



Kurzeinführung in die Bildverarbeitungsbibliothek

„LTILib“

Prof. Dr.-Ing. Andreas Meisel

1. Einführung

Visual-C-Projektstruktur ist vorgegeben

- Gearbeitet wird ausnahmsweise auf dem lokalen Rechner (wg. Geschwindigkeit).
- Das lokale Verzeichnis (s.u.) ist freigegeben.

Arbeitsschritte:

Projektverzeichnis aus Pub-Verzeichnis laden

```
„/meisel/pub/RobotVision_Praktikum/Versuch_1_Gruppe1“
```

nach

```
C:\LTILib\Projekte\RV_Versuche\Versuch_1_Gruppe1
```

- Angegebene Struktur unbedingt einhalten, sonst müssen alle Projektpfade geändert werden → viel unnötige Arbeit.
- zum Praktikumsende Projektverzeichnis in den privaten Sicherungsbereich retten

The screenshot shows a Windows Explorer window with the following directory structure:

- Computer > SW_Preload (C:) > LTLIB > Projekte > RV_Versuche > Versuch_1_Gruppe1

The file list is as follows:

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe	Marki
_UpgradeReport_Files	14.04.2009 12:35	Dateiordner		
Debug	14.04.2009 12:35	Dateiordner		
boat512.bmp	14.04.2009 12:13	Bitmap-Bild	258 KB	
Circle.bmp	14.04.2009 12:12	Bitmap-Bild	258 KB	
Kalib.BMP	14.04.2009 12:12	Bitmap-Bild	1,252 KB	
main.cpp	14.04.2009 12:12	C++ Source	2 KB	
RV02.cpp	14.04.2009 12:12	C++ Source	4 KB	
RV02.exe	14.04.2009 12:16	Anwendung	4,502 KB	
RV02.h	14.04.2009 12:12	H-Datei	2 KB	
RV02.ncb	14.04.2009 12:35	VC++ Intellisense ...	10,395 KB	
RV02.pdb	14.04.2009 12:16	Program Debug D...	16,315 KB	
RV02.sln	14.04.2009 12:11	Microsoft Visual S...	1 KB	
RV02.suo	14.04.2009 12:35	Visual Studio Solu...	13 KB	
RV02.suo.old	14.04.2009 12:11	OLD-Datei	9 KB	
RV02.vcproj	14.04.2009 12:11	VC++ Project	8 KB	
RV02.vcproj.7.10.old	14.04.2009 12:11	OLD-Datei	7 KB	
RV02.vcproj.INFORMATIK.meisel.user	14.04.2009 12:11	Visual Studio Proj...	2 KB	
RV02.vcproj.LENOVOMSL.Meisel.user	14.04.2009 12:35	Visual Studio Proj...	2 KB	
shaft.bmp	14.04.2009 12:11	Bitmap-Bild	377 KB	
tasse1.bmp	14.04.2009 12:11	Bitmap-Bild	302 KB	
UpgradeLog.XML	14.04.2009 12:11	XML-Dokument	6 KB	
vc90.idb	14.04.2009 12:16	VC++ Minimum R...	827 KB	
vc90.pdb	14.04.2009 12:16	Program Debug D...	500 KB	

Wichtig und nützlich: → zeigen

1. Compilieren des Projektes
2. Laufen lassen
3. - Bild vergrößern und verkleinern/
- Grauwert ansehen
- Kontrast erhöhen (scale MinMax)

Lösen lin. Gleichungssysteme mit MAPLE

T:\Maple.95\bin.win\cwmaple9.5.exe

```
> with(linalg):
```

```
Warning, the protected names norm and trace have been redefined and unprotected
```

```
> with(LinearAlgebra):
```

```
Warning, the name GramSchmidt has been rebound
```

```
> A1:=<<1,1,1>|<5,5,605>|<500,100,100>>;
```

