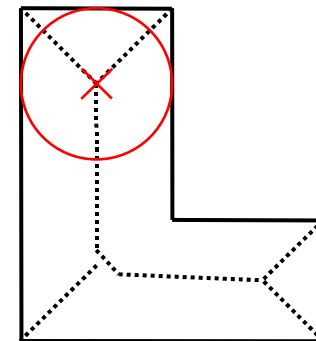
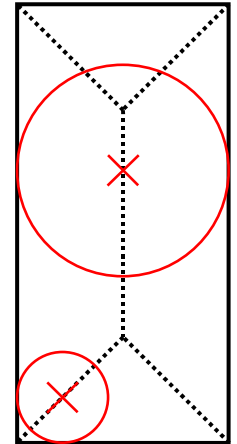


Erkennung einzelner Buchstaben (VI)

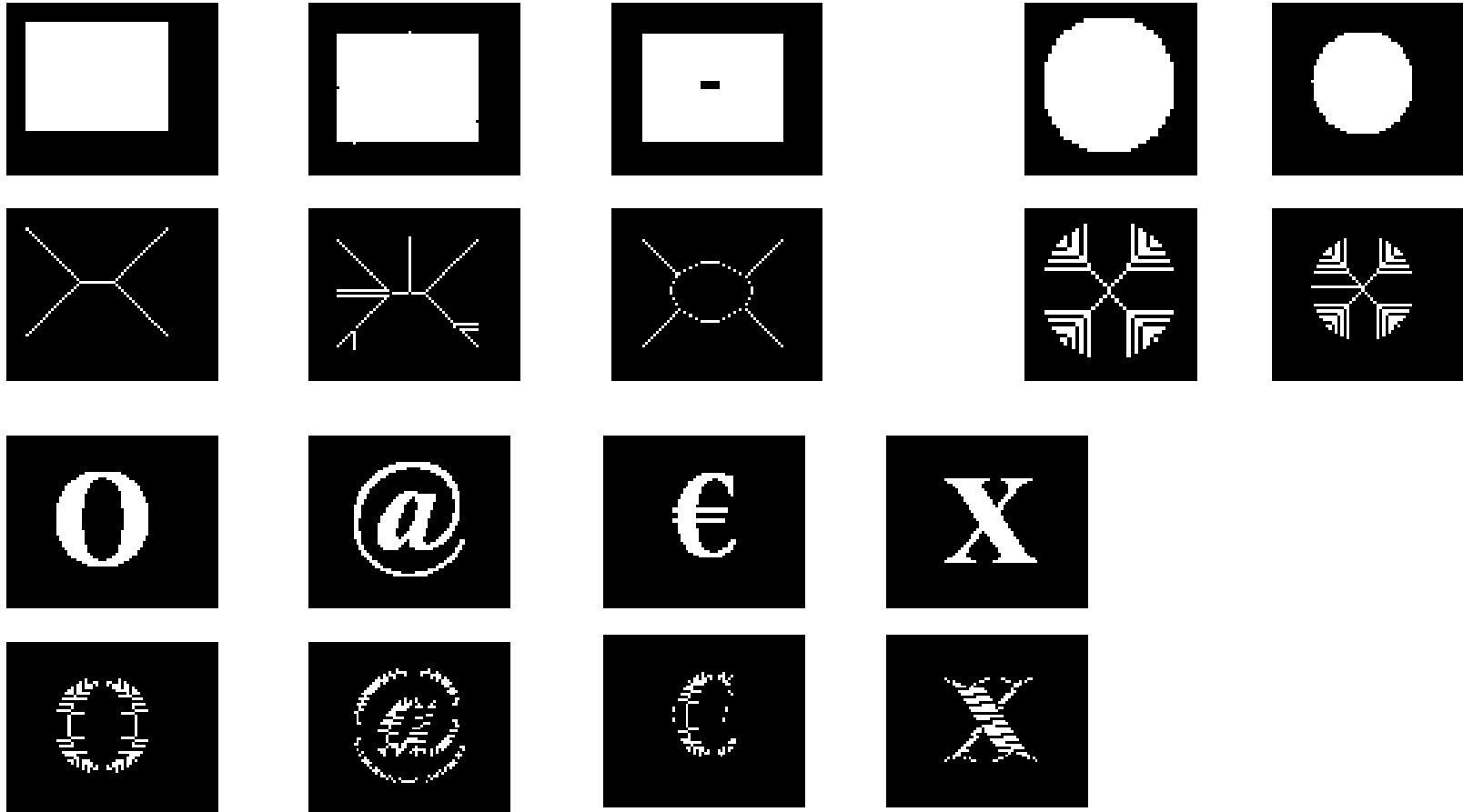
Skelette

- Idee: Ermittle die Struktur einer Region
- Vorgehen: Trage die Region iterativ ab
- Im Jahr 1967 wurde das Verfahren der *Medial-Axis-Transformation* vorgestellt:
 - R: Region, B: Rand
 - Für alle $p \in R$: Suche nächsten Nachbarn (z.B. mittels City-Block-Distanz) in B.
 - Falls (Anzahl Nachbarn > 1): Pixel ist mediale Achse (Skelett) von R



Erkennung einzelner Buchstaben (VII)

Beispiel für Skelette bei Verwendung der City-Block-Distanz



Erkennung einzelner Buchstaben (VIII)

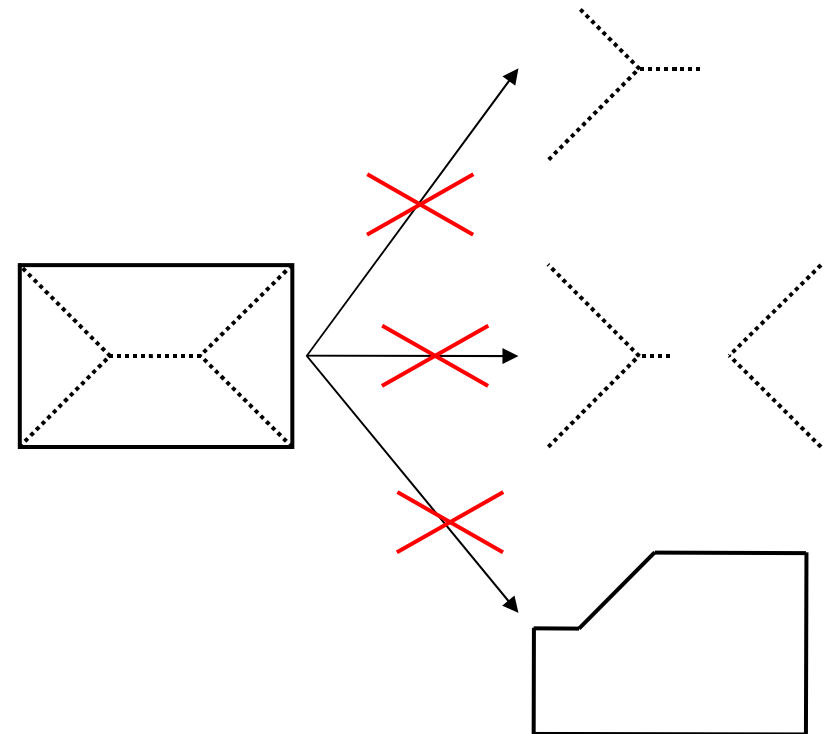
Probleme bei der Erzeugung von Skeletten

- Minimale Änderungen der Kontur ergeben sehr unterschiedliche Skelette.
- Der Rechenaufwand ist sehr hoch, da für jedes Pixel die Distanz zu jedem anderen Pixel berechnet werden muss.
- **Optimierung:**
Trage Regionen ab (entferne Randpixel), so dass:
 - Endpunkte des Skeletts möglichst wenig abgetragen werden,
 - eine Region nicht in zwei Regionen unterteilt wird,
 - alle Regionen des Objektes gleichmäßig stark abgetragen werden (eine Region soll nicht übertrieben stark abgetragen werden).

Erkennung einzelner Buchstaben (IX)

Bedingungen

- Endpunkte des Skeletts sollen möglichst wenig abgetragen werden,
- eine Region soll nicht in zwei Regionen unterteilt werden,
- alle Regionen des Objektes sollen gleichmäßig stark abgetragen werden (eine Region soll nicht übertrieben stark abgetragen werden).



