

# document\_scanner

May 20, 2022

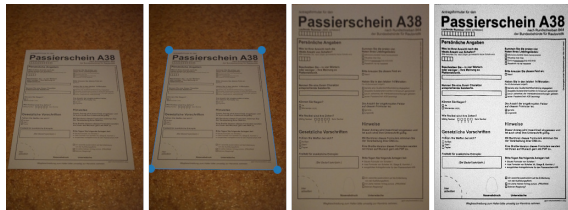
## 1 Scanning Documents from Images

### 1.1 Introduction

A number of camera apps in modern smartphones support document scanning. That is, taking a picture of a sheet of paper and getting a neat image of that page, looking like it was scanned with an image scanner.

While the general steps are easy to understand and implement, it is in fact a quite tough task to create a robust algorithm for this task. Since there is no control over the lighting conditions and the perspective, under which the image is captured, it is challenging to reliably detect the document properly. Not even to speak of background clutter.

The following sequence illustrates the general processing steps.



The first thing to do, is to find the outer contour of the document in the image. We exploit the fact that all edges of the document are still straight lines in the photograph. The intersections of those four lines are the detected corners of the document. (Image 2)

Using the coordinates of those four points, we can compute a transformation matrix which maps the document corners onto the corners of the image plane. (Image 3)

The last processing step is to digitally enhance the legibility of the scanned document. This includes sharpening, contrast increase and color correction. (Image 4)

### 1.2 Preparation

We will use [scikit-image](#) as a library for the image processing algorithm we will utilize for this project. It is advised to always have the [documentation](#) at hand.

The `imread` function is used to load an image from disk.

```
[3]: from skimage.io import imread
     image = imread("data/image.jpg")
```

Two of the most used python packages in scientific computing are [NumPy](#) for working with MATLAB-like data structures and [matplotlib](#) for data visualization. It's a more or less established convention to introduce NumPy as `np` and the pyplot frontend of matplotlib as `plt` into the namespace.

We additionally set some global parameters in order to display images nicer within a jupyter notebook.

```
[4]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# set inline plotting for jupyter notebooks
%matplotlib inline
plt.rcParams['figure.figsize'] = [10, 10] # make matplotlib display images ↵
    ↪larger
plt.rcParams['image.cmap'] = 'gray' # use grayscale for single channel images
```

The `imshow` function displays a scaled down version of the image. Note the axes showing the actual image dimensions. Counting starts in the top left corner and is consistent with the indices for matrix elements.

```
[5]: plt.imshow(image)
```

```
[5]: <matplotlib.image.AxesImage at 0x7fea5c89bfd0>
```



### 1.3 Transforming the Image

As discussed earlier, the first step is to detect the edges and extract the corners of the document shown in the image. It is also the most challenging part, therefore we postpone it for didactical reasons and just assume that we already know the coordinates of the corner points.

The matrix `source_points` stores each point in a row, the first column being the x-coordinate and the second column the y-coordinate. Note that a consistent ordering of corner points is important. The first row represents the top left corner, then continuing in anti-clockwise direction.

