

## Anhang A

# Kurzfassung der verwendeten Notation

$M, N, O$  Matrizen mit Matrizeneintrag  $M_{i,j}$  für Zeile  $i$  und Spalte  $j$

$\vec{u}, \vec{v}, \vec{w}$  Vektoren

$\mathbf{I}, \mathbf{J}, \mathbf{K}$  Bilder mit einem Farbkanal,  $\mathbf{I}_{x,y}$  ist Pixelintensität an Stelle  $(x, y)$

$w(\mathbf{I})$  liefert die Breite (Anzahl der Spalten) von  $\mathbf{I}$

$h(\mathbf{I})$  liefert die Höhe (Anzahl der Zeilen) von  $\mathbf{I}$

$C_{\mathbf{I}}$  Menge alle gültigen Pixel in  $\mathbf{I}$

$G_{\mathbf{I}}$  Menge aller Zusammenhangskomponenten in  $\mathbf{I}$

$\mathcal{B}^G(\mathbf{I})$  globale Binarisierungsmethode wird auf ein Bild  $\mathbf{I}$  angewendet

$\mathcal{B}^L(\mathbf{I})$  lokale Binarisierungsmethode wird auf ein Bild  $\mathbf{I}$  angewendet

\* Konvolutionsoperator

$H^B$  Box-Kern

$H^G$  Gauß-Kern

$H_4^L, H_8^L, H_{12}^L$  drei diskretisierte Varianten des Laplace-Kerns

$H_{(i)}^K$   $i$ -ter Kirsch-Kern

$\mathcal{F}^B(\mathbf{I})$  Box-Filter auf Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\mathcal{F}^G(\mathbf{I})$  Gauß-Filter auf Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\mathcal{F}^L(\mathbf{I})$  Laplace-Filter auf Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\mathcal{F}^R(\mathbf{I})$  Roberts-Filter auf Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\mathcal{F}^P(\mathbf{I})$  Prewitt-Filter auf Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\mathcal{F}^S(\mathbf{I})$  Sobel-Filter auf Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\mathcal{F}^{4S}(\mathbf{I})$  Quad-Sobel-Filter auf Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\mathcal{F}^{Ki}(\mathbf{I})$   $i$ -ter Kirsch-Filter  $H_{(i)}^K$  wird auf Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\mathcal{K}^{KF}(\mathbf{I})$  Kantenfilter  $KF$  wird auf Bild  $\mathbf{I}$  angewendet und anschließend invertiert

$\mathcal{M}^D(\mathbf{I})$  Dilatation auf binarisiertes Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\mathcal{M}^E(\mathbf{I})$  Erosion auf binarisiertes Bild  $\mathbf{I}$  anwenden

$\oplus$  Dilatationsoperator

$\ominus$  Erosionsoperator

$\circ$  Openingoperator

$\bullet$  Closingoperator

$\mathcal{P}^{NN}(\mathbf{I}, k)$   $k$ -fache Halbierung der Bildgröße von Bild  $\mathbf{I}$  mit Nearest Neighbor Interpolation

$\mathcal{P}^{BL}(\mathbf{I}, k)$   $k$ -fache Halbierung der Bildgröße von Bild  $\mathbf{I}$  mit Bilinearer Interpolation

$\mathcal{P}^{BC}(\mathbf{I}, k)$   $k$ -fache Halbierung der Bildgröße von Bild  $\mathbf{I}$  mit Bikubischer Interpolation

$\mathbf{I}_{x,y}^\gamma$  Anwendung der Gamma-Korrektur auf das Bildpixel  $\mathbf{I}_{x,y}$

$M_{SIFT}(\mathbf{I})$  Menge der SIFT-Merkmale werden in Bild  $\mathbf{I}$  extrahiert

$M_{PCA-SIFT}(\mathbf{I})$  Menge der PCA-SIFT-Merkmale werden in Bild  $\mathbf{I}$  extrahiert

$M_{SITT}(\mathbf{I})$  Menge der SITT-Merkmale werden in Bild  $\mathbf{I}$  extrahiert

$M_{MSER}(\mathbf{I})$  Menge der MSER-Merkmale werden in Bild  $\mathbf{I}$  extrahiert

$M_{SURF}(\mathbf{I})$  Menge der SURF-Merkmale werden in Bild  $\mathbf{I}$  extrahiert

- $\mathbf{H}_{x,y}^{[Mean]}$  DRI-Bild wird durch die jeweiligen Mittelwerte erzeugt
- $\mathbf{H}_{x,y}^{[Gosh]}$  DRI-Bild wird durch die Entropie-Methode von Goshtasby erzeugt
- $\mathbf{H}_{x,y}^{[Pix]}$  DRI-Bild wird durch pixelbasierte Entropie-Methode erzeugt
- $\mathbf{H}_{x,y}^{[Disk]}$  DRI-Bild wird mit Hilfe der diskreten Übergangsenergie erzeugt
- $\mathbf{H}_{x,y}^{[Kont]}$  DRI-Bild wird mit Hilfe der kontinuierlichen Übergangsenergie erzeugt
- $\mathbf{H}_{x,y}^{[Zshg]}$  DRI-Bild wird mit Hilfe der identifizierten Zusammenhangskomponenten erzeugt



## Anhang B

# Experimente und Auswertungen

### Ermittlung der Buchstabenorientierungen - Testlauf 1

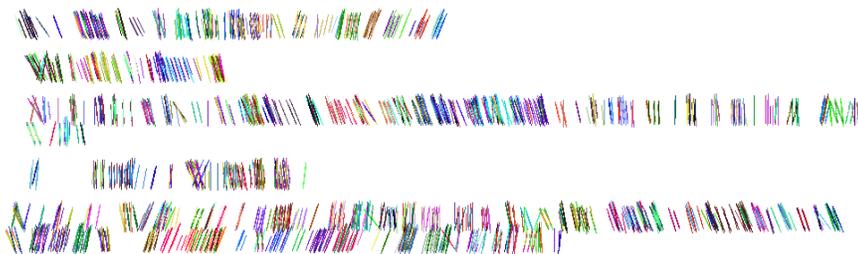
*Sievers. Hänsel, noch ein Glas Brantwein, und meß christlich.*

