IT Sicherheit: Authentifikation

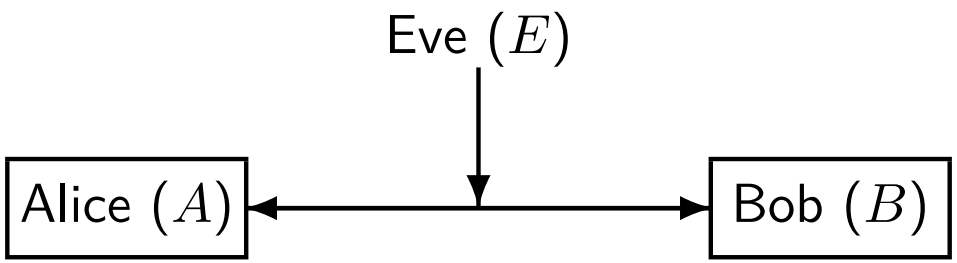
Dr. Christian Rathgeb

Hochschule Darmstadt, CRISP, da/sec Security Group

29.05.2018

Authentisierung: Einführung I

- B (Prüfer) kann die Identität von A (Beweisender) zweifelsfrei feststellen
- Angreifer E versucht, Identität von A zu übernehmen



Feststellung der Identität z.B. über:

- eindeutige Merkmale
- charakteristische Eigenschaften

Authentisierung: Einführung II

Grundlage für alle kryptographischen Verfahren:

- Mit wem führe ich einen Schlüsselaustausch durch (vgl. Man-in-the-Middle-Angriff)
- Wem schicke ich vertrauliche Nachrichten
- Wer schickt mir vertrauliche Nachrichten
- Wer hat eine Nachricht signiert

Authentisierung: Einführung III

Faktoren für die Überprüfung:

- Wissen (z.B. ein Passwort, eine PIN)
- Besitz (z.B. ein Schlüssel in einer Chipkarte)
- Eigenschaften (z.B. ein biometrisches Merkmal)

$n-$Faktor-Authentisierung:

- 1-Faktor-Authentisierung: Nutzt nur einen Faktor
  z.B. Abrufen von E-Mails: Benutzername/Passwort (Wissen)
- 2-Faktor-Authentisierung: Nutzt zwei verschiedene Faktoren
  z.B. Auszahlung am Geldautomaten: Bankkarte (Besitz) und PIN (Wissen)

Passwörter

Typisches Beispiel: Benutzername/Passwort

- Anmeldung am Client
- Anmeldung an Webdiensten (E-Mail, Forum, Online-Banking)

Nachteile: Anfällig gegen

- Ausspähen (z.B. über Phishing, Keylogging, Abhören der Verbindung)
  Replay-Attacken: Abhören der Verbindung und Wiedereinspielen
- Man-in-the-Middle Attacken

Replay Angriffe

Der Angreifer E schleust eine bereits gesendete Nachricht in das Protokoll ein:

- Das Übermitteln des Geheimnisses geschieht offen/verschlüsselt
- Ein Angreifer kann damit das Geheimnis abhören und wieder einspielen
- Verschlüsselung schützt nicht vor Replay-Angriffen
- Statische Daten können von einem Angreifer E auch verwendet werden, selbst wenn er diese nicht interpretieren kann

Einmalpasswörter

Verbesserung: Einmalpasswörter

- Jedes Passwort wird nur einmal verwendet
- Verhindert somit Replay-Attacken

Problem: Beide Seiten müssen die Passwörter kennen
Zwei Möglichkeiten:

- Passwortlisten
- Passwortgeneratoren

Einmalpasswörter: Passwortlisten I

Typischer Anwendungsfall: Transaktionsnummern (TAN) im Online-Banking, z.B. zur Bestätigung von Überweisungen

- Beide Kommunikationspartner erhalten eine Liste mit Passwörtern
- Passwörter werden wie folgt verwendet:
  - Sequentielle Auswahl: von oben nach unten
  - Indizierte Auswahl: Prüfer gibt an, welches Passwort verwendet wird (z.B. Nummer in der Liste)

Einmalpasswörter: Passwortlisten II

Indizierte Auswahl ist ein Challenge-Response Protokoll:

$\boxed{B}$ Prüfer (Liste L)		$\boxed{A}$ Beweisender (Liste L)
wähle Index i		
(challenge)	$\xrightarrow{i}$	
		suche $i-$tes Passwort p_i
	$\xleftarrow{p_i}$	(response)
vergleiche		

Einmalpasswörter: Passwortgeneratoren

Ableitung verschiedener Passwörter aus einem vorab ausgetauschten Geheimnis g

Wir unterscheiden:

- zeitgesteuerte Generatoren
- ereignisgesteuerte Generatoren
- Challenge-Response-Generatoren

Zeitgesteuerte Generatoren

Hauptideen:

- Generierung der Einmalpasswörter aus
  - g (vorab ausgetauschtes Geheimnis) und
  - t (Zeitpunkt der Authentisierung)
- Beide Parteien (Prüfer und Beweisender) generieren das Einmalpasswort
- Prüfer vergleicht sein Einmalpasswort mit dem vom Beweisenden

Problem:

- Zeit beim Prüfer und Beweisenden nicht exakt gleich
- Man benötigt also einen Toleranzbereich (z.B. 30 Sekunden)

Zeitgesteuerte Generatoren

- key $= g$ (vorab ausgetauschtes Geheimnis)
- $t =$ time (in sec) (Zeitpunkt der Authentisierung)
- message $= t/30$ (Zeitintervall von 30 Sekunden)
- $p =$ mac(key, message) (Einmalpasswort für Zeit t)
  Message Authentication Codes (MAC), z.B. HMAC
- Beispiel: Google Authenticator

Ereignisgesteuerte Generatoren

Hauptideen:

- Generierung der Einmalpasswörter aus
  - g (vorab ausgetauschtes Geheimnis) und
  - t (Zähler, Anzahl der bereits durchgeführten Authentisierungen)
- Beide Parteien (Prüfer und Beweisender) generieren das Einmalpasswort
- Prüfer vergleicht sein Einmalpasswort mit dem vom Beweisenden

Ereignisgesteuerte Generatoren: Lamport-Hash I

Basiert auf einer kryptographischen Hashfunktion H

- g (vorab ausgetauschtes Geheimnis)
- Zufallszahl r (muss nicht geheim gehalten werden)
- Startwert $S = H(r||g)$
- Generierung der Einmalpasswörter:
  - Erstes Passwort: $p_1 = H^N(S)$ (N mal Anwenden von H)
  - Zweites Passwort: $p_2 = H^{N-1}(S)$ ($N-1$ mal Anwenden von H)
  - $t-$tes Passwort: $p_t = H^{N-(t-1)}(S)$

Ereignisgesteuerte Generatoren: Lamport-Hash II

- Aus $p_t = H^{N-(t-1)}(S)$ lässt sich nicht $p_{t+1} = H^{N-(t-2)}(S)$ berechnen
  $H^{N-(t-1)}(S) \mapsto H^{N-(t-2)}(S)$ ist die Umkehrung von H auf $H^{N-(t-1)}(S)$

Problem: Irgendwann wurden N Passwörter erzeugt

- Reinitialisierung: Wähle einen neuen Zufallswert r
- Bilde neuen Startwert $S = H(r||g)$

Challenge-Response gesteuerte Verfahren

z.B. auf Basis von Message Authentication Codes
Vorab ausgetauschtes Geheimnis: Der symmetrische Schlüssel k

B (Prüfer) Schlüssel: k		A (Beweisender) Schlüssel: k
choose random c		
(challenge)	$\xrightarrow{c}$	
		compute $r := \text{mac}(k, c)$
	$\xleftarrow{r}$	(Einmalpasswort, response)
compute $r' := \text{mac}(k, c)$		
if $r' = r$ then accept		
else reject		

Einmalpasswörter: Zusammenfassung

Vorteile:

- Sicher gegen passive Angriffe (Ausspähen): Jedes Mal ein neues Passwort
- Verfahren verhindert somit Replay-Attacken

Weiterhin möglich: Man-in-the-Middle-Angriff (aktiver Angriff)

- Angreifer E gibt sich als Prüfer B aus und erhält das Einmalpasswort von A
- E kann sich gegen über B als A ausgeben
- Verhinderung des Angriffs: Gegenseitige Authentisierung:
  - Nicht nur A muss sich gegenüber B authentisieren, sondern auch B gegenüber A

Faktor Besitz

- A (Beweisender) besitzt einen geheimen Schlüssel k
  - Für symmetrische Verfahren: Schlüssellänge ≥ 100 Bit
  - Für asymmetrisches Verfahren RSA: Schlüssellänge ≥ 4000 Bit
- Schlüssel ist irgendwo gespeichert
- Ziel: Sichere Speicherung des Schlüssels
  - Schlüssel soll von keinem Unbefugten ausgelesen werden können
  - Schlüssel soll von keinem Unbefugten genutzt werden können

Sicherheitselemente

Nutzung sicherer Hardware (Sicherheitschips)
Microprozessoren, die gege Angriffe geschützt sind, z.B. gegen

- physikalische Attacken (bohren, fräsen, ...)
- elektrische Angriffe (mehr Strom, als Spezifikation erlaubt)
- Angriffe mit Licht und Laser

Detektoren erkennen Angriffe, Schlüsselspeicher wird gelöscht

2-Faktor-Authentisierung

2-Faktor-Authentisierung basierend auf

- Besitz (Sicherheitselement) und
- Wissen (PIN)

Umsetzung

- Speicherung von Schlüssel und PIN im nicht-auslesbaren Bereich des Chips
- Authentisierung:
  - über Challenge-Response Verfahren
  - Nutzung des Schlüssels wird über PIN freigegeben

2-Faktor-Authentisierung

Anwendungsbeispiele:

- Bankkarten (Geldabheben an Bankautomaten)
- Kreditkarten (Bezahlen am Point of Sale)
- Personalausweis (Authentisieren mit der Online-Ausweisfunktion)

Überblick

- Eigenschaften biometrischer Verfahren
- Grundlagen biometrischer Verfahren
- Biometrische Charakteristika und Sensoren
- Merkmalsextraktion
- Biometrische Vergleichsverfahren
- Biometrische Erkennungsleistung

Einführung

Was ist Biometrie?

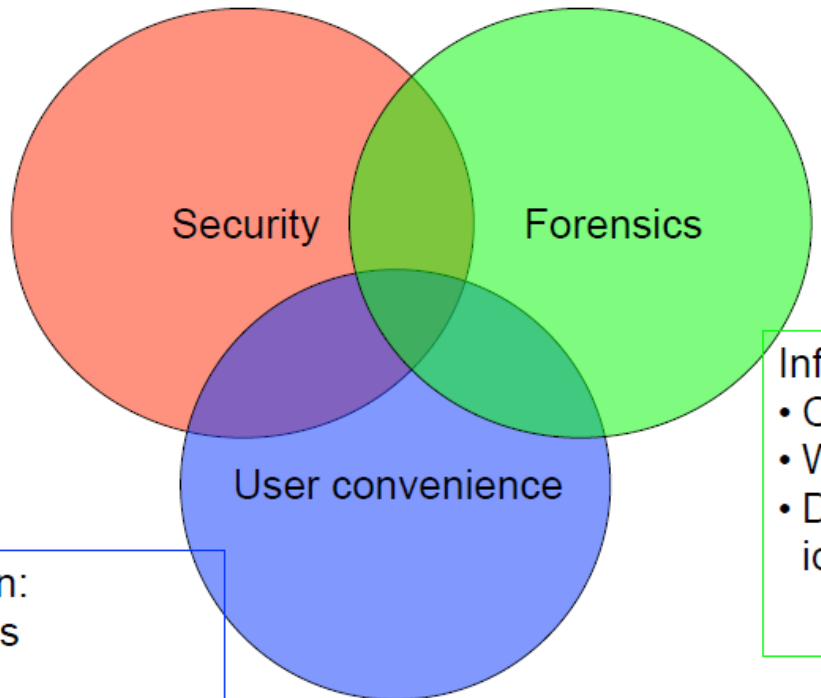
- Die Beobachtung und Messung von Charakteristika des menschlichen Körpers zum Zwecke der (Wieder-)Erkennung
- ISO/IEC Definition des Begriffs: **biometrics** *"Automated recognition of individuals based on their behavioral and biological characteristics."*

Einführung II

Anwendungsbereiche Biometrischer Verfahren:

Access control:
- information
- devices / token ownership
- locations

Immigration / Border Control



Information retrieval
- Camera surveillance
- Watch lists
- Disaster victim identification

Personalization:
- home systems
- computers
- social inclusion

Ease of use:
- no PINS/tokens
- ongoing authentication

Einführung III

Eine Authentisierung kann erreicht werden:

- durch Wissen: Password, PIN, ...
- durch Besitz: SmartCard, USB-token, ...
- durch Biometrie: Charakteristik des menschl. Körpers

Wissen oder Besitz kann man leicht verlieren,vergessen oder weitergeben, biometrische Charakteristika nicht ohne weiteres!

- Delegation, Abstreiten, etc. wird erschwert.
- Sicherheitslevel ist nicht abhängig vom Benutzer!

Grundlagen I

Generische Funktionsweise:

- Die biometrische Charakteristik des Benutzers wird aufgezeichnet und gespeichert (Enrolment).
- Der Benutzer wird dem System quasi vorgestellt.
- Beim Authentisierungsversuch wird die Charakteristik wiederum aufgenommen und mit der gespeicherten Referenz verglichen (Authentication).
- Wird ein festgelegter Schwellwert überschritten, gilt der Benutzer als authentisiert.