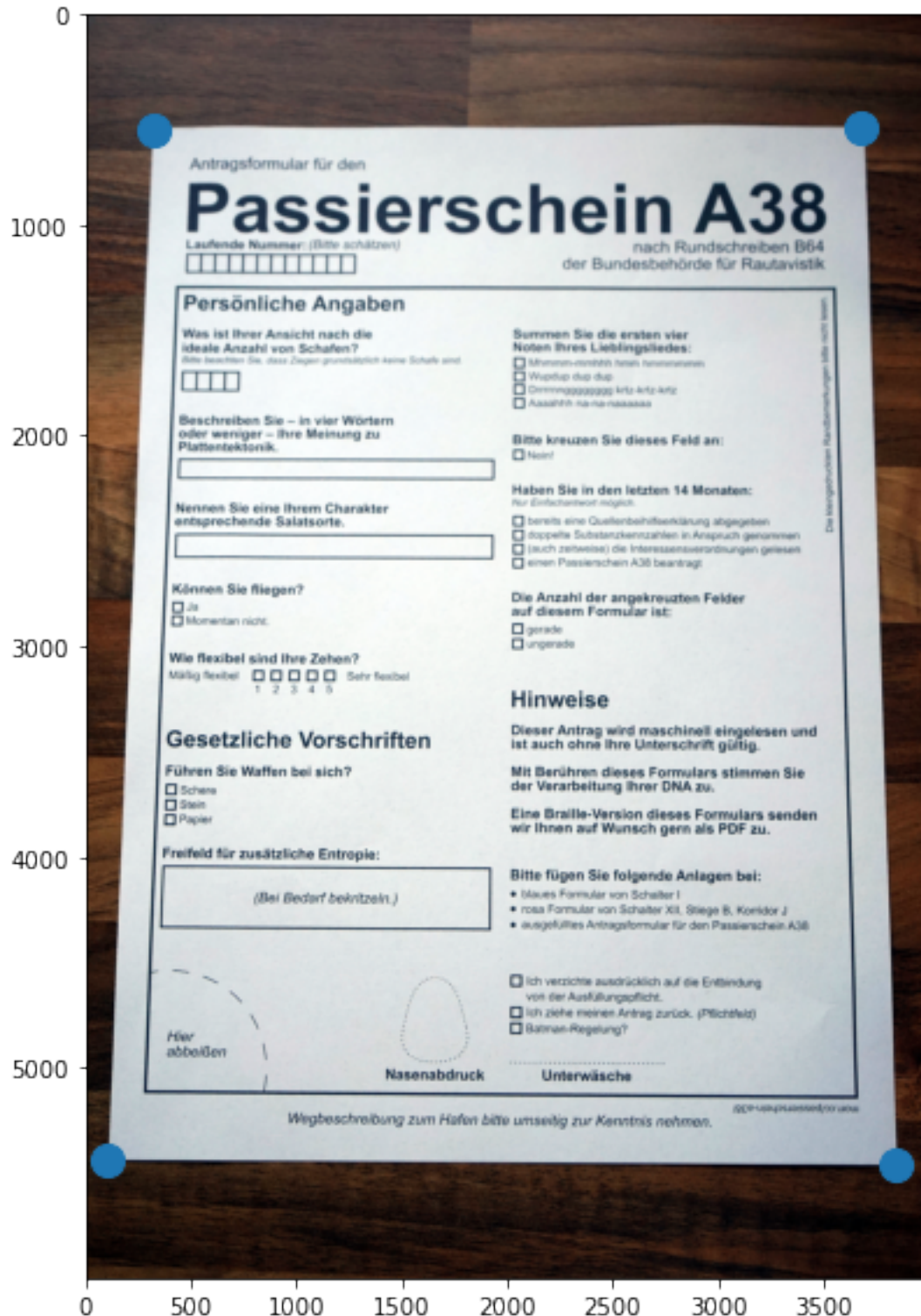
```
[6]: source_points = np.array([[319, 545], [105, 5436], [3840, 5463], [3679, 538]])  
     print(source_points)
```

```
[[ 319  545]  
 [ 105 5436]  
 [3840 5463]  
 [3679  538]]
```

Plotting the points on top of the image, we can confirm that those points are (approximately) correct.

```
[7]: plt.imshow(image)  
     plt.scatter(source_points[:, 0], source_points[:, 1], s=200)
```

```
[7]: <matplotlib.collections.PathCollection at 0x7fea582aee60>
```



Knowing the source and destination of four points uniquely defines the transformation matrix for the projective transform of a two-dimensional image. In order to perform a four point transform

we need to specify the destination coordinates for the corner points.