*Wirt. Du bist der Nimmersatt.*

*Metzler (leise zu Sievers). Erzähl das noch einmal vom Berlichingen! Die Bamberger dort ärgern sich, sie möchten schwarz werden.*

*Sievers. Bamberger? Was tun die hier?*

*Metzler. Der Weislingen ist oben aufm Schloß beim Herrn Grafen schon zwei Tage; dem haben sie das Gleit geben. Ich weiß nicht, wo er herkommt; sie warten auf ihn; er geht zurück nach Bamberg.*



**Ermittlung der Buchstabenorientierungen - Testlauf 2**

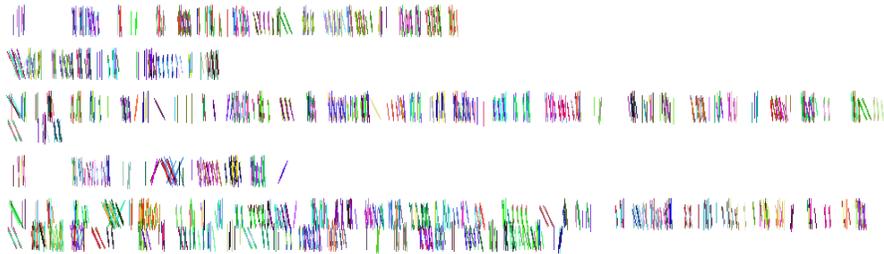
Sievers. Hänsel, noch ein Glas Brantwein, und meß christlich.

Wirt. Du bist der Nimmersatt.

Metzler (leise zu Sievers). Erzähl das noch einmal vom Berlichingen! Die Bamberger dort ärgern sich, sie möchten schwarz werden.

Sievers. Bamberger? Was tun die hier?

Metzler. Der Weislingen ist oben auf'm Schloß beim Herrn Grafen schon zwei Tage; dem haben sie das Gleit geben. Ich weiß nicht, wo er herkommt; sie warten auf ihn; er geht zurück nach Bamberg.



### Ermittlung der Buchstabenorientierungen - Testlauf 3

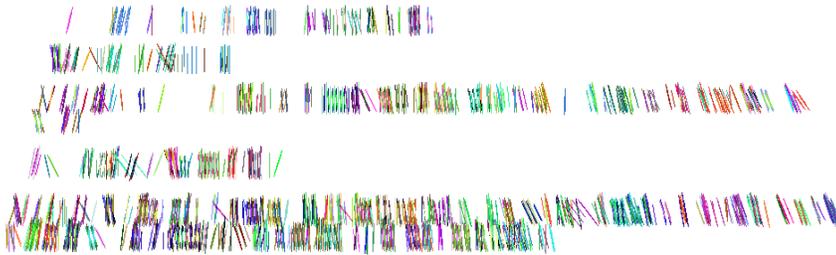
*Sievers. Hänsel, noch ein Glas Brantwein, und meß christlich.*

*Wirt. Du bist der Nimmersatt.*

*Metzler (leise zu Sievers). Erzähl das noch einmal vom Berlichingen! Die Bamberger dort ärgern sich, sie möchten schwarz werden.*

*Sievers. Bamberger? Was tun die hier?*

*Metzler. Der Weislingen ist oben aufm Schloß beim Herrn Grafen schon zwei Tage; dem haben sie das Gleit geben. Ich weiß nicht, wo er herkommt; sie warten auf ihn; er geht zurück nach Bamberg.*



**Ermittlung der Buchstabenorientierungen - Testlauf 4**

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ  
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ  
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz



A	B	C	D	E
0	0	0	5	15
0	0	1	6	13
0	0	0	7	13
0	0	1	7	12
0	0	0	11	9
0	0	0	7	13
1	0	0	4	15
0	0	1	3	16
0	0	0	0	20
1	0	1	5	13
0	0	1	1	18
1	0	0	8	9
2	0	1	12	5
1	0	1	7	11
0	0	0	3	17
1	0	1	9	9
0	0	0	6	14
0	0	1	4	15
0	0	0	6	14
0	0	1	7	12
0	0	0	5	15
1	0	1	5	13
0	0	0	2	18

Tabelle B.1: Bewertungen der 23 Probanden für die Binarisierungsergebnisse der Whiteboardbilder. Eine Zeile entspricht dabei der Auswertung der besten Bilder eines Probanden.

A	B	C	D	E
17	4	3	3	6
18	6	0	7	2
5	0	0	24	4
14	0	0	13	7
10	0	1	19	3
19	9	0	3	2
14	2	0	11	6
11	2	0	13	8
1	8	8	1	15
12	4	0	5	12
19	5	0	6	3
12	2	1	15	3
19	1	0	4	9
0	0	0	15	18
12	2	0	2	17
22	4	0	6	1
21	2	0	6	4
16	3	0	8	5
21	1	0	10	1
11	3	1	9	9
4	0	0	24	5
13	3	0	10	7
21	2	0	6	4
10	1	0	16	6
12	4	0	7	10
19	8	0	4	2
17	2	0	10	4
22	2	0	5	4
6	1	0	12	14

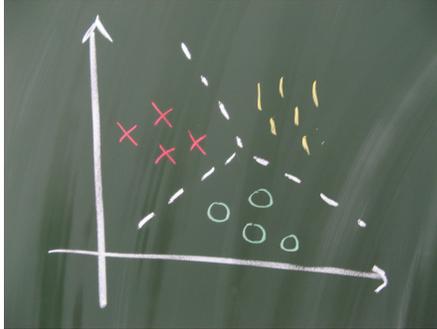
Tabelle B.2: Bewertungen der 29 Probanden für die Binarisierungsergebnisse der Fingerabdruckbilder.

