

THOMAS SCHILLER, Linz

## **Kennzeichenerkennung und digitale Bildverarbeitung als fächerübergreifendes Thema M/INF**

### **Worum geht es?**

Zu gutem Mathematikunterricht gehört das fächerübergreifende Arbeiten an Beispielen mit Realitätsbezug. Anhand derartiger Beispiele lernt man die sinnvolle Verwendung von mathematischen Mitteln kennen und erhöht zugleich die Motivation beim Lernen. Daher habe ich als Thema meiner Dissertation die (automatische) Kennzeichenerkennung ausgewählt, die fächerübergreifend und projektartig in Mathematik und Informatik behandelt werden kann. Die SchülerInnen erleben das System etwa an Mautstationen bei Urlaubsfahrten, wenn die Eltern sich nicht an Mautschaltern anstellen müssen, sondern gleich durchfahren können. Auch durch unter SchülerInnen immer mehr verbreitete moderne Smartphones mit integrierter Kamera und Gesichtserkennungsfunktion werden sie mit automatischen Erkennungssystemen konfrontiert, die nach ähnlichen bzw. sogar gleichen Prinzipien funktionieren wie die Kennzeichenerkennung.

Die Kennzeichenerkennung und weitere Grundlagen aus der digitalen Bildverarbeitung wurden in meiner Dissertation für den Unterricht (sowohl für Mathematik als auch Informatik) aufbereitet. Dabei wurde dem Thema entsprechend viel Wert auf Computereinsatz (Tabellenkalkulation, Computeralgebrasystem, dynamische Geometriesoftware, ...) gelegt. Zum leichteren Verständnis wird bei den Beispielen zusätzlich der jeweilige fachliche Hintergrund erläutert. Auch der Programmcode, der für den Informatikunterricht gedacht ist, wurde ausgiebig kommentiert und es gibt zahlreiche Hinweise auf mögliche Probleme im Unterricht und Lösungsvorschläge. Die Beispiele dienen zum Verstehen von einzelnen Teilfragen des Themengebiets – zu den Teilfragen gehören etwa das Erhöhen des Kontrastes eines Bildes, um einzelne Objekte darauf besser erkennen zu können, das Auffinden von Kanten, also raschen Übergängen zwischen hellen und dunklen (bzw. verschiedenfarbigen) Bereichen, welche Objekte abgrenzen, und das Erkennen von Geraden – mit mathematischen und informatischen Mitteln, sodass man am Ende alle Teilprobleme und Lösungsansätze und somit die gesamte Kennzeichenerkennung versteht.

### **Kantenerkennung**

Im menschlichen Sehen und vermutlich auch in anderen biologischen Sehsystemen spielen Kanten eine wichtige Rolle. Komplette Figuren können aus wenigen auffälligen Linien rekonstruiert werden. Kanten könnten grob

dadurch beschrieben werden, dass sich dort im Bild, wo sich eine Kante befindet, die Intensität stark ändert, und zwar innerhalb einer kleinen Umgebung und entlang einer ausgeprägten Richtung. Stärkere Intensitätsänderungen sind an der betrachteten Stelle ein stärkerer Hinweis auf eine Kante. Die Stärke der Intensitätsänderung entspricht der ersten Ableitung, welche daher ein Ansatz zur Bestimmung der Kantenstärke ist. [Burger u. a.\_2006, S. 117] Die Steilheit der Grauwertfunktion gibt also die Stärke einer Kante wieder. Die Steilheit der Grauwertfunktion ist nichts anderes als der Betrag des Gradienten und die Richtung der Kante ist orthogonal zur Richtung des Gradienten. [Tönnies\_2005, S. 174f]

Die Kantenerkennung kann uns dazu dienen, die Position und Orientierung des Kennzeichens am Foto zu bestimmen und es entsprechend zu skalieren und zu drehen. Auch bei der optischen Zeichenerkennung (OCR) kann Kantenwissen nützlich sein.