We simplify at this point and use the dimensions of the original image for the new corner points, with the same ordering scheme.

```
[8]: destination_points = np.array([[0, 0], [0, 6000], [4000, 6000], [4000, 0]])
```

This works out for this example since the aspect ratio of the picture is  $2:3$  and quite close to the aspect ratio for an A4-page with  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ .

Please note that is in general not the case, since we have no information about the dimensions, orientation and aspect ratio of the scanned document beforehand

The `transform` module in `scikit-image` has all the necessary tools to perform the projection step. We first estimate the transformation matrix from the source and destination points.

```
[9]: from skimage import transform

transformation_matrix = transform.ProjectiveTransform()
transformation_matrix.estimate(destination_points, source_points)
print(transformation_matrix)
```

```
<ProjectiveTransform(matrix=
  [[ 8.34155329e-01, -3.74189012e-02,  3.19000000e+02],
    [-2.60469773e-03,  7.24450984e-01,  5.45000000e+02],
    [-1.58865749e-06, -1.66879475e-05,  1.00000000e+00]])>
```

The transformation matrix fully specifies the perspective transform operation. We then call `warp` to compute the resulting image.

```
[12]: warped = transform.warp(image, transformation_matrix)
plt.imshow(warped)
```

```
[12]: <matplotlib.image.AxesImage at 0x7fea571b6950>
```



0

Antragsformular für den

# Passierschein A38

Laufende Nummer: (Bitte schätzen)

nach Rundschreiben B64  
der Bundesbehörde für Rautavistik

1000

## Persönliche Angaben

Was ist Ihrer Ansicht nach die ideale Anzahl von Schafen?  
Bitte beachten Sie, dass Ziegen grundsätzlich keine Schafe sind.

Beschreiben Sie – in vier Wörtern oder weniger – Ihre Meinung zu Plattentektonik.

Nennen Sie eine Ihrem Charakter entsprechende Salatsorte.

Können Sie fliegen?  
☐ Ja  
☐ Momentan nicht.

Wie flexibel sind Ihre Zehen?  
 Mäßig flexibel ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Sehr flexibel  
 1 2 3 4 5

Summen Sie die ersten vier Noten Ihres Lieblingsliedes:  
☐ Mmmmm-mmmhhh heheh heheheheheheheh  
☐ Wupdup dup dup  
☐ Ommmmmmmmmmm krtz-krtz-krtz  
☐ Aaaaahhh na-na-naaaaaaa

Bitte kreuzen Sie dieses Feld an:  
☐ Nein!

Haben Sie in den letzten 14 Monaten:  
Nur Einfachantwort möglich.  
☐ bereits eine Quellenbeihilfeerklärung abgegeben  
☐ doppelte Substanzkennzahlen in Anspruch genommen  
☐ (auch zeitweise) die Interessensverordnungen gelesen  
☐ einen Passierschein A38 beantragt

Die Anzahl der angekreuzten Felder auf diesem Formular ist:  
☐ gerade  
☐ ungerade

2000

## Gesetzliche Vorschriften

Führen Sie Waffen bei sich?  
☐ Schere  
☐ Stein  
☐ Papier

Freifeld für zusätzliche Entropie:  
 (Bei Bedarf beknitzeln.)

Hier abbeißen

Nasenabdruck

Unterwäsche

3000

## Hinweise

Dieser Antrag wird maschinell eingelesen und ist auch ohne Ihre Unterschrift gültig.

Mit Berühren dieses Formulars stimmen Sie der Verarbeitung Ihrer DNA zu.

Eine Braille-Version dieses Formulars senden wir Ihnen auf Wunsch gern als PDF zu.

Bitte fügen Sie folgende Anlagen bei:

- blaues Formular von Schalter I
- rosa Formular von Schalter XL, Stiege B, Korridor J
- ausgefülltes Antragsformular für den Passierschein A38

4000

5000

Wegbeschreibung zum Hafen bitte umseitig zur Kenntnis nehmen.