A	B	C	D	E
0	0	0	5	15
0	0	1	1	17
0	0	1	4	15
0	0	0	3	17
0	0	1	1	18
0	0	1	5	14
0	0	1	5	14
0	0	0	3	17
0	0	0	1	19
0	0	1	3	16
0	0	0	0	20
0	0	1	1	18
0	0	1	3	16
0	0	0	2	18
0	0	0	4	16
0	0	0	0	20
0	0	0	3	17
0	0	0	6	14
0	0	1	4	15
0	0	0	3	17
0	0	0	2	18
0	0	1	5	14
0	0	0	4	16
0	0	0	5	15
0	0	0	2	18
0	0	0	1	19
0	0	0	3	17
0	0	0	6	14
0	0	1	1	18
0	0	0	1	19
0	0	1	3	16

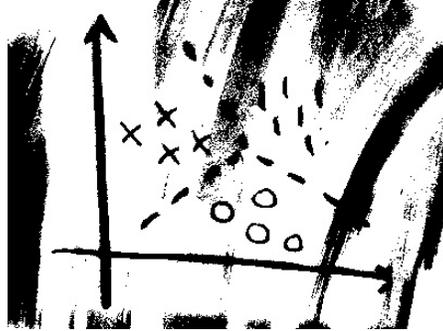
Tabelle B.3: Bewertungen der 31 Probanden für die Binarisierungsergebnisse der Kreidetafelbilder.