Grundlagen II

Identifikation vs. Verifikation:

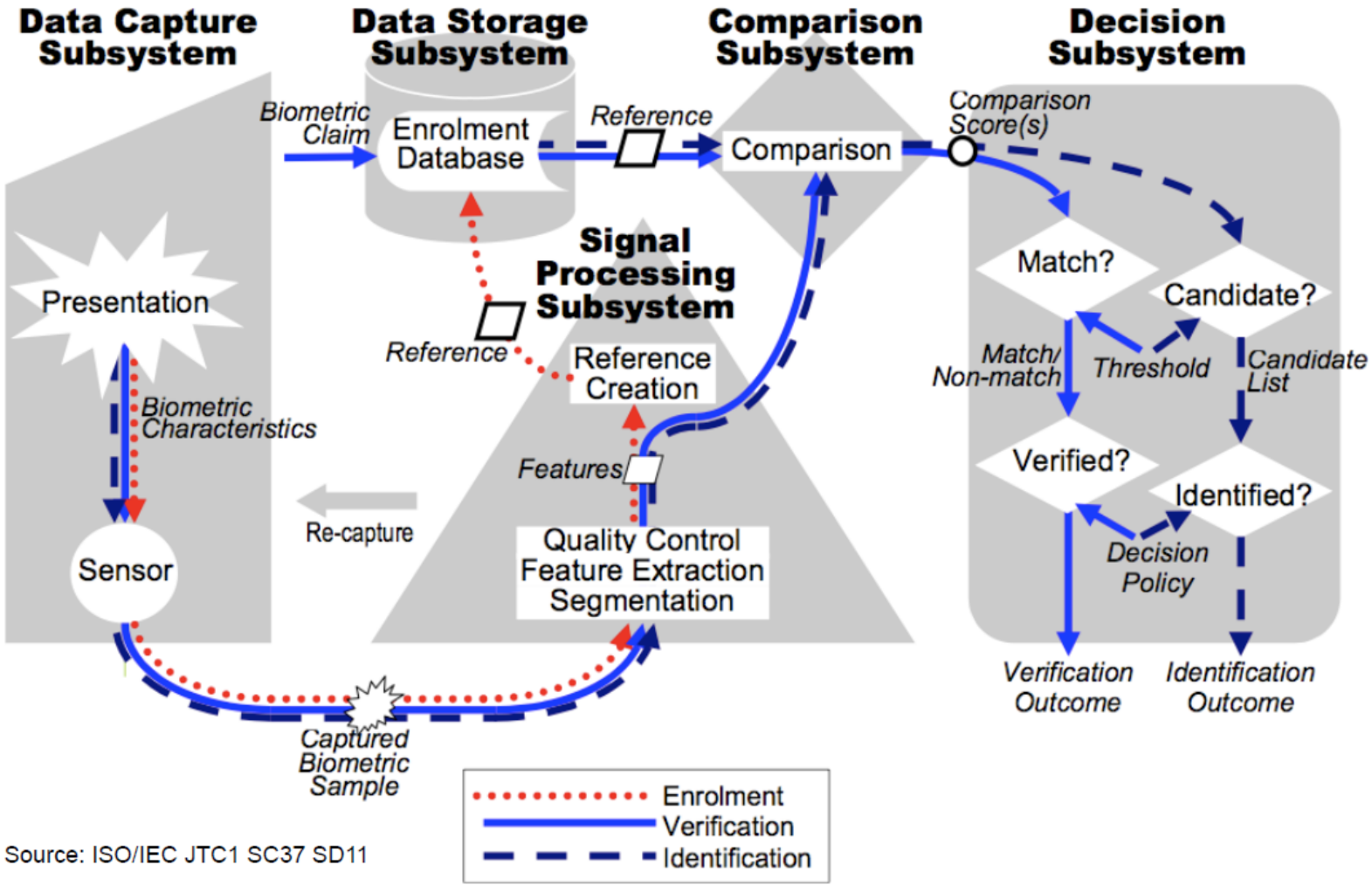
- Identifikation: Erkenne die Identität einer Person
  $(1 : n$ - Vergleich).

Mitarbeiter = Prof. Busch

- Verifikation: Validierung einer Identitätsbehauptung
  $(1 : 1$ - Vergleich)

Ähnlichkeit: „80%“
(Comparison-Score)

Grundlagen III



Biometrische Charakteristika

Wichtige Eigenschaften:

- *Verbreitung*: jede natürliche Person sollte die Char. haben
- *Einzigartigkeit*: die Char. ist unterschiedlich für jede Person
- *Beständigkeit*: die Char. verändert sich nicht mit der Zeit
- *Messbarkeit*: die Char. ist mit geringem Aufwand messbar
- *Performanz*: Erkennungsleistung und Geschwindigkeit
- *Akzeptabilität*: die Methode wird von der Zielgruppe angenommen
- *Sicherheit*: es ist schwer, ein Replikat der Char. zu erstellen

Wichtige Begriffe (ISO/IEC - Vokabular) I

- *Biometrisches Charakteristikum:*
  Biologisches oder verhaltensabhängiges Charakteristikum eines Individuum von welchem sich zur Unterscheidung verwendbare, reproduzierbare biometrische Merkmale ableiten lässt, die zum Zwecke der biometrischen Erkennungautomatischen Erkennung einsetzbar sind.
- *Biometrisches Sample:*
  analoge oder digitale Repräsentation biometrischer Charakteristika vor der biometrischen Merkmalssextraktion.
- *Biometrisches Merkmal:*
  Zahlen oder markante Kennzeichen die aus einem biometrischen Sample extrahiert wurden und zum Vergleich verwendet werden können.

Wichtige Begriffe (ISO/IEC - Vokabular) II

- *Biometrische Referenz:*
  eines oder mehrere gespeicherte biometrische Samples, biometrische Templates oder biometrische Modelle, die einer Person zugeordnet wurden und als Objekt zum biometrischen Vergleich verwendet werden.
- *Biometrisches Template:*
  Menge oder Vektor von gespeicherten biometrischen Merkmalen, die direkt vergleichbar zu den biometrischen Merkmalen einer biometrischen Probe.

Wichtige Begriffe (ISO/IEC - Vokabular) III

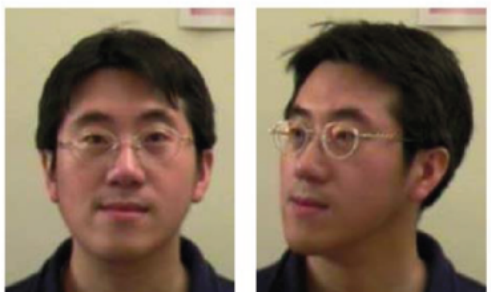
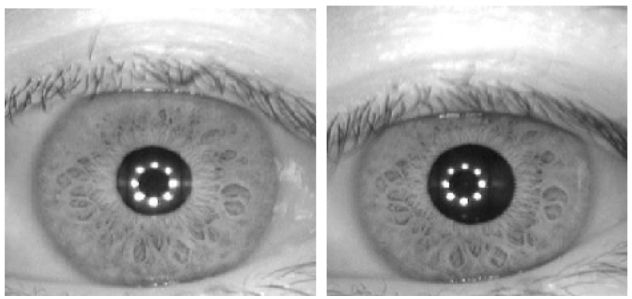
- *Biometrische Probe:*
  biometrische Samples oder biometrische Merkmale, die als Eingabe zu einem Algorithmus zum Vergleich mit einer biometrischen Referenz dienen
- *Biometrischer Vergleich:*
  Schätzung, Berechnung oder Messung der Ähnlichkeit oder Unterschiedlichkeit zwischen der biometrischen Probe und biometrischen Referenzen.

Wichtige Begriffe (ISO/IEC - Vokabular) IV

- *Merkmalsextraktion:*
  Vorgang, bei dem aus einem Sample ein Merkmalsvektor erzeugt wird.
- In der Enrolmentphase erzeugen wir ein Template (= Menge oder Vektor von gespeicherten biometrischen Merkmalen, die direkt vergleichbar zu den biometrischen Merkmalen einer biometrischen Probe)
- In der Wiedererkennungsphase erzeugen wir einen Proben-Merkmalsvektor.

Wichtige Begriffe (ISO/IEC - Vokabular) V

- Biometrische Charakteristika, zB Fingerabdruck, Iris, Gesicht, etc. erlauben jedoch keinen exakten Vergleich von Merkmals-Vektoren (Templates)

- Exakter Vergleich durch Intra-Klassen-Varianz unmöglich!
- Passwörter oder PINs erlauben einen exakten Vergleich.

Wichtige Begriffe (ISO/IEC - Vokabular) VI

- *Vergleichswert (engl. comparison score):*
  Numerischer Wert oder auch Menge mehrerer Werte, die das Resultat eines Vergleichs sind.
- *Ähnlichkeitswert (similarity score):*
  Vergleichswert, der mit der Ähnlichkeit ansteigt
- *Distanzwert / Abweichungswert (engl. dissimilarity score):*
  Vergleichswert, der sich bei Ähnlichkeit verringert

In biometrischen Systemen wird anhand eines Vergleichswertes eine binäre Entscheidung (Accept/Reject) getroffen!

Bewertung Biometrie

Schwächen der Biometrie:

- Steigerung der Sicherheit bedingt Steigerung der Komplexität
- Unscharfes Ergebnis (Schwellwerte notwendig)
- Erneuerung der biometrischen Daten ist nicht möglich
- Angriffe auf den Sensor:



Biometrische Charakteristika:

Biologische Charakteristika:

- Fingerabdruck
- Gesicht
- Iris
- Venen
- Handgeometrie
- Handflächenabdruck
- Ohren
- DNA

Verhaltensbasierte Charakteristika:

- Tippverhalten
- Unterschrift
- Stimme
- Gang

Gesichtserkennung I

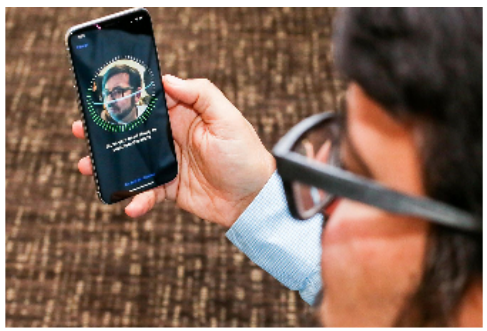
Motivation - Vergleich mit anderen Verfahren:

- Gesicht ist das Charakteristikum mit der größten Verbreitung
- potentiell hohe Benutzerakzeptanz (Bedienbarkeit)
- Erfassung erfolgt berührungslos
  (kein Eingabegerät erforderlich - Kameras sind Massenware)
- Anatomischer Einfluss:
  - Knochengerüst
  - Gesichtsmuskulatur
  - Faltenwurf
  - Haut-Textur
  - Haarwuchs

Gesichtserkennung II

Applikationen:

- Man findet Gesichtserkennung in verschiedenen Kategorien von Applikationen
- Beispiele: Entsperren von Smartphones, Grenzkontrolle, Überwachung


Gesichtserkennung III

Herausforderungen:

- Pose:
  - Orientation der Person zur Kamera
  - Abstand der Person zur Kamera
- Beleuchtung:
  - Sonnenlicht, wechselnde Umweltbedingungen
  - seitlicher Schattenwurf
- Ausdruck and andere Variationen:
  - emotionale Ausdrücke
  - Alterung etc.

Gesichtserkennung IV

Weitere Herausforderungen:

- Alterungsprozesse (im Gesicht sind stark heterogen)




- Medizinische Eingriffe (zB. Augenlidstraffung)

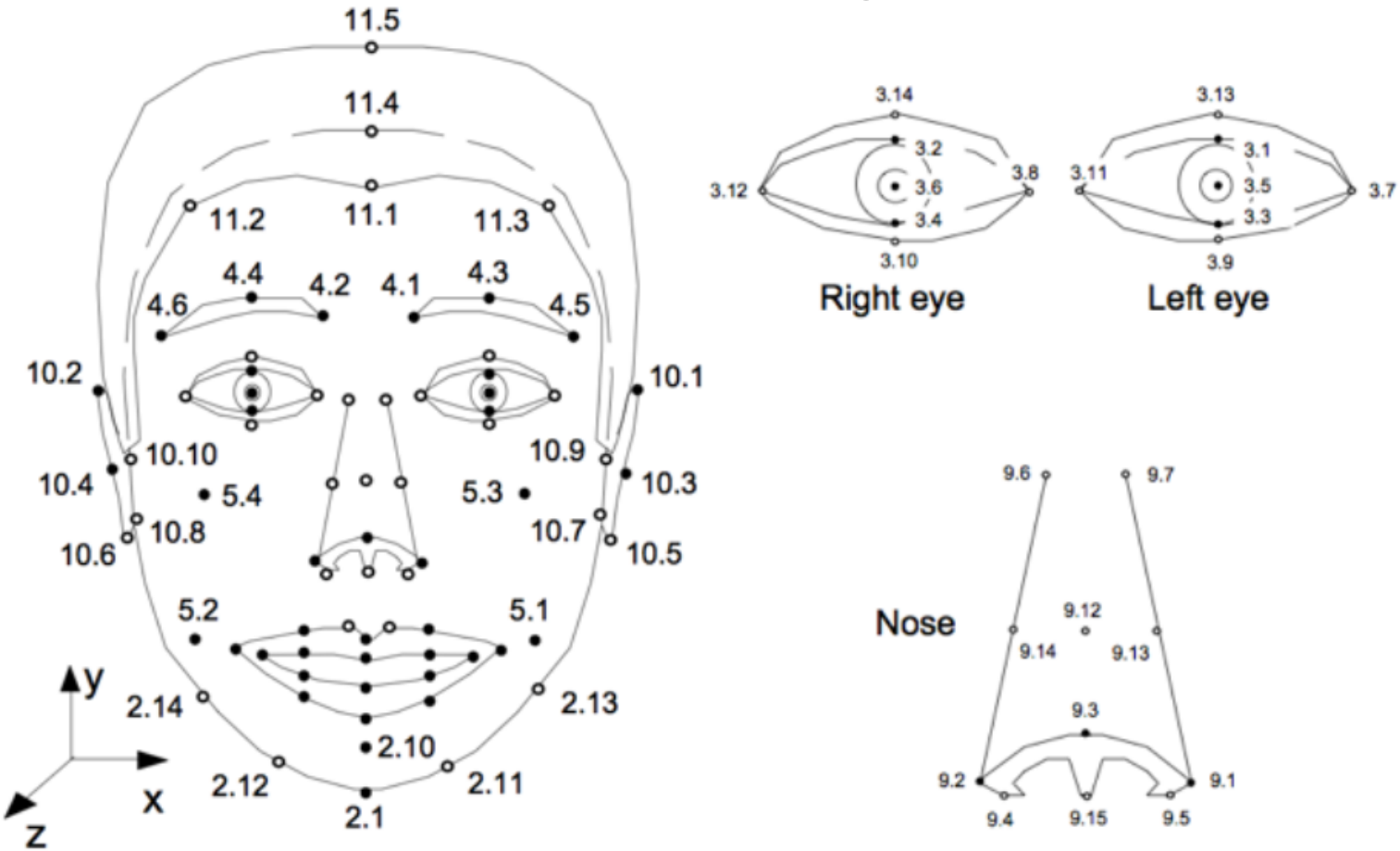

Gesichtserkennung V

Verarbeitungsschritte:

- Segmentierung des Gesichts
  - Bildbereich des Gesichts bestimmen
- Detektion der Landmarken
  - z.B. Innen- und Ausseneckpunkte von Augen oder Mund
- Berechnung von Merkmalen
  - für das gesamte segmentierte Gesicht oder Texturfenster um die Landmarken
- Vergleich zwischen
  - dem berechneten Merkmalsvektor aus dem Probenbild und dem hinterlegten Merkmalsvektor aus dem Referenzbild
  - Ergebnis ist ein Vergleichswert

Gesichtserkennung VI

Landmarken in der Gesichtserkennung:



Source: ISO/IEC 19794-5:2011

Gesichtserkennung VII

Merkmalsextraktion - Gesichtsbilder:

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Ansätze.

1. *Holistisch*:
   das gesamte Gesichtsbild wird verarbeitet
   (z.B. Local Binary Patterns)
2. *Landmarken-basiert*:
   im Gesicht detektieren Texturfenster an der Landmarke
   beschreiben das lokale Muster

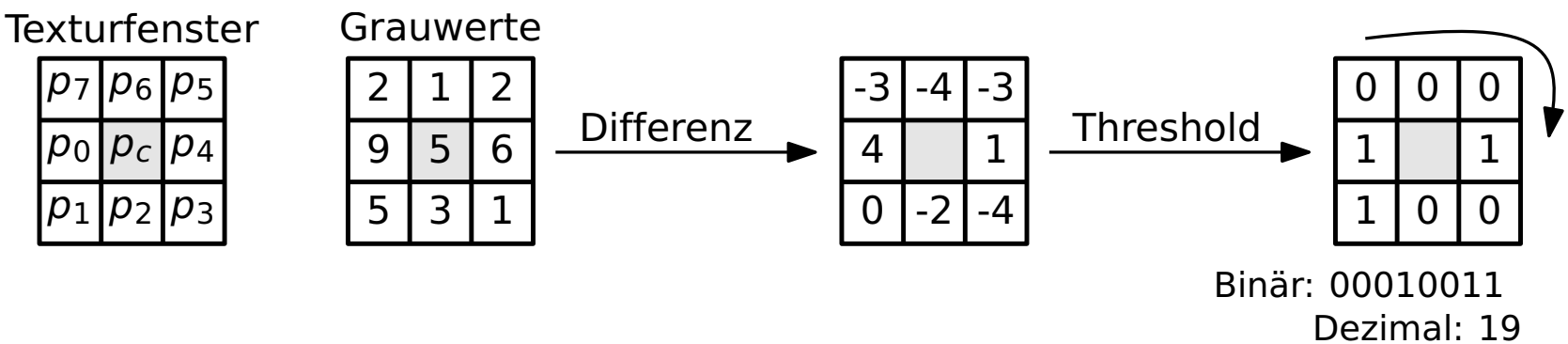
Gesichtserkennung VIII

Merkmalsextraktion - Local Binary Patterns:

Der Wert eines LBP-codes für ein Pixel $P = (x_c, y_c)$ ist definiert als,

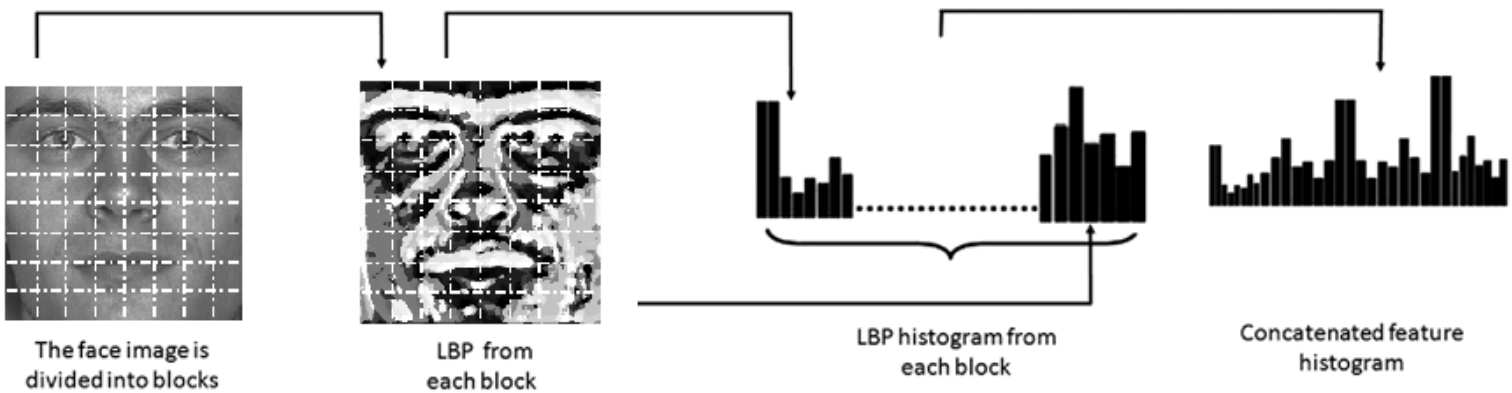
$$LBP_P = \sum_{i=0}^{7} sign(p_i - p_c) * 2^i$$

$$sign(x) = \begin{cases} 1, \text{wenn } x \geq 0 \\ 0, \text{sonst.} \end{cases}$$



Gesichtserkennung IX

Merkmalsextraktion - Local Binary Patterns:



- Zwei Histogamme $A = (a_1, \ldots, a_n)$ und $B = (b_1, \ldots, b_n)$ können mittels χ^2-Distanz ("Chi-Square") verglichen werden:

$$\chi^2(A, B) = \sum_{i=1}^{n} \frac{(a_i - b_i)^2}{a_i + b_i}$$

- Dh. es wird ein Distanzwert berechnet.

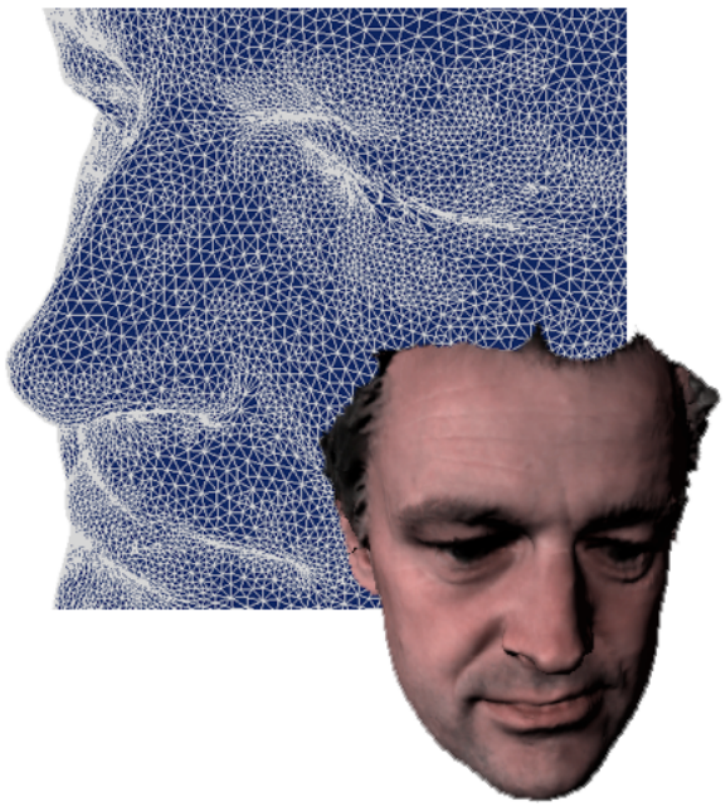
Gesichtserkennung X

Durchbruch in 2015 durch Google:

- Deep-Learning “FaceNet” Algorithmus von Google reduzierte Fehlerraten bei der Gesichtserkennung um ca. 30%.
- Algorithmus basierend auf maschinellen Lernen mit neuronalem Netz (Convolutional Neural Net) bestehend aus 22 Schichten und 140 Millionen Parametern (!)
- Training: 2000 Stunden auf 200 Million Gesichtsbildern von 8 Millionen Personen.

Gesichtserkennung XI

2D vs. 3D Gesichtserkennung:



- 3D-Gesichtserkennung ist robuster gegen Angriffe!

Biometrische Erkennungsleistung I

Biometrische Verfahren arbeiten nicht fehlerfrei!

- Die Erkennungsleistung (engl. Biometric performance) wird in Fehlerwahrscheinlichkeiten (error rates) formuliert.
- Man unterscheidet zwischen sogenannten Algorithmenfehler und Systemfehler.

Biometrische Erkennungsleistung I

Es können zwei Arten von Algorithmenfehler auftreten:

- *False Match (FM)*: Vergleichsentscheidung hinsichtlich einer Übereinstimmung einer biometrischen Probe und einer biometrischen Referenz, die von verschiedenen erfassten Betroffenen Personen stammen.
- *False Non Match (FNM)*: Vergleichsentscheidung hinsichtlich einer Nicht-Übereinstimmung einer biometrischen Probe und einer biometrischen Referenz, die von der selben zu erfassenden Betroffenen Person und von dem selben biometrischen Charakteristikum stammen.

Biometrische Erkennungsleistung II

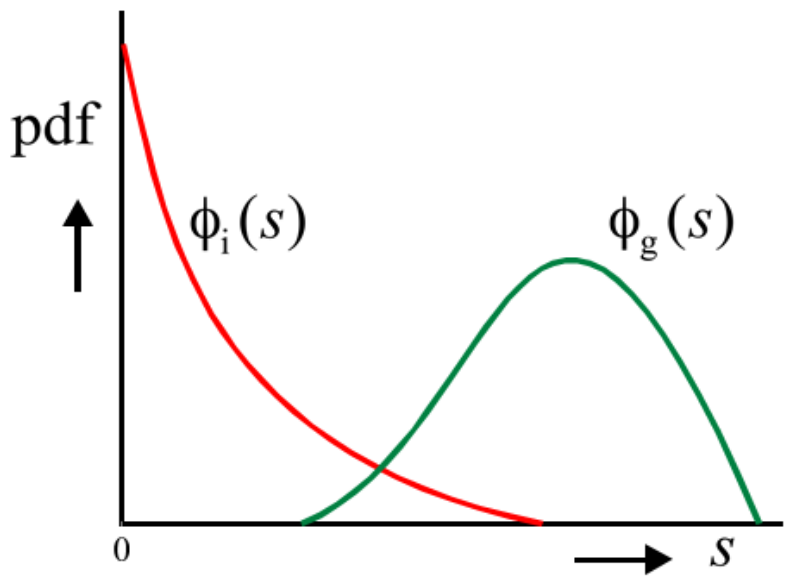
Evaluierung von Algorithmenfehler:

- Zur Abschätzung der Algorithmenfehler sind für jedes Individuum pro biometrischer Instanz ≥ 2 Sample vorliegen.
- Zwei Arten von Vergleichen werden durchgeführt:

1. *Genuine Vergleich* - engl. mated comparison trial: Vergleich einer biometrischen Probe und einer biometrischen Referenz von ein und derselben Betroffenen Person und derselben biometrischen Charakteristik als Teil eines Test der Erkennungsleistung.
2. *Imposter Vergleich* - engl. non-mated comparison trial: Vergleich von einer biometrischen Probe und einer biometrischen Referenz von unterschiedlichen Betroffenen Personen als Teil eines Test der Erkennungsleistung.

