

## Übung 2

## Operatoren

### Ziel dieser Übung

Das Ziel dieser Übung ist es, die Bildverarbeitung mit Matlab kennen zu lernen. Es werden einfache Bildverarbeitungsaufgaben mit Hilfe von Punktoperatoren und morphologischen Operatoren gelöst.

### Inhalte

- Skriptentwicklung unter Verwendung der [Image Processing Toolbox](#)
- Homogene & inhomogene Punktoperatoren
- Histogramme und Histogrammoperationen (Lookup-Tables)
- Morphologische Operatoren (Erosion, Dilatation, Opening, Closing)

### Theorie – Bildverarbeitungsgrundlagen

图像采集

Aufgrund von technischen Grenzen bei der Bildaufnahme sowie Beschränkungen der Rechnerleistung und des Speicherbedarfs, werden in der rechnergestützten Bildverarbeitung digitale Bilder verwendet. Der Begriff „digitales Bild“ beschreibt i.a. ein Bild, das sowohl aus wert- als auch ortsdiskreten Bildpunkten besteht (s. Abb. 1).

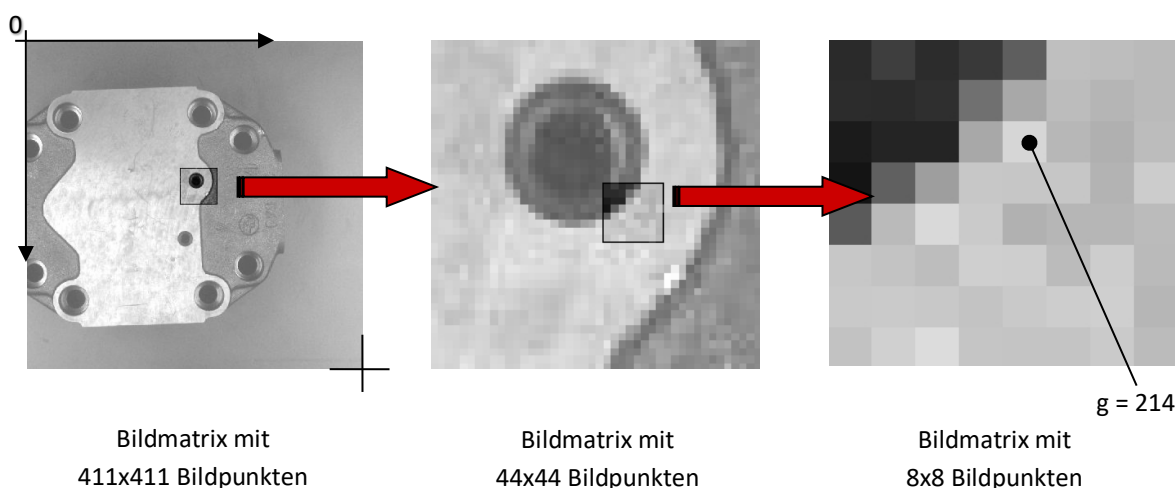
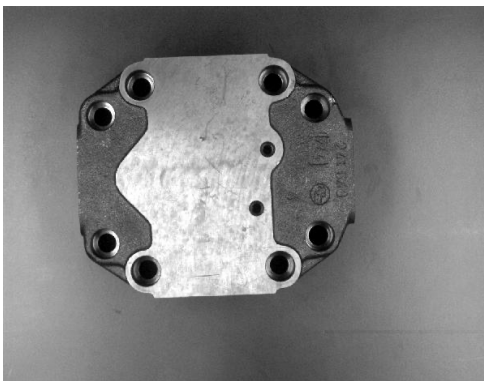


Abb. 1: Das digitale Bild

# Übung 2: Operatoren

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

**Ortsdiskret** heißt, dass die kontinuierliche reale Welt durch die einzelnen lichtempfindlichen Sensorfelder entsprechend deren Lage auf dem Sensor abgebildet wird. D.h. die reale Helligkeit wird auf ein ortsdiskretes Pixel abgebildet. **Wertdiskret** bedeutet, dass der Helligkeit des Pixels ein diskreter Grauwert zugewiesen wird. Dabei stellt sich die Frage, wie viele Grauwerte für die Darstellung eines digitalen Bildes verwendet werden. Typischerweise werden 256 Grauwerte verwendet, um die Darstellung für den Menschen zu optimieren. Sollen bestimmte Objekte segmentiert (oder auch „markiert“) werden, ist oft lediglich eine Unterscheidung in zwei Bereiche notwendig. In diesem Fall würden zwei Grauwerte ausreichen, man spricht von einem sogenannten Binärbild. Mit einem Grauerthistogramm kann man sich die Häufigkeit der einzelnen Grauwerte im Bild ansehen (siehe Abb. 2).