**Binarisierung einer Kreidetafel Aufnahme - Testlauf 1**

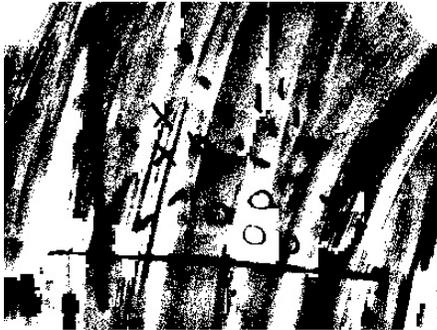
Originalaufnahme



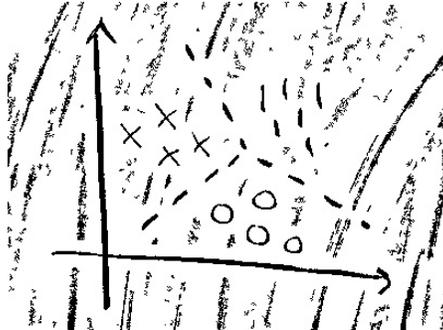
A



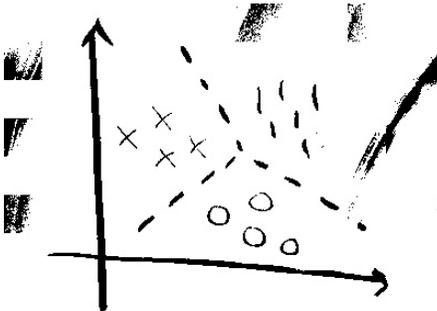
B



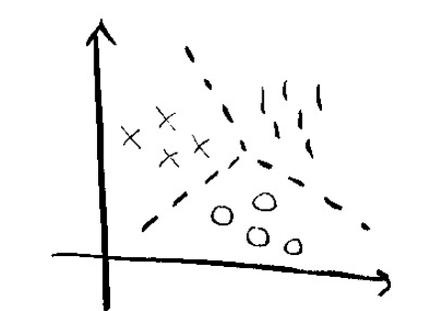
C



D



E



Binarisierung einer Kreidetafel Aufnahme - Testlauf 2

Originalaufnahme



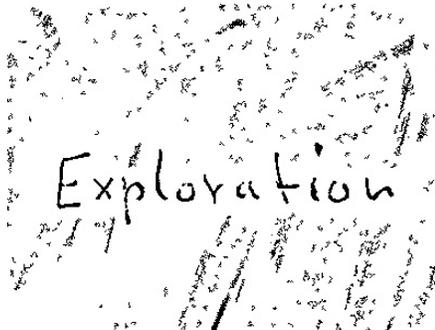
A



B



C



D



E



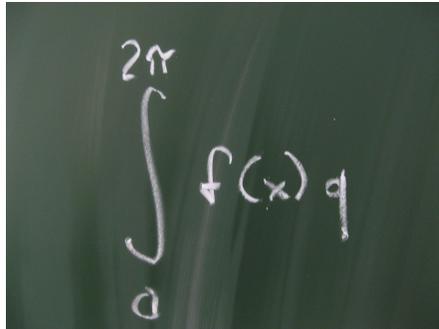
Exploration

Exploration

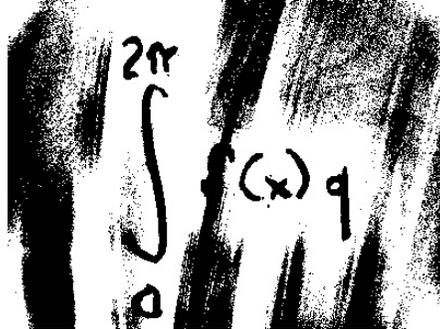


## Binarisierung einer Kreidetafel Aufnahme - Testlauf 3

Originalaufnahme



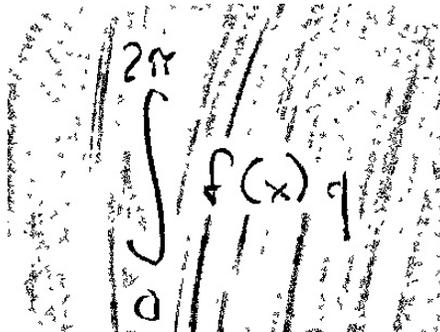
A



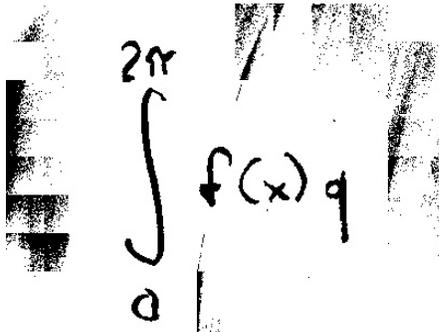
B



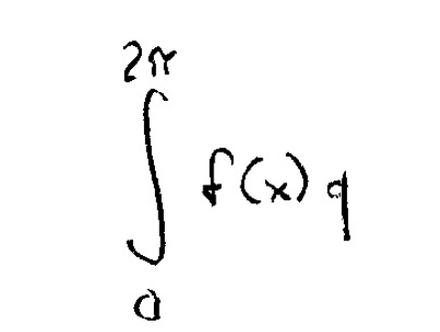
C



D



E

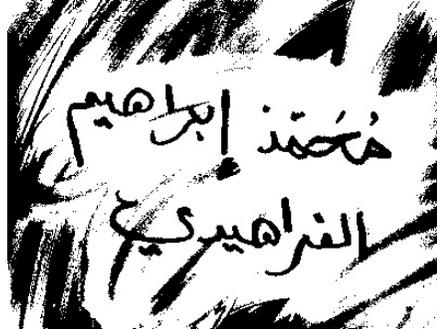


## Binarisierung einer Kreidetafelaufnahme - Testlauf 4

Originalaufnahme



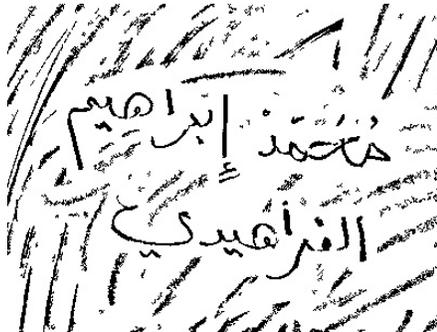
A



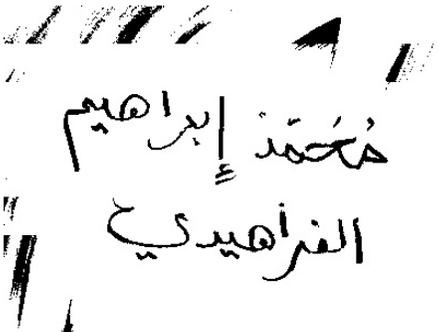
B



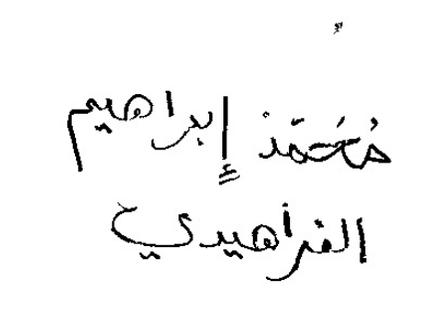
C



D



E

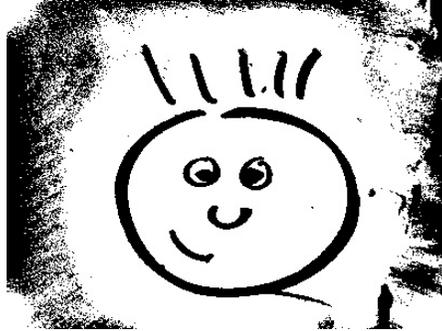