Biometrische Erkennungsleistung III

- Aus Genuine und Impostor Vergleichen ergeben sich zwei Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen
(engl. Probability densitiy Distribution Function):
- $\Phi_g(s)$: PDF der Genuine Ähnlichkeitswerte s
- $\Phi_i(s)$: PDF der Impostor Ähnlichkeitswerte s

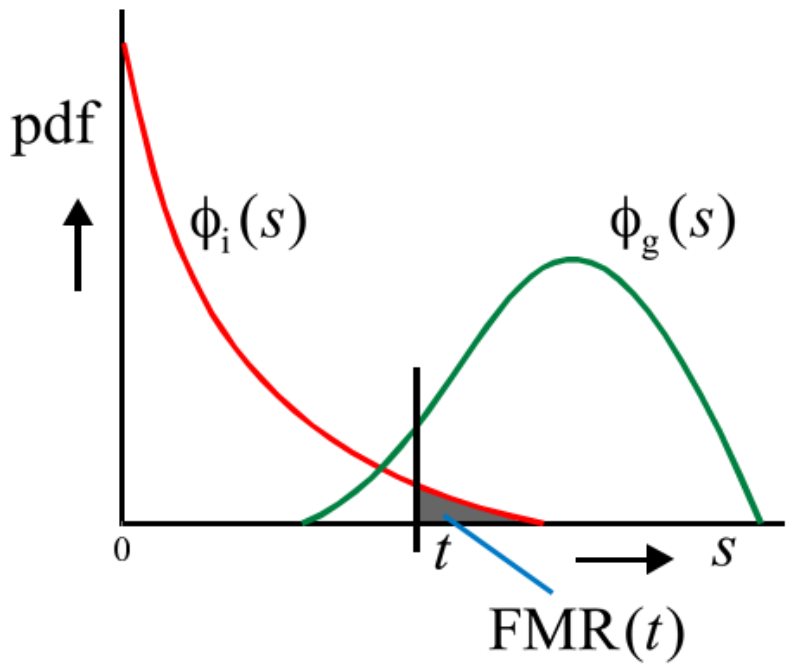


Biometrische Erkennungsleistung IV

- Die Wahrscheinlichkeit für beide Arten von Algorithmenfehler (*False Match* und *False Non Match* werden zu einem definieretn Schwellwert t evaluiert.
- Abhängig von der Wahl von t ändern sich die Wahrscheinlichkeiten für die jeweiligen Algorithmenfehler.
- In den meisten Fällen hat eine Senkung der einen Fehlerwahrscheinlichkeit eine Steigung der Anderen zur Folge (und umgekehrt).
- Der Schwellwert t sollten abhängig von der Applikation (und ihrer Sicherheitsanforderung) gesetzt werden.

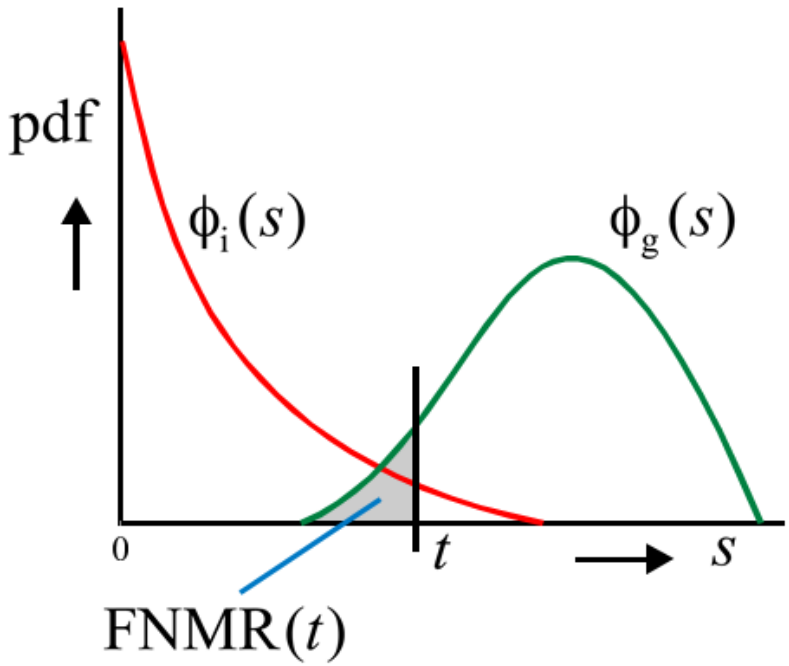
Biometrische Erkennungsleistung V

- *False Match Rate (FMR)*: Anteil der abgeschlossenen biometrischen Übereinstimmungsprüfungen von nicht-gepaarten Teilen, die zu einer Falschübereinstimmung führen.
- $FMR(t) = \int_t^1 \Phi_i(s)ds$



Biometrische Erkennungsleistung VI

- *False Non-Match Rate (FNMR)*: Anteil der abgeschlossenen biometrischen Übereinstimmungsprüfungen von gepaarten Teilen, die zu einer Falschnichtübereinstimmung führen.
- $FNMR(t) = \int_0^t \Phi_g(s)ds$



Biometrische Erkennungsleistung VII

- FNMR ist Maß für die Benutzbarkeit (Usability) eines biometrischen Systems.
- FMR ist Maß für die Sicherheit eines biometrischen Systems.
- In einem Biometrischen System werden Schlüssel durch biometrische Charakteristika ersetzt!
- In der Kryptographie wird die Sicherheit in Bits gemessen.
- Frage: eine FMR von 0.1% entspricht wieviel Bits Sicherheit?

Biometrische Erkennungsleistung VII

- FNMR ist Maß für die Benutzbarkeit (Usability) eines biometrischen Systems.
- FMR ist Maß für die Sicherheit eines biometrischen Systems.
- In einem Biometrischen System werden Schlüssel durch biometrische Charakteristika ersetzt!
- In der Kryptographie wird die Sicherheit in Bits gemessen.
- Frage: eine FMR von 0.1% entspricht wieviel Bits Sicherheit?
- FMR $= 0.1\%$ entspricht $\log_2(100/0.1) \simeq 10$ Bits Sicherheit
- Das gilt jedoch nur für Verifikation (1:1 Vergleich)!

Biometrische Erkennungsleistung VIII

- Wird ein biometrisches System im Identifikationsmodus betrieben muss die FMR noch niedriger sein.
- Sei P_1 die Wahrscheinlichkeit für ein FM in einer Verifikation und P_N die Wahrscheinlichkeit für ein FM in einer Identifikation (1:N Vergleich).
- Die Wahrscheinlichkeit, dass in einem Vergleich kein FM auftritt ist somit $(1 - P_1)$.
- Die Wahrscheinlichkeit, dass bei N unabhängigen Vergleichen kein FM auftritt ist somit $(1 - P_1)^N$.
- Somit ergibt $P_N = 1 - (1 - P_1)^N$.

Biometrische Erkennungsleistung IX

Beispiel:

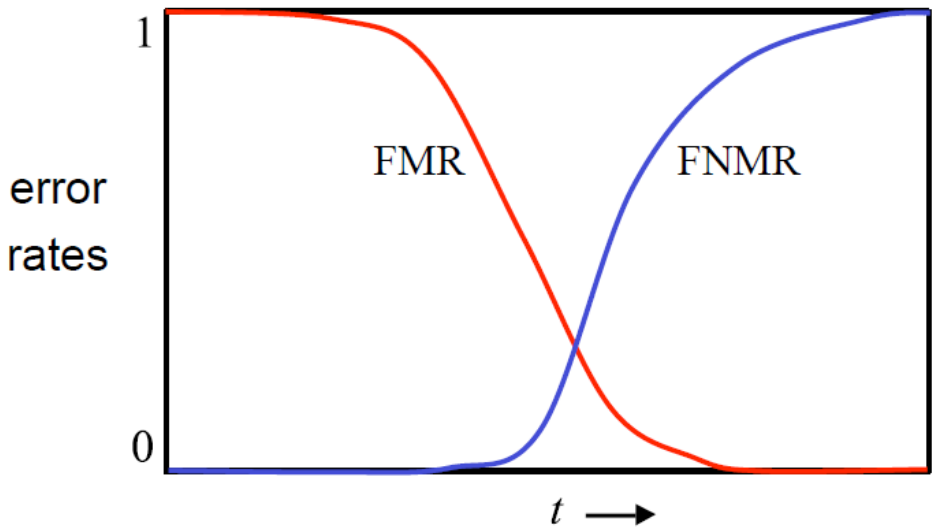
- Angenommen ein System hat eine FMR von 0.1%.
- Wahrscheinlichkeit für ein FM in Abhängigkeit von N:

$$N = 200 \rightarrow P_N \simeq 18\%$$
$$N = 2000 \rightarrow P_N \simeq 86\%$$
$$N = 10000 \rightarrow P_N = 99.995\%$$

- Identifikation ermöglichen biometrische Systeme nur wenn diese bei sehr niedriger FMR ($P_1 \ll 1/N \ll 1$) betrieben werden!
- Gesichtserkennung wird meist für FMR=0.1% durchgeführt, FaceNet: FNMR $<$ 5%.

Biometrische Erkennungsleistung X

- FMR und FNMR können als Funktion dargestellt werden.



- Rahmenbedingungen: $FMR(0) = 1$, $FNMR(0) = 0$ und $FMR(1) = 0$, $FNMR(1) = 1$.
- Gleichfehlerrate (Equal Error Rate): EER and der Stelle $FNMR = FMR$.
- Genuine Match Rate: $GMR = 1 - FNMR$.

Biometrische Erkennungsleistung XI

Wir betrachten vier Arten von Systemfehlern:

1. Failure-to-Capture: “Es konnte kein Sample erzeugt werden”.
2. Failure-to-eXtract: “Es konnte aus dem Sample kein Template erzeugt werden”.
3. Failure-to-Acquire: Ursache kann in der Erfassung (Failure-to-Capture) oder in der Verarbeitung (Failure-to-eXtract) liegen.
4. Failure-to-Enrol: “Für dieses Individuum kann niemals ein brauchbares Template erzeugt und gespeichert werden”.

Biometrische Erkennungsleistung XII

Wahrscheinlichkeit einer Erfassungsfehlfunktion,
Definition durch ISO/IEC:

"*Failure-to-Capture Rate (FTC)*: relativer Anteil der Akquisitionsfehler in einer spezifizierten Menge von biometrischen Akquisitionsprozessen."

$$FTC = \frac{N_{tca}+N_{nsq}}{N_{tot}}$$

- N_{tca}: die Anzahl der terminierten Erfassungsversuche.
- N_{nsq}: die Anzahl der erzeugten Samples in unzureichender Qualität.
- N_{tot}: die Anzahl der gesamten Erfassungsversuche.

Biometrische Erkennungsleistung XIII

Wahrscheinlichkeit einer Merkmalsextraktionsfehlers,
Definition durch ISO/IEC:

"*Failure-to-eXtract Rate (FTX)*: relativer Anteil der Enrolmentfehler an einer spezifizierten Menge von Enrolmenttransaktionen."

$$FTX = \frac{N_{ngt}}{N_{sub}}$$

- N_{ngt}: die Anzahl der Versuche ist, in denen kein Template erzeugt werden konnte.
- N_{sub}: die Gesamtzahl der biometrischen Samples, auf welche die Merkmalsextraktion angewendet wurde.

Biometrische Erkennungsleistung XIV

Wahrscheinlichkeit einer Enrolmentfehlfunktion,
Definition durch ISO/IEC:

"*Failure-to-Enrol Rate (FTE)*: relativer Anteil der Enrolmentfehler an einer spezifizierten Menge von Enrolmenttransaktionen."

$$FTE = \frac{N_{nec}}{N}$$

- N_{nec}: die Anzahl der Enrolmentfehlfunktionen für Individuen, deren biometrische Charakteristika nicht erfasst werden können.
- N: die Gesamtzahl der natürlichen Personen, die in der Enrolmendatenbank aufgenommen werden sollen.

Biometrische Erkennungsleistung XV

Wahrscheinlichkeit einer Akquisitionsfehlfunktion,
Definition durch ISO/IEC:

"*Failure-to-Acquire Rate (FTA)*: relativer Anteil der Akquisitionsfehler in einer spezifizierten Menge von biometrischen Akquisitionsprozessen."

$$FTA = FTC + FTX * (1 - FTC)$$

- Die Ursache eines Failure-to-Acquire kann in der Erfassung (Failure-to-Capture) oder in der Verarbeitung (Failure-to-eXtract) liegen.