I

$$A1 := \begin{bmatrix} 1 & 5 & 500 \\ 1 & 5 & 100 \\ 1 & 605 & 100 \end{bmatrix}$$

```
> b1:=<98,150,415>;
```

$$b1 := \begin{bmatrix} 98 \\ 150 \\ 415 \end{bmatrix}$$

```
> X1:=LeastSquares(A1,b1);
```

$$X1 := \begin{bmatrix} \frac{3859}{24} \\ \frac{53}{120} \\ \frac{-13}{100} \end{bmatrix}$$

2. Verwendete C++ - Mechanismen

2.1 Referenzen

Funktionsdefinition mit Zeigern

```
void swap(int *a, int *b){  
    int Temp;  
  
    Temp = *a;  
    *a   = *b;  
    *b   = Temp;  
  
}
```

Funktionsdefinition mit Referenzen

```
void swap(int& a, int& b){  
    int Temp;  
  
    Temp = a;  
    a    = b;  
    b    = Temp;  
  
}
```

Funktionsaufruf mit Zeigern

```
int x=10;  
int y=20;  
  
swap(&x, &y);
```

Funktionsaufruf mit Referenzen

```
int x=10;  
int y=20;  
  
swap(x, y);
```

2.2 Funktions-Templates

2.2.1 Motivation

Oft werden Funktionen benötigt, welche eine Funktionalität für verschiedene Datentypen anbieten.

Ansatz 1: Überladene Funktionen

```
int square(int a){
    return a*a;
}

double square(double a){
    return a*a;
}
```

Nachteile:

- Für jeden Datentyp muss eine Funktion definiert werden, obwohl der Code beider Funktionen praktisch gleich ist.
- Schlecht wartbar.

Ansatz 2: Makros

```
#define square(a) ((a)*(a))

k = square(12);
x = square(12.045);
```

Nachteile:

- Große Makros sind schwer debugbar.
- Keine Typüberprüfung.

2.2.2 Ansatz 3: Templates (= generische Funktionen)

Aus folgendem Code

```
template<class SimpTyp>
SimpTyp square (SimpTyp x){
    return (x*x);
}

int a = 10;
int b = square(a);
```

... erzeugt der Compiler:

```
int sqare(int a){
    return a*a;
}
```

Vorteile:

- Sourcecode nur einmal vorhanden.
- Typüberprüfung.

Verwendbarkeit:

- Dann dem „function overloading“ vorzuziehen, wenn sich die Funktionen nur im Datentyp unterscheiden aber nicht im Code.

Ein **Funktions-Template** wird definiert, indem der Definition vorangestellt wird:

- das Schlüsselwort `template`
- anschließend folgen die in `<>` eingeschlossenen Parameter,
- die mit dem Schlüsselwort `class` oder `typename` beginnen.

Für die Typzuordnung sind nur die Funktionsparameter entscheidend, nicht der Rückgabewert.

2.3 Klassen-Templates

2.3.1 Motivation

Oft werden Klassen benötigt, welche eine Funktionalität für verschiedene Datentypen anbieten.

Beispiele:

- Stack für `char, int, float, double,`
- Queue für `char, int, float,`

Ein Klassen-Template wird deklariert, indem der Deklaration vorangestellt wird:

- das Schlüsselwort `template`
- anschließend folgen die in `<>` eingeschlossenen Parameter,
- die mit dem Schlüsselwort `class` oder `typename` beginnen.

Eine Klassenmethode wird definiert, indem der Definition vorangestellt wird:

- das Schlüsselwort `template`
- anschließend folgen die in `<>` eingeschlossenen Parameter,
- die mit dem Schlüsselwort `class` oder `typename` beginnen.

2.3.2 Instanziierung und Aufruf

Bei der Instanziierung von Objekten einer Template-Klasse wird die gewünschte Typausprägung des Objektes in <> geschrieben und dem Klassennamen angehängt.

```
// Instanziierung
Stack<int>  myStack;
int        a=10;

// Aufruf
myStack.push(a);
```

Vorteile:

- Sourcecode nur einmal vorhanden.
- Typüberprüfung.

