

Martin BRACKE, Kaiserslautern

## **Computer erkennen Laubblätter – Das Produkt als Motivation**

Die Aufgabe, Laubbäume anhand ihrer Blätter zu erkennen, scheint auf den ersten Blick keine große Herausforderung zu sein: Die meisten Grundschüler können ohne große Probleme lernen, einheimische Bäume bei Betrachten ihrer Blätter sicher zu unterscheiden. Warum soll das für einen Computer schwierig sein?

### **Die Problemstellung – wirklich spannend?**

Die hier betrachtete Fragestellung ist hinsichtlich des mathematischen Gehalts sehr ähnlich zur Aufgabe, Schildkröten anhand von Fotos ihres Panzers zu erkennen (vgl. Schäfer 2014). Dort besitzt allerdings die dahinter stehende Thematik *Artenschutz* einen offensichtlich hohen Motivationscharakter: Tiere sollen nicht mehr durch das Implantieren von passiven Sensoren gekennzeichnet, sondern nur anhand von Bilddaten identifiziert werden. Neben dem finanziellen Nutzen ist der ethisch-moralische Aspekt direkt erkennbar und führt bei der Bearbeitung mit Schülern zu anhaltender Motivation.

Was ist für Schüler an der Aufgabe spannend, Blätter automatisch zu erkennen und dies sogar mit Hilfe von Mathematik zu tun? Zumindest der zweite Teil der Frage scheint problematisch – und wurde daher in bisherigen Projekten (vgl. Hansel 2014) zu Beginn überhaupt nicht gestellt! Ausgangspunkt waren jeweils reale Blätter bzw. Fotos von Blättern und es wird dringend empfohlen, das Projekt in der Zeit von April bis Oktober durchzuführen – auch wenn es problemlos mit Fotos aus der Konserve realisierbar ist: Die Möglichkeit, selbst nahezu unbegrenzt *eigenes Material* sammeln und bearbeiten zu können, ist in diesem Fall einer der Schlüssel zu andauernder Motivation. Dabei ist die Auswahl der betrachteten Bäume (und ihrer Blätter, in Variation und Anzahl) ein wichtiger Faktor, der die Schwierigkeit des Problems, die Wahl geeigneter Methoden und Werkzeuge sowie die Art und Qualität des Validierungsprozesses beeinflusst. Es ist unserer Erfahrung nach sehr wichtig, diesen Auswahlprozess den Schülern zu überlassen und nur wenig – am besten überhaupt nicht – steuernd einzugreifen.

Ein zweiter sehr reizvoller Aspekt liegt für Schüler in der Tatsache, dass für uns Menschen die Aufgabe des Erkennens von Blättern mit ein wenig Übung sehr einfach zu sein scheint, aber der dahinter stehende Prozess kaum greifbar ist: Wie gelingt es uns und welche (unbewussten) Schritte stehen dahinter? Wie kann ich die verwendeten Strategien so formulieren

und automatisieren, dass jemand sie ohne ein spezielles Training erfolgreich anwenden kann? Und falls das gelingt: Wie bringe ich einen Computer dazu, den kompletten Erkennungsprozess automatisiert zu durchlaufen? Sehr spannend kann an dieser Stelle übrigens ein Abstecher in die Biologie sein, wo die Klassifizierung als Methodik etabliert ist. Obwohl es möglich ist, mittels Mustererkennung durch *neuronale Netze* das Vorgehen aus der Biologie in Softwarelösungen umzusetzen, sind hier gewisse Grenzen gesetzt. Wenn die Zeit vorhanden ist, können diese Grenzen bzw. Nachteile von den Schülern selbst erkundet und Unterschiede zu einer eher mathematisch orientierten Vorgehensweise herausgearbeitet werden.