Biometrische Erkennungsleistung XVI

- False-Accept-Rate (FAR):

$$FAR = FMR * (1 - FTA)$$

- False-Reject-Rate (FRR):

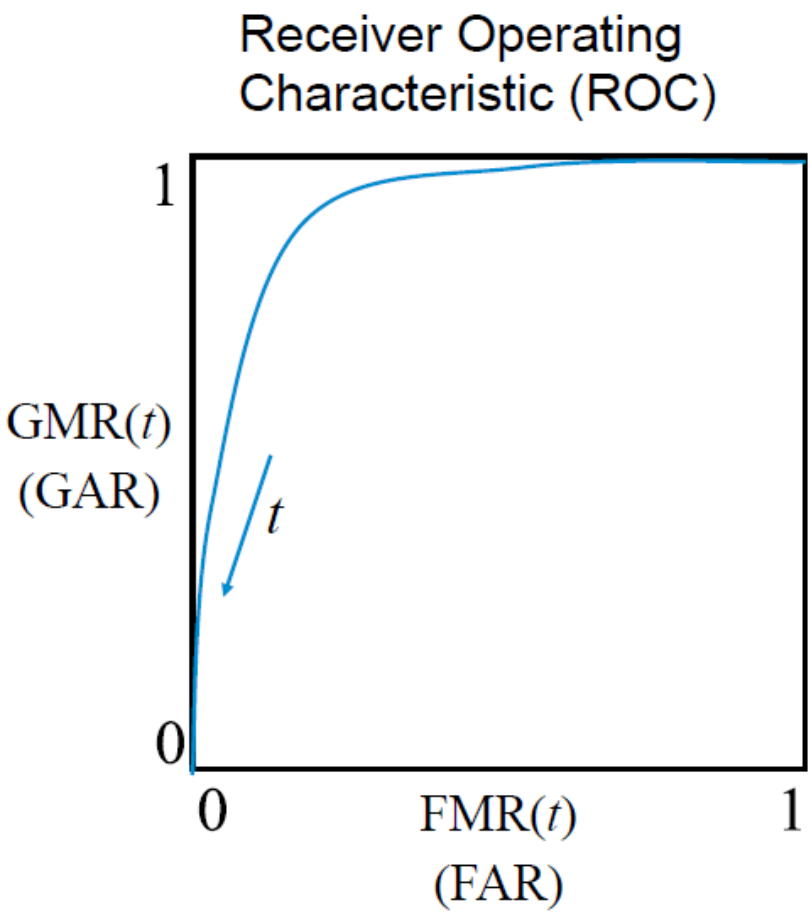
$$FRR = FTA + FNMR * (1 - FTA)$$

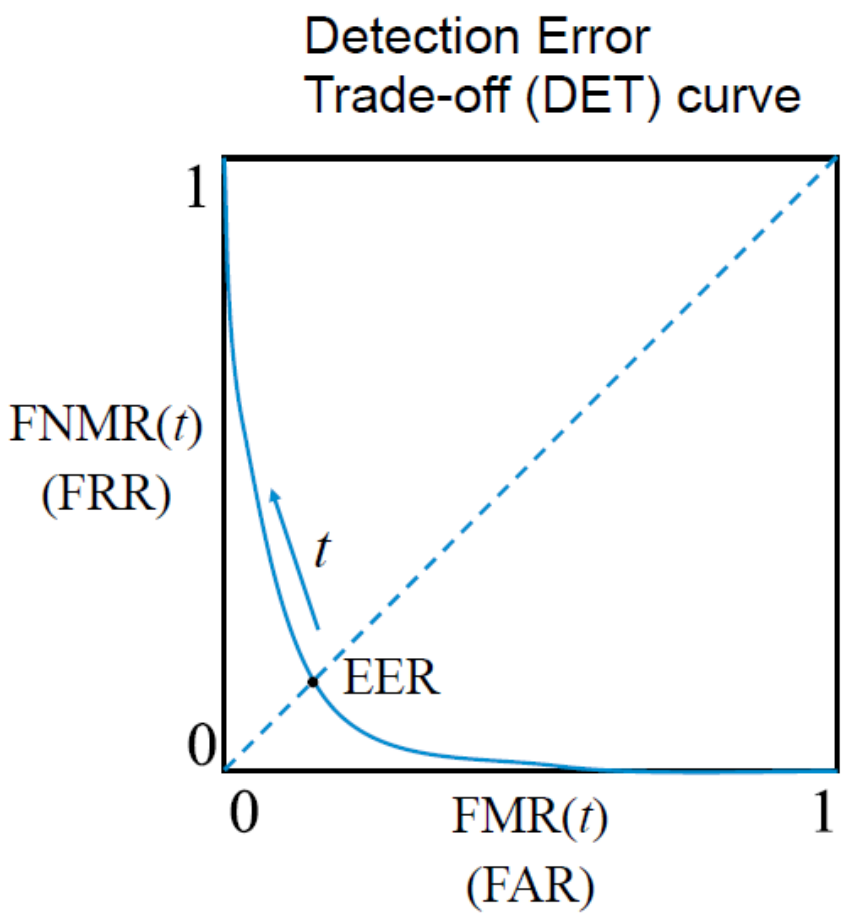
- Genuine-Accept-Rate (GAR):

$$GAR = 1 - FRR$$

Biometrische Erkennungsleistung XVII

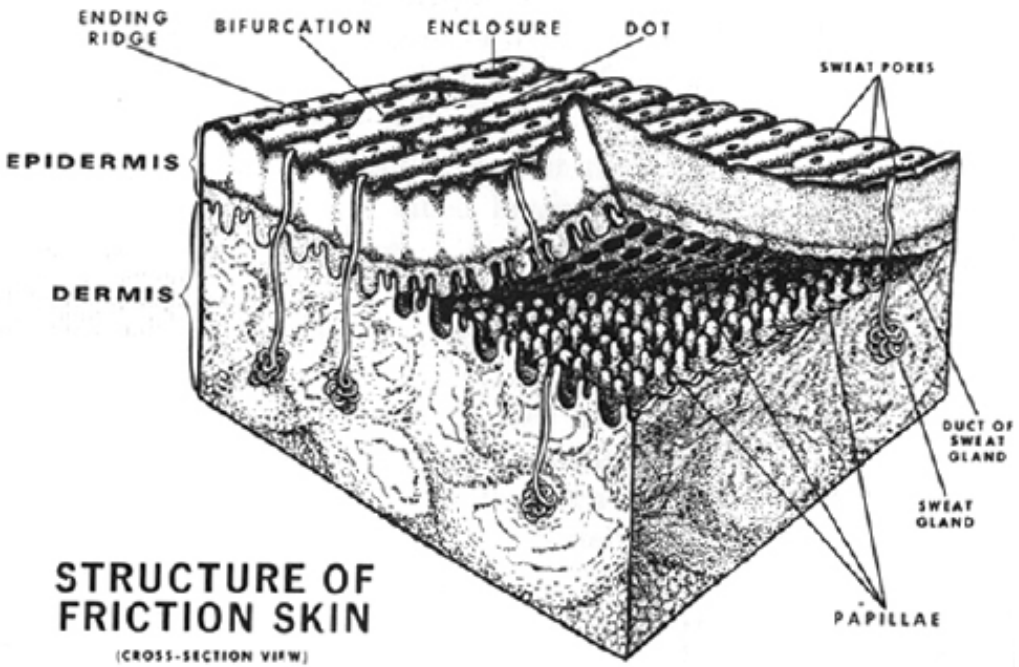
Graphische Darstellung Erkennungsleistung:





Fingerabdruckerkennung I

- Bildung der Papillarleisten zufällig
  (in den ersten Lebenswochen)
- Im Abdruck sind Papillarlinien erkennbar
- Muster bleibt konstant mit der Alterung



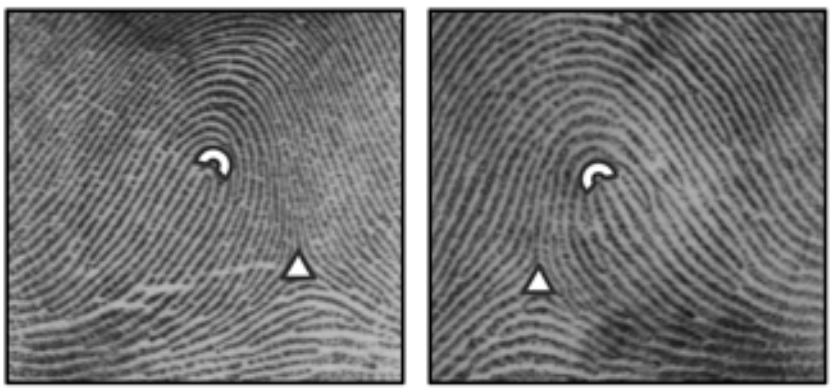
Fingerabdruckerkennung II

Linke Schleife - engl. Left Loop:

- Das Schleifenmuster enthält eine typische Delta Struktur
- Die Papillarlinien beginnen und enden links des Kerns

Rechte Schleife - engl. Right Loop:

- Das Schleifenmuster enthält eine typische Delta Struktur.
- Die Papillarlinien beginnen und enden rechts des Kerns.



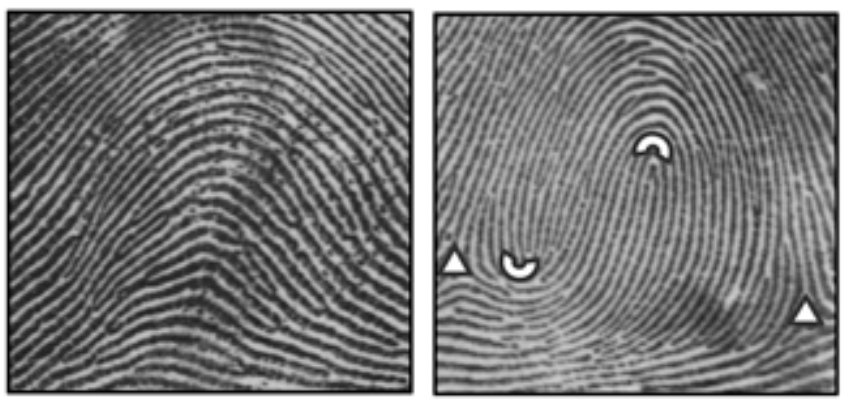
Fingerabdruckerkennung III

Bogen - engl. Arch:

- Das Grundmuster enthält keine Delta Struktur.
- Die Papillarlinien im Zentrum des Grundmusters sind nach oben gebogen. Sie verlaufen vom linken zum rechten Bildrand.

Wirbel - engl. Whorl:

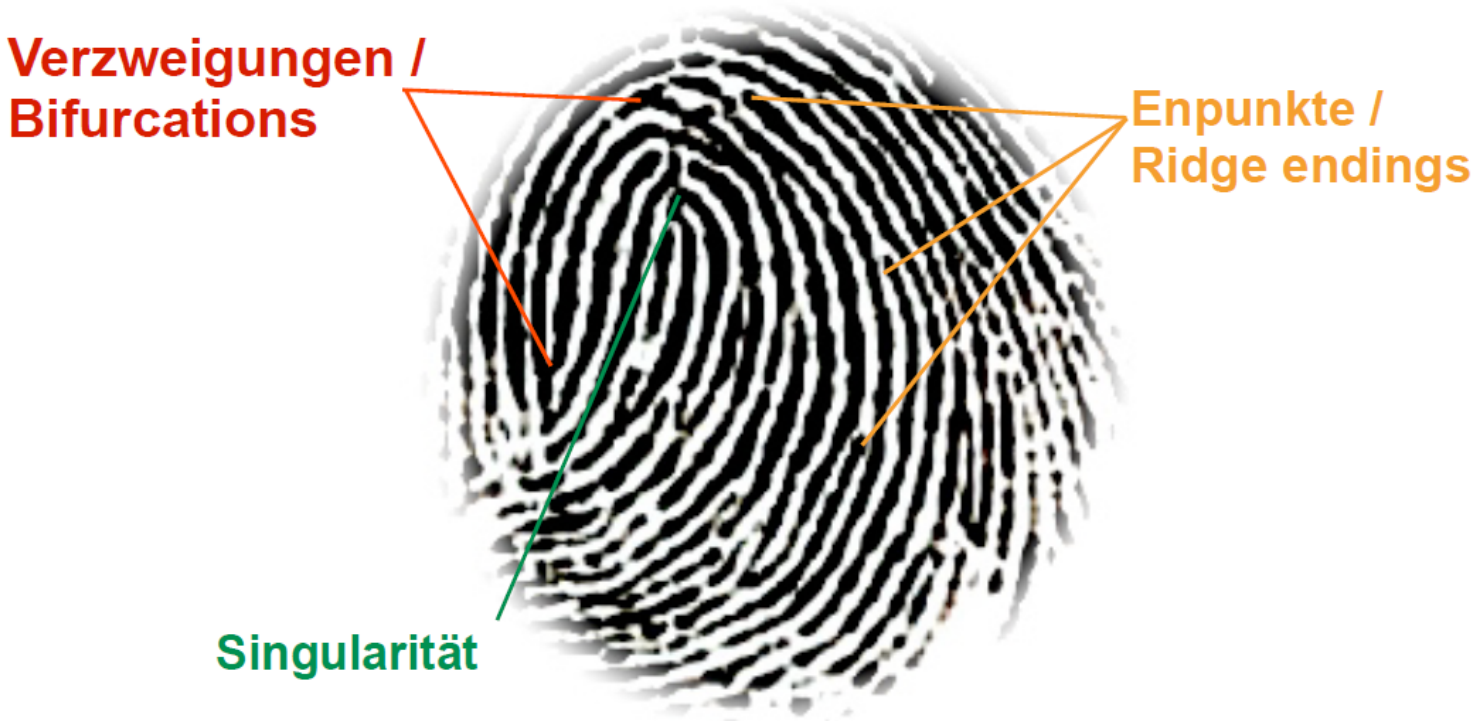
- Das Grundmuster enhält zwei Delta Strukturen.
- Die Papillarlinien sind um den Kern geringelt.



Fingerabdruckerkennung IV

Analoge/digitale Repräsentation der Papillarleisten:

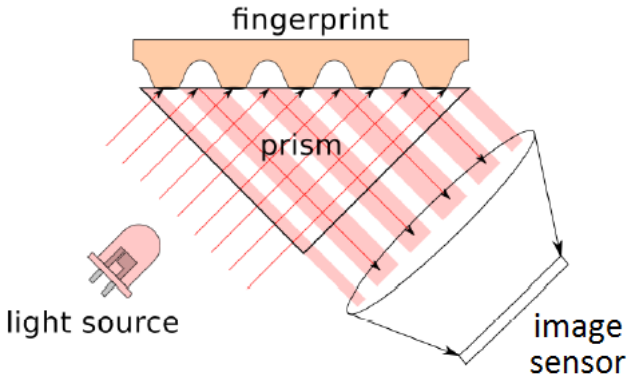
- Landmarken im Fingerbild werden als *Minutien* bezeichnet.