## Binarisierung einer Kreidetafel Aufnahme - Testlauf 5

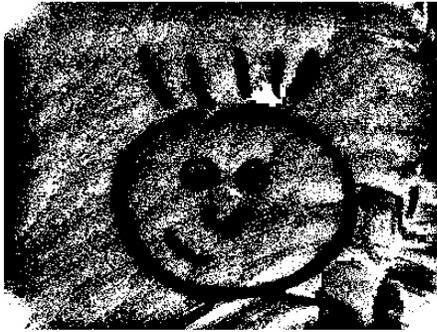
Originalaufnahme



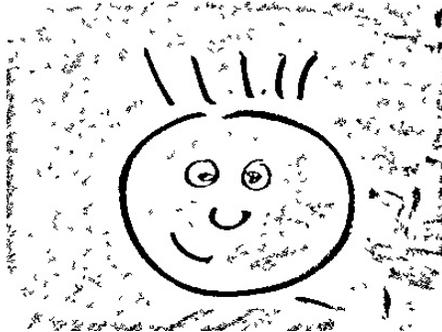
A



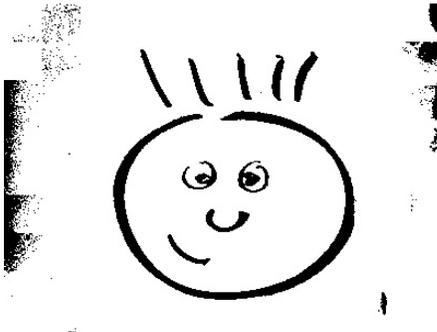
B



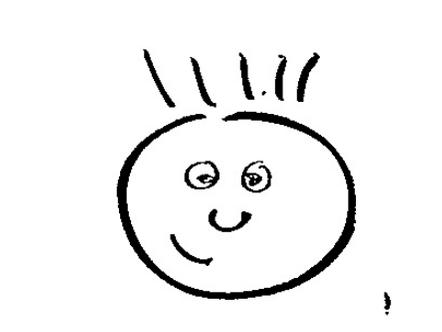
C



D

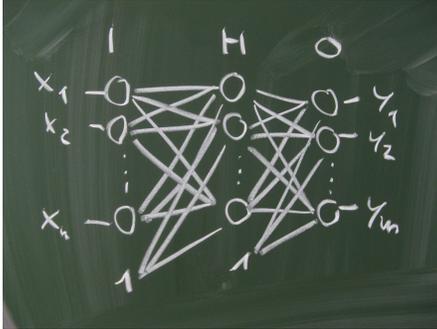


E

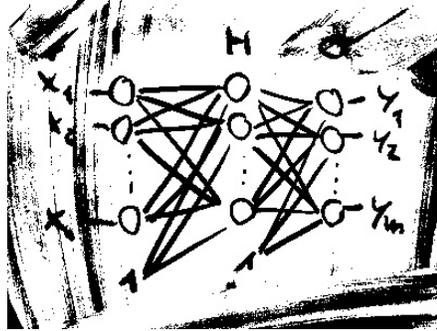


### Binarisierung einer Kreidetafelaufnahme - Testlauf 6

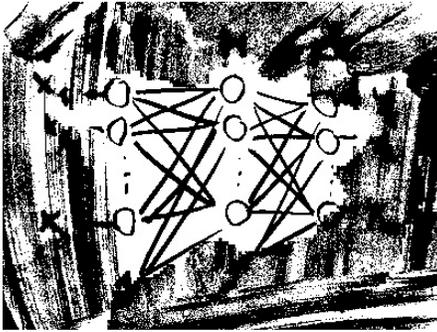
Originalaufnahme



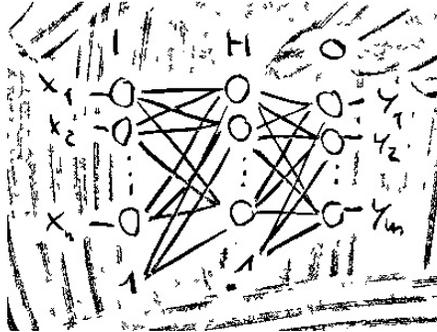
A



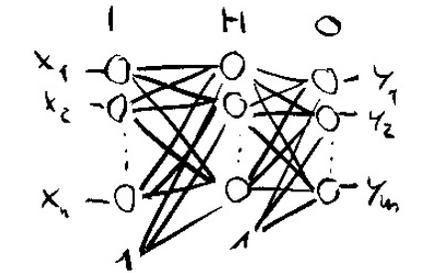
B



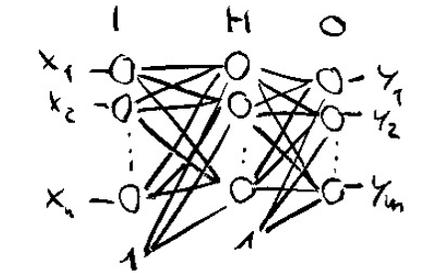
C



D

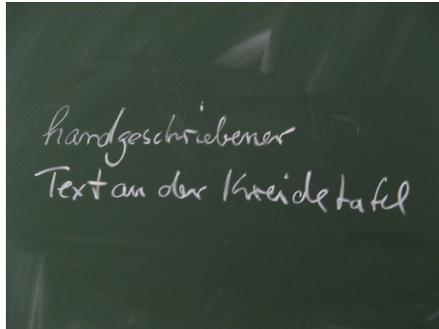


E

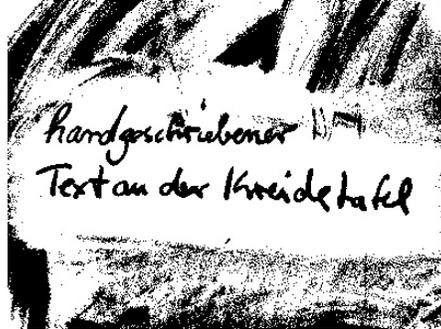


## Binarisierung einer Kreidetafel Aufnahme - Testlauf 7

Originalaufnahme



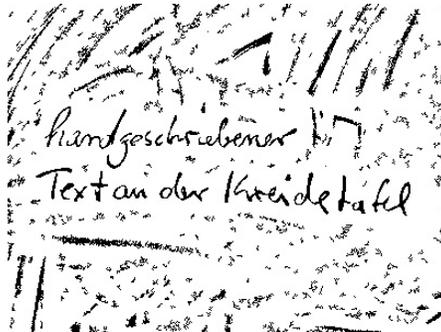
A



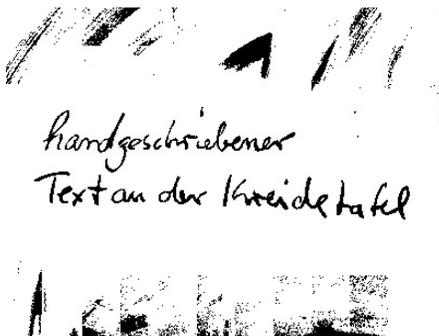
B



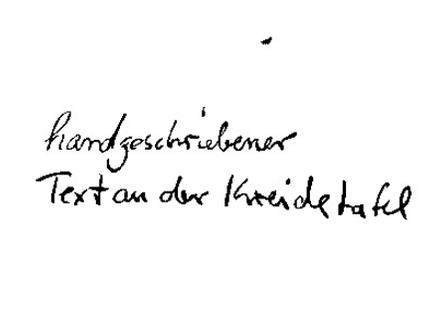
C



D

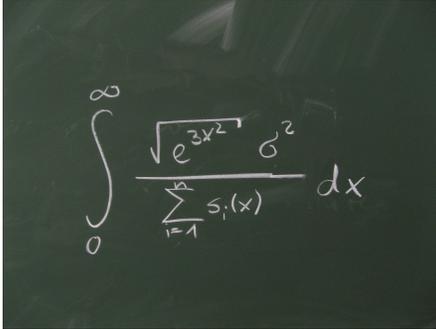


E



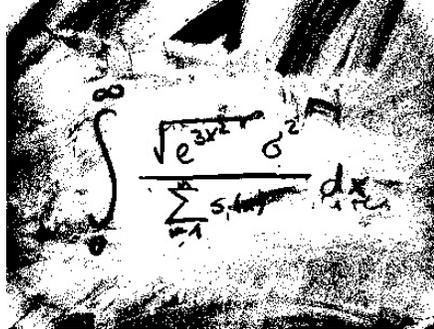
## Binarisierung einer Kreidetafelaufnahme - Testlauf 8