2.4 Namensräume und der Scope-Operator

Namensräume sind Gültigkeitsbereiche für Bezeichner (z.B. Variablen-, Funktions-, und Klassennamen).

Typ. Anwendung: Ermöglicht die Mehrfachverwendung von Funktions- und Klassennamen.

```
namespace Counter32bit
{
    int    Count;
    void  Reset() {Count=0;}
    ...
}

namespace Counter8Bit
{
    char  Count;
    void  Reset() {Count=0;}
    ...
}

Counter8Bit::Reset(); // Erst durch den Scope-Operator "::"
                     // wird klar welches Reset gemeint ist.
```

2.5 Iteratoren

Iteratoren sind Objekte, mit denen die Elemente eines Containers (z.B. list, queue, vector, ...) sequenziell durchlaufen werden können.

Typ. Anwendung: Sequenzielle Abarbeitung aller Containerelemente

```
// Instanziierung
list<int>          myList
list<int>::iterator it;
.....

// Ausdrucken aller Listenelemente
for(it=myList.begin(); it != myList.end(); ++it)
    printf("%d", *it);
```

Der Zugriff auf die Listenelemente erfolgt mit ***it**.

3. Grundlegende Datentypen der LTILib

3.1 Geometrische Grundelemente (nur einige)

3.1.1 *tpoint*

- zweidimensionale Struktur, bestehend aus den Koordinaten x und y,
- Templateklasse, d.h. die Genauigkeit kann durch den Anwender festgelegt werden (int, float, double) ,
- Varianten sind `point` gleichbedeutend mit `tpoint < int >`
`dpoint` gleichbedeutend mit `tpoint < double >`

Beispiel:

```
// Anlegen der Punkt-Objekte
tpoint<float>  ObjLocation;
point         UL, LR;

int           XCoord, YCoord;
...
// Verwenden der Punkt-Objekte
XCoord = UL.x;
YCoord = UL.y;
```

3.1.2 *rectLocation*

- Beschreibt rechteckige Regionen in Bildern (image, channel) durch:
 - Mittelpunkt-Position,
 - Orientierung,
 - die beiden Seitenlängen des Rechtecks.
- Besitzt verschiedene Methoden, z.B.
`scale(..)`, `shift(..)`, `rotate(..)`, `Area(..)`.

Beispiel:

```
// Anlegen des rectLocation-Objektes
rectLocation    myBox;

// sonstige Deklarationen
tpoint<float>    Loc;
float            Ang, MaxL, MinL;
...
// Abfragen der Parameter des rectLocation-Objektes
Loc             = myBox.position;
Ang             = myBox.angle;
MaxL            = myBox.maxLength;
MinL            = myBox.minLength;
```

3.2 Konturen und Regionen (nur einige)

3.2.1 *areaPoints*

- Liste von Punkten (Koordinaten) einer zusammenhängenden Bildregion
- Besitzt Methoden zur Erzeugung der *areaPoints* aus channel8-Bildern (mit nur einer zusammenhängenden Region), Konturlisten, (siehe Dokumentation).
- Besitzt Methode zur Umwandlung von areaPoints in ein channel8-Bild.
- Klasse *objectsFromMask* erzeugt aus einem binarisierten Bild mit beliebig vielen Bildregionen eine Liste von *areaPoint*-Listen.

```
-- 000000000011111111112
```

```
-- 012345678901234567890
```

```
00 -----
01 -----
02 -----
03 -----****-----
04 -----*****-----
05 -----*****-----
06 -----*****-----
07 -----*****-----
08 -----
09 -----
10 -----
```

Liste der areaPoints

```
(8, 3) , (9, 3) , (10, 3) , (11, 3) ,
(7, 4) , (8, 4) ..... (13, 7)
```