Fingerabdruckerkennung VI

Optische Sensoren:

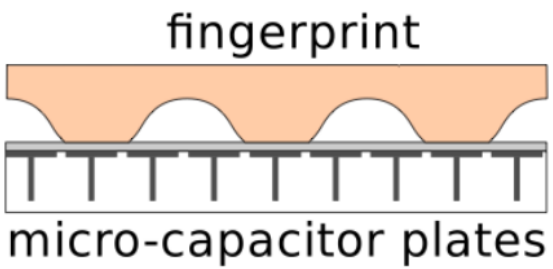
- Finger liegt auf Oberfläche eines Prismas auf und wird mit einfarbigem Licht bestrahlt.
- Gute Bildqualität, aber große Bauart (Auflösung bis 1000 dpi).
- Total Internal Reflection (TIR), die Reflexion in den Kontaktbereichen wird unterdrückt.



Fingerabdruckerkennung VII

Kapazitive Sensoren:

- Raster von Kondensatorplatten als Sensorelemente.
- Messung der Leitfähigkeit an Hautoberfläche: Kapazität an aufliegenden Hautlinien größer.
- Umformung in digitale Signale.
- Klein und integrierbar, aber anfällig gegen elektr. Aufladung.

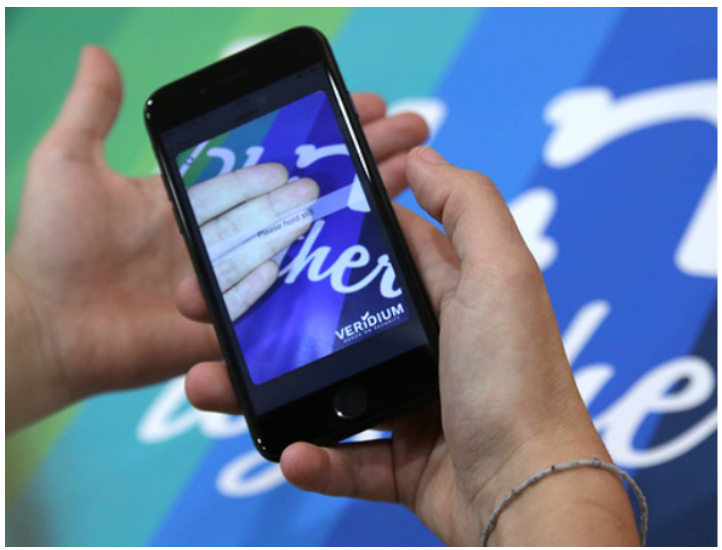


Kapazitiver Sensor von Infineon
Bildgröße: 224 x 288 Pixel
Sensor-Fläche: 11,3 mm x 14,3 mm

Fingerabdruckerkennung VIII

Kontaktlose Sensoren:

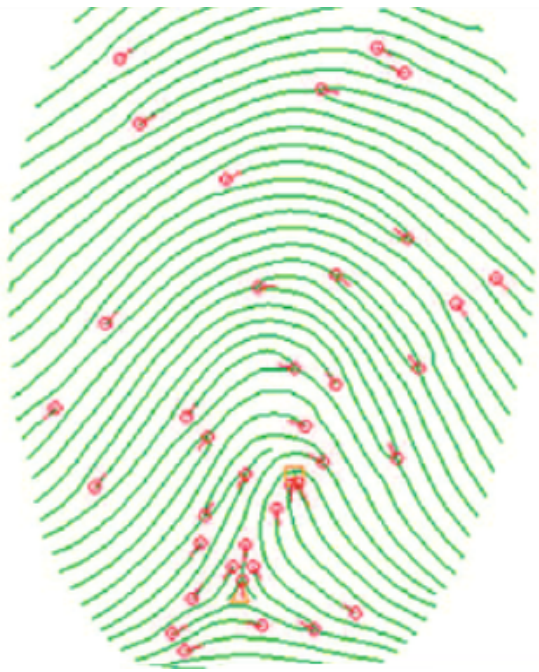
- Fotos von ein oder meherern Fingern gleichzeitig.
- Höhere Anfälligkeit gegen Angriffe.



Fingerabdruckerkennung IX

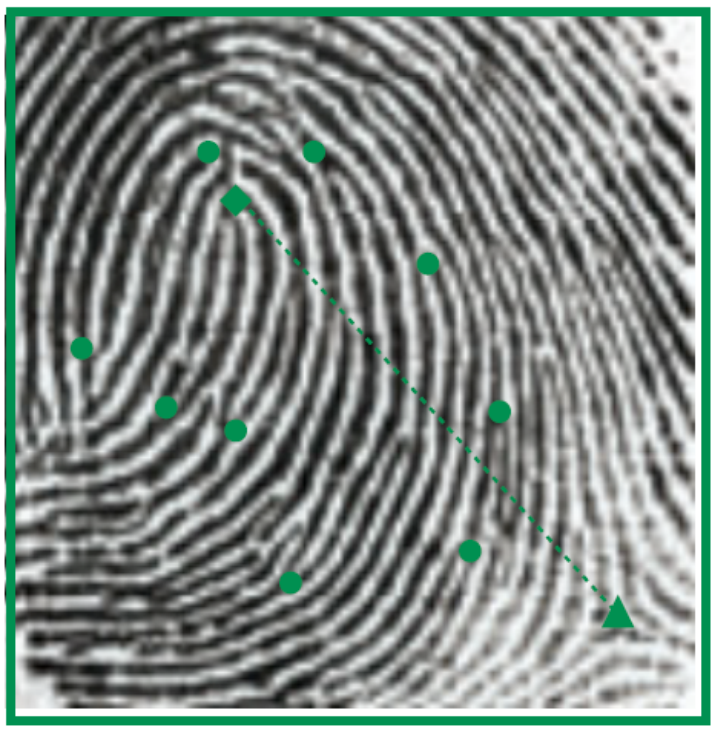
Merkmalsextraktion:

- Im 1. Schritt findet eine Skelettbildung der Papillarlinie statt.
- Im 2. Schritt werden Minutien detektiert.



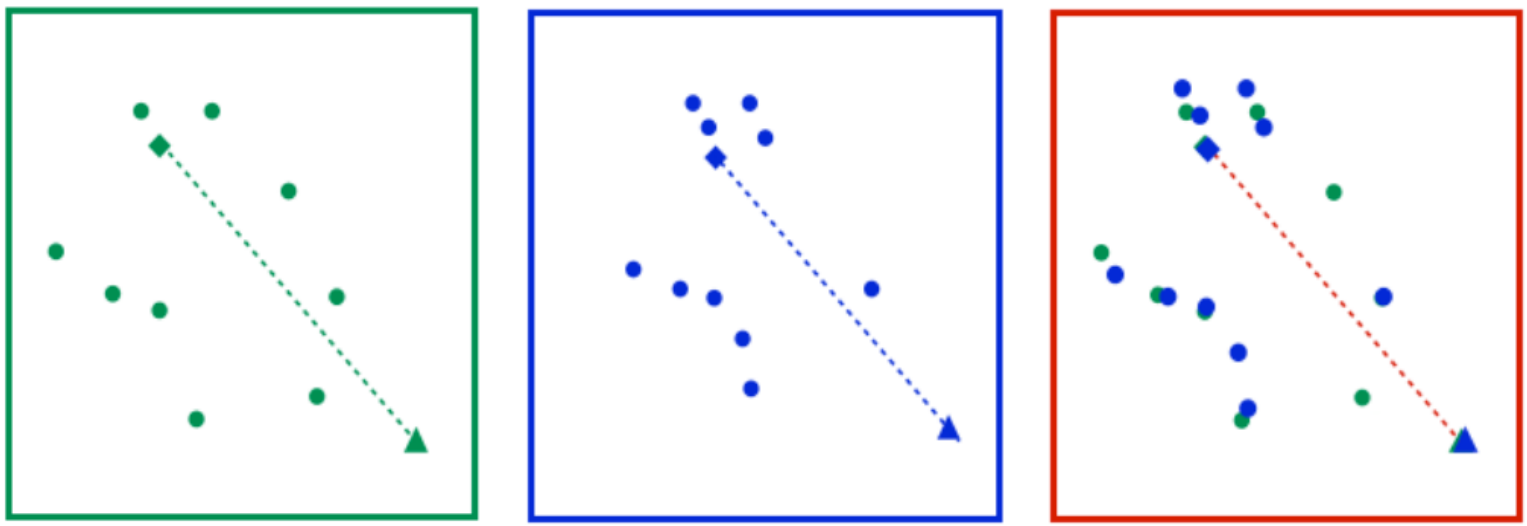
Fingerabdruckerkennung X

Ausrichtung (engl. alignment) des Referenz Bild und des Probe Bild:



Fingerabdruckerkennung XI

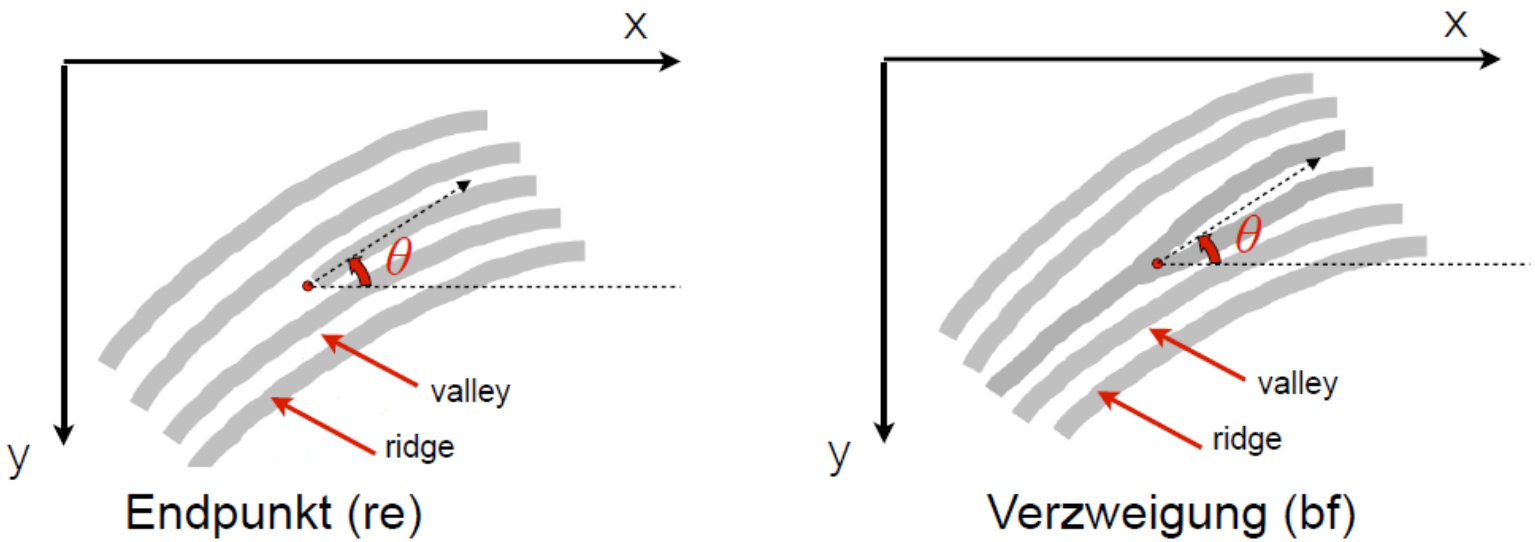
Vergleich des Referenz Bild mit dem Probe Bild:



- für wieviele Minutien-Punkte in der Probe lässt sich in der Referenz-Wolke ein passender Partner finden?

Fingerabdruckerkennung XII

Suche nach einer korrespondierenden Minutien:



- Minutien wird definiert durch ein Tupel $m = \langle x, y, \theta, t \rangle \in \mathcal{M}$.
- Absolute Position: x, y
- Winkel: θ
- Minutien Typ: $t \in \{re, bf\}$

Fingerabdruckerkennung XIII

Suche nach einer korrespondierenden Minutien:

- Für eine Referenz R und Probe Q werden zum Vergleich nur Koordniaten und Winkel verwendet.

$$R = \{m_1, m_2, \ldots, m_n\} \subseteq \mathcal{M}, m_i = \langle x_i, y_i, \theta_i \rangle \in R$$
$$Q = \{m'_1, m'_2, \ldots, m'_k\} \subseteq \mathcal{M}, m'_j = \langle x_j, y_j, \theta_j \rangle \in Q$$

  wobei n und k die Anzahl der Minutien R bzw. Q bezeichnen.