0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500

Die klanggedruckten Randbemerkungen bitte nicht lesen.

© 2019 Bundesbehörde für Rautavistik

## 1.4 Enhancing the Scan

Since the resulting quality of the extracted document is almost always inferior to a scan performed on a flatbed scanner, it is reasonable to enhance the image. There are plenty operations one can consider here, we only want to exemplarily binarize the image here in order to maximize the contrast.

Since we are going to binarize the image anyhow, we perform a grayscale conversion first

```
[13]: from skimage.color import rgb2gray
      grayscale_image = rgb2gray(warped)
      plt.imshow(grayscale_image)
```

```
[13]: <matplotlib.image.AxesImage at 0x7fea57211e40>
```



0

Antragsformular für den

# Passierschein A38

Laufende Nummer: (Bitte schätzen)

nach Rundschreiben B64  
der Bundesbehörde für Rautavistik

1000

## Persönliche Angaben

Was ist Ihrer Ansicht nach die ideale Anzahl von Schafen?  
Bitte beachten Sie, dass Ziegen grundsätzlich keine Schafe sind.

Beschreiben Sie – in vier Wörtern oder weniger – Ihre Meinung zu Plattentektonik.

Nennen Sie eine Ihrem Charakter entsprechende Salatsorte.

Können Sie fliegen?  
☐ Ja  
☐ Momentan nicht.

Wie flexibel sind Ihre Zehen?  
 Mäßig flexibel ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Sehr flexibel  
 1 2 3 4 5

Summen Sie die ersten vier Noten Ihres Lieblingsliedes:  
☐ Mmmmm-mmmhhhh heheh heheheheheheheh  
☐ Wupdup dup dup  
☐ Ommmmmmmmmmm krtz-krtz-krtz  
☐ Aaaaahhh na-na-naaaaaaa

Bitte kreuzen Sie dieses Feld an:  
☐ Nein!

Haben Sie in den letzten 14 Monaten:  
Nur Einfachantwort möglich.  
☐ bereits eine Quellenbeihilfeerklärung abgegeben  
☐ doppelte Substanzkennzahlen in Anspruch genommen  
☐ (auch zeitweise) die Interessensverordnungen gelesen  
☐ einen Passierschein A38 beantragt

Die Anzahl der angekreuzten Felder auf diesem Formular ist:  
☐ gerade  
☐ ungerade

2000

## Gesetzliche Vorschriften

Führen Sie Waffen bei sich?  
☐ Schere  
☐ Stein  
☐ Papier

Freifeld für zusätzliche Entropie:  
 (Bei Bedarf beknitzeln.)

Hinweise

Dieser Antrag wird maschinell eingelesen und ist auch ohne Ihre Unterschrift gültig.

Mit Berühren dieses Formulars stimmen Sie der Verarbeitung Ihrer DNA zu.

Eine Braille-Version dieses Formulars senden wir Ihnen auf Wunsch gern als PDF zu.

Bitte fügen Sie folgende Anlagen bei:

- blaues Formular von Schalter I
- rosa Formular von Schalter XL, Stiege B, Korridor J
- ausgefülltes Antragsformular für den Passierschein A38

3000

Hier abbeißen

Nasenabdruck

Unterwäsche

4000

5000

Wegbeschreibung zum Hafen bitte umseitig zur Kenntnis nehmen.

0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500

Die kringelstrukturierten Randbemerkungen bitte nicht lesen.