3.3 Bilder (nur einige)

3.3.1 *image*

Zweck: Bilddatenformat für RGB-Bilder

Wichtige Methoden: (siehe auch LTILib-Dokumentation)

```
image()
```

Konstruktor, legt Bild der Größe 0x0 an.

```
image(const int &rows, const int &cols )
```

Konstruktor, legt Bild der Größe `rowsxcols` an.

```
rows()
```

liefert die Spaltenanzahl des image

```
columns()
```

liefert die Zeilenanzahl des image

```
resize(const int &newRows, const int &newCols)
```

Verändert die Bildgröße auf die angegebenen Werte.
Der alte Bildinhalt wird oben-links ausgerichtet.

```
castFrom(const channel8 &other )
```

Konvertiert ein `channel8`-Bild nach `image`.

Beispiel (Programmfragment)

```
// Image-Bilder anlegen
image Img1;                // leeres Bild
image Img2(512, 512);      // Bild der Größe 512 x 512

// Instanzieren eines Bild-Loaders
loadBMP    myLoader;

// Instanzieren der Bild-Viewer
viewer     ViewerOriginalbild, ViewerKopie;

// lade Image-Bild
myLoader.load("Numbers.bmp", Img1);

// Größe von Img2 auf die Größe von Img1 setzen
x_Size = Img1.rows(); y_Size = Img1.columns();
Img2.resize(y_Size, x_Size);

// Bildpunkte von Img1 nach Img2 kopieren
for(y=0; y<y_Size; ++y)
    for(x=0; x<x_Size; ++x)
        Img2[y][x] = Img1[y][x]; // Anm: Datentyp: rgbPixel

// Bilder anzeigen
ViewerOriginalbild.show(Img1);
ViewerKopie.show(Img2);
```

3.3.2 *channel8*

Zweck: Bilddatenformat für Grauwertbilder (256 Grauwerte)

Wichtige Methoden: (siehe auch LTI Lib-Dokumentation)

```
channel8()
```

Konstruktor, legt Bild der Größe 0x0 an.

```
channel8(const int &rows, const int &cols )
```

Konstruktor, legt Bild der Größe rowsxcols an.

```
rows()
```

liefert die Spaltenanzahl des image

```
columns()
```

liefert die Zeilenanzahl des image

```
resize(const int &newRows, const int &newCols)
```

Verändert die Bildgröße auf die angegebenen Werte.
Der alte Bildinhalt wird oben-links ausgerichtet.

```
castFrom(const image &other )
```

Konvertiert ein image-Bild nach channel8 (Intensity-channel).

Beispiel (Programmfragment)

```
// Image-Bilder anlegen
image      Img1;                // leeres image-Bild anlegen
channel8   Pic1, Pic2;         // leeres channel8-Bilder anlegen

// Instanzieren eines Bild-Loaders und von 2 Bild-Viewern
loadBMP    myLoader;
viewer     ViewerOriginal, ViewerInvertiert;

// lade Image-Bild
myLoader.load("Numbers.bmp", Img1);

// Intensity-channel von Img1 nach Pic1 kopieren
Pic1.castFrom(Img1);

// Größe von Pic2 auf die Größe von Pic1 setzen
x_Size = Pic.rows(); y_Size = Pic.columns();
Pic2.resize(y_Size, x_Size);

// Berechne das Negativ von Pic1 → Pic2
for(y=0; y<y_Size; ++y)
    for(x=0; x<x_Size; ++x)
        Pic2[y][x] = 255 - Pic1[y][x]; // negieren

// Bilder anzeigen
ViewerOriginal.show(Pic1);
ViewerInvertiert.show(Pic2);
```

3.4 Bildverarbeitungsoperatoren

Bildverarbeitungsoperatoren (BV-Ops) sind als Klasse realisiert.

Jede Instanz eines BV-Ops besitzt einen eigenen Parametersatz, welcher sein Verhalten beeinflusst.