Ein aufgenommenes Bild kann als zweidimensionale Zahlenmatrix aufgefasst werden. Ein digitales Bild  $I$  ist, etwas formaler betrachtet, eine zweidimensionale Funktion von nicht negativen ganzzahligen Koordinaten auf eine Menge von Bildwerten, also  $I: N \times N \rightarrow \text{Bildwertemenge}$ . In dieser Form können Bilder im Computer dargestellt, gespeichert, bearbeitet, komprimiert oder übertragen werden. Bilder können also als numerische Daten betrachtet werden. [Burger u. a.\_2006, S. 10]

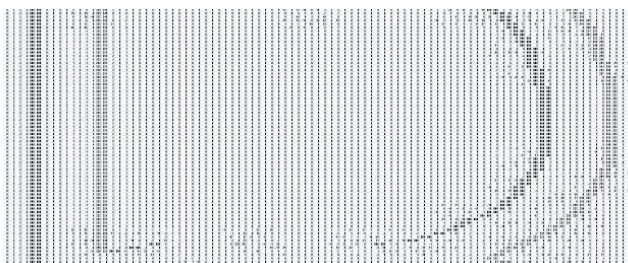
Graustufenbilder können also als Funktion  $I(u, v)$  betrachtet werden. Um die SchülerInnen nicht gleich mit zweidimensionalem Differenzieren zu überfordern, bietet es sich an, das Ganze zuerst eindimensional zu betrachten, indem man sich auf eine Bildzeile beschränkt. (Der Weg über den eindimensionalen Fall wird etwa auch in [Burger u. a.\_2006, S. 118ff] bestritten.) Man könnte etwa eine Funktion zeichnen, die relativ konstant einen hohen Wert (z. B. 250) hält, dann zu einem gewissen Zeitpunkt relativ plötzlich innerhalb eines kurzen Zeitraumes steil nach unten abfällt (z. B. bis zum Wert 10) und danach wieder relativ konstant auf dem Wert bleibt, auf den sie zuvor gefallen ist. Zusätzlich wird die Ableitungsfunktion benötigt. Man kann dann klar erkennen, dass die Ableitungsfunktion überall, wo die Funktion selber relativ konstant ist, ungefähr beim Wert 0 bleibt und nur beim relativ raschen Wechsel von 250 auf 10 plötzlich einen größeren negativen Ausschlag bekommt. Dort, wo also die betrachtete Bildzeile von einem fast perfekten Weiß auf ein fast perfektes Schwarz wechselt, also eine Kante vorliegt, besitzt die Ableitungsfunktion einen auffällig niedrigen Wert. Bei einem Wechsel von einem dunkleren in einen helleren Bereich hingegen ginge der Ausschlag ins Positive, da die Grauwertfunktion an-

steigt. Derartige Ausschläge in der Ableitungsfunktion können also als Positionen für Kanten interpretiert werden.

Was den SchülerInnen hoffentlich auffallen wird, ist, dass hinter den zu analysierenden Bildern keine kontinuierlichen Funktionen stecken und daher nicht differenziert werden kann. Aber:

Die Ableitungen können durch Differenzen approximiert werden. Das Differenzieren in x- Richtung kann durch Differenzbildung des Pixelgrauwerts nach dem gerade betrachteten Bildpunkt mit dem Grauwert des Pixels vor dem gerade betrachteten Bildpunkt angenähert werden. [Tönnies\_2005, S. 175]

Wichtiger Hinweis: Das Hintergrundwissen zum Differenzieren wird nicht unbedingt benötigt. Im Unterricht sollte es völlig ausreichen, wenn man erklärt, dass große Änderungen der Pixelwerte zwischen nahe beieinander liegenden Bildpunkten Anzeichen für Kanten sind. Wie bereits erwähnt wurde, ist laut [Burger u. a.\_2006, S. 117] eine Kante ja ein Ort von großer Intensitätsänderung. Somit lässt sich diese Grundidee hinter der Kantenerkennung im Unterricht bereits viel früher umsetzen, denn die benötigten Differenzen eignen sich auch schon für die Unterstufe. Greift man auf ein Programm zum Import bzw. Export von Pixelwerten zurück, so kann eine einfache Kantenerkennung beispielsweise in einem Tabellenkalkulationsprogramm umgesetzt werden. Dort können die erhaltenen Ergebnisse ausgewertet und interpretiert werden. Auch Visualisierungen in einem Tabellenkalkulationsprogramm sind möglich, wie der folgende Bildausschnitt zeigt, in dem die obere Hälfte des Buchstabens B sehr gut zu erkennen ist. Für derartige Visualisierungen muss weit herausgezoomt werden, was sich schnell umsetzen lässt. Man kann im Endeffekt im Unterricht, wenn man auf diese Weise arbeitet, schnell zwischen den Berechnungsformeln (Formelansicht), den Ergebnissen und einer bildähnlichen Darstellung wechseln, was sehr von Vorteil ist, da man alle Darstellungsmöglichkeiten somit quasi fast gleichzeitig sehen kann.