In diesem Projekt ist die Umsetzung mit dem Computer ab einem bestimmten Alter und Wissensstand zwar sehr motivierend, allerdings keinesfalls erforderlich: Bereits mit Grundschulern kann man ein in sich abgeschlossenes kleines Projekt umsetzen, welches komplett ohne Verwendung von Computern auskommt! Hier ist der selbst entwickelte Steckbrief für ein individuelles Blatt als Produkt für die Lernenden ein Garant für langandauernde Motivation. Für die älteren und an der Arbeit mit Computern interessierten Schüler ist es ein riesiges Erfolgserlebnis, wenn nach den praktisch garantierten zwischenzeitlichen Misserfolgen am Ende die selbst entwickelte Software – oder gar eine App auf dem Handy – eines oder mehrere frisch gesammelte Blätter richtig benennt. Und dabei ist es nicht entscheidend, ob der Software alle einheimischen Laubbäume oder nur einige wenige Arten bekannt sind!

### **Ein Blick hinter die Blätter – Mathematisches Potential des Projekts**

Nachdem wir uns ausführlich mit der sehr wichtigen Frage einer anhaltenden Motivation beschäftigt haben, soll nun das hinter der Fragestellung stehende mathematische Potential skizziert werden. Exemplarische Umsetzungen für die Klassenstufen 5 und 10 findet man in Hansel (2014). Im Folgenden sind wichtige mathematische Stichworte und Werkzeuge aufgeführt und dabei thematisch gruppiert. Der Abgleich mit Lehrplaninhalten und die konkrete Umsetzung sind nach bisherigen Erfahrungen recht flexibel möglich, zumal über *Wiederholung* bzw. *Forschendes Lernen* in gewissem Umfang auch das Einbeziehen von Inhalten außerhalb des aktuellen Lernstoffs möglich ist.

**Definition und Ermittlung verschiedener Features:** Es müssen Merkmale wie etwa Länge, Breite (evtl. an mehreren Stellen), Umfang, Fläche, Aussehen des Randes (wie beschreibt man das mathematisch?) festgelegt werden. Dazu gehört neben der exakten Definition (wo messe ich die Breite?) auch die Messmethode zur Ermittlung

konkreter Werte. Bei der Arbeit mit Fotos kommt das Umgehen und Rechnen mit Maßstäben hinzu.

**Wahl eines Koordinatensystems:** Da ein Blatt im Foto ganz unterschiedlich orientiert sein kann, ist eine wichtige Erkenntnis die Möglichkeit (und Notwendigkeit!) zur *Wahl* eines Koordinatensystems! Wichtig ist hier zunächst die Festlegung und Reproduzierbarkeit der Orientierung sowie für den späteren Vergleich eine geeignete Skalierung.

**Vergleich anhand selbst gewählter Features:** Quantitative Werte für verschiedene selbst gewählte Features können einzeln oder als Satz (in welcher Norm?) miteinander verglichen werden – abstrakt betrachtet wird jedes Blatt zu einem Punkt im n-dimensionalen Raum. In der einfachsten Variante vergleicht man absolute Werte, um individuelle Blätter zu identifizieren. Um den Maßstab bei Fotos bzw. das Wachstum zu berücksichtigen, sollte man sich eine Möglichkeit zur Normierung überlegen (z.B. durch Bilden von Verhältnissen). Daten eines *Referenzblattes* können mit Hilfe statistischer Methoden bestimmt werden; diese können auch Aufschluss darüber geben, welche Features überhaupt für eine Identifizierung sinnvoll sind. Weitergehend ist die Betrachtung der Robustheit von Messungen sowie der Ergebnisse hinsichtlich der Variation der Daten.

**Mathematische Bildverarbeitung:** In der einfachsten Variante wird mit Fotos von Blättern gearbeitet, in denen man Messungen durchführt. Das Finden des Blattes im Bild, die Festlegung der Orientierung sowie Bestimmung des Randes können im ersten Schritt manuell vorgenommen werden. Beliebig kompliziert wird es, wenn Aufnahmen von Blättern in natürlicher Umgebung oder beschädigte Blätter automatisch verarbeitet werden sollen. Wenn das Blatt als s/w-Bild vorliegt (kann relativ einfach mit einer Bildbearbeitungssoftware erstellt werden), können Umfang und Fläche eines Blattes auf Basis von Pixelkoordinaten bestimmt werden. Genauer wird es nach Wahl eines Koordinatensystems, automatischer Ermittlung des Blattrandes in Form von Stützstellen (optional mit anschließender Interpolation) und numerischer Berechnung von Umfang und Fläche aus Funktionsdaten.