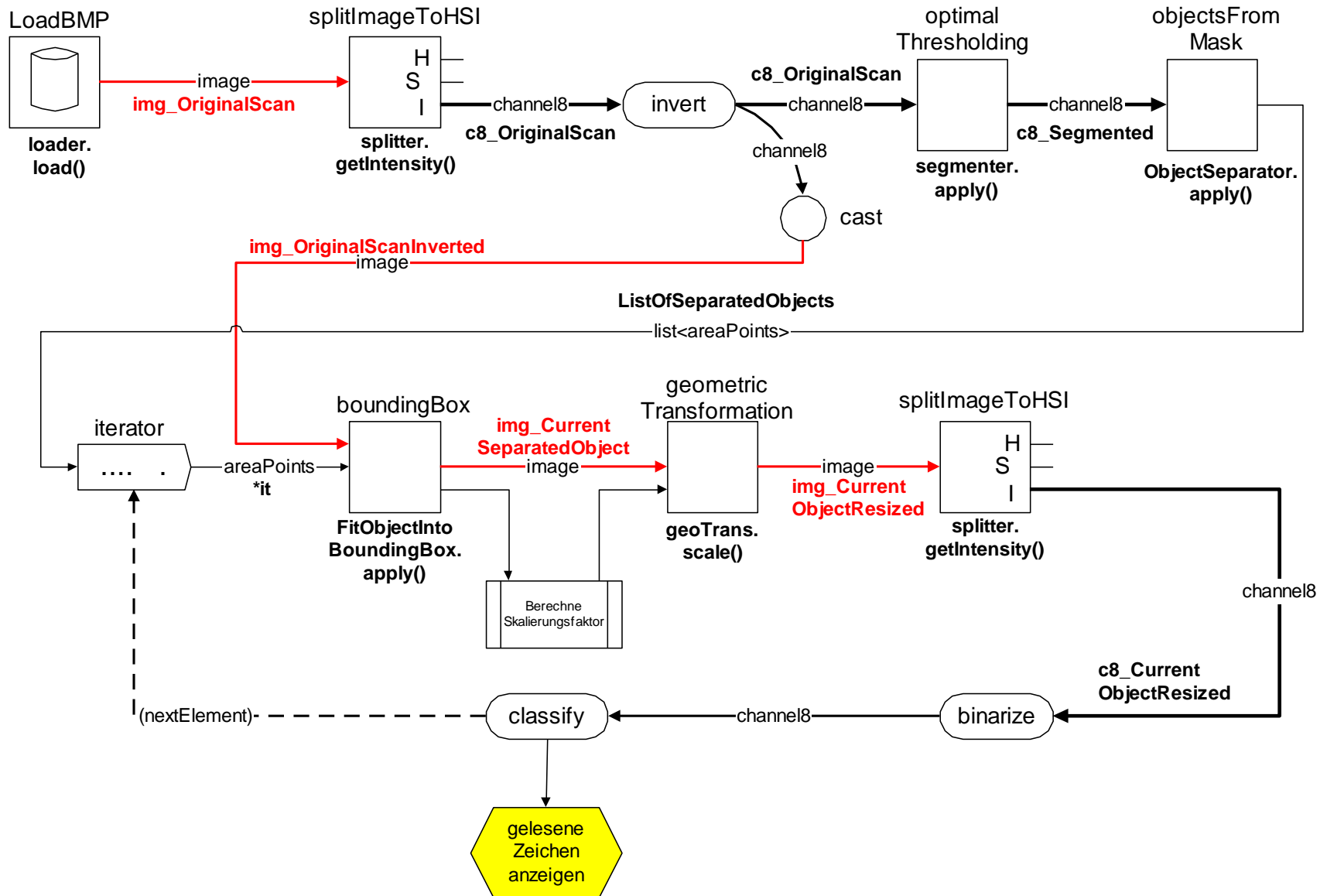
```
// Instanziiere CANNY-Operator (Kantenoperator)
cannyEdges  Canny;

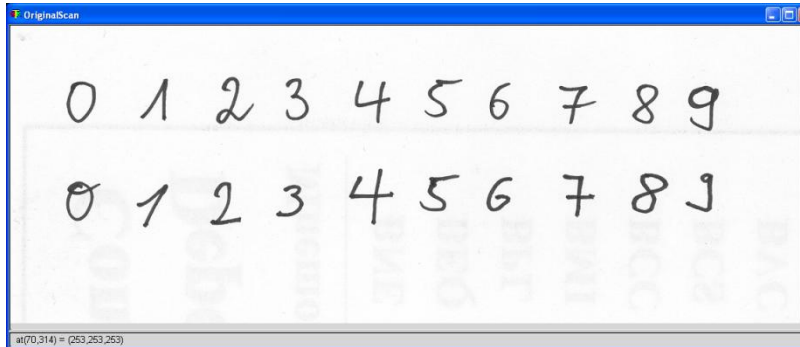
// Instanziiere und initialisiere CANNY-Operator-Parameter
cannyEdges::parameters  Canny_Params = Canny.getParameters();

Canny_Params.thresholdMax =0.02;
Canny_Params.thresholdMin =0.99999;
Canny_Params.kernelSize   =15;
Canny_Params.variance     =0.7;

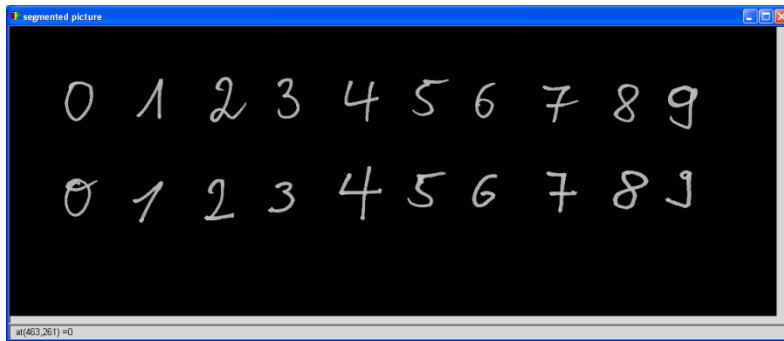
Canny.setParameters(Canny_Params);

// Filtere Bild „src“ und lege das Ergebnis in „dst“ ab
Canny.apply(src,dst);
```