Originalaufnahme



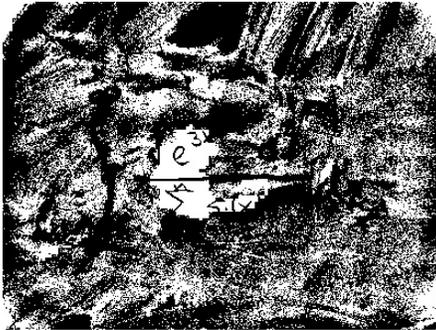
$$\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{e^{3x^2}} \sigma^2}{\sum_{i=1}^n s_i(x)} dx$$

A



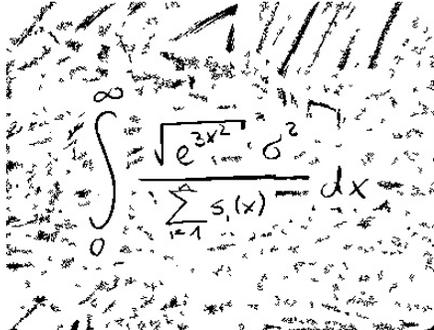
$$\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{e^{3x^2}} \sigma^2}{\sum_{i=1}^n s_i(x)} dx$$

B



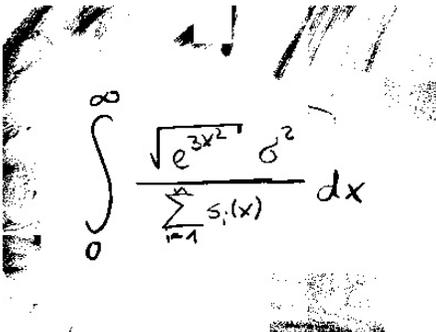
$$\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{e^{3x^2}} \sigma^2}{\sum_{i=1}^n s_i(x)} dx$$

C



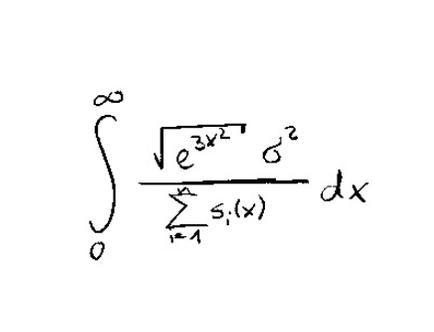
$$\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{e^{3x^2}} \sigma^2}{\sum_{i=1}^n s_i(x)} dx$$

D



$$\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{e^{3x^2}} \sigma^2}{\sum_{i=1}^n s_i(x)} dx$$

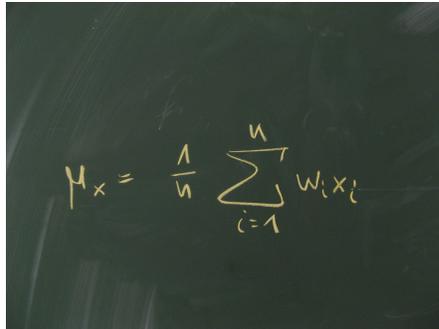
E



$$\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{e^{3x^2}} \sigma^2}{\sum_{i=1}^n s_i(x)} dx$$

## Binarisierung einer Kreidetafelaufnahme - Testlauf 9

Originalaufnahme



The original photograph shows a chalkboard with the following handwritten formula in yellow chalk:

$$\mu_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

A

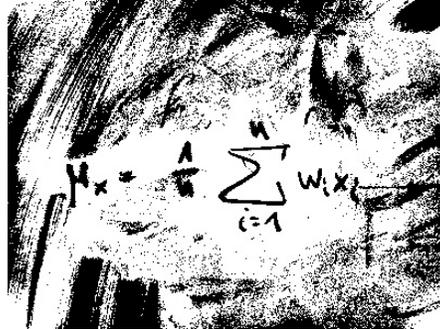


Image A is a high-contrast, black and white binary version of the original image. The formula is clearly visible against the dark background, though some noise is present.

$$\mu_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

B



Image B is another binary version of the original image, showing a different thresholding result. The formula is less distinct than in image A.

$$\mu_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

C

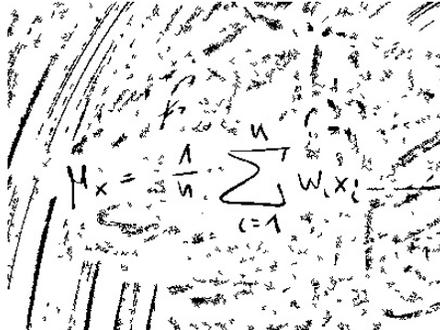


Image C is a binary version of the original image with significant noise and artifacts, making the formula difficult to discern.

$$\mu_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

D

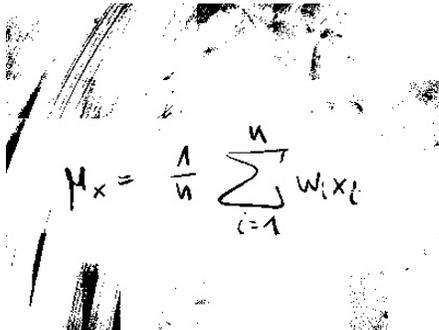


Image D is a binary version of the original image where the formula is clearly visible and well-defined.

$$\mu_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

E

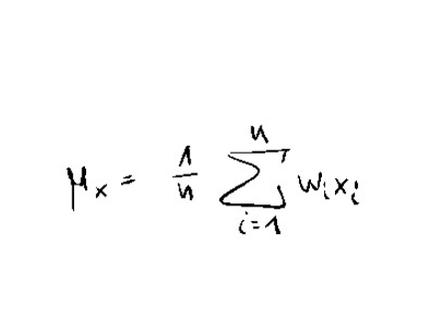
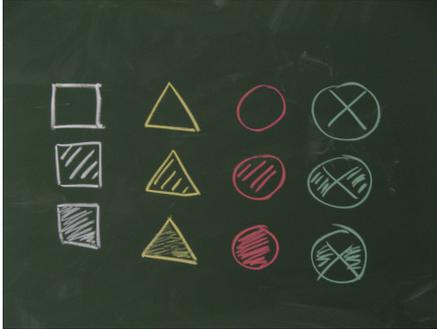


Image E is a binary version of the original image where the formula is clearly visible and well-defined, similar to image D.