Erkennung einzelner Buchstaben (X)

Thinning-Algorithmus zur Erzeugung von Skeletten

- Gegeben: Binärbild (Hintergrund=0, Objekt=1)

- 8-Pixel-Nachbarschaft

aktuelles Pixel: p_1

p_9	p_2	p_3
p_8	p_1	p_4
p_7	p_6	p_5

4. Betrachte jedes Randpixel und markiere Pixel falls alle Bedingungen erfüllt sind:

- $3 \leq N(p_1) \leq 6$
- $S(p_1) = 1$
- $p_2 * p_4 * p_6 = 0$
- $p_4 * p_6 * p_8 = 0$

5. Lösche markierte Pixel

Erkennung einzelner Buchstaben (XI)

Thinning-Algorithmus zur Erzeugung von Skeletten

2. Betrachte jedes Randpixel und markiere Pixel falls alle Bedingungen erfüllt sind:

- $3 \leq N(p_1) \leq 6$
- $S(p_1) = 1$
- $p_2 * p_4 * p_8 = 0$
- $p_2 * p_6 * p_8 = 0$

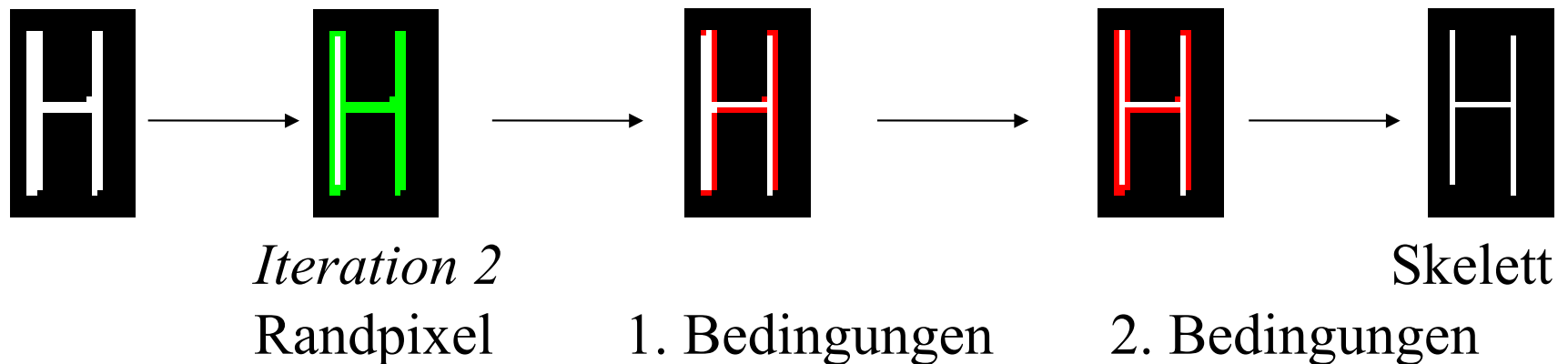
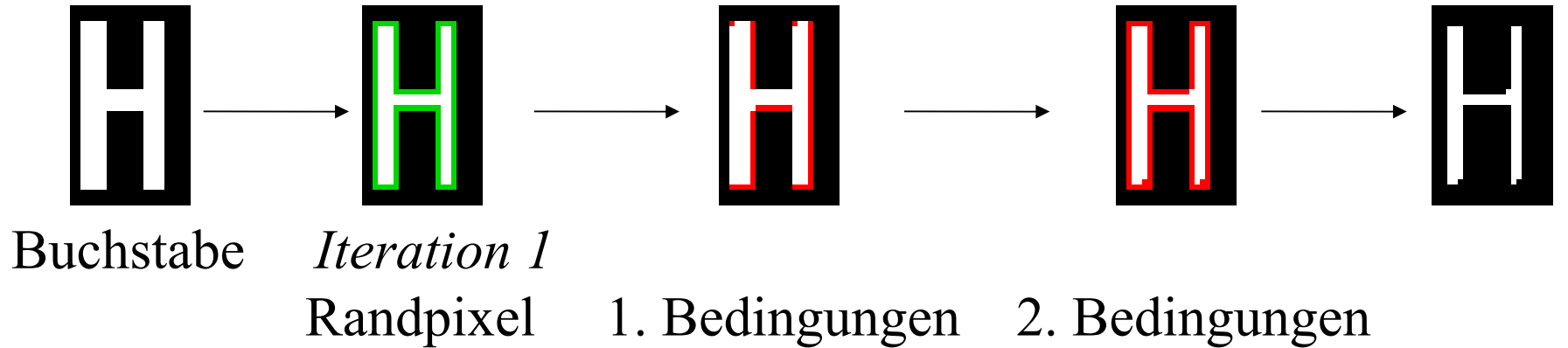
p_9	p_2	p_3
p_8	p_1	p_4
p_7	p_6	p_5