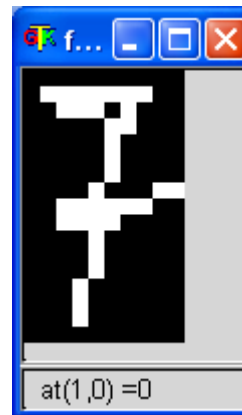
eingescanntes Bild



invertiertes und segmentiertes Bild



separiertes Zeichen



reskaliertes (10x16) und binarisiertes Zeichen

4. Integration von SNNS-Klassifikatoren (*.net)

SNNS:

- Trainiertes Netz abspeichern (*.net-Datei)
- mit `snns2c.exe` eine *.c und *.h Datei erzeugen (z.B. `numbers.c` + `numbers.h`)
- in beiden Dateien den Datentyp `float` durch `double` ersetzen
- in `numbers.h` der Funktionsdeklaration `extern "C"` voranstellen

```
extern "C" int numbers(double *in, double *out, int init);
```

im LTILib-Bildverarbeitungsprojekt

- `numbers.c` und `numbers.h` dem Projekt hinzufügen
- `numbers(...)` erwartet die Adressen des Ein- und Ausgangsvektors (`double`).
 - Vor dem Aufruf von `Numbers` muss daher das reskalierte Zeichenbild als `double`-Vektor abgelegt werden (→ Typanpassung).
 - Analog muss aus dem Ausgangsvektor die Klasse extrahiert werden.