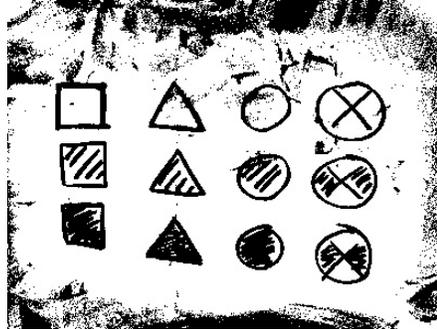
$$\mu_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

### Binarisierung einer Kreidetafelaufnahme - Testlauf 10

Originalaufnahme



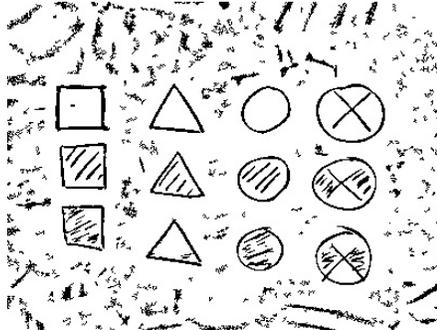
A



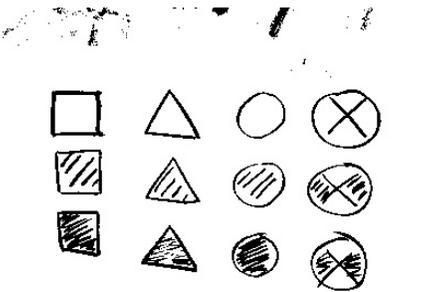
B



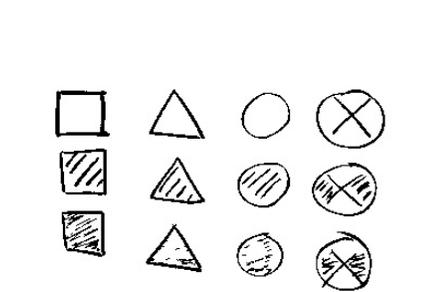
C



D

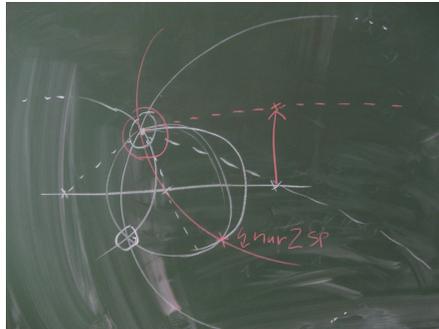


E

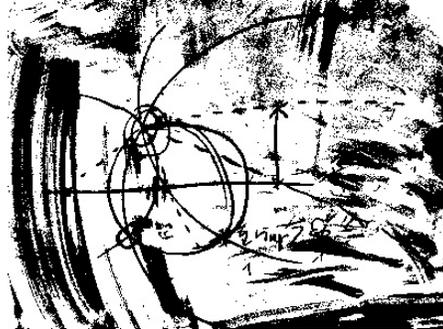


**Binarisierung einer Kreidetafel Aufnahme - Testlauf 11**

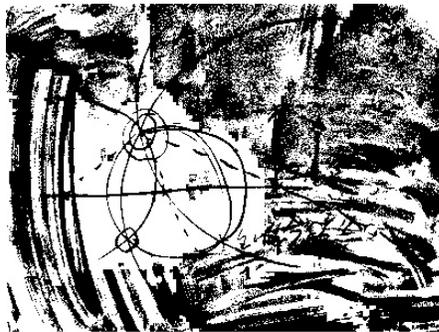
Originalaufnahme



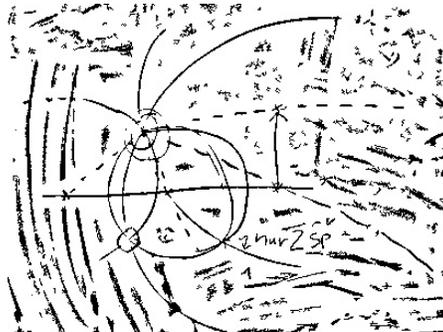
A



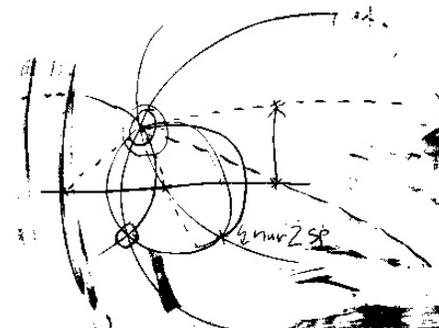
B



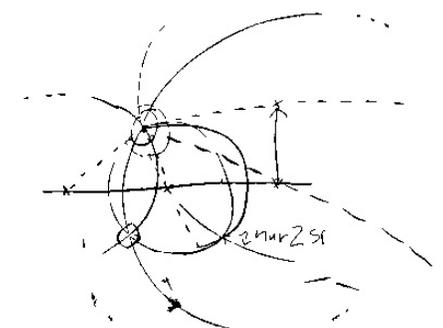
C



D

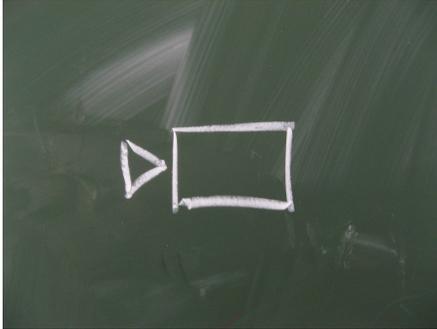


E



**Binarisierung einer Kreidetafel Aufnahme - Testlauf 12**

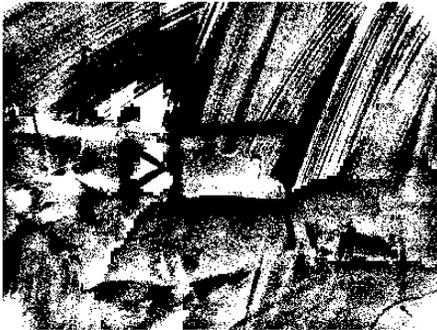
Originalaufnahme



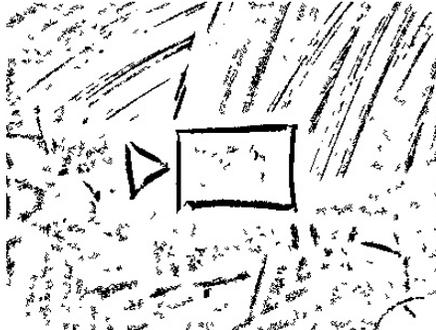
A



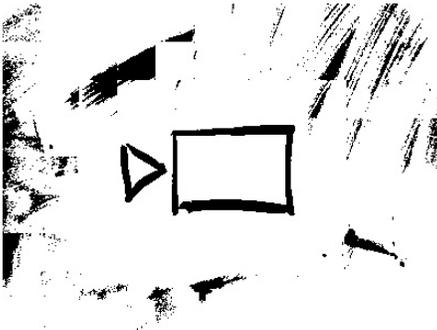
B



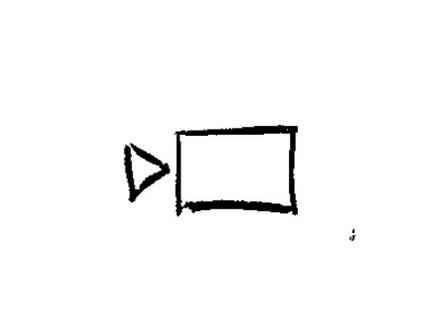
C



D

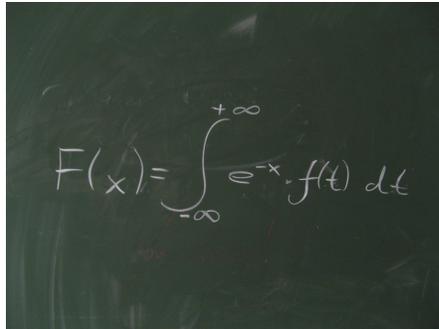


E

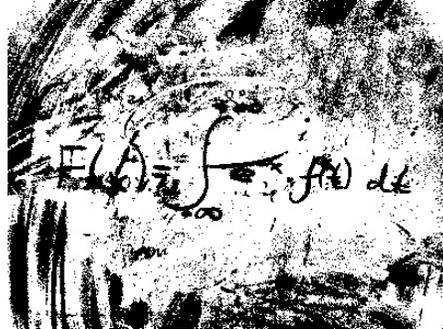


## Binarisierung einer Kreidetafel Aufnahme - Testlauf 13

Originalaufnahme


$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x \cdot t} \cdot f(t) dt$$

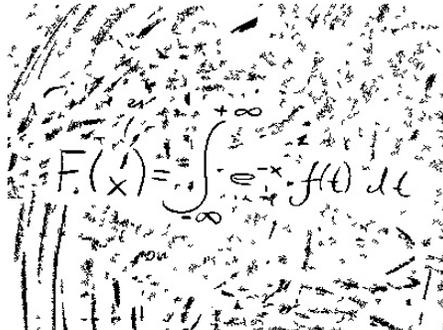
A


$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x \cdot t} \cdot f(t) dt$$

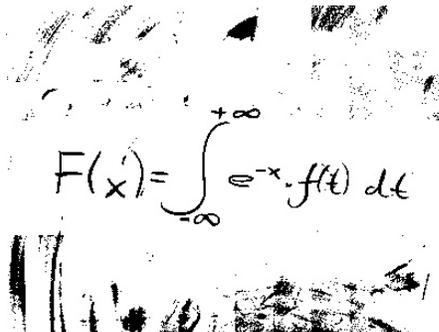
B


$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x \cdot t} \cdot f(t) dt$$

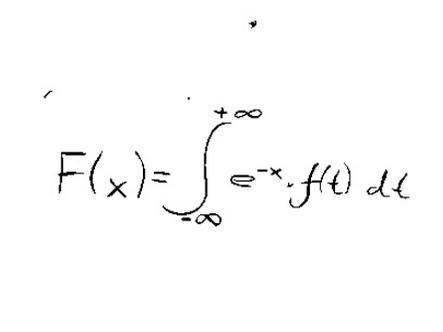
C


$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x \cdot t} \cdot f(t) dt$$

D


$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x \cdot t} \cdot f(t) dt$$

E


