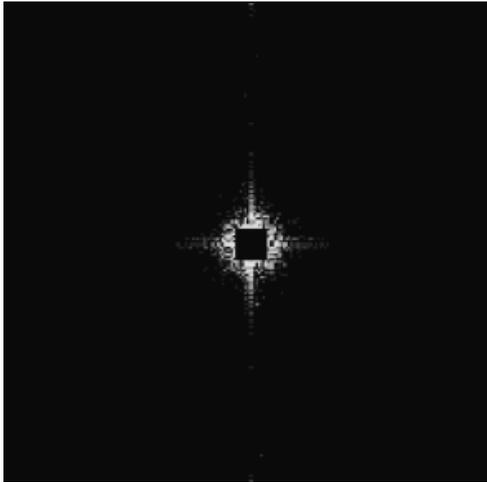


Abb. 2D Fourierspektrum  
(originale Iris)

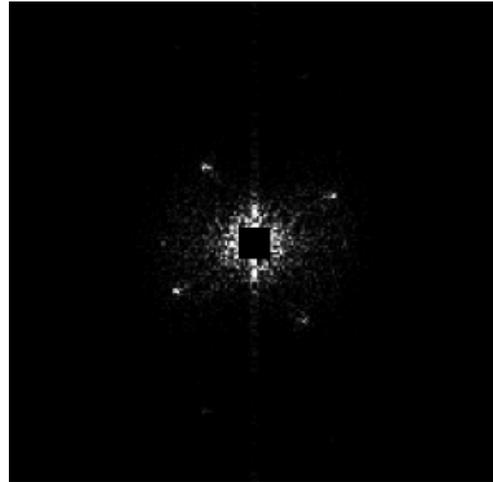


Abb. 2D Fourierspektrum  
(falsche Iris)

Augenoperationen, wie in manchen Filmen gezeigt, sind kaum möglich, da die Irismuster zu fein sind und es eher zu Schädigungen des Auges führt.[1]

Und mit den Augen eines Toten kann man das System ebenfalls nicht täuschen, da diese sehr trüb werden und sich die Pupille auf über 80% des normalen Irisbereichs ausdehnt.[1]

## 9. Vorteile und Nachteile

### 9.1 Vorteile

1. sehr hohe Erkennungsgenauigkeit, insbesondere stabil gegen eine falsche Übereinstimmung
2. sehr stabiles Verfahren
3. berührungsfreie Benutzung
4. geeignet für den physischen und für den logischen Zugriff
5. relativ geringer Speicherbedarf

### 9.2 Nachteile

1. mögliche falsche Nichtübereinstimmung
2. Möglichkeit für Datenmissbrauch (da die Iris viel mehr Informationen enthält, als man zu einer Identifikation braucht, z.B. über mögliche Erkrankungen (psychische und physische) oder Suchtprobleme (Alkoholismus, Drogensucht))

3. Mangelhafte Akzeptanz von Menschen für die Verfahren, die sich mit Augen beschäftigen, wegen psychischer Diskomforts
4. Verfahren ist für die Blinden nicht geeignet
5. Schwierigkeiten für Nutzer bei der Bedienung
6. Der Algorithmus von Daugman wurde patentiert, dies macht das Verbreiten der Technologie nicht besonderes leicht

## 10. Vergleichstabellen von biometrischen Verfahren

### 10.1 Bewertung der biometrischen Verfahren in bezug auf generelle biometrische Anforderungen

Biometrisches Verfahren	Universalität	Einzigartigkeit	Permanenz	Messbarkeit	Performanz	Akzeptanz	Fälschbarkeit
Fingerabdruck	mittel	hoch	hoch	mittel	hoch	mittel	hoch
Gesicht	hoch	niedrig	mittel	hoch	niedrig	hoch	niedrig
Handgeometrie	mittel	mittel	mittel	hoch	mittel	mittel	mittel
Iris	hoch	hoch	hoch	mittel	hoch	niedrig	hoch
Retina	hoch	hoch	mittel	niedrig	hoch	niedrig	hoch
Dyn. Signatur	niedrig	niedrig	niedrig	hoch	niedrig	hoch	hoch
Sprecher	mittel	niedrig	niedrig	mittel	niedrig	hoch	niedrig
Tippverhalten	niedrig	niedrig	niedrig	mittel	niedrig	mittel	mittel
Venenstruktur	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	hoch