Grauwertbild



Histogramm des Grauwertbildes

Abb. 2: Das Grauerthistogramm

Mit Hilfe des Schwellwertoperators lässt sich das Bild in Bereiche unterteilen, deren Grauwerte innerhalb festzulegender Schwellwerte liegen.

Der Schwellwertoperator ist ein Punktoperator. Der neue Wert des Pixels ist lediglich von seinem alten Grauwert abhängig. Mit Hilfe von Punktoperatoren können Operationen wie beispielsweise auch **Invertieren**, **Kontrastverbesserung**, etc. durchgeführt werden. Oft spricht man hier von LookUp-Tables (LUT), da in diesen die Umrechnung vom Originalgrauwert zum Ergebnisgrauwert gespeichert ist. Die Berechnung muss dann nicht für jedes Pixel neu durchgeführt werden. LookUp-Tables ahmen typischerweise arithmetische Funktionen nach (bspw. *square*, *square root*, *power 1/x*, etc.). Je nachdem, ob diese Funktion über oder unter der Diagonalen liegt, wird das Bild insgesamt entweder heller oder dunkler. Ist die Steigung der Kurve steiler, wird der Kontrast in dieser Region verbessert, ist sie jedoch weniger steil, wird der Kontrast für diesen Grauwertbereich verschlechtert.

非均质点运算

Bei inhomogenen Punktoperationen werden mehrere Bilder miteinander kombiniert. Der Ergebnisgrauwert ergibt sich also aus dem Originalgrauwert des Pixels eines ersten Bildes und dem Originalgrauwert desselben Pixels eines zweiten Bildes. Dies wird auch Bildarithmetik genannt, da arithmetische Operationen wie Addition, Subtraktion oder Multiplikation ermöglicht werden. Ein Beispiel für so eine arithmetische Operation ist in Abb. 3 dargestellt.

在非均质点操作中，几个图像被结合起来。因此，结果灰度值是第一张图像的像素的原始灰度值和第二张图像的同一像素的原始灰度值。这也被称为图像算术，因为加减或乘法等算术运算得以实现。图3显示了这种算术操作的一个例子。

# Übung 2: Operatoren

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

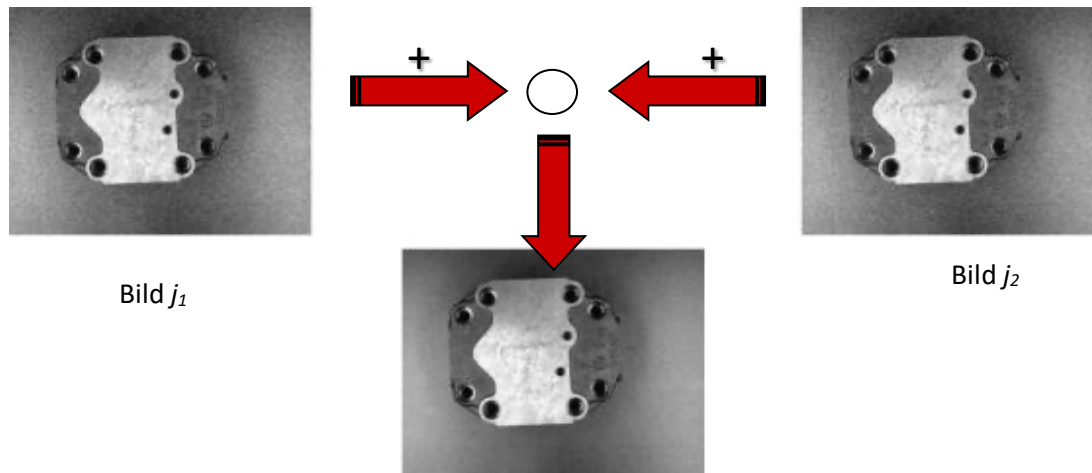


Abb. 3: Beispiel der Bildarithmetik, hier Addition zur Rauschunterdrückung

Die Segmentierung mittels eines Schwellwertoperators stößt relativ schnell an ihre Grenzen. Sobald weitere Objekte im Bild dieselben Grauwerte besitzen, werden sie automatisch mit markiert. In vielen Fällen verhindert das eine Segmentierung auf Basis der Grauwerte, und es müssen andere Merkmale wie z.B. Kantenstrukturen genutzt werden. Beschränken sich die fälschlicherweise markierten Grauwerte jedoch nur auf vereinzelte Artefakte, so können die in der Regel sehr gut mit Hilfe von morphologischen Operatoren nachträglich entfernt werden. Aus den Grundoperationen *Erode* und *Dilate* können die komplexen Operationen *Opening* und *Closing* zusammengesetzt werden, die auf Binärbildern sehr effektiv arbeiten können.