### **Steckbriefe und Apps – Umsetzungsmöglichkeiten**

Die Fragestellung wurde bereits auf mehreren verschiedenen Ausbildungsniveaus und mit jeweils unterschiedlicher Dauer bearbeitet. Diese sind in der folgenden Tabelle in Kurzform dargestellt und können als Anregung für eigene Umsetzungen des Lesers genutzt werden. Es sind auch kürzere Durchführungen im Bereich von 4 Unterrichtsstunden denkbar, auf der an-

deren Seite kann die Fragestellung im Projektunterricht nahezu beliebig ausgeweitet werden (vgl. Bock & Bracke 2014).

Lerngruppe, Rahmen	Stichpunkte zur mathematischen Umsetzung
<b>JGS 5, Mathematikunterricht (6 Stunden)</b>	Messen (Länge, Breite, Umfang), Maßstab, Messfehler, Vergleich von Features, <i>Steckbrief für Blätter</i>
<b>JGS 10, Mathematikunterricht (8 Stunden)</b>	Messen (s.o.), Messfehler, Vergleich von Features (und Verhältniswerten), Wahl des Koordinatensystems, Rolle der Datenbasis, Entwicklung und Test von Algorithmen
<b>JGS 11/12, Mathem. Modellierungswoche</b>	Autom. Ermitteln des Blattrandes als Fkt. (Polarkoordinaten), Erkennung mittels Fourieranalyse/-koeffizienten
<b>Studierende Mathematik, Proseminar</b>	Math. Bildverarbeitung: Automatisches Bestimmen der Features (Länge, Breite, Umfang, Fläche), (autom.) Wahl des Koordinatensystems, Vergleich von Features (sowie von verschiedenen Verhältnissen), Normen und Robustheit, Umsetzung in MATLAB und als Android-App

Denjenigen Lesern des Beitrags, die bis zu dieser Stelle noch unsicher sind, ob sie das Projekt tatsächlich mit eigenen Lerngruppen umsetzen möchten und können, sei zum Schluss das Folgende nahegelegt: Sehen Sie sich beim nächsten Spaziergang in der Natur einmal Blätter verschiedener Laubbäume genauer an, probieren Sie sie zu erkennen (auch später zu Hause auf dem Schreibtisch, im wahrsten Sinne des Wortes losgelöst von den zugehörigen Bäumen!) und machen Sie sich dabei auftretende Schwierigkeiten und Fragen bewusst. Wenn Sie computeraffin sind, probieren Sie vielleicht selbst einmal, erste Schritte in Richtung Automatisierung des Erkennungsprozesses zu unternehmen. Ich bin mir sicher, dass Sie anschließend Motivation und Material zur Umsetzung mit Ihren Schülern oder Studierenden haben und wünsche Ihnen viel Freude dabei!

## Literatur

- Bock, W. & Bracke, M. (2014): MINT-Projektunterricht in der Sekundarstufe I: Konzepte und Herausforderungen. In Roth, R. & Ames, J. (Hrsg.): *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014*. Münster: WTM-Verlag.
- Hansel, V. (2014): Erstellung eines mathematischen Modells zur Klassifizierung der Blätter von Laubbäumen. Masterarbeit am Fachbereich Mathematik der Technischen Universität Kaiserslautern. Kaiserslautern.
- Schäfer, S. (2014): Reisepass für Schildkröten – Mathematische Merkmalsanalyse mit MATLAB und beispielhafte Anwendung in der Unterstufe. Masterarbeit am Fachbereich Mathematik der Technischen Universität Kaiserslautern. Kaiserslautern.