$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x \cdot t} \cdot f(t) dt$$

## Binarisierung einer Kreidetafelaufnahme - Testlauf 14

Originalaufnahme

$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x} \cdot f(t) dt$$

$$\left. \frac{\delta f}{\delta x} \right|_{x=0} = \begin{bmatrix} \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \\ \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \end{bmatrix}$$

A

$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x} \cdot f(t) dt$$

$$\left. \frac{\delta f}{\delta x} \right|_{x=0} = \begin{bmatrix} \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \\ \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \end{bmatrix}$$

B

$$\left. \frac{\delta f}{\delta x} \right|_{x=0} = \begin{bmatrix} \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \\ \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \end{bmatrix}$$

C

$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x} \cdot f(t) dt$$

$$\left. \frac{\delta f}{\delta x} \right|_{x=0} = \begin{bmatrix} \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \\ \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \end{bmatrix}$$

D

$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x} \cdot f(t) dt$$

$$\left. \frac{\delta f}{\delta x} \right|_{x=0} = \begin{bmatrix} \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \\ \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \end{bmatrix}$$

E

$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x} \cdot f(t) dt$$

$$\left. \frac{\delta f}{\delta x} \right|_{x=0} = \begin{bmatrix} \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \\ \frac{\delta f_1}{\delta x_1} & \frac{\delta f_2}{\delta x_2} \end{bmatrix}$$