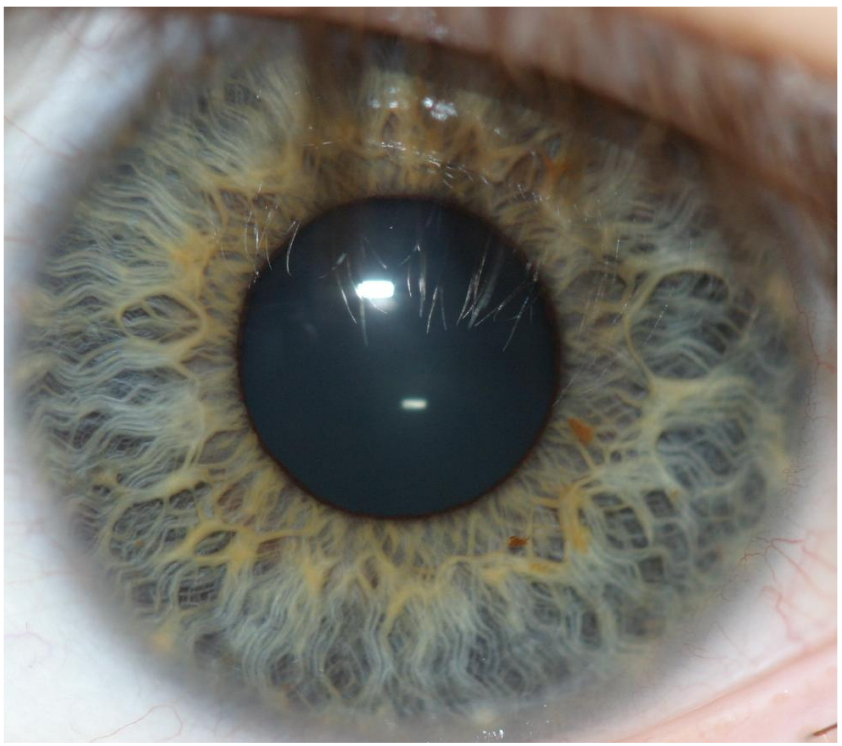
- 2 Minutien sind Partner, wenn die räumliche Differenz sd und die Differenz der Orientierungen dd innerhalb der Toleranz ist,

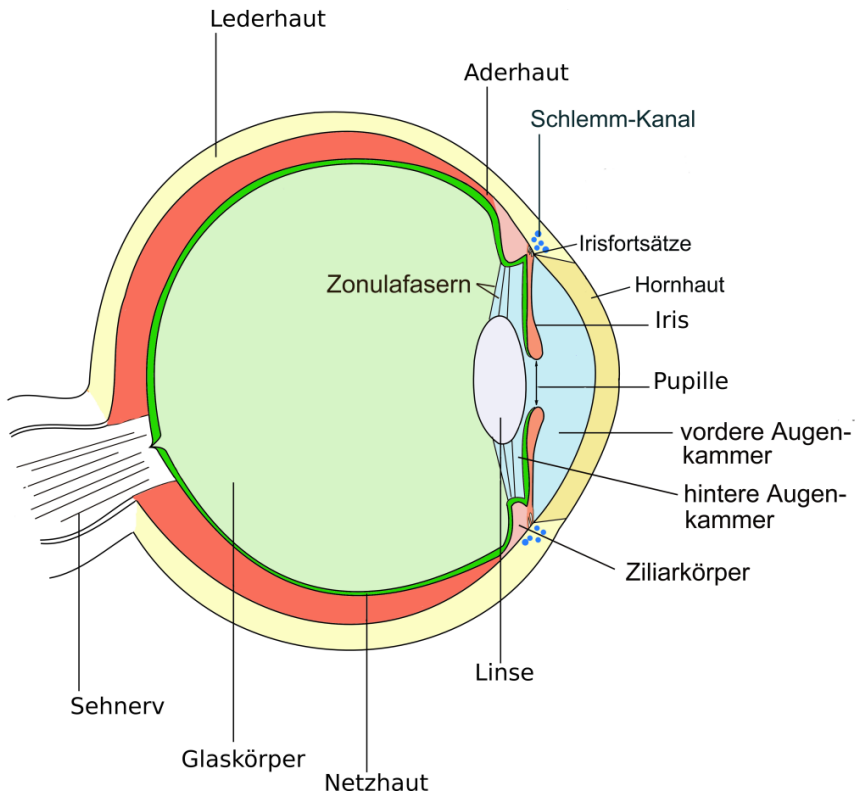
$$sd(m_i, m'_j) = \sqrt{(x_i - x'_j)^2 + (y_i - y'_j)^2} \leq r_0$$
$$dd(m_i, m'_j) = \min\{|\theta_i - \theta'_j|, 360 - |\theta_i - \theta'_j|\} \leq \theta_0$$

- Ähnlichkeitswert zw. R und Q wird durch die Anzahl der gefundenen Paare bestimmt.

Iriserkennung I

- Die Iris (Regenbogenhaut) ist die durch Pigmente gefärbte Blende des Auges welche sich ca. ab 21. Woche entwickelt.



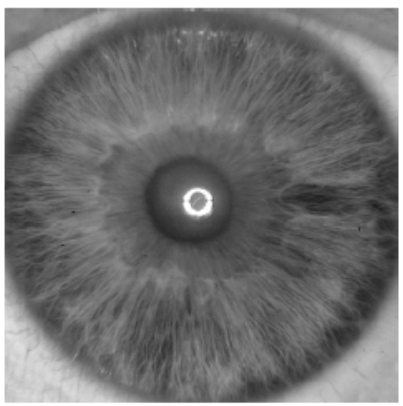


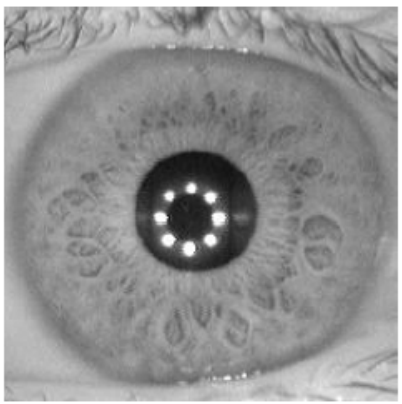
Iriserkennung II

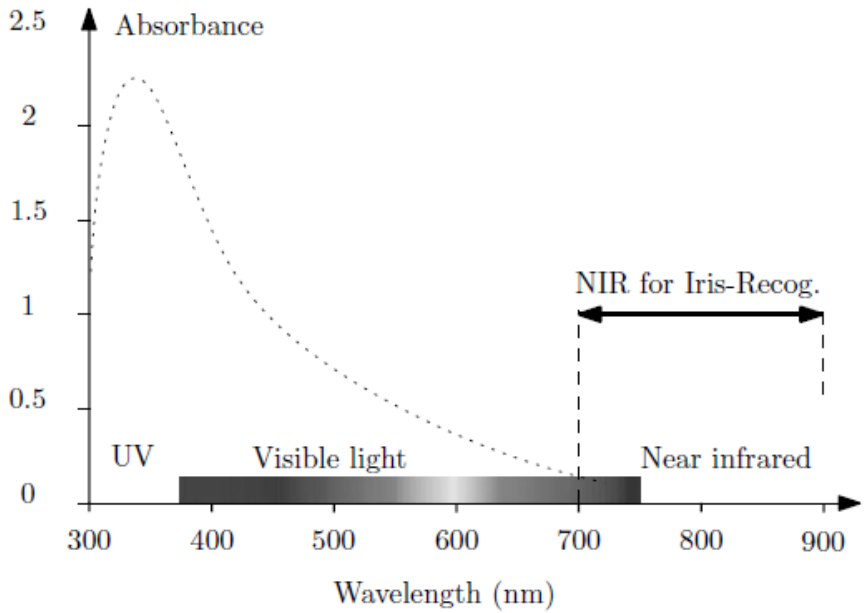
- Aufnahme eines Bildes eines Auges geschieht unter aktiver Teilnahme des Subjekts.

Iriserkennung III

- Aufnahme des Auges geschieht meist im nahe-Infrarot Bereich.
- Dies ermöglicht eine robuste Aufnahme des Iris-Musters.

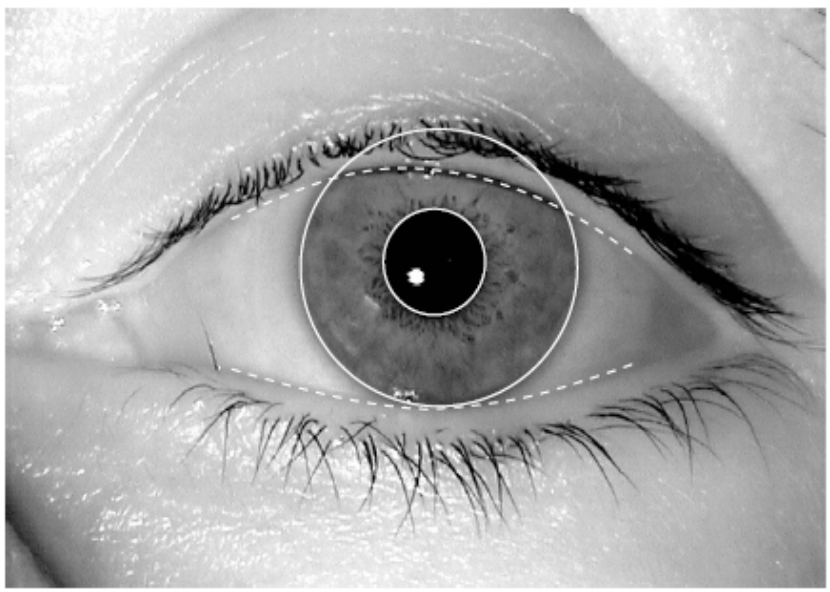






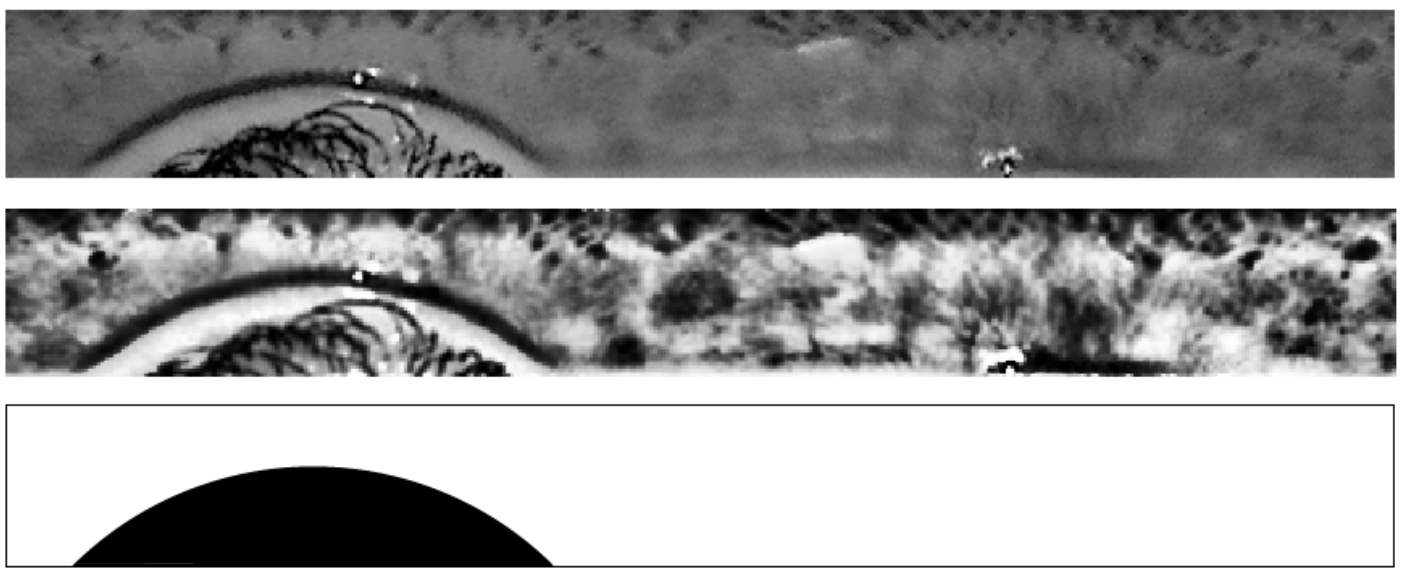
Iriserkennung IV

- Die Pupille und der äußere Iris-Rand werden detektiert und mittels Ellipsen approximiert.
- Augenlider und Wimpern werden detektiert und eine entsprechende (binäre) Maske wird berechnet.



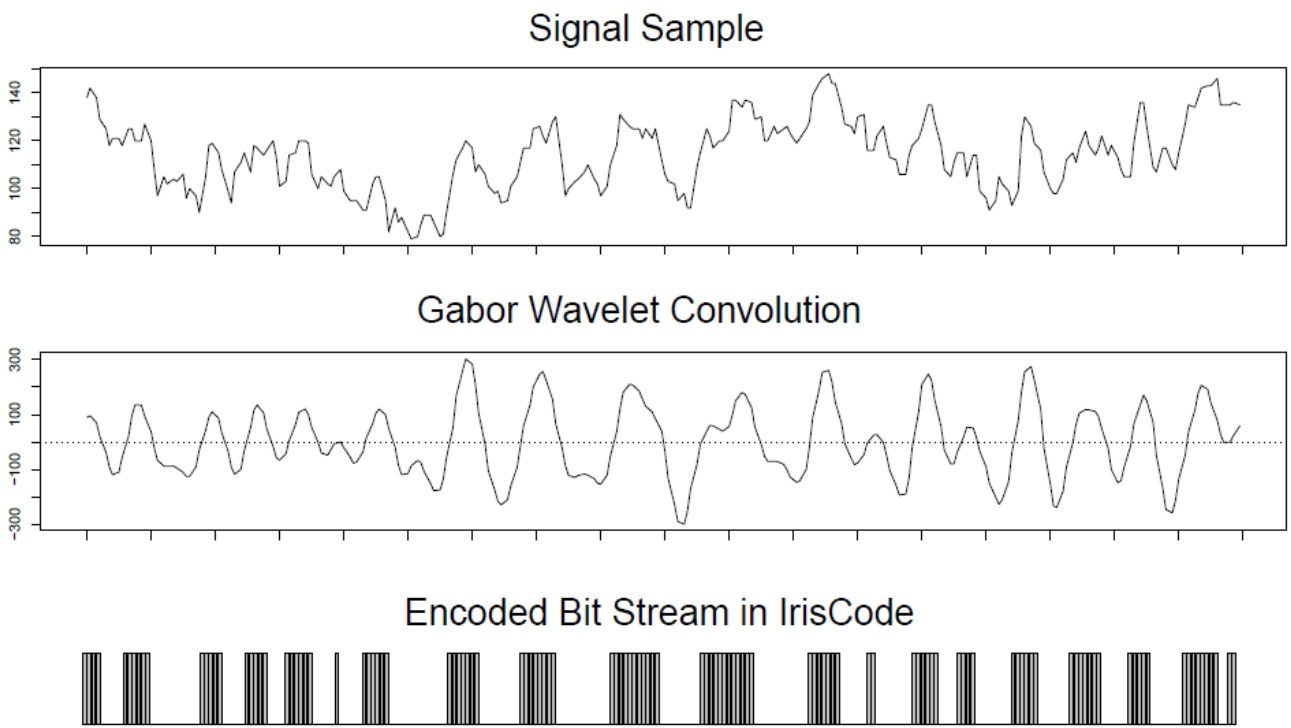
Iriserkennung V

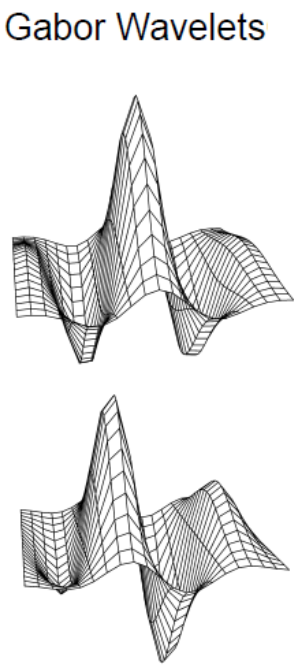
- Iris und die dazugehörige Maske werden zu einem rechteckigen Bild fixer Größe transformiert ("aufgerollt").
- Der Kontrast der aufgerollten Textur wird normalisiert.