3. Lösche markierte Pixel

4. Gehe zu 1. falls mindestens ein Pixel gelöscht wurde.

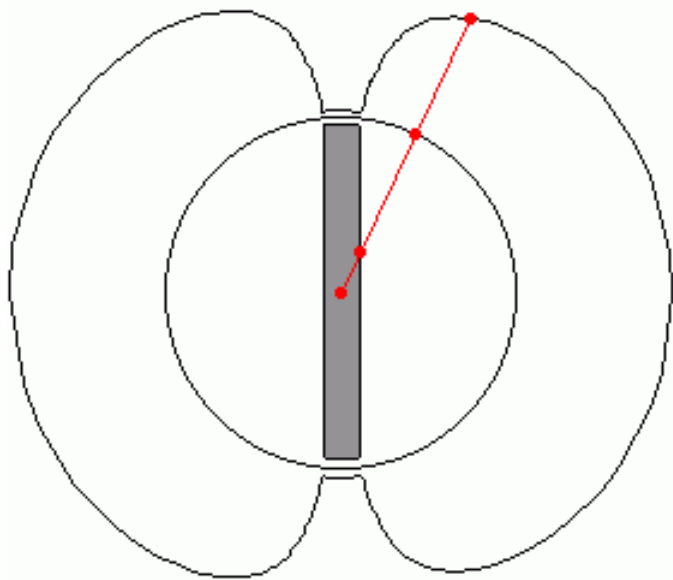
Erkennung einzelner Buchstaben (XII)

Thinning-Algorithmus zur Erzeugung von Skeletten



Erkennung einzelner Buchstaben (XIII)

Texterkennung mit Skalenraumabbildungen



Ablauf:

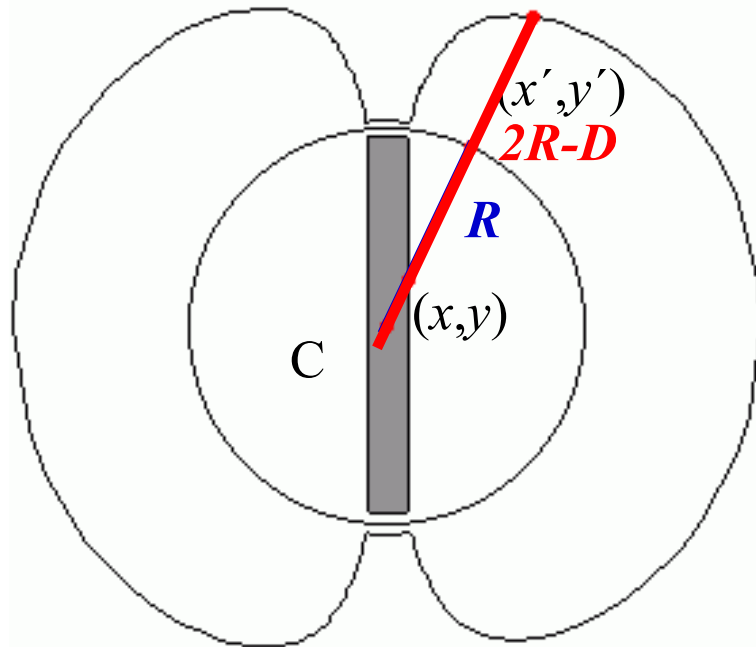
- Identifiziere Schwerpunkt
- Lege Kreis um Buchstaben
- Spiegele Konturpixel des Buchstabens an der Kreislinie

→ Stark konvex gekrümmte Regionen werden zu konkaven Regionen.