通过阈值运算器进行的分割很快就达到了极限。只要图像中的其他物体具有相同的灰度值，它们也会被自动标记。在许多情况下，这使得基于灰度值的分割无法进行，而必须使用其他特征，如边缘结构。然而，如果错误标记的灰度值仅限于孤立的假象，这些通常可以在事后借助于形态学运算符很好地去除。从基本操作Erode和Dilate开始，可以组成复杂的操作Opening和Closing，这对二进制图像的工作非常有效。

## Aufgaben

Die Bearbeitung der Aufgaben soll innerhalb des Matlab Live Scripts „Uebung 2 - Operatoren.mlx“ erfolgen. Dabei wird Text, Code und Ausgaben wie Plots und Grafiken in einer interaktiven Umgebung, dem Live Editor, angezeigt. Die Ausführung des Codes kann in einzelnen Sektionen erfolgen. Eine Einführung dazu finden Sie [hier](#).

### 1 Segmentierung, Schwellwerte, Histogramme (ca. 20-30 Min)

Der Ordner „Muttern“ enthält mehrere Bilder von Muttern, die im Durchlichtverfahren erstellt worden sind. Ziel ist es, die Anzahl der Muttern im Bild zu bestimmen. Lesen sie zunächst das Bild "Muttern\_2\_1.png" ein (`imread`).

- Nutzen Sie die Funktion `histogram`, um die Grauwertverteilung des Bildes darzustellen.

- Segmentieren Sie die Muttern mit Hilfe der Funktion `imbinarize`. Bestimmen Sie einen Schwellwert anhand des Histogramms. Lassen Sie sich das erzeugte Binärbild anzeigen.

- Die segmentierte Fläche ist jetzt hell dargestellt. Wie kann der Code einfach verändert werden, dass statt des Hintergrundes die Mutter segmentiert wird?
- Nutzen Sie die Funktion `imoverlay`, um die segmentierte Fläche im ursprünglichen Bild farbig darzustellen.

- Kann aus dem Mittelwert des Bildes (`mean`) auf die Anzahl der Muttern im Bild geschlossen werden? Verwenden Sie dazu die verschiedenen Bilder im Ordner "Muttern". Untersuchen Sie auch das Binärbild.

- Nutzen Sie die Funktion `bwconncomp`, um die Anzahl der verbundenen Regionen im Binärbild, also die Anzahl der Muttern, zu bestimmen.

- Im Ordner befinden sich einige Bilder, bei denen die Aufnahmeparameter nicht korrekt eingestellt wurden, oder die Muttern nicht ideal platziert wurden. Diskutieren Sie die Robustheit der Verfahren gegenüber solchen Veränderungen.

# Übung 2: Operatoren

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

## 2 Grenzen von Schwellwertoperationen, inhomogene Punktoperatoren (ca. 30-45 Min)

Die Segmentierung der Muttern stellte sich als verhältnismäßig einfach heraus. Nun schauen wir uns ein etwas schwierigeres Beispiel an, und zwar die Segmentierung eines Pumpengehäuses. Die zugehörigen Bilder finden Sie im Ordner „Pumpengehäuse“.

- Versuchen Sie analog zur Aufgabe 1 das Pumpengehäuse aus „Bild 1“ mit Hilfe eines Schwellwertoperators zu segmentieren. Welche Probleme treten bei der Segmentierung auf?

- Nutzen Sie nun das „Bild 2“, um eine Subtraktion des Hintergrunds durchzuführen. Nach der Subtraktion können Sie wiederum einen Schwellwert zur Segmentierung anwenden. Vergleichen Sie auch das Histogramm vor und nach der Subtraktion.

- Inwiefern wird die Segmentierung des Pumpengehäuses durch das Hintergrundbild vereinfacht? Warum ist diese Lösung weiterhin nicht ideal, und wie könnten Sie das Problem möglichst einfach beheben?
- Eine bessere Lösung bietet in diesem Fall die Maske in „Bild 3“. Nutzen Sie sie, um das Pumpengehäuse mit Hilfe von Bildarithmetik (`imultiply`) aus dem Originalbild auszuschneiden, und beurteilen Sie das Ergebnis. Funktioniert dieses Verfahren auch, wenn Sie statt des Pumpengehäuses in „Bild 1“ das „Bild 4“ verwenden?