Iriserkennung VI

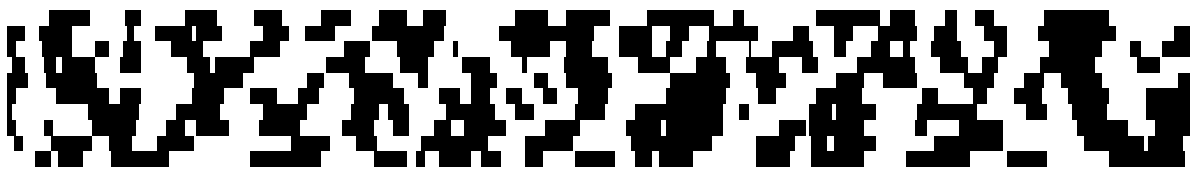
- Die Textur wird zeilenweise als Signal betrachtet und Filter (zB Gabor Wavelets) werden darauf angewendet.





Iriserkennung VII

- Filterwerte werden am Ende binärisiert um einen sogenannten IrisCode (binäres Template) zu generieren.
- Dies ermöglicht eine kompakte Speicherung der Iris und der entsprechenden Maske in ca. 2,000-10,000 Bits.
- Beispiele für 1D LogGabor Merkmalsextraktoren:



- Korrelation zw. benachbarten Bits ist klar erkennbar da das Template aus einer natürlichen Textur extrahiert wird.

Iriserkennung VIII

- Die Hamming-Distanz (Anzahl unterschiedlicher Bits) dient als Distanz-Score zw. zwei Iris-Templates.
- Seien $\{codeA, codeB\}$ zwei Templates mit entsprechenden Masken $\{maskA, maskB\}$ so wird der Distanz-Score wie folgt berechnet:

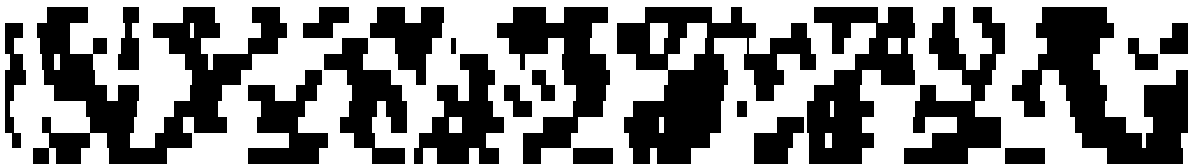
$$HD = \frac{||(codeA \oplus codeB) \cap maskA \cap maskB||}{||maskA \cap maskB||}$$

- Die Norm $||\cdot||$ gibt das Hamming-Gewicht (Anzahl 1er) an.
- Durch das Suchen einer minimalen Distanz für verschiedene Shifts können Rotationen der Augen kompensiert werden.

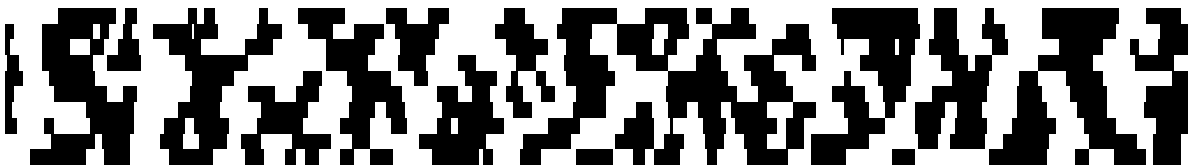
Iriserkennung IX

- Der Vergleich kann im Gegensatz zu anderen biometrischen Charakteristika (zB Fingerabdruck) sehr effizient durchgeführt werden.
- XOR, AND und das Hamming-Gewicht können für 64-bit in jeweils einem CPU-Zyklus berechnet werde.
- Ein 1:100,000 Vergleich kann auf einem herkömmlichen Desktop-PC im Sekundenbereich durchgeführt werden!
- Weiters lässt sich ein $1 : N$ vergleich einfach parallelisieren oder mittels Hardware beschleuningen (GPU).

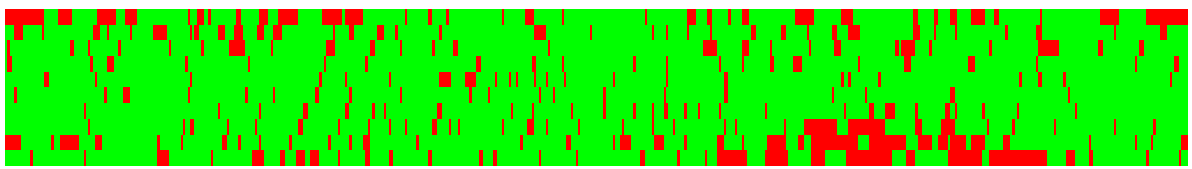
Iriserkennung X



(a) Referenz



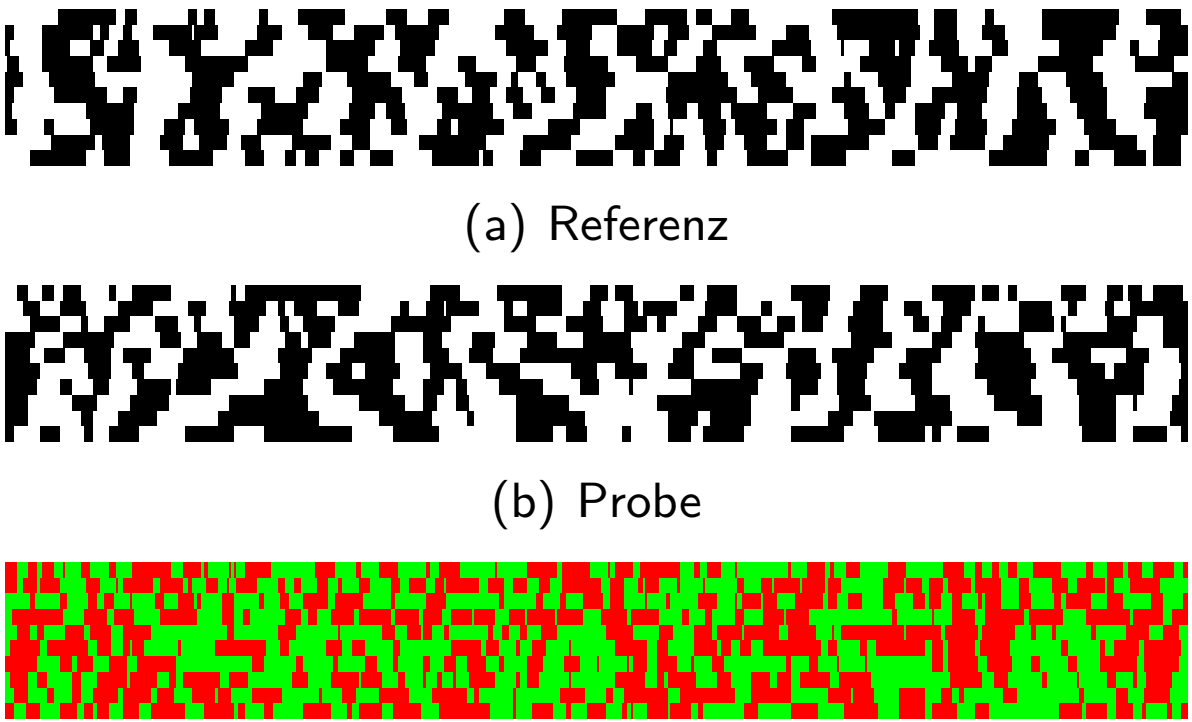
(b) Probe



(c) (Non-)matching Bits

Abbildung: Referenz und Probe vom gleichen Auge, $HD = 0.149$.

Iriserkennung XI



(a) Referenz

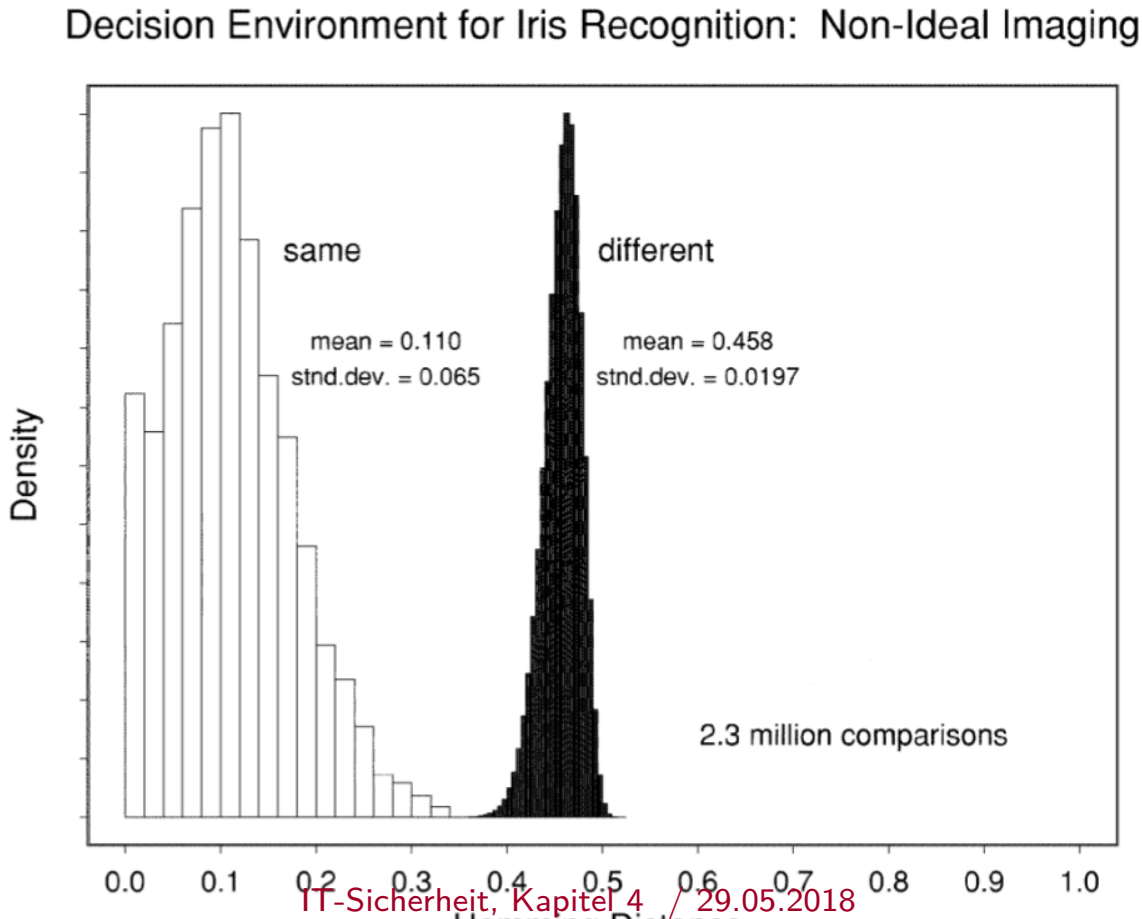
(b) Probe

(c) (Non-)matching Bits

Abbildung: Referenz und Probe vom verschiedenen Augen, $HD = 0.484$.

Iriserkennung XII

- Iris Biometrie bietet sehr hohe Genauigkeit!



Iriserkennung XIII

- Zusammenhang von Schwellwert und FMR:

Hamming Distanz	Wahrscheinlichkeit für FM
0.26	1 in 10^{13}
0.27	1 in 10^{12}
0.28	1 in 10^{11}
0.29	1 in 13 Milliarden
0.30	1 in 1.5 Milliarden
0.31	1 in 185 Millionen
0.32	1 in 26 Millionen
0.33	1 in 4 Millionen
0.34	1 in 690,000
0.35	1 in 133,000