© 2019 Bundesbehörde für Rautavistik

The binarization step is a boolean operation for each pixel, comparing the value with a given threshold. We use the `threshold_mean` function to estimate a reasonable value for the threshold

from the histogram of the image.

```
[14]: from skimage.filters import threshold_mean

      thresh = threshold_mean(grayimage)
      scan = grayimage > thresh
      plt.imshow(scan)
```

```
[14]: <matplotlib.image.AxesImage at 0x7fea57092e60>
```

0

Antragsformular für den

# Passierschein A38

Laufende Nummer: (Bitte abschätzen)

nach Rundschreiben  
der Bundesbehörde für Passierscheine

1000

## Persönliche Angaben

Was ist Ihrer Ansicht nach die ideale Anzahl von Schafen?  
Bitte beachten Sie, dass Ziegen grundsätzlich keine Schafe sind.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Beschreiben Sie – in vier Wörtern oder weniger – Ihre Meinung zu Plattentektonik.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nennen Sie eine Ihrem Charakter entsprechende Salatsorte.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Können Sie fliegen?

☐ Ja  
☐ Momentan nicht.

Wie flexibel sind Ihre Zehen?

Mäßig flexibel ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Sehr flexibel

Summen Sie die ersten vier Noten Ihres Lieblingsliedes:

☐ Mhm-mm-mmmh-hm hm-mmm-mm-mm  
☐ Wupdup dup dup  
☐ Ommmmmmmmmmm kitz-kitz-kitz  
☐ Aaaaahh na-na-naaaaa

Bitte kreuzen Sie dieses Feld an:

☐ Nein!

Haben Sie in den letzten 14 Monaten:  
Nur Einfachantwort möglich.

☐ bereits eine Quellenbeihilfeerklärung abgegeben  
☐ doppelte Substanzkennzahlen in Anspruch genommen  
☐ (auch zeitweise) die Interessensverordnungen gelesen  
☐ einen Passierschein A38 beantragt

Die Anzahl der angekreuzten Felder auf diesem Formular ist:

☐ gerade  
☐ ungerade

## Gesetzliche Vorschriften

Führen Sie Waffen bei sich?

☐ Schere  
☐ Stein  
☐ Papier

Freifeld für zusätzliche Entropie:

(Bei Bedarf beknitzeln.)

Hinweise

Dieser Antrag wird maschinell eingelesen und ist auch ohne Ihre Unterschrift gültig.

Mit Berühren dieses Formulars stimmen Sie der Verarbeitung Ihrer DNA zu.

Eine Braille-Version dieses Formulars senden wir Ihnen auf Wunsch gern als PDF zu.

Bitte fügen Sie folgende Anlagen bei:

- blaues Formular von Schalter I
- rosa Formular von Schalter XL (Seite 1) Formular
- ausgefülltes Antragsformular für den Passierschein

☐ Ich verzichte ausdrücklich auf die Entschädigung von der Ausfüllungspflicht.

☐ Ich ziehe meinen Antrag zurück (Möge die Welt in Frieden stehen).

☐ Batman-Regelung?

Unterwäsche

Nasenabdruck

Handabdruck

1000

1500

2000

2500

3000

3500

The result is not very convincing. Can you improve it?  
How can we increase the contrast while preserving color?

As a final step we save the result back to disk. The explicit data type conversion is necessary<sup>1</sup>, as the required data type for jpeg images are eight bit unsigned integers.

<sup>1</sup> It is in fact not really necessary, since `imsave` only throws a warning but still obediently performs the operation flawlessly.