### **Zeichenerkennung mit Merkmalsvektoren**

Ein Merkmal ist ein bestimmter, durch einen Skalar repräsentierter Aspekt der Bedeutung eines Objekts. Ein einzelnes Segment kann durch Merkmale

beschrieben werden. Bei der Klassifikation werden die Merkmale ausgewertet, weshalb danach bei für eine Klassenzuordnung ausreichenden Merkmalen durch die Abbildung auf Merkmale eine Datenkompression erreicht werden kann. [Tönnies\_2005, S. 296] (vgl. [Hofman\_2008]: Der Wandel der Bilddaten in eine Zeichenkette ist eine sehr starke Kompression der ursprünglichen Rohdaten (1:31600). [Hofman\_2008])

Merkmale lassen sich in einen mehrdimensionalen Merkmalsvektor zusammenfassen. Die Vektoren spannen einen Merkmalsraum auf. Ist beispielsweise zwischen Muttern und Schrauben zu unterscheiden, so wären die Anzahl der Löcher und die Kreisähnlichkeit mögliche Merkmale. Von jedem Segment wird der in diesem Fall zweidimensionale Merkmalsvektor im Merkmalsraum bestimmt. Merkmale sind gut gewählt, wenn die Merkmalsvektoren von Segmenten einer Klasse nahe beieinander liegen und zu unterschiedlichen Klassen gehörige Vektoren gut voneinander getrennt sind. [Tönnies\_2005, S. 296]

Mögliche (formbasierte) Merkmale wären etwa der Flächeninhalt, der Umfang, die Länge des Randes, die Ausdehnung des Segments entlang seiner kürzesten und längsten Achse, die Kreisähnlichkeit, ... [Tönnies\_2005, S. 299] Auch topologische Maße, etwa die Anzahl der Löcher, sind Formmaße. [Tönnies\_2005, S. 300]

Im Zusammenhang mit der (z. B. im Informatikunterricht umgesetzten) merkmalsbasierten Zeichenerkennung könnte man im Unterricht Wettkämpfe durchführen. Einzelne Schülergruppen können unabhängig voneinander an der Optimierung der Kennzeichenerkennung arbeiten. Die Vorgaben seitens der Lehrkraft können hier sehr unterschiedlich sein. Beispielsweise kann die Schriftart oder die Anzahl der möglichen verschiedenen Zeichen in den Nummernschildern vorgegeben werden. Je mehr unterschiedliche Zeichen zulässig sind, desto komplizierter wird die Situation. Auch können echte Kennzeichenfotos verwendet werden, was die Schwierigkeit noch um einiges erhöht, weshalb hier mit einer stark reduzierten Anzahl an zulässigen Zeichen gearbeitet werden sollte.

## Literatur

- [Burger u. a.\_2006] Burger, W.; Burge, M. J.: Digitale Bildverarbeitung, Eine Einführung mit Java und ImageJ, 2. Überarbeitete Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005 und 2006; ISBN 978-3-540-30940-6 (Print) bzw. 978-3-540-30941-3 (Online) (SpringerLink), ISBN-13 978-3-540-30940-6
- [Hofman\_2008] Hofman, Y.: License Plate Recognition - A Tutorial; <http://www.licenseplaterecognition.com> (03.10.2008)
- [Tönnies\_2005] Tönnies, K. D.: Grundlagen der Bildverarbeitung, Pearson Studium, 2005, ISBN 3-8273-7155-4