Erkennung einzelner Buchstaben (XIV)

Texterkennung mit Skalenraumabbildungen

$$x' = \frac{2R - D}{D} (x - C_x) + C_x$$



(x, y)

Konturpixel

(x', y')

Gespiegeltes

Konturpixel

$C = (C_x, C_y)$

Schwerpunkt

R

Radius des Kreises

D

Entfernung zwischen
Konturpixel und C

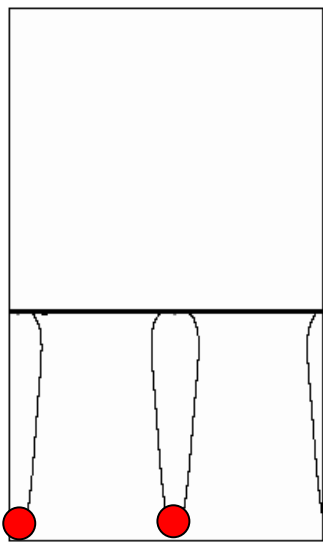
$2R - D$

Entfernung zwischen
 (x', y') und C

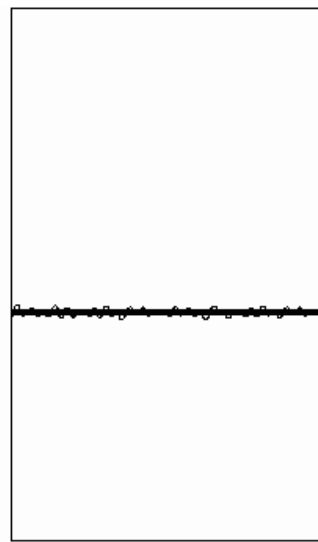
Erkennung einzelner Buchstaben (XV)

Texterkennung mit Skalenraumabbildungen

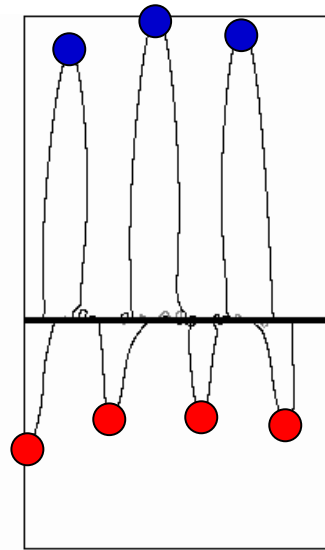
- Berechne normale Skalenraumabbildung
- Berechne Skalenraumabbildung für gespiegelte Kontur



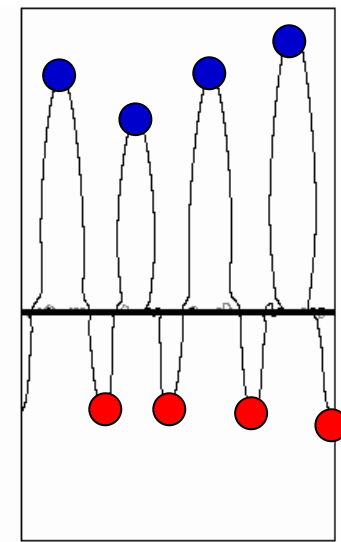
I



O



K



X

Experimentelle Ergebnisse (I)

Datenbank

- Buchstaben von vier Schriftarten wurden verwendet.
- Die Skalenraumabbildungen durften maximal ~20 Grad gedreht werden, um kursive Zeichen zu erkennen.

Herausforderungen

- Texterkennung bei Segmentierungsfehlern:

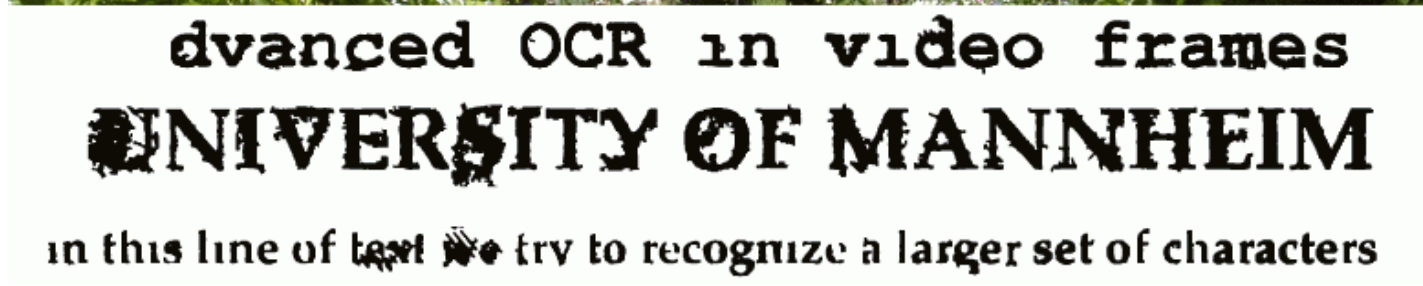
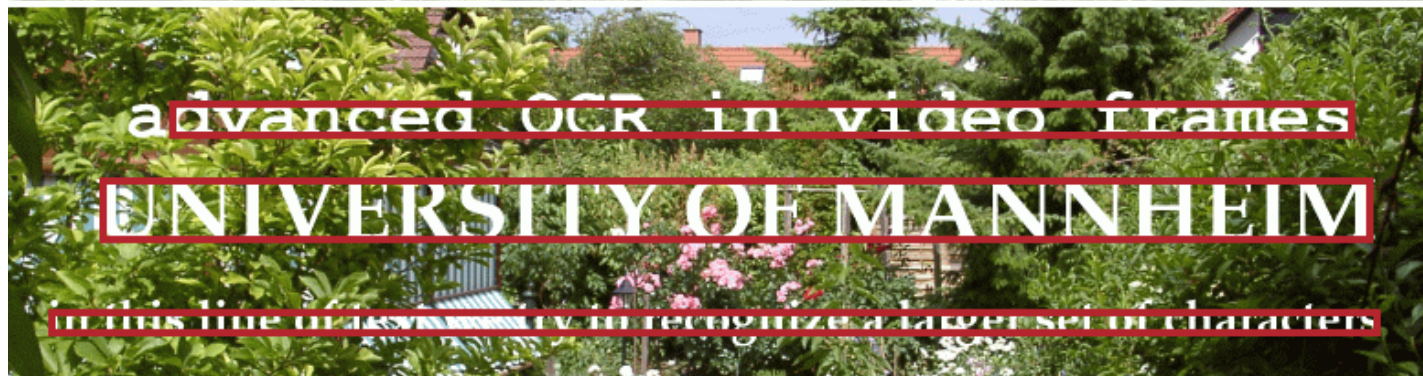
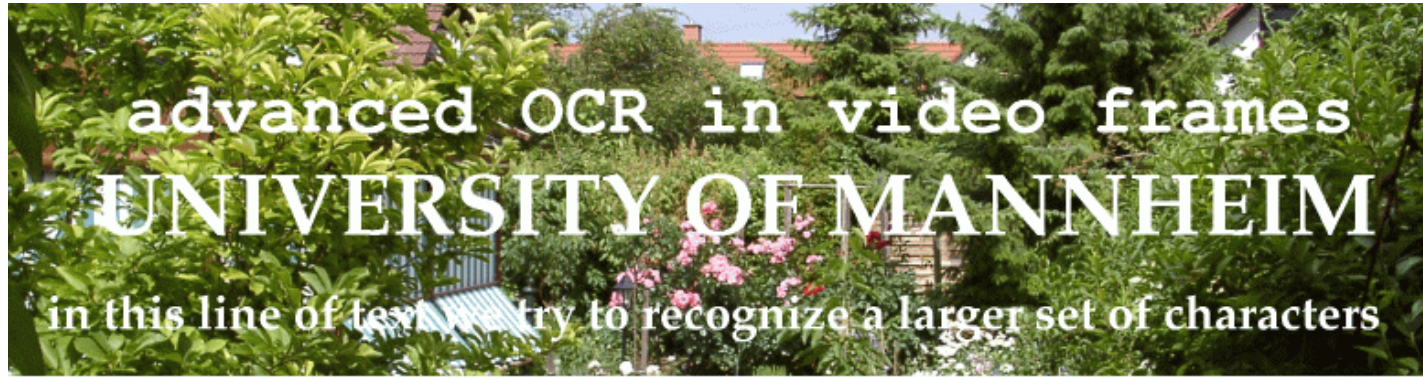


Experimentelle Ergebnisse (II)

Segmentierungsfehler	Projektionsprofile	Kürzeste-Pfade
Unterteilte Buchstaben	9.9 %	3.8 %
Verbundene Buchstaben	7.5 %	5.4 %
Segmentierungsfehler	17.4 %	9.2 %

Texterkennungsverfahren	Erkennungsergebnisse
Pattern Matching	69 %
Zoning	64 %
Konturprofile	71 %
Skalenraumabbildungen	76 %
Kommerzielle OCR-Software (Scanner)	75 %

Experimentelle Ergebnisse (III)



Fragen ?