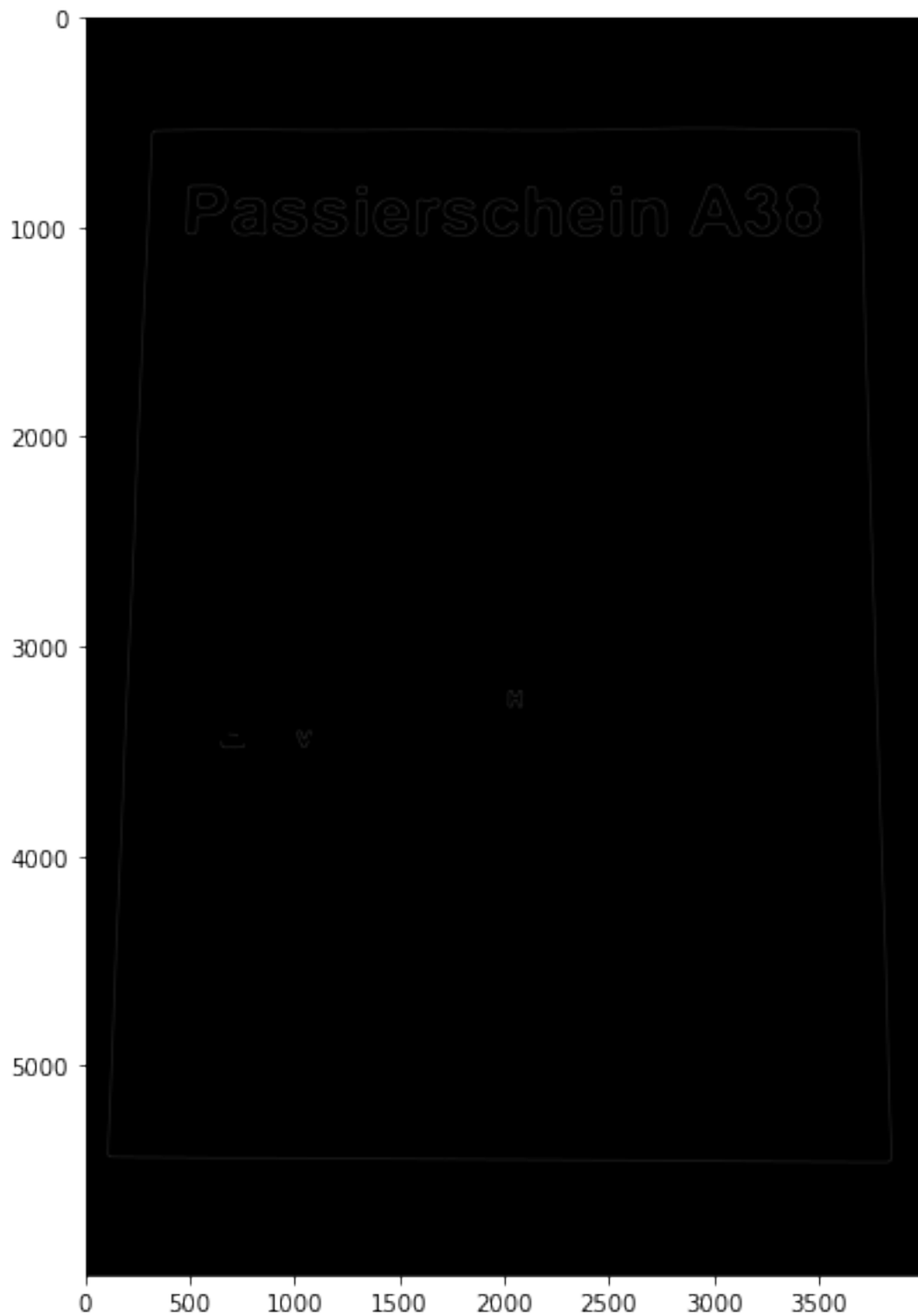
```
[15]: from skimage.io import imsave
      from skimage.util import img_as_ubyte
      imsave("scan.jpg", img_as_ubyte(scan))
```

## 1.5 Corner Detection

```
[16]: from skimage import feature

      grayscale = rgb2gray(image)
      edges = feature.canny(grayscale, sigma=10.0)
      plt.imshow(edges)
```