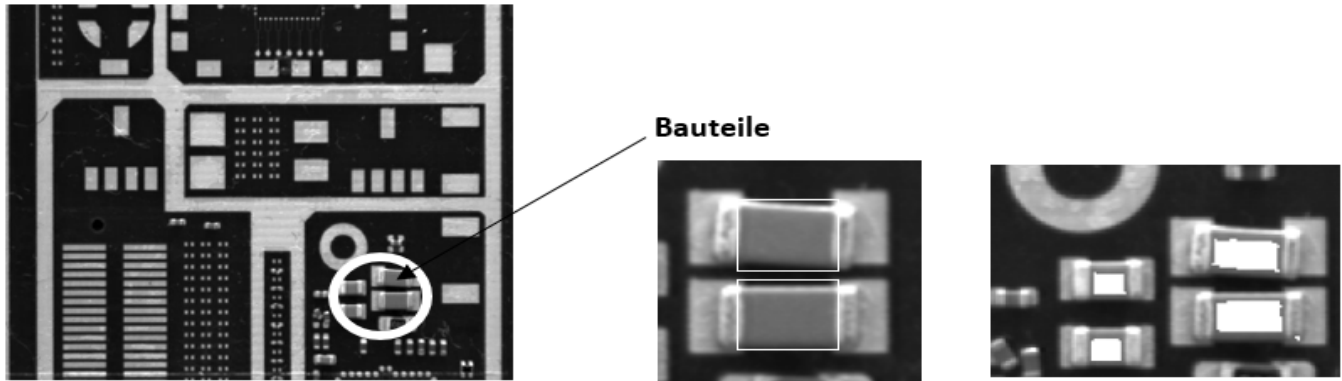
**Bonusaufgabe:** Subtrahieren Sie „Bild 1“ und „Bild 4“ und markieren Sie die Unterschiede mittels `imbinarize`. Was für Informationen könnten Sie aus diesem Bild entnehmen?

# Übung 2: Operatoren

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

## 3 Segmentierung, Morphologische Operationen, LookUp-Tables (ca. 45-60 Min)

Das Pumpengehäuse war nicht allein auf Basis der Grauwerte zu segmentieren. Nun schauen wir uns einen Fall an, in dem zwar ein Schwellwertoperator zur Segmentierung genutzt werden kann, jedoch eine Nachbearbeitung mittels morphologischen Operatoren notwendig ist. Nutzen Sie das Bild „Leiterplatte“.



- Erstellen Sie ein Skript, das die Flächen der vier größeren Bauteile (Nur die im Bild weiß umrandete Fläche in der Mitte der Bauteile, nicht die Kontakte links und rechts an den Bauteilen) unabhängig von der Lage der Bauteile segmentiert. Nutzen Sie die bisher kennengelernten Werkzeuge, um eine Segmentierung mittels Schwellwertoperation durchzuführen. Da `imbinarize` nur einen Schwellwert nutzt und deshalb graue Flächen nicht gleichzeitig von hellen und dunklen Flächen trennen kann, können Sie zwei Binärbilder mit unterschiedlichen Schwellwerten erzeugen und anschließend voneinander subtrahieren.

- Entfernen Sie übrigbleibende Artefakte anschließend mit Hilfe von morphologischen Funktionen.

- **Bonusaufgabe:** Heben Sie die Flächen der Bauteile im Originalbild hervor, indem Sie sie weiß markieren (wie im rechten Bild).
- Lassen Sie sich das Histogramm zum Originalbild „Leiterplatte“ anzeigen. Wie Sie sehen, wird das vorhandene Spektrum an Grauwerten schlecht ausgenutzt. Der Kontrast in den hellen und dunklen Bereichen ist daher jeweils nicht optimal. Nutzen Sie `imadjust`, um den Kontrast einmal in dunklen und einmal in hellen Regionen zu verbessern, d.h. die Grauwertunterschiede im relevanten Bereich besser wahrnehmbar zu machen. Vollziehen Sie Ihre Auswahl nach, indem Sie den funktionalen Zusammenhang zwischen Originalgrauwert und Ergebnisgrauwert skizzieren.
- Finden Sie auch eine Funktion, die den Kontrast gleichzeitig sowohl in den hellen als auch in den dunklen Bereichen verbessert? Wie könnte der funktionale Zusammenhang in diesem konkreten Fall aussehen? Diskutieren Sie.

# Übung 2: Operatoren

Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik

## Grundlagen MATLAB

Zur Wiederholung oder für einen schnellen Einstieg könnt ihr euch die verlinkten Kurse anschauen:

- MATLAB Onramp: <https://matlabacademy.mathworks.com/details/matlab-onramp/gettingstarted>
- Image Processing Onramp: <https://matlabacademy.mathworks.com/details/image-processing-onramp/imageprocessing>