### 10.2 Bewertung der biometrischen Verfahren in bezug auf Kosten, Benutzerfreundlichkeit und Wartungsaufwand

Biometrisches Verfahren	Kosten	Benutzerfreundlichkeit	Wartungsaufwand
Fingerabdruck	mittel	einfach	mittel bis hoch
Gesicht	mittel	schwer (aktives System) einfach (passives System)	mittel
Handgeometrie	hoch	mittel	mittel
Iris	hoch	schwer (aktives System) einfach (passives System)	mittel
Retina	hoch	schwer	mittel
Dyn. Signatur	mittel	einfach	mittel
Sprecher	niedrig	einfach	niedrig
Tippverhalten	niedrig	mittel	niedrig
Venenstruktur	mittel	einfach	mittel

### 10.3 Bewertung der biometrischen Verfahren in bezug auf Anwendungsumgebungen

Umgebung	Heim / Büro (PC / WS / Laptop)	Mobil (beliebiger Einsatzort) (Handy/ PDA / Laptop)	Öffentliche Umgebung (Bankterminal / Bezahlterminal / Internetterminal)
Bio. Verfahren			
Fingerabdruck	ja	ja	ja
Gesicht	ja	ja	ja
Handgeometrie	ja	nein (unpraktisch)	weniger geeignet (unpraktisch, Vandalismus)
Iris	ja	nein (unpraktisch)	ja
Retina	weniger geeignet	nein (unpraktisch)	nein (unpraktisch, Vandalismus)
Dyn. Signatur	ja	weniger geeignet (unpraktisch)	weniger geeignet (im Falle eines elektr. Stifts: unpraktisch, Vandalismus)
Sprecher	ja	ja	nein (Hintergrundgeräusche)
Tippverhalten	ja	nein (ja für Laptop)	nein (es gibt keine einheitlichen Tastaturen)
Venenstruktur	ja	nein (unpraktisch)	weniger geeignet (unpraktisch)

## 11. Literatur

- [1] Oliver Roos, Der Körper als Passwort - Hauptseminar Biometrische Systeme, WS 2003/2004  
[www.informatik.uni-ulm.de/ni/Lehre/WS03/HSBiometrie/ausarbeitungen/Roos.pdf](http://www.informatik.uni-ulm.de/ni/Lehre/WS03/HSBiometrie/ausarbeitungen/Roos.pdf)
- [2] Stefan Schenke, Seminararbeit,  
[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)
- [3] S. Nanavati, M. Thieme, R. Nanavati, "Biometrics - Identity Verification in a Networked World", A Wiley Tech Brief, John Wiley & Sons, Inc, 2002
- [4] D.D. Zhang, "Automated Biometrics - Technologies and Systems", Kluwer Academic Publishers, 2000
- [5] Anastasia Galkin, Referat, TU-Berlin,  
[http://ni.cs.tu-berlin.de/lehre/sem-biometrie/Galkin\\_Iris.pdf](http://ni.cs.tu-berlin.de/lehre/sem-biometrie/Galkin_Iris.pdf)
- [6] John Daugman: "How Iris Recognition Works"  
<http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000/irisrecog.pdf>
- [7] John Daugman's Homepage, Institute of Mathematics and Informatics, University of Groningen  
<http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000>
- [8] Martin Johns, Diplomarbeit: „Anwendung von Wavelets für die Biometrische Authentikation“  
<http://www.polyboy.net/akademisches/diplomarbeit/html/>
- [9] [www.biometrie.de](http://www.biometrie.de)
- [10] [www.iridiantech.com](http://www.iridiantech.com)
- [11] John Daugman: „Iris Recognition“ American Scientist, Volume 89  
[http://www.securimetrics.com/articles/ggfx/Iris\\_PDF\\_file.PDF](http://www.securimetrics.com/articles/ggfx/Iris_PDF_file.PDF)

ausgearbeitet von:

Elena Filatova: [filatova@informatik.hu-berlin.de](mailto:filatova@informatik.hu-berlin.de)  
Roman Keller: [rkeller@informatik.hu-berlin.de](mailto:rkeller@informatik.hu-berlin.de)