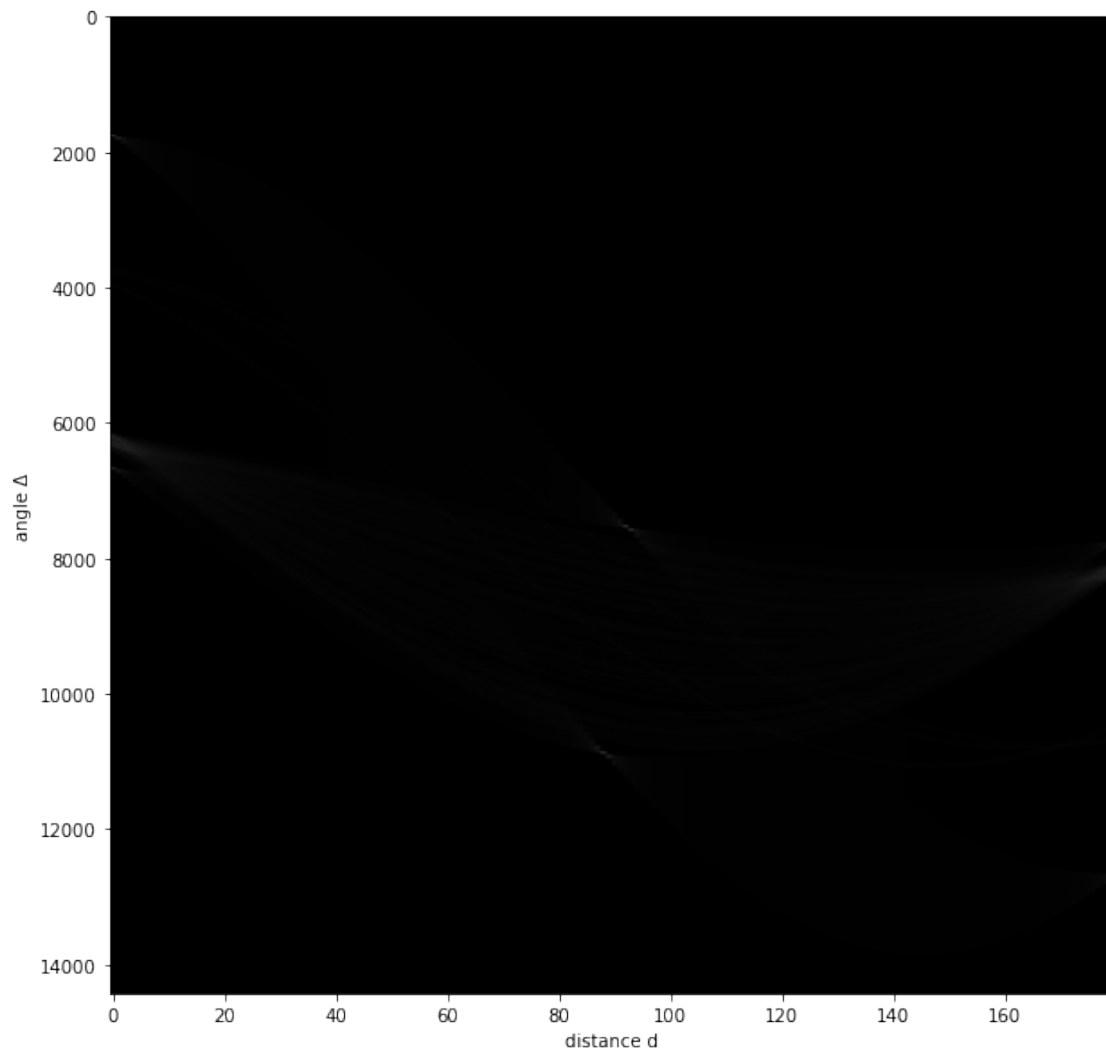
```
[16]: <matplotlib.image.AxesImage at 0x7fea57112ef0>
```



```
[17]: from skimage.transform import hough_line
```

```
h, theta, d = hough_line(edges)
plt.imshow(h, aspect='auto')
plt.xlabel("distance d")
plt.ylabel("angle  $\Delta$ ")
```

```
[17]: Text(0, 0.5, 'angle  $\Delta$ ')
```



```
[21]: from skimage.transform import hough_line_peaks
```

```
hough_line_peaks(h, theta, d)
plt.imshow(gradient)
```



```
for _, angle, dist in zip(*hough_line_peaks(h, theta, d, num_peaks=4,
    ↪ min_distance = 300)):
    (x0, y0) = dist * np.array([np.cos(angle), np.sin(angle)])
    plt.axline((x0, y0), slope=np.tan(angle + np.pi/2))
```

0

1000

2000

3000

4000

5000

0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500

Antragsformular für den

# Passierschein A38

Laufende Nummer: (Bitte schützen!)

nach Rundschreiben B64  
der Bundesbehörde für Rautavistik

## Persönliche Angaben

Was ist Ihrer Ansicht nach die ideale Anzahl von Schafen?  
(Bitte beschreiben Sie, dass Drogen grundsätzlich keine Schafe sind)

Beschreiben Sie – in vier Wörtern oder weniger – Ihre Meinung zu Plattentektonik.

Nennen Sie eine Ihrem Charakter entsprechende Salatsorte.

Können Sie fliegen?  
☐ Ja  
☐ Momentan nicht.

Wie flexibel sind Ihre Zehen?  
Mäßig flexibel ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Sehr flexibel

## Gesetzliche Vorschriften

Führen Sie Waffen bei sich?  
☐ Schere  
☐ Stein  
☐ Papier

Freifeld für zusätzliche Entropie:

(Bei Bedarf bekräftigen.)

Hier abbeulen

Nasenabdruck

Unterwäsche

Summen Sie die ersten vier Noten Ihres Lieblingsliedes:

☐ Mäh-mäh-mäh-mäh  
☐ Wup!-dip-dip  
☐ Gimmigggggggg krrr-krir-krir  
☐ Aaaaahh na-na-naaaaaa

Bitte kreuzen Sie dieses Feld an:  
☐ Nein!

Haben Sie in den letzten 14 Monaten:  
Nur Einfachantwort möglich

☐ bereits eine Qualitätszertifizierung abgegeben  
☐ doppelte Substanzkonzentrationen in Anspruch genommen  
☐ (auch zeitweise) die Interessensvereinbarungen gelesen  
☐ einen Passierschein A38 beantragt

Die Anzahl der angekreuzten Felder auf diesem Formular ist:

☐ gerade  
☐ ungerade

## Hinweise

Dieser Antrag wird maschinell eingelesen und ist auch ohne Ihre Unterschrift gültig.

Mit Berühren dieses Formulars stimmen Sie der Verarbeitung Ihrer DNA zu.

Eine Braille-Version dieses Formulars senden wir Ihnen auf Wunsch gern als PDF zu.

Bitte fügen Sie folgende Anlagen bei:

- blaues Formular von Schafherd I
- rote Formular von Schafherd XII, Seite 6, Kapitel 2
- ausgefülltes Antragsformular für den Passierschein A38

☐ Ich verzichte ausdrücklich auf die Erteilung von der Ausfüllpflicht.

☐ Ich gebe meinen Antrag zurück. (Pflichtfeld)

☐ Bismarck-Regelung?

Wegbeschreibung zum Hafen bitte umseitig zur Kenntnis nehmen.

©/P: 2014/2015/2016/2017/2018/2019/2020/2021/2022/2023/2024/2025/2026/2027/2028/2029/2030/2031/2032/2033/2034/2035/2036/2037/2038/2039/2040/2041/2042/2043/2044/2045/2046/2047/2048/2049/2050/2051/2052/2053/2054/2055/2056/2057/2058/2059/2060/2061/2062/2063/2064/2065/2066/2067/2068/2069/2070/2071/2072/2073/2074/2075/2076/2077/2078/2079/2080/2081/2082/2083/2084/2085/2086/2087/2088/2089/2090/2091/2092/2093/2094/2095/2096/2097/2098/2099/2100

